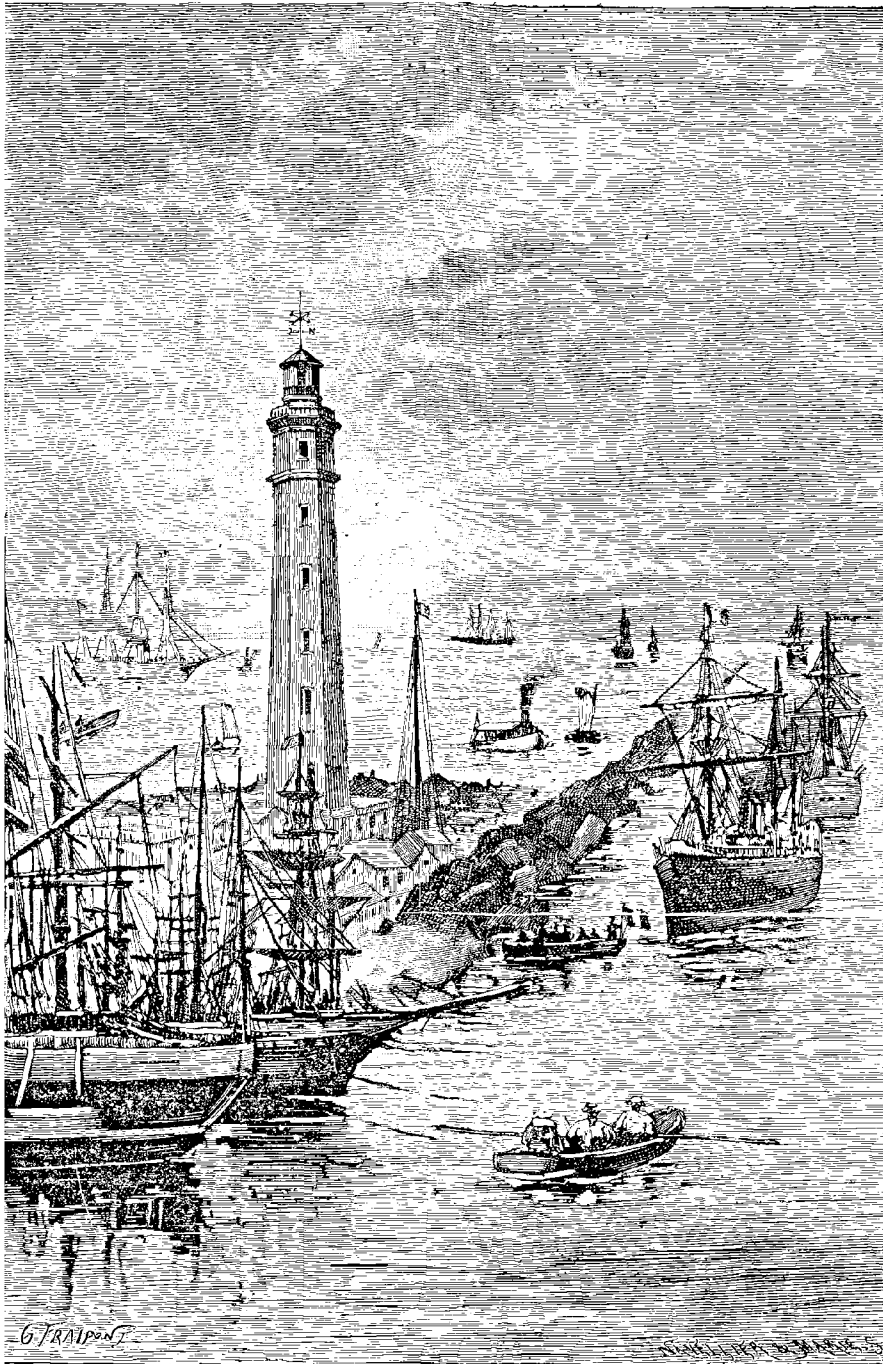


LES NOUVELLES

CONQUÊTES DE LA SCIENCE



ENTRÉE DU CANAL MARITIME DE SUEZ A PORT-SAIL

PRÉFACE

Il y a un siècle, l'ouvrier et le paysan français étaient mal nourris, mal vêtus, mal logés, mal chauffés ; la viande était bannie de leurs repas ; leurs vêtements étaient sordides ; ils vivaient de pain, de légumes et d'eau ; ils habitaient des taudis, comme les horribles caves des ouvriers de Lille, dont M. Jules Simon fit autrefois un si émouvant tableau ; leur vie était un enchaînement de souffrances et de misères, et leur sort ne différait point de celui des serfs du moyen âge. Aujourd'hui, le paysan français, comme l'ouvrier, est mieux nourri, mieux logé, mieux vêtu ; sa demeure est plus conforme aux règles de l'hygiène, et quelque bien-être vient alléger les fatigues de son existence, toujours vouée pourtant aux plus rudes labeurs.

C'est la science qui a réalisé ces premières améliorations dans la condition de la vie du pauvre. Des machines qui filent et tissent économiquement le lin, le fil et le coton, lui fournissent des étoffes et des vêtements à bas prix. Des navires lui apportent, des contrées lointaines, d'excellentes matières textiles et de chauds lainages. Les progrès de la navigation ayant réduit le prix du fret dans des proportions inouïes, mettent à sa disposition des matières alimentaires empruntées à toutes les régions du globe. La facilité et le bas prix des transports par les chemins de fer et les canaux, font abonder à pied d'œuvre les matériaux de construction : la pierre, le bois et les métaux ; si bien que la demeure de l'ouvrier est édifiée avec autant de soin et de solidité que l'était, au siècle dernier, le manoir seigneurial ou la riche abbaye. Que la science fasse de nouveaux progrès, et les conditions de la vie du paysan et de l'ouvrier s'adouciront encore. Plus la science avancera dans la voie de ses paisibles et fécondes conquêtes, plus on verra s'améliorer les conditions de leur existence.

C'est, par exemple, une immense question que celle de l'alimentation. Quel bouleversement dans la hiérarchie sociale, quelle perturbation dans l'équilibre et dans les rapports des différentes classes, quelle révolution dans l'économie publique ne provoquerait point l'heureux inventeur qui réussirait à fabriquer de toutes pièces, et à bas prix, une matière alimentaire. Voyez-vous les résultats d'une telle découverte ! Donner à tous les habitants de la terre les moyens de subvenir sans frais aux besoins de leur vie, débarrasser chacun de la nécessité fatale et commune d'acquiescer le pain de chaque jour à la sueur de son corps ou à la fatigue de son cerveau, quelle révolution dans la famille humaine ! Que deviendraient les notions actuelles sur la pauvreté et la richesse ? Le sage, l'homme modéré dans ses besoins, serait le riche ; la pauvreté ne serait la compagne que de la passion et de l'incontinence des désirs.

Mais ce problème de la fabrication économique d'une matière alimentaire est-il insoluble ? Nous ne le pensons pas ; et peut-être partagera-t-on cet avis, si l'on considère avec quelle facilité a été déjà résolue une partie de la question.

La *glucose*, produit organique, non azoté, que l'on désigne sous divers noms : *sucre de raisin*, *sucre de fécule*, *sucre d'amidon*, etc., entre, comme élément essentiel, dans un grand nombre de substances alimentaires. Le pain, les fruits, les légumes, en contiennent des quantités notables. A elle seule, cette matière ne suffirait point pour composer une alimentation complète, mais elle y concourt dans une proportion considérable. Les travaux des physiologistes modernes ont montré qu'elle constitue l'élément de la combustion chimique qui s'accomplit dans l'acte respiratoire des animaux. Sa présence dans les matériaux de notre alimentation est donc indispensable à l'entretien de la vie. Ainsi, obtenir économiquement de la glucose, c'est fabriquer à bas prix un produit alimentaire.

Or, ce problème de la fabrication artificielle et économique de la glucose est aujourd'hui résolu. Le chimiste Braconnot, de Nancy, découvrit, en 1825, que le bois peut être transformé en glucose par la seule action de l'acide sulfurique bouillant ; et en 1854, un élève de laboratoire de Pelouze, Arnould, rendit ce procédé industriel, c'est-à-dire prépara, avec le bois, de la glucose qui revenait à un prix insignifiant.

En 1886, un chimiste d'une réelle valeur, M. Béchamp, a précisé les conditions dans lesquelles s'accomplit facilement cette réaction, et il a donné les règles pour la transformation facile du bois en glucose.

On peut donc obtenir, presque sans aucun frais, de la glucose, c'est-à-dire une matière alimentaire. Qu'une découverte du même genre vienne à se produire pour la

production artificielle d'un aliment azoté, et tout serait dit : on fabriquerait des aliments ne coûtant rien !

La navigation aérienne sera certainement réalisée un jour, et quand on le voudra, on construira de grands ballons dirigeables. Les travaux de Giffard ; les essais de Dupuy de Lôme, en 1870 ; les résultats obtenus en 1883, par M. Gaston Tissandier, avec son ballon actionné par la pile au bichromate de potasse ; les expériences des capitaines Renard et Krebs, faites en 1884 et dans les années suivantes, à l'École militaire aérostatique de Meudon, nous assurent la possession d'un appareil de direction atmosphérique. Ajoutez qu'une foule de données acquises par cent années d'expériences ont dévoilé les véritables conditions de la stabilité des aérostats. Quand les savants, les industriels et les capitalistes voudront aborder carrément la question de la navigation aérienne ; quand ils se décideront à attaquer ce sujet avec l'ardeur, la conviction, la passion générale que l'on mit, au milieu de notre siècle, à créer la machine à vapeur, et à la répandre dans toutes les industries, on parviendra à organiser des transports aériens des personnes et des marchandises.

Avez-vous jamais réfléchi au bouleversement profond qu'amènerait dans notre équilibre politique et social, l'établissement de la navigation par l'air ? Vous êtes-vous demandé quelles seraient alors les relations mutuelles des peuples ? Que feraient les douaniers, qui veillent aujourd'hui, l'arme au bras et le tarif à la main, aux portes des États ? Où placerait-on les frontières des nationalités ? Quel serait l'emploi des armées de terre et de mer ? Les places fortes, les ports de guerre, les arsenaux maritimes, les forts bâtis pour la défense des villes, quels seraient leur rôle et leur utilité ? Que ferait-on du matériel actuel des chemins de fer et des transports par eau ? La navigation aérienne révolutionnerait la société politique et économique, comme l'imprimerie l'a révolutionnée au moyen âge, et la machine à vapeur pendant notre siècle.

La machine à vapeur, en abaissant le prix de chaque chose, a opéré de nos jours une révolution absolue dans l'industrie. Mais la machine à vapeur peut être détrônée. Elle peut être remplacée par un moteur encore plus économique. Si l'on parvient à créer un moteur n'occasionnant presque aucune dépense ; si l'on peut utiliser avantageusement les forces gratuites que nous offre la nature, comme les chutes d'eau, la pesanteur, les vents et les marées ; si l'on obtient, en un mot, de la force à bas prix, quelle révolution dans l'industrie, et consécutivement dans la société ! Il n'y aura plus ni riche ni pauvre ; on ne verra de différence entre les

hommes que celles qu'établiront la sagesse, le travail et l'esprit de conduite. L'âge d'or rêvé par l'imagination des poètes sera réalisé par le génie des savants.

Ce moteur qui ne coûte rien, parce qu'il est l'application des forces que la nature nous offre gratuitement, est-il un rêve, une utopie ? Ce rêve est en train de devenir une réalité ; cette utopie, sera dans un intervalle, plus ou moins prochain, un fait palpable. L'électricité est appelée à se substituer à la vapeur, comme force motrice, non par sa puissance mécanique propre, mais parce qu'elle donnera les moyens de transporter au loin et de mettre à profit les grandes forces de la nature, qui se perdent maintenant sans utilité pour personne.

Les torrents qui tombent des montagnes sont une force immense qui ne profite à rien ; les marées soulèvent inutilement des masses liquides, sur toutes les côtes maritimes du globe ; les agitations de l'atmosphère pourraient être adaptées à des machines motrices et il serait possible d'utiliser la pesanteur sous une autre forme encore que celles des chutes d'eau. C'est l'électricité qui, recueillant ces énergies perdues, peut, au moyen d'un fil conducteur, les transporter aux lieux où leur rôle est utile. En effet, un fil assez mince pour passer par le trou d'une serrure, peut faire voyager la puissance mécanique presque à toute distance.

Grâce aux procédés de transport de la force électrique, on devra envisager avec moins d'anxiété qu'autrefois la question de l'épuisement possible des provisions de houille accumulées dans le sein de la terre. Les géologues et les métallurgistes calculent depuis longtemps, sur des bases plus ou moins sûres, pour déterminer l'époque où les mines de houille actuellement connues cesseront de nous fournir le combustible qui forme l'aliment fondamental de l'industrie moderne. Il est maintenant certain que bien avant l'épuisement de nos gisements houillers, on aura trouvé dans l'électricité ou — et dans le pétrole, pouvons-nous ajouter — le moyen de produire de la force sans recourir au charbon.

On peut même croire que l'électricité employée comme force motrice, transformera un jour le mode général d'emploi de la houille. Que de frais ne faut-il pas faire pour transporter le charbon, du carreau de la mine, dans les usines qui le consomment. Serait-il impossible de brûler la houille aux environs des houillères, pour produire une force, qui serait dirigée, au moyen d'un fil conducteur, dans les ateliers et manufactures ? Dès lors, plus de transport par les canaux et les voies ferrées. On brûle le charbon aux abords de la mine et on en extrait la quintessence, c'est-à-dire la force.

que l'on expédie ensuite partout où elle est demandée. C'est l'histoire des alcalis végétaux, la quinine, et la cinchonine, que l'on retire du quinquina et qui concentrent, sous un faible volume, les propriétés médicinales de l'écorce du Pérou.

Pourquoi voit-on tant de verreries aux environs des houillères, dans le nord de la France et en Belgique, ou dans les forêts de la Bohême ? Parce qu'en établissant au voisinage des gisements de houille et au sein des forêts, la fabrication du verre, qui n'exige que du combustible et des matières premières sans valeur, on supprime les dépenses et les embarras qu'entraîne le transport du charbon et du bois. C'est ce qui arrivera un jour pour la force. On la fera naître au pied même des gisements de houille, pour éviter de faire voyager le charbon.

Autre innovation. Il faut aujourd'hui élever la houille de profondeurs qui vont jusqu'à 500 mètres, pour l'amener hors de la mine. Cette manœuvre ne se fait pas sans frais. Ne pourrait-on brûler la houille à l'intérieur des galeries, au point même où on l'arrache à sa roche schisteuse, et expédier de là, par un fil métallique, la force motrice provenant de sa combustion ?

Le mode général d'emploi du charbon, et son mode particulier d'extraction du sein de la mine, seraient ainsi profondément modifiés.

Quelles échappées imprévues, quels horizons nouveaux nous ouvre la découverte du transport de la force par l'électricité, quelle révolution elle nous présage dans le monde industriel et social !

Ainsi s'accomplira ce que l'on pourrait appeler *la révolution par la science*. Tout annonce que la science est appelée à bouleverser la situation présente des hommes et des choses, et que la société se réveillera, un beau matin, absolument transformée, renouvelée des pieds à la tête, retournée, comme un gant. Par suite du bas prix de chaque chose, il n'y aura plus ni classe, ni démarcations hiérarchiques, ni richesse, ni pauvreté. Les talents naturels et le travail feront seuls les distinctions entre les individus. Celui qui, maintenant, est marchand de peaux de lapin, sera millionnaire ; tandis que cet autre qui, de nos jours, trône au faite des grandeurs, ramassera des bouts des cigares et ouvrira les portières aux abords des théâtres. Ce sera la bonne, la vraie révolution sociale, celle que personne ne soupçonne, chez nos aveugles et ingrats contemporains.

Ne remarquez-vous pas, en effet, ami lecteur, avec quel sentiment d'indifférence et souvent de mépris ou d'hostilité, la science est accueillie et traitée par le commun

des hommes de nos jours? N'est-il pas vrai que le titre de savant est, en France, le synonyme d'un être parfaitement ennuyeux, d'un bonhomme qui prend du tabac à priser et qui se mouche dans un mouchoir à carreaux; en un mot, d'un personnage assommant, qu'il faut fuir comme la peste, et laisser à ses bouquins?

Quand un auteur dramatique met en scène un savant, le représente-t-il jamais autrement que bête et ridicule? Pailleron, Gondinet, Labiche, Meilhac et Halévy, n'introduisent sur la scène un membre de l'Académie française, de l'Académie des sciences ou d'une Société savante, que pour en faire un pitre ou un âne bâté.

Écoutez cette définition du savant, donnée par Victor Hugo :

. Il n'est pas d'animal,
 Pas de corbeau goulé, pas de loup, pas de chouette,
 Pas d'oison, pas de bœuf, pas même de poète,
 Pas de mahométan, pas de théologien,
 Pas d'échevin flamand, pas d'ours et pas de chien,
 Plus laid, plus chevelu, plus repoussant de formes,
 Plus caparaçonné d'absurdités énormes,
 Plus hérissé, plus sale et plus gonflé de vent
 Que cet âne bâté qu'on appelle un savant ¹.

Et si un auteur de ma connaissance entreprend de produire sur la scène les grands hommes de la science, pour intéresser le public aux aventures émouvantes de leur carrière, pour faire apprécier leur génie et mêler l'enseignement de la science à l'intérêt d'une action dramatique; s'il fait représenter *Denis Papin* ² ou *Gutenberg* ³, une coalition générale s'élève de toutes parts. Au lieu de l'accueil sympathique et de l'appui qu'il espérait, il n'entend que des cris de colère ou de dérision. Pas une parole d'encouragement ou d'approbation! Rien que le blâme et d'amères critiques. Aucune main ne se tend vers lui. Tout se réunit pour l'accabler, et ensuite un silence de mort! Il faut faire la nuit et l'oubli sur une tentative d'exaltation littéraire de la science et des savants. Il faut effacer jusqu'au souvenir, jusqu'au nom, du *Théâtre scientifique*.

Songez-donc! vouloir faire d'un physicien ou d'un chimiste un héros de théâtre; vouloir répandre la science par une voie nouvelle; se flatter d'attendrir ou d'amuser le

1. *Le Roi s'amuse*, acte I, scène iv.

2. *Denis Papin*, drame en 5 actes, 8 tableaux, par Louis Figuier, représenté pour la première fois, à Paris, sur le théâtre de la Gaîté, le 5 juin 1882. Imprimé à Paris, chez Calmann-Lévy, in-12, 1882.

3. *Gutenberg* pièce historique en 5 actes, 8 tableaux, représentée pour la première fois, à Strasbourg, sur le théâtre municipal, le 17 février 1886. Imprimé à Paris, chez Tresse et Stock, in-12, 1886.

spectateur avec les péripéties de la vie d'un bienfaiteur de l'humanité, quel crime abominable ! La tradition veut qu'un savant soit toujours désigné, non à l'admiration, mais aux risées de la foule et malheur à celui qui ose remonter l'irrésistible courant du préjugé universel.

Nos journaux accordent-ils à la science une place proportionnée à l'importance des services qu'elle rend à chacun ? Ce n'est que dans un petit nombre de journaux que l'on trouve un compte rendu périodique des séances de l'Institut, de l'Académie de médecine ou de la Société des ingénieurs civils. Quant à ce que l'on appelle, dans le style du journalisme, les *Variétés scientifiques*, c'est une affaire d'État pour les faire accepter par le rédacteur en chef.

Il y a toujours place dans un journal pour la politique et les racontars, presque jamais pour la science et l'industrie, c'est-à-dire pour ce qui est la force et la vie des peuples modernes.

Quand je rédigeais, dans la *Presse* de Girardin, le feuilleton scientifique, l'administrateur, qui ne pouvait digérer l'appointement mensuel qu'il était forcé de me compter, avait coutume de me dire :

« Mon Dieu, mon cher Figuiér, que votre feuilleton de samedi dernier était ennuyeux ! »

Et moi de lui répondre : « Celui de samedi prochain le sera bien davantage. ! »

Entrez à la Chambre des Députés au moment où le Président annonce une loi d'affaires, ce qui signifie une question de chiffres et de faits, aussitôt la salle se vide, et le rapporteur rapporte dans le désert.

Hélas ! tel est l'esprit français. Il fuit tout ce qui paraît devoir exiger de lui quelque attention. Combien de personnes se font une gloire de ne rien entendre aux mathématiques, et se déclarent, avec orgueil, incapables de faire une addition. Ces braves gens jouent au casse-tête des échecs ; ils comprennent l'intrigue du *Mariage de Figaro*, et même le livret de la *Flûte enchantée*, c'est-à-dire ce qu'il y a de plus difficile au monde, et ils se croient impropres à faire la preuve de la division, à arpenter un champ, ou à comprendre le principe de la machine à vapeur, ce qui n'exige que trois minutes d'attention.

C'est par suite de cette paresse d'esprit que la plupart de nos contemporains accablent la science de leurs dédains, et mettent, pour ainsi dire, les savants hors la loi.

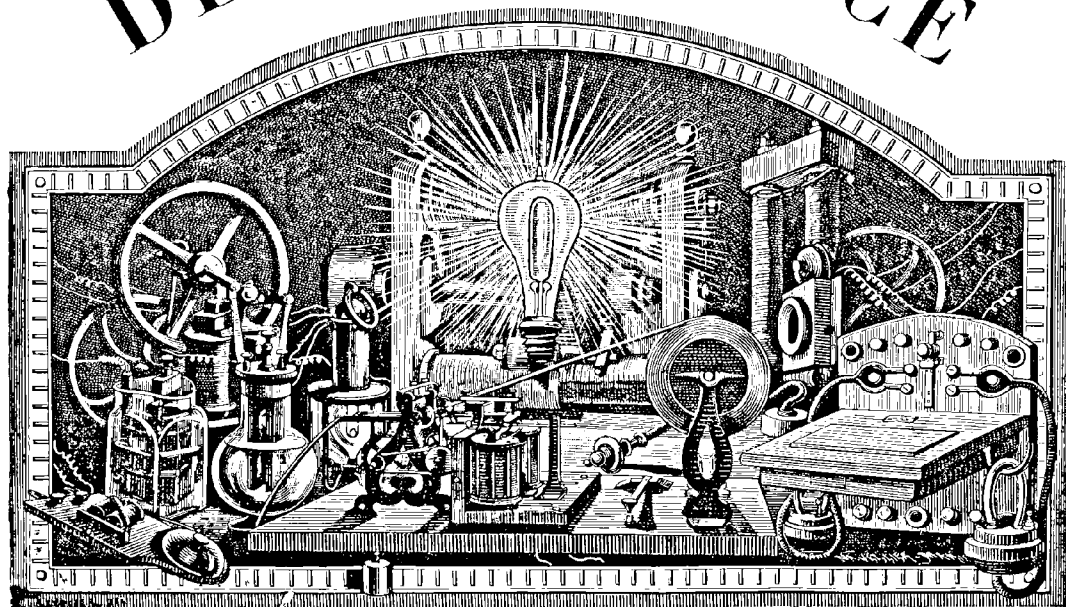
Amis, laissons dire, et aux injures opposons des bienfaits. Les savants sont aujourd'hui ce qu'étaient les Chrétiens des premiers siècles. Les nouveaux convertis

apportaient à la société de leur temps la plus admirable des révolutions. Ils transformaient la religion, les mœurs et les rapports mutuels des hommes ; ils bouleversaient l'ancienne société par le seul secours de la morale et de la charité, et leurs contemporains ne leur accordaient, en retour, que dérision et mépris. Le titre de Chrétien était un outrage. Loin de s'irriter de tant d'ingratitude, les sublimes néophytes répondaient aux colères de leurs ennemis en continuant de travailler, en silence, à leur bonheur : ils se vengeaient d'eux par de nouveaux services rendus à l'humanité. Imitons ce grand exemple, et pour nous confirmer dans ces nobles dispositions des âmes généreuses, répétons les beaux vers d'un poète français :

Le Nil a vu sur ses rivages
Les noirs habitants des déserts
Insulter par leurs cris sauvages
L'astre éclatant de l'univers.
Cris impuissants, fureur impie !
Tandis que la troupe ennemie,
Jetait d'insolentes clameurs,
Le Dieu, poursuivant sa carrière,
Versait des torrents de lumière
Sur ses obscurs blasphémateurs.

LES NOUVELLES CONQUÊTES

DE LA SCIENCE



LES

NOUVELLES APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ

Bon lecteur, en commençant la lecture de cet ouvrage, consacré, comme son nom l'indique, à exposer les nouvelles conquêtes de la science dans le domaine de l'électricité, tu t'attends sans doute à trouver, au début, une explication doctorale de tout ce qui concerne les propriétés générales de l'agent mystérieux que l'on nommait autrefois le *fluide électrique*, et que l'on ne sait guère comment appeler aujourd'hui, le mot de *fluide* étant généralement honni et conspué, sans que l'on ait encore rien trouvé à mettre

CONQUÊTES. — 1.

à sa place. Ami, rassure-toi. A notre première entrevue, je ne t'infligerai pas une leçon de physique. Pour l'étude générale de l'électricité, je m'en réfère, et crois devoir te renvoyer, aux ouvrages de nos maîtres qui ont approfondi ce sujet ; aux excellents *Traité de physique* de Jamin, de Daguin (de Toulouse), de Desains, de Pouillet, ainsi qu'aux nombreuses publications spéciales de Th. du Moncel.

D'ailleurs, si nous rencontrions quelque question d'un ordre un peu compliqué, je

1

m'efforcerais de l'élucider de mon mieux, et à la satisfaction de tous.

Pour comprendre, par exemple, le fait général qui sert de base à *l'éclairage électrique*, il suffit de se rappeler une expérience que tout le monde a vu faire dans les cours de physique des lycées ou des Facultés, ainsi que dans les conférences de science populaire; et cette expérience, la voici :

Quand on réunit, bout à bout, les deux fils dont les extrémités constituent les pôles opposés d'une pile voltaïque, et que l'on établit ainsi (ou que l'on *ferme*, selon l'expression consacrée) le courant, rien de particulier ne s'observe, si le fil qui réunit les deux pôles est suffisamment gros, ou s'il est formé d'une substance très conductrice. Mais si ce fil est mince, s'il n'est pas très bon conducteur, et qu'il oppose, dès lors, une grande résistance au passage du courant, l'électricité s'accumule en masse sur ce point, et se trouvant gênée dans son libre écoulement, se resserre, se condense, et l'on voit alors le fil rougir, devenir incandescent, répandre de la lumière. Si l'on écarte légèrement l'un de l'autre les deux fils conducteurs entre lesquels s'établit et se continue le courant, on voit une étincelle ou un petit arc lumineux, jaillir entre les deux conducteurs disjoints, et constituer un petit sillon de lumière.

Cette expérience, pour le dire en passant, est une de celles qui intéressent le plus le public et les élèves. Dans les cours de physique de la Sorbonne et du Conservatoire des arts et métiers, à Paris, on aime à donner de l'ampleur et de l'éclat aux expériences faites dans l'amphithéâtre, pendant la leçon. Despretz, Pouillet, Jamin, s'appliquaient à faire les démonstrations expérimentales sur une grande échelle, de manière à frapper vivement les yeux; et leurs succes-

seurs actuels ont conservé cette bonne tradition. Comme on dispose aujourd'hui de piles voltaïques très puissantes, fournissant un courant d'une grande intensité, il est facile de faire, de l'incandescence d'un fil métallique, sous l'influence du courant, un spectacle à la fois amusant et instructif. On a préparé d'avance des fils métalliques, de diamètre variable, selon la nature du métal et sa résistance au passage du courant, et le professeur intercale successivement chacun de ces fils entre les deux pôles de la pile en activité. Il prend, par exemple, un fil de fer, et dès qu'il est interposé entre les deux pôles, le fil s'échauffe, rougit, répand une vive lumière et entre en fusion. Un fil de zinc est substitué au fil de fer, et aussitôt, une lumière bien plus vive, se manifeste. Un fil de cuivre, de plus forte section, remplace le fil de zinc, et l'incandescence apparaît, pour se terminer à la fusion du métal. Un fil d'or donne la même apparition de lumière. Il n'est pas jusqu'au platine, métal infusible au feu de nos fourneaux ordinaires, qui, à peine introduit entre les deux pôles du courant, ne rougisse et n'entre en fusion.

C'est toujours le même phénomène, mais l'art de l'expérimentateur consiste à le varier et à le graduer, de manière à bien imprimer dans l'esprit des spectateurs la notion générale de ce fait.

Après la simple incandescence et la fusion du fil métallique par le passage du courant, le professeur de physique fait une seconde expérience, plus frappante encore. Il écarte légèrement l'un de l'autre, les bouts des deux fils conducteurs entre lesquels s'établit le courant. On voit alors une étincelle, ou un petit arc lumineux, jaillir entre les deux conducteurs disjoints, et la lumière de cet arc électrique est d'un assez grand éclat.

Dans les deux expériences que nous

venons de rappeler, il y a production de lumière, et cette lumière est provoquée par un courant électrique. Il y a donc ici, électricité et éclairage : il y a *éclairage électrique*, c'est-à-dire le phénomène dont nous avons à traiter dans cette Notice.

En effet, cher lecteur, entre l'étincelle qui jaillit de l'un à l'autre des deux conducteurs d'une pile électrique mis en regard à très faible distance, et le splendide éclat de l'arc voltaïque qui inonde nos places publiques, nos ateliers et nos grands établissements, de sa rayonnante clarté, rivale du soleil, il n'y a de différence que dans l'intensité. Au fond, c'est le même phénomène. Qu'un fil métallique manifeste une faible incandescence quand il sert à relier les deux pôles du courant d'une pile, ou qu'un foyer étincelant, alimenté par une machine à vapeur, lance ses feux resplendissants au plus loin de l'espace, c'est toujours un courant électrique qui est en cause et en action; et il n'y a, nous le répétons, entre ces deux effets, d'autre différence que celle de l'humble veilleuse à la brillante clarté d'une lampe.

Comment a-t-on passé du petit arc lumineux qui jaillit entre les deux pôles d'un courant électrique, mis en regard l'un de l'autre, à ces grands appareils d'éclairage électrique dont nous admirons, sur nos places publiques et dans nos théâtres, la puissance et l'éclat? Cette transition merveilleuse a été opérée grâce à une découverte de premier ordre, due au chimiste anglais, Humphry Davy.

En 1813, Humphry Davy procédait à une longue suite de recherches sur l'électricité voltaïque, avec une pile, d'une puissance considérable, qu'il devait à la libéralité de ses concitoyens. Il reconnut, dans le cours de ses recherches, que si l'on fait jaillir l'arc électrique entre deux pointes de charbon,

c'est-à-dire si l'on attache deux petits cônes de charbon aux extrémités des deux fils métalliques qui donnent passage au courant, et que l'on approche ces charbons l'un de l'autre jusqu'à une faible distance, on voit s'élanter entre les deux conducteurs, une étincelle d'un éclat incomparable. Si l'on éloigne peu à peu les charbons, il se forme, à travers l'air, un arc resplendissant de lumière.

Mais l'expérience ainsi effectuée n'avait qu'une durée très courte, en raison de la rapide combustion des charbons par l'oxygène de l'air. Il fallait pouvoir prolonger et rendre permanent ce beau phénomène.

Davy y parvint, grâce à l'idée ingénieuse et féconde d'enfermer les deux pointes de charbon dans le vide. Pour cela, il plaça les deux pôles de la pile terminés par les petits cônes de charbon, dans un vase de verre, de forme ovale, hermétiquement clos, et dans lequel il fit le vide, au moyen de la machine pneumatique. Les deux conducteurs de la pile pénétraient à l'intérieur du globe de verre par deux ouvertures mastiquées à la résine, et enveloppées d'un manchon de cuivre.

La figure 1 représente ce curieux appareil, aujourd'hui classique, et que l'on désigne sous le nom d'*œuf électrique de Davy*.

L'expérience de Davy et son appareil d'illumination électrique excitèrent une admiration universelle. On la répéta dans les cours publics de toutes les grandes villes de l'Europe (fig. 3, page 8).

La plupart des personnes qui étaient témoins de l'expérience de l'*œuf électrique de Davy*, avaient la conscience que cet appareil conduirait à créer un jour l'éclairage par l'électricité. Cette pensée était juste, mais cinquante ans devaient se passer avant qu'elle fût réalisée.

La Notice que l'on va lire fera connaître

par quelles séries d'études, de recherches et de tâtonnements, les physiciens sont arri-

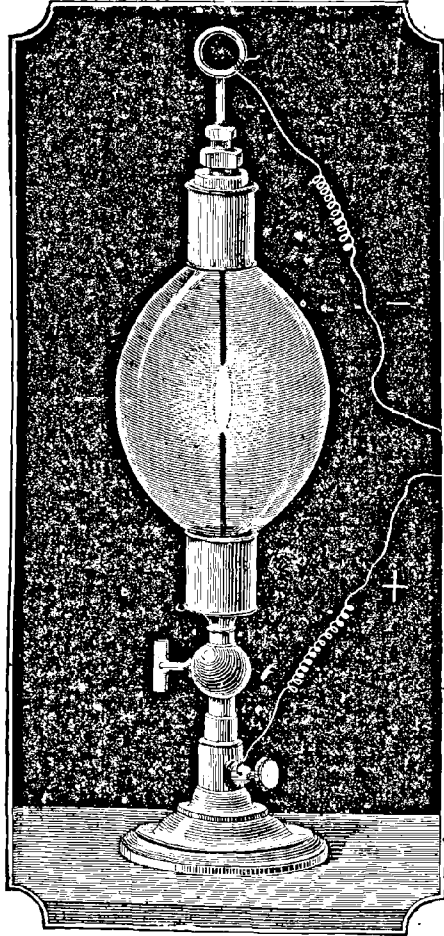


Fig. 1. — L'œuf électrique de Davy.

vés à créer l'éclairage électrique, en partant de l'œuf électrique de Davy.

Nous pouvons toutefois, dire, par avance, que l'éclairage électrique a été créé en France, à Paris, et nous ajouterons que cette découverte est sortie d'un hôpital de femmes en couches.

A cette assertion, chacun va se récrier. Avant de nous taxer de légèreté ou d'ignorance, que l'on veuille bien écouter le véridique récit qui va suivre.

Je dis que l'éclairage électrique a vu le jour dans un hôpital de femmes en couches, et je n'aurai, pour le prouver, qu'à invoquer des souvenirs personnels. En effet, durant ma longue carrière, j'ai pu voir par moi-même la plupart des choses que j'avais à raconter, pour tracer, comme écrivain scientifique, l'exposé des inventions modernes; et si mes récits inspirent quelque confiance, s'il jouissent de quelque autorité, c'est parce que j'ai été, de près ou de loin, en rapport avec les inventeurs, presque tous mes contemporains. Le lecteur aime assez qu'on lui dise, avec le Fabuliste :

J'étais là, telle chose m'advint.

Et ce témoignage m'est particulièrement acquis en ce qui concerne l'invention de l'éclairage électrique, dont je vais donner la chronique familière, d'après mes souvenirs.

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

CHAPITRE PREMIER

LÉON FOUCAULT ET LE D^r DONNÉ A L'HOPITAL DES CLINIQUES. — LÉON FOUCAULT REMPLACE LE SOLEIL, DANS LE MICROSCOPE SOLAIRE, PAR LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE, EN FAISANT USAGE DE *charbon de cornue de gaz*. — PREMIÈRE EXPÉRIENCE PUBLIQUE D'ÉCLAIRAGE PAR L'ARC VOLTAÏQUE, FAITE A PARIS, SUR LA PLACE DE LA CONCORDE, PAR DELEUIL ET LÉON FOUCAULT, EN DÉCEMBRE 1844. — LÉON FOUCAULT INVENTE, EN 1848, LE RÉGULATEUR DE LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE. — ARCHEREAU, FAIT, EN 1848, DES DÉMONSTRATIONS PUBLIQUES DE L'ILLUMINATION DES GRANDS ESPACES PAR L'ARC VOLTAÏQUE.

Nous sommes en 1844. Celui qui écrit ces lignes, docteur en médecine de 21 ans, fraîchement débarqué de sa province, achève son modeste repas à la table d'hôte de madame de Beaurepaire, rue Voltaire, n° 7. Il se hâte de quitter la table, et laisse en présence des noisettes et des raisins secs, son camarade, le docteur Kaula, venu, comme lui, de Montpellier, avec le professeur Lallemand, dont il était l'élève, — son ami, Adolphe Wurtz, enfant de Strasbourg, ruminant une expérience de chimie à faire au laboratoire de la Faculté de médecine, sous les yeux d'Orfila, et ne se doutant guère alors qu'il sera un jour sénateur, et sénateur de la République, chef d'école en chimie et membre de l'Institut, — et son compatriote, le docteur Courty, se préparant à aller recueillir, à l'hôpital Saint-Éloi, de Montpellier, l'héritage chirurgical de Lallemand. Il descend la rue Voltaire, et franchit rapidement cet escalier historique de la rue de

l'Observance (aujourd'hui rue Antoine-Dubois) qu'ont foulé tant d'illustrations médicales de la Faculté de Paris, et il se trouve sur la place de l'École-de-Médecine, devant la jolie colonnade qui servait



Léon Foucault.

de vestibule architectural à l'hospice des femmes en couches, fort mal dénommé *hôpital des cliniques*, attendu qu'on y faisait des accouchements et point de clinique. En passant devant la salle de garde des internes, il serre la main à Charles Robin, cet autre travailleur, destiné un jour à

tous les honneurs sénatoriaux, universitaires et académiques, et il entre dans la cour de l'hospice.

Aux premières heures de la nuit, les arceaux symétriques de cette cour, noyée dans l'ombre, ressemblent à la colonnade intérieure d'un cloître, dont ils ont le silence et le recueillement. Le sombre aspect de ces galeries désertes, ferait rêver un poète ; mais il n'impressionne guère l'étudiant, qui s'empresse d'entrer dans une vaste salle du rez-de-chaussée, pour arriver à temps au cours particulier d'anatomie microscopique, fait le soir, par le D^r Donné.

Aujourd'hui que les cours auxiliaires, complémentaires, secondaires, etc., fourmillent à la Faculté de médecine de Paris, on ne comprend guère que le cours particulier du D^r Donné ait marqué un événement dans le monde médical de cette époque. C'est que l'enseignement libre, si florissant aujourd'hui, et qui s'exerce sous l'égide et avec le concours des professeurs agrégés de la Faculté, était alors une institution infime, que le haut enseignement voyait d'assez mauvais œil. Dans un petit bâtiment adossé au *Musée Dupuytren*, construction délabrée, aujourd'hui démolie, et qui était baptisée du nom d'*École pratique*, quelques réduits sombres et bas, recevaient un petit nombre d'élèves, auxquels des professeurs, qui pourtant devaient devenir célèbres plus tard, les Malgaigne, les Grisolles, les Vidal (de Cassis), les Chassaignac, préparaient les étudiants aux examens, pour la modique somme de 25 francs. Tout au contraire, le cours particulier du D^r Donné était fait sans aucune rétribution de la part des élèves ; et chose inouïe, il était autorisé par la Faculté !

Comment le D^r Donné avait-il obtenu cette faveur insigne ? C'est que le D^r Donné était rédacteur du feuilleton scientifique du *Journal des Débats* ; qu'il était gendre du rédacteur en chef, M. de Sacy, et qu'on ne

pouvait rien refuser à un journal qui faisait la pluie et le beau temps, en politique comme en littérature, qui nommait les ministres, comme il nommait les académiciens et les professeurs. Le D^r Donné n'avait donc eu qu'à exprimer un désir, et tout aussitôt, Orfila, le doyen de la Faculté de médecine, s'était empressé de mettre son cours particulier sous l'égide officielle de l'École.

Le D^r Donné faisait, d'ailleurs, d'excellentes leçons de microscopie. C'est certainement à lui, ainsi qu'au D^r Mandl et à Charles Robin, que la génération scientifique actuelle doit la connaissance des applications du microscope à la médecine. C'est lui qui, le premier, a fait comprendre l'utilité du microscope dans l'art de guérir.

La salle dans laquelle professait le D^r Donné, était vaste, bien disposée, et pouvait contenir une soixantaine d'élèves. Mais ce qu'il y avait de plus remarquable, c'est qu'après chaque leçon, les assistants trouvaient une douzaine de bons microscopes, rangés en bataille sur une table, et au moyen desquels ils pouvaient revoir, tout à loisir, ce que le professeur venait de décrire. Un préparateur, attaché au cours, était chargé de guider les élèves, dans leurs observations après la leçon.

Ce préparateur s'appelait Léon Foucault.

Comment Léon Foucault était-il investi des fonctions de préparateur du cours de microscopie du D^r Donné ?

Né à Paris, en 1819, Léon Foucault était le fils d'un libraire-éditeur, qui avait fait une certaine fortune, en publiant le recueil de Mémoires sur l'histoire de la Révolution française, rassemblés par Monmerqué.

Après la mort de son mari, madame Foucault avait tenu le cabinet de lecture qui existe encore, près de la place de l'Odéon, au n° 40 de la rue Voltaire, et elle avait vu, grâce à l'épargne, grossir sa fortune ; de sorte que son fils avait été laissé libre de choisir une profession conforme à ses goûts

Le jeune homme s'était décidé pour la chirurgie, car il était excessivement adroit de ses mains. Il était entré, par la voie du concours, comme élève externe, à l'Hôtel-Dieu.

Seulement, Léon Foucault avait dans l'esprit une indépendance absolue. Il n'avait pu jamais rester dans aucune pension, ni dans aucun lycée, parce qu'il était impatient de tout joug intellectuel, et qu'il n'aimait à étudier que par ses méthodes. On avait dû, finalement, terminer son éducation à domicile, avec des maîtres particuliers.

Le service de l'hôpital ne trouva pas Léon Foucault plus docile que la règle du lycée. Il avait senti de bonne heure se développer en lui un penchant décidé pour la mécanique et la physique. Il construisait, de ses mains, des modèles de machines, et il avait, par exemple, exécuté une minuscule machine à vapeur, pourvue de tous ses organes, qui était une merveille d'exécution.

Cependant, il ne pouvait se livrer à son goût pour la physique et la mécanique sans négliger son service à l'hôpital. Le chirurgien en chef — c'était Denonvilliers — ne tarda pas à s'en apercevoir, et à s'en plaindre.

Un jour, Denonvilliers, trouvant quelque chose à reprendre dans le service de son externe, l'appela, et devant les élèves, lui parla ainsi :

« Monsieur Léon Foucault, vous vous occupez beaucoup de physique ? »

— Sans doute, monsieur le professeur, répondit Léon Foucault.

— Mais vous vous occupez un peu moins de chirurgie.

— Peut-être, monsieur le professeur...

— Quand on aime la physique et qu'on n'aime pas la chirurgie, savez-vous ce que l'on fait, monsieur Léon Foucault ?

— Que fait-on, monsieur le professeur ?

— On abandonne la chirurgie, et l'on s'adonne à la physique. »

Léon Foucault, qui avait la décision prompte, répliqua, en jetant son tablier d'externe : « Vous avez parfaitement raison, monsieur Denonvilliers ; je quitte l'hôpital. »

Voilà comment Léon Foucault déserta la chirurgie pour la physique, et l'Hôtel-Dieu pour la Sorbonne.

Il était déjà en relations d'amitié avec le D^r Donné, qui lui avait demandé son aide pour installer ses microscopes. Dès qu'il eut quitté l'hôpital, il se mit entièrement à la disposition de son ami.

C'est pour cela que nous trouvions, après chaque leçon de M. Donné, le secours actif, intelligent et serviable du jeune physicien, qui nous faisait répéter les observations microscopiques dont le professeur avait parlé.

Le D^r Donné était d'autant plus heureux d'avoir sous la main un physicien aussi expert que Léon Foucault, qu'il avait souvent besoin des lumières d'un homme spécial. Dans son feuilleton scientifique du *Journal des Débats*, il avait cru, fort mal à propos, — peut-être par motif politique, — devoir prendre une attitude hostile à l'égard de François Arago ; et ce dernier, qui avait l'épiderme sensible, rendait coup pour coup au rédacteur scientifique du journal de la rue des Prêtres. Avec sa verve ordinaire, le Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences aimait à relever les faux pas que son adversaire faisait dans ses attaques contre lui. On se rappelle encore les sarcasmes que François Arago, en dépouillant la correspondance académique, lanca contre le D^r Donné, à propos de l'eau fangeuse qui sortait du puits de Grenelle, dans les premiers mois de l'achèvement du forage. Le D^r Donné, qui n'avait cessé d'argumenter contre la lenteur des opérations du puits de Grenelle, se rejetait, une fois l'œuvre menée à bien, sur les masses énormes de terre que l'eau entraînait avec elle. Il prétendait que les grandes quantités de terre ainsi

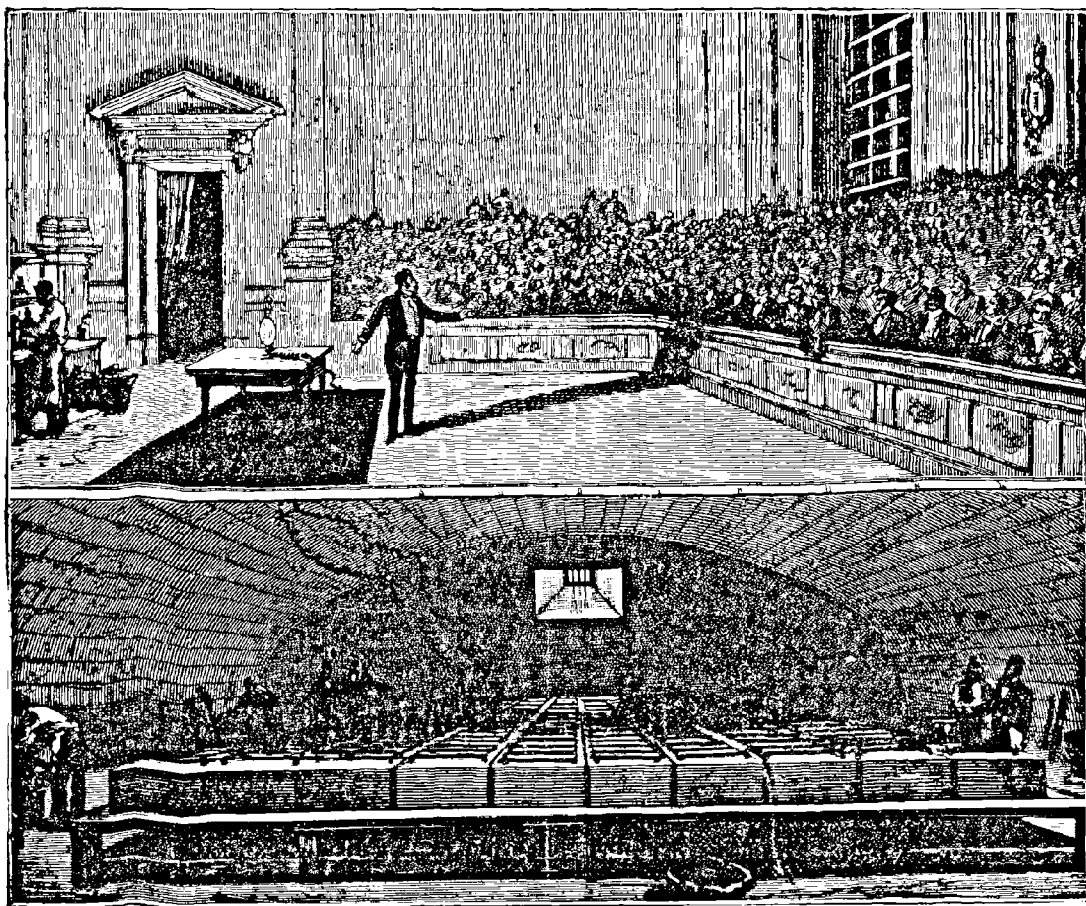


Fig. 3. — L'expérience de l'œuf électrique de Davy, dans un cours public de Paris, en 1830.

enlevées par les eaux artésiennes, compromettaient la solidité des maisons du quartier du Gros-Caillou. Le puits avait 550 mètres de profondeur ! Vous pensez si Arago faisait des gorges-chaudes de cette bévue du feuilletoniste.

On comprend donc que le secours des connaissances spéciales de Léon Foucault n'était pas de trop pour le D^r Donné.

C'est ce que l'on vit bien, du reste, dans l'invention de l'éclairage électrique, à laquelle nous arrivons.

Le D^r Donné a publié, en 1845, en commun avec Léon Foucault, un magnifique *Atlas d'anatomie microscopique*. Les dessins qui ont servi à graver ces planches, étaient

obtenus au moyen du microscope solaire, qui éclairait les images, amplifiées par la puissante lentille de l'instrument. L'objet étant fortement éclairé par la concentration des rayons solaires, on projetait sur un écran l'image agrandie de cet objet. Cette image agrandie était alors dessinée, et plus tard gravée. Mais le soleil, on le sait de reste, n'est pas un hôte assidu de l'horizon parisien. Il était donc important de pouvoir remplacer l'astre radieux, comme l'appellent les astronomes, par une source de lumière équivalente, que l'on pût produire à volonté.

Il y avait bien la lumière oxy-hydrique, c'est-à-dire la flamme résultant de la com-

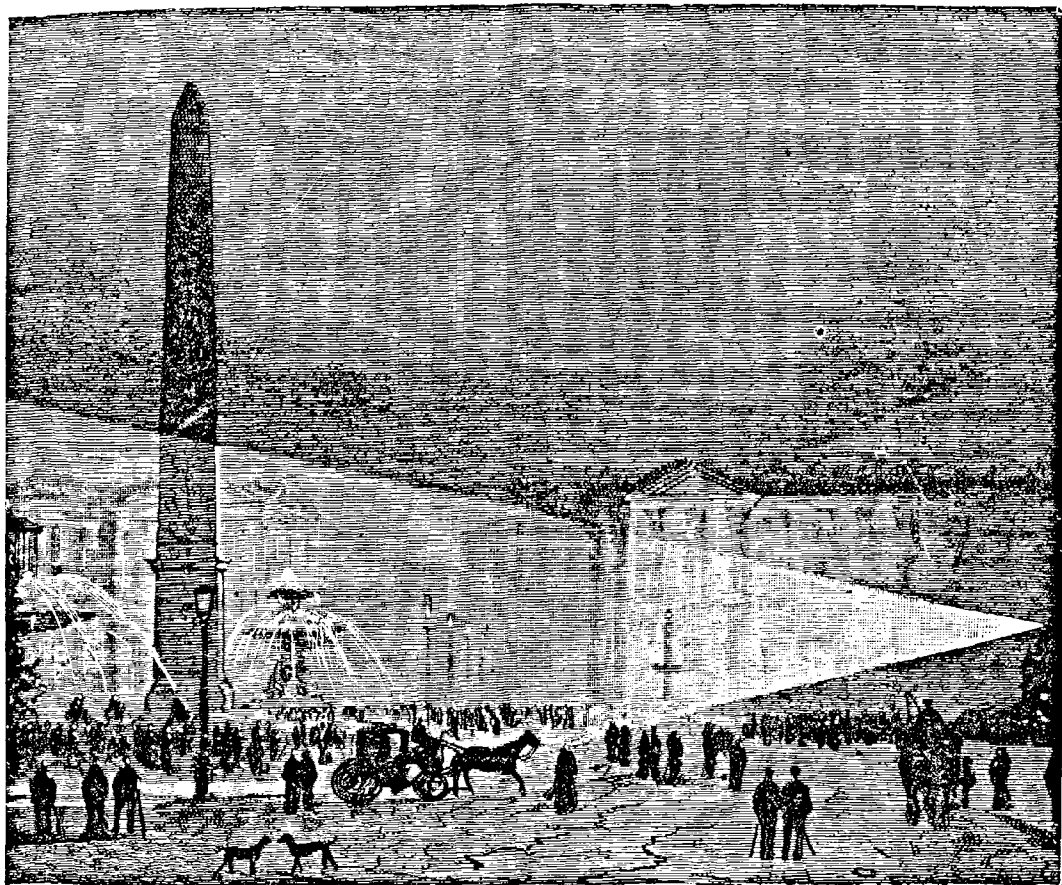


Fig. 4. — Première expérience publique d'éclairage par l'électricité sur la place de la Concorde faite par Deleuil et Léon Foucault (en décembre 1844).

bustion du gaz hydrogène par l'oxygène pur, qui donne une source lumineuse d'une prodigieuse puissance, quand on interpose dans cette flamme un fragment de chaux ou de magnésie. Mais ce n'est pas sans raison que le mélange des gaz hydrogène et oxygène porte le nom de *gaz tonnant*. Sans doute pour justifier son nom, le *gaz tonnant* avait plus d'une fois détoné, et fait sauter les appareils, entre les mains du docteur. De pareilles commotions étaient fort mal à leur place dans un hospice de femmes en couches. Aussi le directeur de l'hôpital avait-il mis son *veto* administratif sur l'emploi de ce dangereux mélange.

CONQUÊTES. — L

C'est dans ces circonstances que Léon Foucault eut l'idée de remplacer le soleil par la lumière électrique. Pour éclairer l'instrument amplificateur, il chercha à utiliser la lumière que produit le courant électrique placé dans certaines conditions.

Nous avons dit, dans notre *Introduction*, qu'en 1813, Humphry Davy avait découvert ce fait fondamental, que si l'on se sert de pointes de charbon de bois, comme pôles terminaux d'une pile voltaïque, et que l'on fasse passer la décharge de la pile entre ces deux pointes de charbon, on obtient une lumière d'une puissance extraordinaire, par suite de la résistance que le charbon oppose

2

au passage du courant. Nous avons ajouté que comme le charbon de bois est essentiellement combustible, la lumière durait à peine quelques instants, en raison de l'inflammation du charbon, et que, pour assurer la persistance de l'arc électrique lumineux, Davy avait eu l'idée d'enfermer les deux pointes de charbon dans un globe de verre, où il faisait le vide. Dans cet espace, artificiellement privé d'air, le charbon ne pouvait se consumer, et l'arc électrique se maintenait indéfiniment.

L'expérience de Davy était splendide, et depuis trente ans on la répétait dans les cours publics de physique des Facultés (fig. 3); mais elle restait à l'état de curiosité scientifique.

C'est alors que Léon Foucault eut une idée, une inspiration de premier ordre. L'appareil de Davy, où il faut faire le vide, ne pouvait être utilisé dans la pratique. Mais on pouvait chercher un charbon moins combustible, avec lequel on opérerait en plein air. Après avoir, avec une patience infinie, passé en revue toutes les variétés possibles de l'immense groupe des charbons, pour trouver un charbon peu combustible à l'air, — ce qui paraissait, soit dit en passant, une sorte de pierre philosophale, — Léon Foucault trouva le phénix cherché. Ce charbon-phénix, ce charbon peu combustible à l'air, c'est celui que l'on retire des cornues ayant longtemps servi à distiller la houille, pour la préparation du gaz de l'éclairage. Cette sorte de coke, qui a été calciné pendant plusieurs semaines, a acquis une densité considérable, qui le rend très peu combustible à l'air; et, en même temps, il est devenu très bon conducteur de l'électricité, ce qui manque au charbon végétal. Léon Foucault tailla dans ce coke calciné, qu'on appelle aujourd'hui, et d'après lui, *charbon de cornue de gaz*, de petites baguettes, lesquelles, amincies en pointe, lui servirent à former les deux pôles d'une pile voltaïque. Il

put ainsi obtenir, en plein air, une lumière d'une prodigieuse intensité, et qui durait longtemps, par suite de la grande densité des charbons servant de conducteurs.

Par une de ces coïncidences heureuses qui se rencontrent quand l'heure a sonné des grandes découvertes utiles au progrès de l'humanité, le physicien allemand, Bunsen, venait, deux années auparavant, de créer son excellente pile à deux acides. Jusque-là on n'avait disposé, avec la pile à auge, que d'un courant électrique d'une intensité très faible; de sorte que, pour effectuer l'expérience de Davy, il fallait réunir un nombre énorme de couples voltaïques. Grâce à la découverte de la pile de Bunsen, qu'il adopta tout de suite, Léon Foucault put disposer d'une source puissante et constante d'électricité.

C'est en 1844 que Léon Foucault, grâce à l'emploi du *charbon de cornue de gaz* et de la pile de Bunsen, remplaça le soleil dans l'instrument amplificateur qui servait à faire les projections des objets microscopiques. pour l'*Atlas du cours de microscopie* du D^r Donné, qui fut publié deux années après¹

L'hôpital des Cliniques fut donc le premier théâtre de cette découverte, si féconde en conséquences pour l'avenir. Léon Foucault put, dès lors, renoncer au gaz tonnant, et travailler à ses projections microscopiques, sans crainte de faire tressauter dans leurs lits les nouvelles accouchées. Peut-être même, aux premières heures du soir, plus d'une femme, sur son lit de douleur, eut-elle l'heureuse surprise d'une clarté sidérale venant illuminer subitement les sombres arceaux de la triste cour de l'hospice.

Il y avait pourtant un inconvénient grave

¹ *Atlas du cours de microscopie, exécuté d'après nature, ou microscopio-daguerréotype*, par Alfred Donné et Léon Foucault. Paris, 1846; in-folio de 20 planches, contenant 80 figures gravées et un texte descriptif.

Cet atlas faisait suite à l'ouvrage du D^r Donné, publié sous ce titre: *Cours de microscopie complémentaire des études médicales. Anatomie et physiologie des fluides de l'économie*. Paris, 1844.

dans la lampe électrique simple que Léon Foucault venait de créer ; et cet inconvénient, chacun le devine. Quelque peu combustible que soit le *charbon de cornue de gaz*, cependant il brûle à l'air, quoique dans une faible proportion. Par la combustion, les pointes s'usent ; dès lors, la distance entre les deux charbons étant trop grande, le courant ne passe plus, et l'arc lumineux disparaît ; en d'autres termes, la lumière s'éteint.

Pour remédier à cet inconvénient fondamental, Léon Foucault, dans la lampe électrique primitive, rapprochait, tout bonnement à la main, les charbons l'un de l'autre, à mesure qu'ils s'usaient par la combustion. A cet effet, chaque charbon était attaché à une tige métallique, que l'on faisait avancer à volonté, dans une coulisse, en tournant un bouton.

Cependant, l'*appareil photo-électrique de Foucault et Donné* ne devait pas rester longtemps confiné dans les projections et agrandissements d'objets microscopiques. C'est, avons-nous dit, en 1844 que nos deux physiciens firent l'application de leur système d'illumination électrique par l'électricité, aux projections d'objets d'anatomie microscopique. L'année 1844 ne s'était pas écoulée qu'un habile opticien de la rue Dauphine, Deleuil, rendait les Parisiens témoins de la première expérience d'éclairage public qui ait été faite en aucun lieu du monde.

Au mois de décembre 1844, à 8 heures du soir, la place de la Concorde était remplie de curieux, accourus de tous les points de la capitale, pour assister à l'expérience que les journaux avaient annoncée la veille. On pense bien que les jeunes pensionnaires de madame de Beaurepaire se trouvaient tous, à l'heure dite, à ce rendez-vous de la science ; et un spectacle admirable devait largement satisfaire leur curiosité.

Dans la foule entière, il y eut une véritable stupéfaction. Bien qu'il existât un

brouillard assez intense, la lumière électrique en perçait les vapeurs, et inondait toute la place de la Concorde. Je constatai que l'on pouvait lire un journal au pied de l'obélisque, malgré la nuit noire qui couvrait l'espace non éclairé, et le brouillard qui s'étendait partout.

L'appareil d'éclairage, c'est-à-dire les deux pointes de charbon entre lesquelles s'élançait l'arc voltaïque, était placé, du côté de la rue Royale, sur les genoux de la statue de la ville de Lille, et cent éléments de Bunsen étaient logés dans la petite pièce, fermée par une porte de bronze, qui est ménagée dans le soubassement de la statue (fig. 4).

N'y a-t-il pas un curieux et intéressant rapprochement dans le fait de cette statue de notre industrielle et savante cité de Lille, prenant sur ses genoux, comme pour l'accueillir et la bercer, à sa naissance, la jeune invention de l'éclairage électrique ? C'est d'une ville française, symbolisée dans son image de pierre, que partirent les premiers rayons d'une aurore qui devait bientôt répandre partout d'éblouissantes clartés.

A partir de cette soirée mémorable, l'éclairage public par l'arc voltaïque était créé.

L'expérience fut répétée par Deleuil, quelques jours après, sur le quai Conti, en plaçant l'appareil dans le pavillon que cet opticien possédait alors sur ce quai, pour les opérations du daguerréotype.

Mais l'appareil que Deleuil avait employé, c'est-à-dire la *lampe photo-électrique* de Léon Foucault, n'était que l'enfance de l'art. Ainsi qu'il vient d'être dit, deux éléments fondamentaux en faisaient la valeur : 1° la pile, inventée deux années auparavant, par le chimiste allemand Bunsen, et qui avait permis de développer une masse considérable d'électricité, que n'aurait jamais pu donner la pile jusque-là en usage ; 2° le *charbon de cornue de gaz*, employé comme

conducteur terminal des deux pôles. Mais l'usure des charbons, et leur usure inégale, était un inconvénient capital. Comme nous l'avons dit, Deleuil et Léon Foucault avaient été obligés, pendant l'expérience de la place de la Concorde, de rapprocher à la main, en tournant un bouton, les supports métalliques des deux charbons, à mesure qu'ils s'usaient et brûlaient à l'air. Il fallait perfectionner ce primitif engin. Pour avoir un appareil scientifique, pour obtenir un éclairage régulier, constant, il fallait s'arranger pour obtenir le rapprochement des charbons *automatiquement*, c'est-à-dire sans aucun secours de la main.

C'est ainsi que Léon Foucault fut conduit à l'une des plus brillantes découvertes physico-mécaniques de notre siècle. Nous voulons parler du *régulateur de la lumière électrique*, conception due en propre à ce grand physicien.

Pendant la révolution de 1848, il y avait, à la Préfecture de police de Paris, un homme qui attira sur lui l'attention, par un mot juste et bien placé. Caussidière se vanta de faire de *l'ordre avec du désordre*, c'est-à-dire de faire de la police et de la bonne surveillance municipale, en utilisant les personnages dangereux qui remplissaient Paris insurgé.

Est-ce le mot de Caussidière, prononcé en 1848, qui inspira à Léon Foucault l'idée de son régulateur, imaginé la même année? On pourrait le croire, car, à l'exemple du préfet de police de 1848, Léon Foucault fit de l'ordre avec du désordre. Il réalisa dans la physique ce que Caussidière faisait dans l'administration municipale. Il y avait du désordre dans l'éclairage de sa lampe photo-électrique, et ce désordre provenait de l'irrégularité du courant électrique. Avec ce désordre, c'est-à-dire avec le courant électrique même, Léon Foucault fit de l'ordre, c'est-à-dire rendit l'éclairage régulier. Expliquons ce rébus :

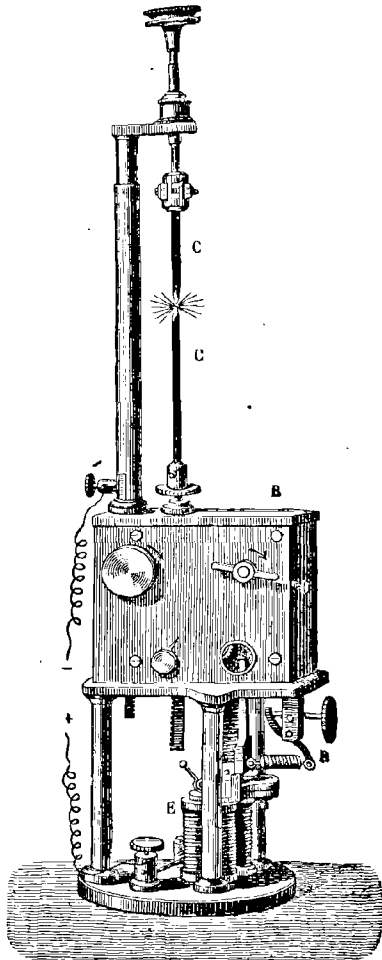
Dans le *régulateur de la lumière électrique* que l'on doit à Léon Foucault, c'est le courant électrique lui-même qui règle le rapprochement des cônes de charbon, au fur et à mesure de leur usure par la combustion à l'air. Voici comment ce résultat est obtenu.

Les deux baguettes de charbon sont continuellement poussées l'une contre l'autre par un petit ressort. Mais l'action de ce ressort est suspendue par l'effet d'un *électro-aimant*. Tout le monde sait ce que l'on appelle *électro-aimant*. C'est un petit barreau de fer pur, autour duquel s'enroule un fil isolé, que peut parcourir le courant d'une pile. Le courant voltaïque d'une pile, circulant ainsi autour d'un barreau de fer pur, le transforme en aimant, c'est-à-dire lui donne la propriété d'attirer le fer. Or, dans le *régulateur de la lumière électrique* de Léon Foucault, le courant électrique qui aimante cet électro-aimant, est le même qui produit l'arc électrique éclairant : c'est une portion dérivée de ce même courant. Quand les charbons s'usent par leur combustion à l'air, la distance entre eux augmente, et le courant électrique ayant un plus grand espace à franchir à travers l'air, perd de son intensité. Ayant perdu de son intensité, le courant aimante avec moins de force l'électro-aimant qui paralyse l'effet du ressort en rapprochant les charbons. Dès lors, ce ressort, étant moins contenu, agit et rapproche un peu les charbons. Ce rapprochement se fait jusqu'à ce que la distance primitive soit rétablie. Quand le courant électrique a repris son énergie première, l'arc lumineux recouvre sa puissance éclairante.

Ces effets de contre-balancement de l'action du ressort et de reprise de la puissance du même ressort, se continuent, selon les variations de l'écart des deux charbons, et, par cette répétition d'effets, la lumière de l'arc électrique demeure constante.

Ainsi, c'est l'agent producteur du phéno-

mène lumineux, c'est-à-dire le courant électrique lui-même, qui gradue et modère les irrégularités de la longueur de l'arc. L'ordre, c'est-à-dire l'uniformité d'effet



— Régulateur de la lumière électrique de Foucault et Duboscq

électro-aimant, actionné par le courant qui produit l'arc voltaïque, et qui tend à rapprocher les deux charbons. — R, ressort antagoniste qui paralyse l'effet de l'électro-aimant. — B, boîte contenant dans son intérieur des rouages d'horlogerie et une crémaillère, qui peuvent faire rapprocher ou éloigner les deux charbons et qui sont en rapport avec le ressort R. — V, vis de rappel réglant la force des ressorts d'horlogerie contenus dans la boîte B. — C, C', charbons entre lesquels s'allume l'arc voltaïque.

éclairant, est produit par le désordre, c'est-à-dire par les irrégularités dans la distance des pointes de charbon.

Voilà le rébus expliqué.

Le régulateur de la lumière électrique imaginé par Léon Foucault, en 1848, fut

perfectionné dans ses détails, par un habile opticien de Paris, M. Jules Duboscq, à qui Léon Foucault en avait confié la construction. Simplifié par M. Jules Duboscq, le régulateur de Léon Foucault, que l'on trouve décrit dans les ouvrages de physique, sous le nom de régulateur de Léon Foucault et Duboscq, est représenté dans la figure 5. La légende accompagnant cette figure donne l'explication de ses organes.

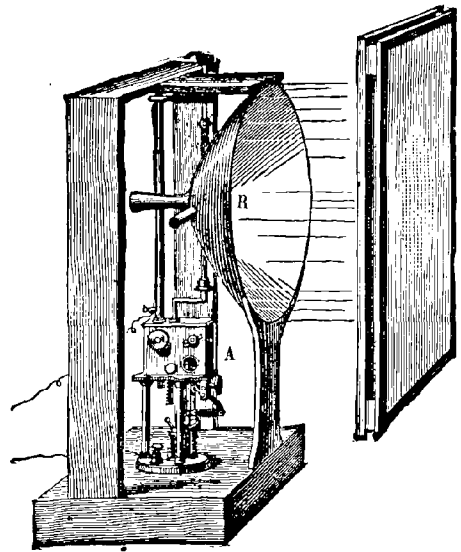


Fig 6. — Appareil de Léon Foucault et Jules Duboscq produisant, avec l'arc voltaïque et un réflecteur, l'effet du soleil levant, sur la scène de l'Opéra, dans le « Prophète »

A, régulateur de la lumière électrique. — R, réflecteur parabolique — C, l'un des châssis transparents, à travers lesquels se tamise la lumière.

M. Jules Duboscq se servit de ce régulateur pour effectuer l'éclairage du microscope photo-électrique, c'est-à-dire pour obtenir les projections d'objets divers d'histoire naturelle et d'anatomie; comme aussi pour éclairer l'image des astres agrandie au foyer d'un télescope à miroir concave; en un mot, pour exécuter toutes les projections d'objets scientifiques, qui, depuis ce moment, devinrent à la mode dans les cours publics de sciences et dans les conférences populaires.

M. Jules Duboscq a promené dans toute la France son régulateur et son microscope

photo-électrique, pour le plus grand bien et la meilleure instruction de tous

Nous ajouterons que, dès sa création, le *régulateur Foucault et Duboscq* servit à inaugurer l'éclairage électrique au théâtre.

En 1849, l'Opéra de Paris montait le *Prophète* de Meyerbeer. On sait que le grand compositeur veillait avec une sollicitude extrême à la mise en scène de ses ouvrages. Il n'était pas satisfait du moyen que l'on se proposait d'employer pour produire l'effet de soleil levant, qui termine le troisième acte de cet opéra, Léon Foucault venait précisément de créer l'éclairage électrique ; et Deleuil avait fait, sur la place de la Concorde, l'expérience mémorable dont nous avons parlé. Meyerbeer saisit l'à-propos. Il s'adressa à Léon Foucault, pour que le savant voulût bien appliquer son système d'éclairage à l'imitation de l'effet du soleil sur la scène. Il fallait, pour cela, disposer un réflecteur parabolique autour du foyer de la lumière électrique et de son régulateur. Léon Foucault s'appliqua à exécuter un miroir répondant aux conditions demandées.

La figure 6 représente la disposition que Léon Foucault, aidé de M. Jules Duboscq, adopta pour imiter, à l'Opéra, l'effet du soleil levant. La lumière est placée au foyer d'un miroir parabolique R, qui la réfléchit et la renvoie parallèlement à l'axe de ce miroir. A peu de distance est disposé un écran transparent, C, à travers lequel la lumière se tamise, et prend des tons plus harmonieux, ou plus doux. Des toiles légères sont suspendues, un peu plus loin, que cet écran, et flottant devant l'appareil, estompent l'éclat et graduent l'effet de la lumière.

Pour produire l'effet du soleil montant à l'horizon, la lampe et tout le système que nous venons de décrire, s'élevaient, d'un mouvement uniforme, grâce à un ressort-moteur produisant un mouvement ascensionnel.

Tout cela n'avait pas été combiné ni exé-

cuté sans difficultés. D'un autre côté, Meyerbeer n'était pas facile à contenter, dans son désir de mettre tous les effets de la mise en scène à la hauteur de ses chefs-d'œuvre. Aussi, Léon Foucault avait-il beaucoup de peine à satisfaire l'illustre compositeur. Il faisait tous ses efforts dans ce but, sans y parvenir toujours.

A cette époque, Léon Foucault, qui ne disposait pas encore de la fortune de sa mère, était heureux de trouver dans son feuilleton scientifique du *Journal des Débats*, les ressources de sa modeste existence. Il dînait, avec nous, à une table d'hôte de la rue des Beaux-Arts. Pendant trois mois, il nous arrivait, chaque jour, portant sous son bras le fameux réflecteur qu'il venait d'essayer sur la scène de l'Opéra, et il se dédommageait avec nous, en exhalant ses plaintes, de l'ennui que lui donnaient les exigences du maître. Cependant tout finit par marcher à la satisfaction générale.

Nous ajouterons que l'appareil électrique exécuté, en 1849, pour les représentations du *Prophète*, est encore appliqué ; et qu'à chaque représentation de cet opéra, aujourd'hui, comme autrefois, c'est le même réflecteur qui est employé. Bien plus, comme en 1849, le courant électrique est produit par la pile de Bunsen. Ce qui prouve que la bonne mécanique et la grande musique bravent les efforts du temps.

L'éclairage public, l'éclairage des grands espaces, étant devenu facile avec le *régulateur* de Léon Foucault et la pile de Bunsen, quelques physiciens commencèrent à s'adonner à la propagation de la nouvelle source lumineuse, et cherchèrent, en même temps, à assurer, par d'autres moyens mécaniques, la fixité de l'arc éclairant.

Parmi ceux qui s'occupèrent, à cette époque, avec le plus d'ardeur, à répandre la connaissance et l'usage de l'éclairage électrique, il faut citer Archereau.

Archereau était un amateur de sciences qui se consacrait à des recherches et à des travaux de physique. Il s'était fait connaître par une modification de la pile de Bunsen. Il avait retourné, comme un habit, la pile du physicien allemand. Il avait mis dehors ce que Bunsen avait mis dedans, et mis dedans ce que Bunsen avait mis dehors. Bunsen plaçait le charbon de son générateur d'électricité à l'extérieur et le zinc à l'intérieur. Archereau fit l'inverse, ce qui était beaucoup plus commode pour la taille du charbon. Mais, surtout, il avait changé l'espèce de charbon dont Bunsen avait fait usage. Le physicien d'Heidelberg employait un mélange pulvérulent de houille grasse et de coke; Archereau le remplaça par le *charbon de cornue de gaz*, que Foucault avait fait servir à composer les baguettes conductrices de l'arc voltaïque.

Archereau avait résolu, par un moyen autre que celui de Léon Foucault, le problème consistant à maintenir égal l'écartement des charbons. Il plaçait la gaine métallique du porte-charbon dans un électro-aimant cylindrique creux. Dans ces conditions, c'est-à-dire avec un électro-aimant creux, ou ce que les physiciens appellent un *solénoïde*, quand le courant vient animer l'électro-aimant creux, son armature, qui n'est autre chose que le porte-charbon négatif, est attirée. Mais si le courant électrique perd sa puissance, le porte-charbon négatif, tiré par un contrepoids, s'élève, et le point lumineux reste invariable.

Le moyen était ingénieux et simple, mais il était bien inférieur, en précision, à celui de Léon Foucault.

La figure 7 représente le régulateur de la lumière électrique d'Archereau. La légende qui accompagne cette figure donne l'explication du mécanisme de cet instrument.

C'est avec sa pile de Bunsen perfectionnée et son *régulateur à solénoïde* qu'Archereau commença en 1847, à faire des expé-

riences publiques d'illumination par l'électricité.

Survinrent les événements de la révolution de 1848, qui lui enlevèrent, par un de ces revers trop communs à cette époque, la presque totalité de sa fortune. Dès lors, notre physicien fit, par nécessité, ce qu'il

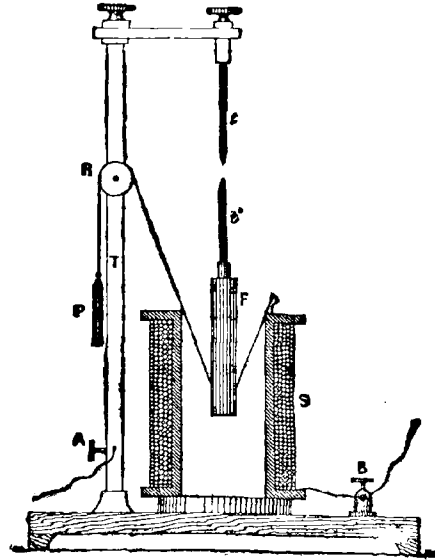


Fig. 7. — Régulateur de la lumière électrique de M. Archereau.

S, coupe verticale du solénoïde, ou électro-aimant creux, recevant l'électricité qui l'aimante du courant même qui produit l'arc voltaïque. F, barreau de fer suspendu au milieu de l'électro-aimant creux, et soutenu par une corde et un contre-poids P, de manière qu'il puisse monter ou descendre sous l'influence de ce courant; f', charbon négatif attaché au système mécanique du barreau de fer; f, charbon positif, qui est attaché à la potence T de l'appareil.

Le courant électrique entrant par la potence T, arrive au charbon positif, forme l'arc voltaïque, et, après avoir traversé cet arc, ainsi que le barreau F, passe dans l'aimant creux S, et revient à la pile par la borne métallique B, placée sur le socle et isolée.

Si les charbons s'écartent trop l'un de l'autre et que la résistance de l'arc augmente, l'intensité du courant diminue dans l'électro-aimant S, le fer est moins fortement attiré et le charbon négatif, relevé par le contrepoids, se rapproche du charbon positif. À l'inverse, si les charbons se rapprochent, le courant augmente d'intensité, ce qui produit une plus forte attraction de la part de l'électro-aimant sur le fer doux, et détermine l'éloignement des charbons.

avait fait par goût. Il loua une petite boutique, sur le quai des Orfèvres, vendit ses nouvelles piles de Bunsen, et fit des essais publics d'illumination électrique, à l'exemple de Jules Duboscq.

En juillet 1848, l'appareil d'Archereau lançait sa gerbe lumineuse à travers la Seine, et allait vivement éclairer la colom-

nade du Louvre. Ce spectacle attirait un nombre considérable de curieux. Bientôt, et presque chaque soir. Archereau projetait le long du quai le faisceau de lumière émané de son puissant foyer électrique.

Ces exhibitions amusaient le public parisien, et le familiarisaient avec le nouveau mode d'éclairage.

CHAPITRE II

PREMIERS ESSAIS D'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE FAITS EN ANGLETERRE, PAR W. STAITE, EN 1848. — LACASSAGNE ET THIERS INVENTENT UN RÉGULATEUR DE LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE, ET FONT, A LYON, DES EXPÉRIENCES D'ÉCLAIRAGE. — NOUVELLES EXPÉRIENCES A PARIS, DE 1850 A 1856. — L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE APPLIQUÉ AUX TRAVAUX DE NUIT. — INVENTION DE NOUVEAUX RÉGULATEURS. — LE RÉGULATEUR SERRIN. — LA LAMPE JASPAR.

Le mouvement commencé en France se propagea rapidement à l'étranger. En Angleterre, W. Staite faisait, dans la salle de l'hôtel de la ville de Sunderland, un essai d'éclairage par l'électricité, dont le *Times* rendait compte, le 2 novembre 1848, avec de grands témoignages d'admiration.

« La puissance de cet éclairage est immense, disait le journal de la Cité. Il ressemble au soleil u à la lumière du jour, et obscurcit l'éclat des bougies, comme le ferait le soleil lui-même. »

Il est bon de noter, en passant, que W. Staite avait construit un régulateur de la lumière fondé sur le même principe que celui de Léon Foucault. Il avait même pris un brevet antérieur à celui de Léon Foucault, lequel ne s'avisait de faire breveter son régulateur, que lorsqu'il apprit que W. Staite, en Angleterre, avait obtenu un privilège pour le même appareil. Mais il est parfaitement établi aujourd'hui que le régulateur de Léon Foucault est sa propre et personnelle découverte, et que le physicien anglais ne fit que breveter, en Angleterre, ce que Léon Fou-

cault avait inventé en France ; absolument comme un industriel anglais, qui répondait au nom de Gaine, prenait, à la même époque, un brevet à Londres, pour le *papier-parchemin* que j'avais découvert, à Paris, en 1846. C'est ce qui peut s'appeler le *détroussement scientifique international*.

Grâce à son régulateur, W. Staite popularisa en Angleterre l'éclairage électrique. Pendant quatre ans, il promena son appareil électrique dans les principales villes du royaume. Sa mort, arrivée en 1852 arrêta l'essor de sa propagande.

On continuait, en France, à s'intéresser aux débuts de l'éclairage par l'électricité. A Lyon, Lacassagne, essayeur à la Monnaie, et Rodolphe Thiers, chimiste, avaient imaginé un système fort ingénieux de régulateur. L'un des deux charbons produisant l'arc lumineux, reposait sur une petite colonne de mercure, laquelle, grâce à un mécanisme spécial, soulevait ce charbon, et le rapprochait de son congénère, à mesure qu'il se raccourcissait par sa combustion à l'air.

C'est au mois de juin 1855, sur le quai des Célestins, que Lacassagne et Rodolphe Thiers firent, à Lyon, la première expérience publique de leur système d'éclairage. Les journaux de Lyon la rapportèrent, avec un véritable enthousiasme.

« Le quai tout entier, écrivait le *Salut Public*, « était inondé d'une lumière fulgurante, qui permettait de lire à une distance de 400 mètres du « foyer lumineux. Les oiseaux eux-mêmes, croyant « le jour déjà revenu, quittèrent leurs nids sous les « combles, pour venir battre de l'aile dans les rayons « du nouveau soleil. »

Les expériences de Lacassagne et Thiers furent répétées, au mois de juillet, à Château-Beaujon, chez le peintre de marine, Théodore Gudin. Les journaux de Paris ne furent pas moins enthousiastes, dans leurs descriptions de l'expérience de Château-Beaujon, que l'avaient été les feuilles lyonnaises. Voici, par exemple, ce qu'écrivait la *Gazette de France* du 5 juillet 1855 :

« Hier, les promeneurs qui se trouvaient, à neuf heures du soir, dans les environs du Château-Beaujon, ont été tout à coup inondés d'une lumière aussi puissante que celle du soleil. En effet, on eût dit que le soleil venait de se lever, et telle était l'illusion que des oiseaux, surpris dans le sommeil, ont voltigé devant ce jour artificiel. Le foyer lumineux partait de la terrasse du Château-Beaujon, où MM. Lacassagne et Thiers, chimistes lyonnais, démontraient devant une société d'élite, réunie chez M. Théodore Gudin, les avantages de la lumière électrique sortie des langages de la théorie, et abordant franchement le domaine du fait accompli. L'expérience a été complète.

« La puissance du foyer lumineux embrassant une vaste surface était si fulgurante, que les dames conviées à l'expérience ont ouvert leurs ombrelles, non pour faire une galanterie aux innovateurs, mais pour se garantir contre les ardeurs de ce mystérieux et nouveau soleil. »

La puissance du foyer, que l'on comparait alors à un mystérieux soleil, n'était pourtant que de 60 becs Carcel. Qu'aurait dit la *Gazette de France* si la lampe Lacassagne et Thiers eût brillé d'un éclat égal à 150 becs Carcel, comme brillent aujourd'hui quelques lampes électriques alimentées par des machines électro-dynamiques ?

Au mois d'octobre 1856, une grande démonstration de la puissance des effets de l'éclairage électrique fut donnée, au haut de l'Arc de triomphe de l'Étoile. Pendant quatre heures, l'avenue des Champs-Élysées fut splendidement éclairée par les appareils Lacassagne et Thiers. On voulait attirer sur cette merveilleuse invention l'attention de l'empereur Napoléon III.

Pendant cette même année 1856, les expériences d'éclairage électrique, faites sur des places publiques, se multiplient. On les trouve réalisées, à Paris, à l'Alcazar et au Jardin d'hiver ; à Lyon, à l'Observatoire de Fourvières.

En janvier 1857, Lacassagne et Thiers tentent l'éclairage permanent de la rue Impériale, à Lyon, avec deux foyers seulement. Mais la mort de Lacassagne arrêta l'entreprise.

Au mois de mars, à Toulon, on essaya d'éclairer, par ce moyen, le port intérieur.

On commençait à comprendre l'utilité de la lumière électrique ; mais on croyait devoir la limiter à l'éclairage, pendant la nuit, des chantiers et usines, quand les circonstances exigeaient un travail en dehors des habitudes ordinaires.

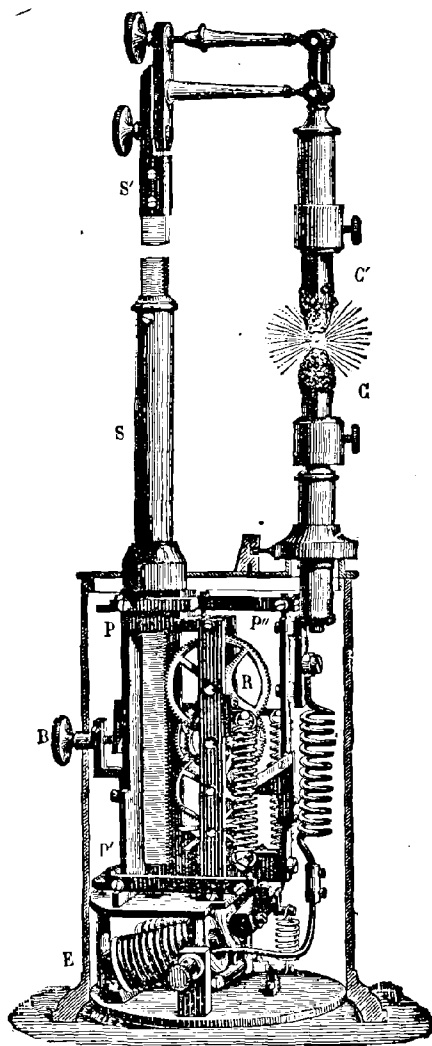


Fig. 5. -- Régulateur de la lumière électrique de M. Serrin.

En 1855, la commission impériale du palais de l'Industrie fit éclairer par la lumière électrique, les ouvriers occupés à la décoration de la grande nef de l'Exposition, pour la solennité de la clôture. Une lampe électrique avait été placée à chacune des deux extrémités de la nef ; chaque lampe était

mise en action par une pile, formée de cent éléments de Bunsen. La première de ces lampes marcha de 5 heures à 10 heures et demie du soir; la seconde de 10 heures et demie à 3 heures du matin, et de 3 heures à 6 heures. On réunit ensuite les deux lampes, et on les fit fonctionner ensemble jusqu'au lever du jour.

L'éclairage électrique prenant décidément possession des chantiers de travaux pendant la nuit, on s'occupa d'en faciliter l'emploi. La pile de Bunsen était encore le seul agent de production d'électricité, et l'on n'en entrevoyait pas d'autre. Tous les efforts se portaient donc sur le perfectionnement du régulateur de lumière.

De 1850 à 1860, on vit apparaître un grand nombre de *régulateurs de lumière*. Le régulateur Léon Foucault et Jules Dubosq et celui d'Archereau ont servi de types à la construction de la plus grande partie de ces appareils, dus aux physiciens, ou opticiens, Gaïffe, Burgin, Chertemps, Jaspar, Carré, Siemens, Lontin, Rapieff, Brush, de Mersanne, Fontaine, etc.

Nous nous dispenserons de décrire ces divers appareils. Nous nous bornerons à signaler celui qui a servi à la plupart des éclairages par l'électricité que l'on ait exécutés en France, jusqu'à l'apparition de la bougie Jablochhoff. Nous voulons parler du régulateur de M. Serrin.

Le *régulateur Serrin* (fig. 8) est celui qui répond le mieux à toutes les exigences de la pratique. Il laisse les deux charbons en contact quand le courant électrique ne circule pas. Lorsque le courant est fermé, il tient les charbons à l'écart voulu, et les rapproche graduellement, sans les laisser arriver de nouveau au contact. Si un accident quelconque, par exemple un violent coup de vent, ou la rupture d'un charbon, vient à interrompre l'arc lumineux, l'appareil ramène de nouveau les deux charbons au contact puis il les éloigne à la distance né-

cessaire pour que l'arc voltaïque se rétablisse.

Voici par quels moyens ingénieux ce résultat est obtenu. C'est le poids du porte-charbon supérieur, C', c'est-à-dire du charbon positif, qui constitue le moteur. Une crémaillère taillée dans la partie inférieure de la tige SS', qui porte ce charbon, engrène avec une série de roues à ailettes, R. Quand le courant électrique n'est pas établi, les engrenages tournent, jusqu'à ce que les charbons soient en contact. Ce contact ferme le courant électrique, et aussitôt l'électro-aimant, E, attire une armature de fer, à laquelle est fixé un parallélogramme en cuivre, PP'P''. Ce parallélogramme saisit la roue à ailettes R, l'embraye, et arrête la descente du charbon supérieur. Mais ce parallélogramme, composé de substance métallique conductrice, est relié au charbon inférieur, C. Par suite de son mouvement, il fait descendre le charbon inférieur, et de cette manière il détermine un écart des deux charbons, ce qui fait naître l'arc voltaïque. Quand les charbons se consomment, par l'action de la haute température et de l'air, leur écart augmente; mais l'électro-aimant, perdant de sa force, laisse libre le parallélogramme, qui rapproche les charbons, et ainsi de suite.

Le bouton B, sert à tendre ou à détendre le ressort antagoniste qui fait équilibre à l'action de l'électro-aimant F.

Le *régulateur Serrin* est, on le voit, une application du système de Léon Foucault, dans lequel les irrégularités du courant voltaïque qui produit la lumière, servent à amener le rapprochement régulier des deux charbons, mais une application singulièrement perfectionnée et merveilleusement entendue pour les fonctions diverses que doit remplir cet appareil. Le parallélogramme métallique qui oscille pour arrêter les rouages d'horlogerie, est une invention mécanique très ingénieuse et d'un effet remarquable.

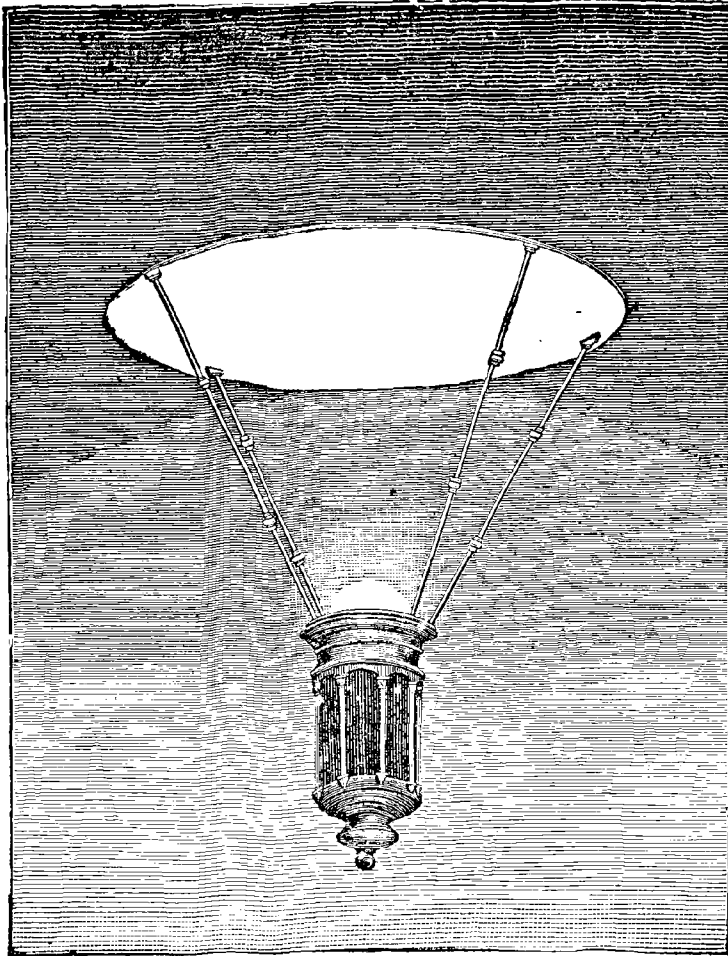


Fig. 9. — Lampe électrique Jaspar.

C'est grâce au *régulateur Serrin* que l'éclairage électrique se répandit et se popularisa en France, depuis l'année 1860 jusqu'à l'année 1868.

Disons, par exemple, que c'est le *régulateur Serrin* qui fut adopté quand, pour la première fois, l'éclairage par l'électricité fut substitué à l'éclairage à l'huile, dans les phares de France. Le 25 novembre 1865, quatre *régulateurs Serrin* remplacèrent les lampes à huile, dans les deux phares du cap de la Hève.

Nous ajouterons que ce même *régulateur* est encore aujourd'hui en usage, en dépit des bougies Jablochkoff. C'est ainsi que

l'Hippodrome de Paris est éclairé en partie par des *régulateurs Serrin* adaptés aux charbons de l'arc voltaïque; et que plusieurs ateliers aujourd'hui éclairés par l'arc électrique, n'emploient pas d'autre *régulateur*.

A l'Exposition universelle de 1855, M. Jaspar, constructeur à Liège (Belgique) montrait, pour la première fois, son *régulateur*, basé sur le système Archereau, et qui, successivement perfectionné par lui, devait obtenir la médaille d'or à l'Exposition universelle de 1878.

Ce *régulateur* réunit les types Archereau et Léon Foucault. Comme dans le système

Archereau, un électro-aimant creux rétablit la distance normale entre les deux charbons, par l'intermédiaire de cordes et de poulies d'inégal diamètre, qui agissent sur les supports des charbons.

M. Jaspard donne à son régulateur une disposition très originale, qui ajoute beaucoup à l'effet lumineux. L'arc voltaïque pourvu de son régulateur est entièrement caché. Ainsi que le représente la figure 9, il est enfermé dans un tube noir, suspendu par des tringles à un grand réflecteur, qui, produisant l'effet d'un abat-jour, renvoie la lumière de haut en bas, de manière à éclairer très vivement et sans blesser la vue. Le courant est amené par les tringles, qui servent de conducteurs opposés.

CHAPITRE III

SUMME DES TRAVAUX DE LÉON FOUCAULT. — L'EXPÉRIENCE DU PENDULE AU PANTHÉON. — LE GYROSCOPE. — TRAVAUX DE LÉON FOUCAULT A L'OBSERVATOIRE DE PARIS. — MORT DE CE PHYSICIEN.

Pendant que l'éclairage électrique, issu de la fertile imagination de Léon Foucault, progressait ainsi, d'un pas assuré, dans la carrière, que faisait l'inventeur de ce système? Léon Foucault n'avait pas cessé de s'intéresser au succès qu'obtenait l'éclairage électrique auprès des physiciens et du public; mais son génie mécanique l'entraînait en d'autres directions. Nous n'avons pas à faire ici l'histoire particulière des découvertes de Léon Foucault en physique, ni en astronomie; cependant nous ne pouvons nous empêcher de signaler une de ses découvertes qui constitue pour la France un titre de gloire nationale.

Qui ne connaît, qui n'a entendu parler de la célèbre expérience par laquelle Léon Foucault démontra et rendit visible, pour ainsi

dire, à tous les yeux, le mouvement de rotation de la terre?

Il est intéressant de savoir comment Léon Foucault fut mis sur la voie de son importante démonstration du mouvement de rotation de notre globe sur son axe.

On sait que Galilée découvrit l'égalité de l'isochronisme des oscillations du pendule en observant le mouvement tranquille et régulier d'une lampe suspendue à la voûte de la cathédrale de Pise. C'est par un hasard semblable, fécondé également par l'observation et la réflexion, que Léon Foucault fut conduit à la découverte qui rendra son nom à jamais célèbre.

Pendant une excursion sur les côtes de Normandie, à l'époque des vacances, Léon Foucault, en faisant la traversée de Honfleur au Havre, essuya une tempête, d'une extrême violence. Le bateau à vapeur était affreusement ballotté par les vagues. Roulis et tangage mettaient les passagers aux plus rudes épreuves. Seul peut-être parmi le petit équipage, Léon Foucault demeurait insensible aux fureurs de la mer. Il était tout entier à l'examen d'un phénomène qui frappait vivement son esprit. Pendant que le bateau, sous l'impulsion des vagues, exécutait des mouvements désordonnés, une petite vergue, suspendue au sommet d'un mât, demeurait immobile, ou pour mieux dire, tout en suivant le mouvement de translation du bateau, ne sortait pas un seul instant du plan qu'elle occupait dans l'espace.

Pour un physicien observateur, il y avait là le germe d'une démonstration du mouvement de rotation de la terre, démonstration expérimentale que l'on cherchait, depuis Galilée, sans l'avoir trouvée.

C'est ce que Léon Foucault ruminait dans sa tête, en descendant du bateau à vapeur du Havre, pour revenir à Paris. Mais il fallait vérifier le fait par une expérience directe. Il fallait s'assurer qu'avec une tige

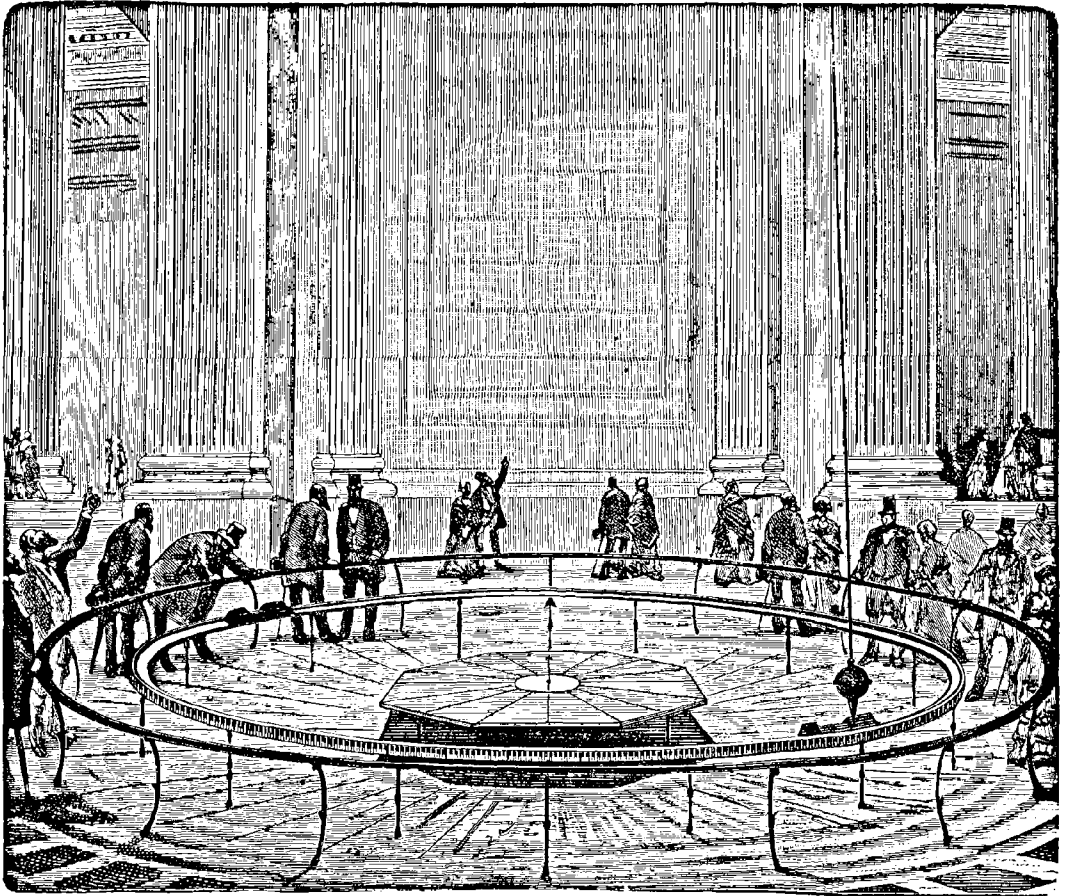


Fig. 10. — Expérience de Léon Foucault sous la coupole du Panthéon, en 1851

aussi longue que le mât du bateau à vapeur, le point de suspension, le point le plus élevé, demeurerait immobile dans le même plan, pendant que la terre tournerait au-dessous.

Le philosophe romain Sénèque a écrit, dans ses *Lettres morales*, un chapitre sur le *Mépris des richesses*. Mais il faut ajouter que le même Sénèque, précepteur et ministre de Néron, jouissait d'une fortune d'un million de sesterces; ce qui était une manière de protester, par ses actions, contre la thèse qu'il avait soutenue dans ses écrits. La richesse n'est pas, en effet, un élément inutile à un philosophe qui veut pénétrer les arcanes de la nature. Si Léon Foucault n'eût été qu'un pauvre diable, logé dans

une mansarde, il n'eût jamais trouvé le moyen d'exécuter l'expérience qu'il eût mise sur le chemin de la gloire. Il habitait, depuis la mort de sa mère, une jolie maison de la rue d'Assas, qui lui appartenait. Il put donc, sans avoir à s'inquiéter ni du propriétaire, ni des voisins, ni d'un cerbère en loge, faire l'étrange expérience que voici. Au plus haut de la voûte de l'escalier de sa maison il attacha une tige métallique, grâce à un mode de suspension, chef-d'œuvre de son ami Gustave Froment, qu'ont admiré tous les connaisseurs en mécanique, et il fit descendre cette tige jusque dans la cave, et lui pratiquant un passage suffisant à travers le sol, au rez-de-chaussée. Il obtint ainsi un

pendule aussi haut que le mât du bateau à vapeur qu'il avait observé; et à l'extrémité inférieure de ce pendule, c'est-à-dire dans la cave, il attacha une masse pesante.

Il reconnut, en faisant osciller cette immense tige pourvue de sa masse pesante, que le point d'attache au sommet de la maison ne changeait pas de direction tandis que la terre tournait au-dessous de lui. Et ce dernier mouvement, il le rendit sensible par un moyen ingénieux. Il présentait à la masse terminale du pendule, taillée en pointe, de petits tas de sable disposés circulairement. La pointe démolissait successivement ces tas de sable. C'était évidemment la terre qui, en tournant, venait présenter les petits amas sablonneux à l'extrémité du pendule, qui, lui-même, ne changeait pas de direction.

Cette expérience fit grand bruit dans Paris; elle fut bientôt transportée de la maison de la rue d'Assas à l'Observatoire, dans la grande salle de la Méridienne.

Le président de la République, le prince Louis-Napoléon, informé de cette belle découverte, voulut qu'elle fût répétée magnifiquement. C'est à l'intérieur du Panthéon, sous la coupole, que fut installé, au mois de février 1851, le pendule de Léon Foucault (fig. 10). Le point de suspension à la voûte, de l'extrémité de cette interminable tige, était, comme nous l'avons déjà dit, un chef-d'œuvre d'art et de précision, dû à Gustave Froment. Des monticules de sable humide, installés sur une petite galerie circulaire, recevaient, à chaque oscillation, le choc d'une pointe fixée à la boule du pendule. A chaque retour du pendule, la brèche ainsi formée s'agrandissait de quelques millimètres, vers la gauche de l'observateur. Par ce remarquable artifice, l'habile expérimentateur rendait sensible à tous les yeux le sens invariable suivant lequel se produit le mouvement rotatif de la terre sur son axe.

L'histoire de la science contemporaine

compte bien peu d'exemples d'une expérience ayant aussi vivement frappé l'esprit du public et celui des savants. Ce fut, en France, un succès populaire pour l'auteur, et, à l'étranger, un concert unanime d'admiration et d'éloges.

La démonstration qu'il donnait du mouvement de rotation de la terre, par cet imposant système, Léon Foucault la reproduisit, en 1852, dans un appareil, de dimensions ordinaires, qui est aujourd'hui classique dans les cabinets de physique et dans les écoles, et que l'on désigne sous le nom de *gyroscope*.

De nouveaux travaux, qu'il publia sur la chaleur et le magnétisme, achevèrent de faire connaître Léon Foucault comme un savant de premier ordre.

Dès lors, les distinctions lui arrivèrent de tous les côtés. Tandis que la *Société royale de Londres* lui décernait la médaille de Copley, il entra, en qualité de physicien, à l'Observatoire de Paris, en 1855.

C'est vers cette époque qu'il imagina une expérience extrêmement remarquable, aujourd'hui décrite dans tous les Traités de physique, et qui consiste à mettre en évidence, par un exemple qui frappe les yeux, la conversion du travail mécanique en chaleur. Dans cette expérience, éminemment propre à mettre en évidence la grande théorie moderne de la conversion mutuelle des forces les unes dans les autres, on produit une température très élevée, à l'aide d'un simple aimant.

Prenant au sérieux son rôle de physicien de l'Observatoire, Léon Foucault s'ingénia à perfectionner les instruments de physique de cet établissement. Adaptant au télescope à réflexion des miroirs argentés par un procédé à lui, il donna à cet instrument beaucoup de puissance et de netteté. Puis, il changea la forme du miroir: de sphérique qu'elle était, il la fit parabolique, et prouva qu'on obtenait ainsi de meilleurs effets.

Il surveillait tous les détails de la fabrication de ces miroirs, et inventait un procédé pour reconnaître s'ils avaient bien la forme voulue.

Ces travaux désignaient Léon Foucault pour remplir une place, de création récente, au Bureau des Longitudes : il obtint cette place, en 1862.

C'est alors que, reprenant un projet annoncé en 1850, il mesura directement la vitesse de la lumière, à l'aide de l'appareil à miroirs tournants. Il reconnut que cette vitesse était de 298 millions de mètres par seconde, et non de 308 millions, comme on l'avait cru jusqu'alors.

Léon Foucault remplaça Clapeyron à l'Académie des sciences, en janvier 1865.

Ce ne fut pas, d'ailleurs, sans une très longue attente qu'il fut admis dans l'illustre aéropage. Ses travaux, universellement admirés, marquaient depuis longtemps sa place dans la section de physique de l'Institut. Mais il avait remplacé le D^rDonné dans la rédaction du feuilleton scientifique du *Journal des Débats*, et l'indépendance de ses jugements, en ce qui concerne les travaux scientifiques qu'il avait mission de faire connaître au public, ne lui avait pas créé des appuis parmi les membres de l'Institut. Ce fut par un concours de circonstances inattendues, qu'il fut admis aux honneurs du fauteuil académique, où il ne devait, d'ailleurs, siéger que peu d'années.

Ce qui fait le mérite de Léon Foucault, c'est la grande originalité de son esprit scientifique. Aucune des nos grandes écoles ne l'avait formé ; aucun maître ne l'avait guidé ; aucune théorie, aucune formule toute faite, ne s'étaient imposées à son esprit. Il restait constamment lui-même. Doué du génie inventif par excellence, il a usé sa vie à chercher et à trouver des solutions aux problèmes les plus divers, passant, avec une étonnante facilité, des questions de physique à celles de mécanique.

En raison même de cette ardeur d'esprit

qui le poussait toujours en avant, il prenait rarement la peine d'exposer les principes qui l'avaient guidé dans ses recherches, et, bien qu'il maniât très facilement la plume, il n'a laissé aucun ouvrage. C'était par une sorte de tour particulier de son esprit, qu'il dédaignait le secours du calcul. Contrairement aux principes de la majorité des physiciens, il entendait ne demander qu'à l'expérience seule des conclusions que l'on tire, d'ordinaire, par la voie des mathématiques, d'un fait, une fois bien acquis par l'expérience. Ce que la plupart des physiciens auraient déduit simplement des résultats de l'analyse algébrique, ou intégrale, il s'attachait, lui, à le découvrir directement, par l'expérience.

On ne saurait prononcer avec assurance sur les avantages d'une telle marche dans la voie des découvertes scientifiques. Ce qui est certain, toutefois, c'est que ce mépris du calcul obligeait Léon Foucault à de prodigieux efforts de réflexion, d'observation et de mémoire.

Cette perpétuelle tension d'esprit, qui faisait succéder des nuits sans sommeil à des jours sans repos, devait finir par briser son intelligence et son corps.

Le 10 juillet 1867, dans la force de l'âge et du talent, Léon Foucault fut frappé d'une attaque d'apoplexie. Les premiers symptômes de la paralysie s'annoncèrent, chez lui, par un engourdissement de la main, qui l'empêchait de signer son nom. Dès la première heure, il se sentit perdu. Il avait trop de connaissances en médecine pour se faire illusion sur le sort qui l'attendait. Bientôt, la langue s'embarassa ; ensuite la vue fut abolie. Tout ce qui sert à la manifestation extérieure de la pensée, lui faisait défaut, alors que son intelligence demeurait intacte.

L'infortuné savant eut donc la douleur de se voir mourir peu à peu, et d'assister à la destruction partielle de son être. Il vit à é-

teindre graduellement cette lumière intérieure, qui avait brillé d'un si vif éclat, et qui l'avait classé parmi les gloires de la science française. Ses amis, ses parents, assistaient, avec un morne chagrin, aux efforts qu'il faisait pour exprimer, par quelques mots incohérents, le désespoir de son âme. « Mon Dieu ! mon Dieu ! que vous ai-je fait ? » s'écriait-il, quelquefois, à travers mille difficultés. Mais, le plus souvent, un seul mot s'échappait de ses lèvres contractées, et ce mot c'était : « Malheur ! »

Le 11 février 1868, Dieu mit un terme à son long martyre. Léon Foucault expira, en prononçant encore le mot funeste : « Malheur ! »

CHAPITRE IV

INVENTION DE LA BOUGIE ÉLECTRIQUE. — LA VIE ET LES TRAVAUX DE M. PAUL JABLOCHROFF. — DESCRIPTION DE LA BOUGIE ÉLECTRIQUE. — APPLICATIONS RÉALISÉES EN 1876, 1878 ET 1879, DE L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE AVEC LE SYSTÈME JABLOCHROFF.

En 1868, à l'époque de la mort de Léon Foucault, la question de l'éclairage par l'électricité était encore peu avancée. L'application de la machine magnéto-électrique de la Compagnie l'*Alliance*, au moyen de laquelle on produit de l'électricité sans l'emploi de pile voltaïque, et par le seul effet de la transformation en électricité du mouvement de fils conducteurs tournant autour d'aimants naturels, avait sans doute prouvé que l'on pouvait engendrer de la lumière dans des conditions très pratiques ; mais le défaut de l'éclairage électrique, chose singulière ! résidait dans sa puissance même. Le singulier reproche que quelques opposants aveugles avaient adressé au gaz, à l'époque de ses débuts, celui d'éclairer trop, était le principal argument que l'on présentait contre l'éclairage électrique. On l'accusait

de donner une lumière éblouissante ! On regrettait de ne pouvoir distribuer en un certain nombre de modestes flambeaux cet étincelant foyer : on aurait voulu pouvoir le diviser en petites masses éclairantes, de la seule force d'une lampe Carcel. Mais aucun moyen n'avait encore été trouvé pour transformer cette puissante source lumineuse en un éclairage domestique, de nature à s'introduire dans les maisons et les appartements. La lumière électrique recevait quelques applications ; mais tout se bornait à l'éclairage des chantiers de travaux, pendant la nuit, ou à des éclairages de *gala*, dans les nuits de fête, chez les ambassadeurs et les banquiers.

Le régulateur *Serrin* servait à effectuer ce mode d'éclairage, dans les rares occasions où l'on y avait recours, et la pile de Bunsen était le générateur de l'électricité

Mais tous les régulateurs de lumière électrique sont coûteux, délicats, et ne peuvent être maniés que par des physiciens de profession.

Aussi les appréciations des savants concernant l'avenir de la lumière électrique, étaient-elles fort peu encourageantes. Nous n'en voulons pour preuve que le jugement que portaient deux physiciens de mérite, MM. Boutan et d'Almeida, sur l'utilité de l'éclairage électrique, dans leur *Cours de physique*, publié en 1869 :

« La lumière de l'arc voltaïque a été bien souvent essayée pour l'éclairage des villes, disent ces auteurs, et jusqu'ici elle l'a été sans succès... Ces petits soleils disséminés sur les places et dans les carrefours, fatigueront les habitants, éblouis par l'éclat insupportable d'une lumière aussi vive. On demandera à revenir immédiatement au mode actuel d'éclairage. On pourrait, à la vérité, amortir l'éclat par des verres dépolis ; mais alors la perte serait considérable, et comme la production d'électricité est très coûteuse, nous ne voyons pas trop l'avantage qu'il y aurait à substituer cette lumière affaiblie à celle du gaz. »

Pauvres MM. Boutan et d'Almeida ! vous étiez mauvais prophètes ! Un intervalle de

quelques années devait démentir vos prévisions.

C'est en 1876 qu'un véritable coup de théâtre se produisit dans la question de l'éclairage électrique, et qu'une révolution, dans la bonne acception du mot, se fit dans cette industrie savante. Pendant que les électriciens s'évertuaient à perfectionner les régulateurs de lumière, dont le nombre s'accroissait tous les jours, sans aucun profit, une invention du caractère le plus original, surgit, et vint rejeter dans l'ombre tous ces appareils mécaniques.

D'où nous venait la bougie électrique, où avait-elle pris naissance ?

C'est du nord aujourd'hui que nous vient la lumière.

Ce vers de Voltaire s'applique parfaitement à l'origine de la découverte dont nous parlons. C'est, en effet, la Russie qui apporta au reste de l'Europe le précieux et nouveau flambeau qui, par sa simplicité et son cachet usuel, mérite parfaitement le nom de *bougie électrique* que lui donna l'inventeur.

La *bougie électrique* supprime toute espèce de mécanisme. Plus de rouages d'horlogerie, plus d'électro-aimant, aucun de ces engins de cuivre, de fer et d'acier, qui compliquent l'éclairage. Le charbon brûle de haut en bas, régulièrement, tranquillement, comme une bougie, et sans autre secours que lui-même.

Cette invention parut une merveille, et elle était, en effet, merveilleuse. A son apparition, l'industrie de l'éclairage électrique fut créée, pour ainsi dire, tout d'un coup. Les hommes de finances, qui, jusque-là, avaient considéré avec indifférence l'industrie de la lumière électrique, entrèrent avec une ardeur sans égale dans la nouvelle carrière qui leur était ouverte. Grâce aux capitaux dont on put aussitôt disposer pour son exploitation, la bougie électrique servit à l'éclairage, dans certain nombre de maga-

ins, d'établissements publics et de lieux de réunion, sans parler de places publiques et des chantiers de travaux. La bougie électrique forçait les portes qui étaient restées fermées devant le régulateur.

C'est la Russie, disons-nous, qui avait fait à l'Europe ce magnifique présent de la science et de l'industrie. C'est, en effet, a-



P. Jablochkoft.

un savant russe, à M. Paul Jablochkoft, qu'est due l'invention de la bougie électrique.

M. Paul Jablochkoft est né à Serdobsk (gouvernement de Saratow), le 14 septembre 1847. Il appartient à une famille distinguée, en possession d'une certaine aisance. Son père était conseiller municipal et membre du Conseil général de sa province. Son frère était, à l'âge de 28 ans, lieutenant-colonel du génie, et il avait fait partie, en qualité d'ingénieur, de l'expédition qui fut conduite dans l'Asie centrale par l'illustre Solokef, le héros moscovite,

C. NOUËTES. — I.

dont sa patrie déplore encore la perte. Le lieutenant-colonel Jablochkoff périt glorieusement, sur le champ de bataille, pendant cette expédition.

Destiné, comme son frère, au métier des armes, le jeune Paul Jablochkoff fit ses études à l'École du génie militaire de Saint-Petersbourg. Il en sortit, en 1866, à l'âge de 19 ans, avec le grade de lieutenant, dans le 5^e régiment de sapeurs, qui tenait garnison à Kiew.

Comme il manifestait déjà un goût décidé pour les sciences, il fut envoyé à l'École militaire *galvano-technique*, établissement que le gouvernement russe a créé pour former les officiers qui auront à accomplir, au régiment, des travaux nécessitant des connaissances spéciales en physique ou en mécanique. Entré dans cette école en 1868, M. Paul Jablochkoff la quitta, après avoir terminé les études auxquelles on y est astreint, et il retourna dans son régiment de sapeurs, pour y faire le service qui est obligatoire pour les officiers sortis de cette école.

Son service militaire dura deux ans. Il avait la double qualité de *chef de la compagnie des mines galvaniques* et d'*aide de camp de régiment*, grade particulier à l'armée russe.

Dans la *compagnie des mines galvaniques*, le jeune officier commença de s'initier, par la voie pratique, aux phénomènes généraux de l'électricité. Ses aptitudes pour les sciences, particulièrement pour l'électricité, ayant été remarquées de ses chefs, il fut appelé, en 1871, à la direction générale des télégraphes de Moscou à Koursk.

Comme directeur d'une ligne télégraphique assez étendue, M. Jablochkoff eut à sa disposition les ateliers où se construisaient et se réparaient tous les appareils télégraphiques; ce qui lui permit d'étudier de près l'électricité, au point de vue pratique. C'est alors qu'il commença de s'in-

téresser au perfectionnement de l'éclairage électrique, question qui occupait un certain nombre de physiciens de l'Europe.

Son attention fut particulièrement appelée sur la nécessité de perfectionner ou de supprimer les régulateurs de la lumière voltaïque, dans une circonstance qu'il est intéressant de rapporter.

En 1872, le parti nihiliste russe n'inspirait pas encore, sans doute, toutes les appréhensions qu'il devait faire naître et justifier plus tard par d'horribles attentats, cependant il commençait à éveiller assez de craintes pour que l'on jugeât prudent de veiller sur les jours de l'Empereur. Lorsque Alexandre II voyageait sur la ligne de Moscou à Koursk, ordre était donné d'éclairer la voie, à grande distance en avant, par un foyer électrique. Comme directeur de la ligne télégraphique entre ces deux villes, M. Jablochkoff était chargé d'installer et de surveiller l'appareil d'éclairage de la voie, et quand le train impérial voyageait, pourvu de ce puissant moyen d'éclairage (fig. 12), il se plaçait sur la locomotive, en tête du train, à côté du mécanicien.

Ainsi exposé aux chocs et trépidations du convoi, le régulateur de la lumière électrique était soumis à une rude épreuve, et il n'en sortait pas toujours à son avantage. M. Jablochkoff était obligé de porter souvent remède aux dérangements de son mécanisme. Il est donc probable que ce fut la conviction, qui entra alors profondément dans son esprit, de l'insuffisance des régulateurs de lumière, qui amena notre jeune physicien à l'idée de supprimer un engin par trop délicat.

En 1875, M. Jablochkoff prit la résolution de renoncer à son emploi dans le service télégraphique, pour s'adonner à des recherches scientifiques, dont la pensée l'occupait sans cesse. C'est en vain que l'administration voulut retenir un employé dont la supériorité était reconnue. Il résista à

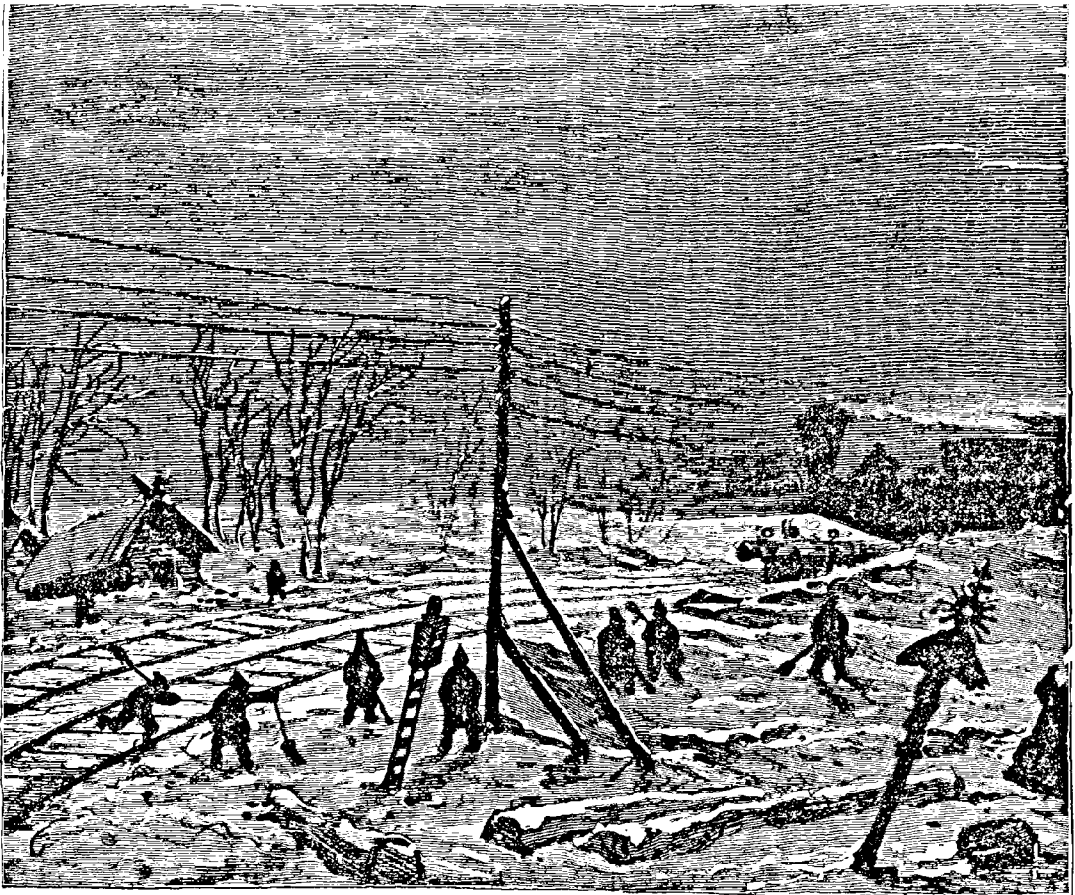


Fig. 12. — Le chemin de fer de Russie, sur le chemin de Moscou à Koursk, éclairé par l'électricité

toutes les offres qui lui étaient faites. Son intention était de se perfectionner dans la connaissance de l'électricité, pour mener à bien un système tout nouveau qu'il entrevoyait, qui consistait à faire brûler sans aucun appareil, les charbons de l'arc voltaïque consacrés à l'éclairage.

L'Amérique préparait alors une Exposition universelle à Philadelphie, et l'on annonçait que l'on y verrait des merveilles. La promesse ne fut, d'ailleurs, aucunement justifiée, car l'Exposition de Philadelphie de 1876 fut assez médiocre. Elle avait, toutefois, excité, par avance, de grandes espérances à l'étranger. M. Jablochhoff résolut de se rendre à Philadelphie, pour y étudier

l'état et les ressources de l'éclairage par l'électricité.

Pour un Russe, Paris est sur le chemin de l'Amérique. M. Jablochhoff s'arrêta donc à Paris, avant de s'embarquer pour le nouveau monde.

On raconte que plus d'un peintre ou d'un antiquaire, arrivés à Rome, pour y faire un simple séjour d'une semaine, pendant le cours d'un voyage en Italie, n'ont plus quitté la ville éternelle, séduits par l'abondance et l'intérêt des richesses de toute sorte qu'elle leur offrait. Ainsi il advint à M. Jablochhoff, qui, s'arrêtant à Paris pour quelques jours, n'en est plus sorti. La capitale de la France présentait au savant voyageur en quête d'é-

tudes techniques, ce que nulle autre cité des deux mondes n'aurait pu lui offrir, et Philadelphie était bien loin de réunir, en ce qui concerne l'électricité et les arts qui s'y rattachent, les ressources que Paris renferme.

C'est ce que fit comprendre à M. Jablochkoff le chef de la maison Bréguet, avec lequel le voyageur russe s'était mis en rapport, dès son arrivée à Paris. Il y avait en ce moment, à Londres, une Exposition nationale d'appareils scientifiques : Bréguet offrit à l'ingénieur russe d'aller représenter sa maison à cette Exposition. C'était pour notre jeune physicien, la meilleure manière de s'initier à l'état de la question qu'il voulait étudier ; et au lieu d'un coûteux voyage dans le nouveau monde, il trouvait une juste rémunération de son temps et de son travail.

L'Exposition américaine fut donc oubliée : Londres prit la place de Philadelphie.

Ayant accompli à Londres l'office que lui avait confié Bréguet, M. Jablochkoff revint à Paris, et il se trouva naturellement dans les meilleurs rapports avec le savant physicien-constructeur. Bréguet mit ses ateliers à la disposition de M. Jablochkoff, pour perfectionner une invention dont il avait apporté avec lui l'idée, mais qui attendait encore son complément. C'est ce que l'on va comprendre, et l'on verra, en même temps, par quelle suite d'observations M. Jablochkoff a réalisé sa découverte.

Voulant supprimer toute espèce de mécanisme dans l'éclairage par l'électricité, désirant rendre inutile un régulateur quelconque, et faire brûler l'arc lumineux qui jaillit entre les deux conducteurs, comme brûle une bougie ou une chandelle, M. Jablochkoff avait eu une idée qui m'a personnellement — et je ne crois pas être le seul — frappé d'admiration, quand j'en ai eu connaissance pour la première fois. Il avait eu la pensée de disposer les deux baguettes de charbon parallèlement en face

l'une de l'autre, en les séparant par une substance devenant, à la chaleur rouge, conductrice de l'électricité, telle que le kaolin ou le plâtre, et de faire décharger le courant électrique entre les extrémités supérieures des deux charbons. Le kaolin, ou le plâtre, fondent, par la température prodigieusement élevée du foyer électrique. Dès lors, à mesure que les charbons s'usent par leur combustion à l'air, le plâtre qui les sépare fond également, se volatilise, et disparaît ; de sorte que les deux baguettes de charbon brûlent régulièrement et de haut en bas, comme une chandelle ou une bougie. De là le nom de *bougie électrique*, parfaitement justifié, de titre et de fait.

Évidemment l'idée est charmante. Seulement — il y a un seulement, et il est grave — les deux charbons ne brûlent pas avec la même vitesse. Tous les électriciens savent depuis longtemps que dans l'éclairage électrique par les cônes de charbon, le charbon attaché au pôle positif brûle deux fois plus vite que le charbon négatif. C'est ce qui arrivait avec la bougie de M. Jablochkoff. Le charbon positif s'usant plus rapidement que le charbon opposé, les deux pointes libres n'étaient bientôt plus en regard l'une de l'autre, et le courant électrique ne passait plus : la bougie s'éteignait, et de cet inconvénient fondamental M. Jablochkoff n'avait jamais pu triompher.

C'est dans les ateliers de Bréguet qu'il trouva, après huit mois d'expériences, la solution qu'il cherchait. La machine *magnéto-électrique*, dite de la Compagnie *l'Alliance*, qui sert à engendrer l'électricité au moyen d'un assemblage de fils de fer tournant autour d'aimants naturels, donne des courants alternatifs. Quand l'électricité est employée à faire naître de la lumière, le courant qui traverse les deux charbons, est tantôt positif et tantôt négatif. Ce système était le salut dans le cas de M. Jablochkoff, et l'inventeur le comprit

dès qu'il fut initié au jeu de la machine *magnéto-électrique* de la Compagnie *l'Alliance*.

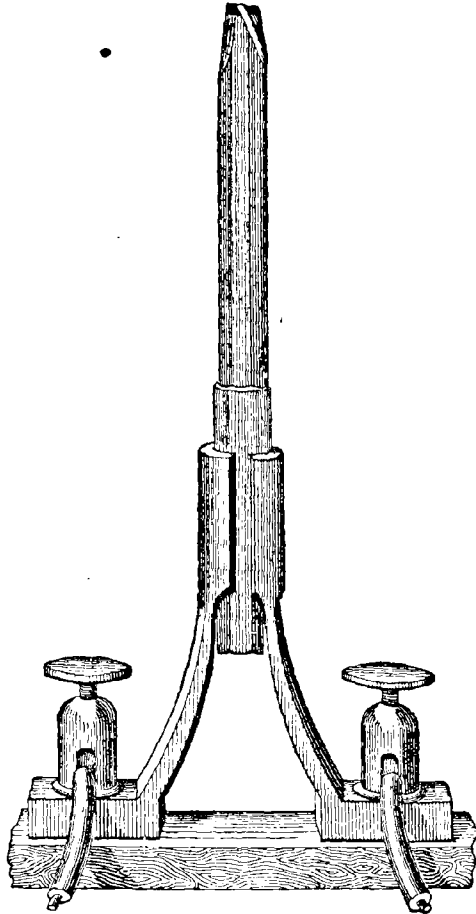


Fig. 13. — Bougie Jablochhoff.

En se servant, pour composer l'arc voltaïque, de cette machine, au lieu d'une pile de Bunsen, on obtenait une usure égale des deux charbons, parce que chaque charbon recevant alternativement les deux courants contraires, les deux pointes brûlaient avec la même vitesse, sans que le circuit électrique fût jamais interrompu.

Ainsi fut portée à sa perfection, par l'inventeur, la bougie électrique.

La *bougie Jablochhoff* se compose, en résumé, de deux baguettes de charbon placées parallèlement l'une à côté de l'autre, à une distance convenable, et qui dépend de l'intensité de la source électrique. Ces charbons

sont séparés par une matière isolante, fusible et volatile, c'est-à-dire par du kaolin ou du plâtre, ce qui donne au tout l'apparence d'une bougie. L'extrémité des deux charbons est seule visible. Ces deux extrémités sont donc comme deux mèches de bougies, placées en regard l'une de l'autre. C'est entre les deux extrémités libres que jaillit l'arc voltaïque, lorsqu'on met les deux extrémités inférieures en communication avec le courant électrique (fig. 13). A mesure que les charbons brûlent, le plâtre qui les entoure, fond, comme le corps gras

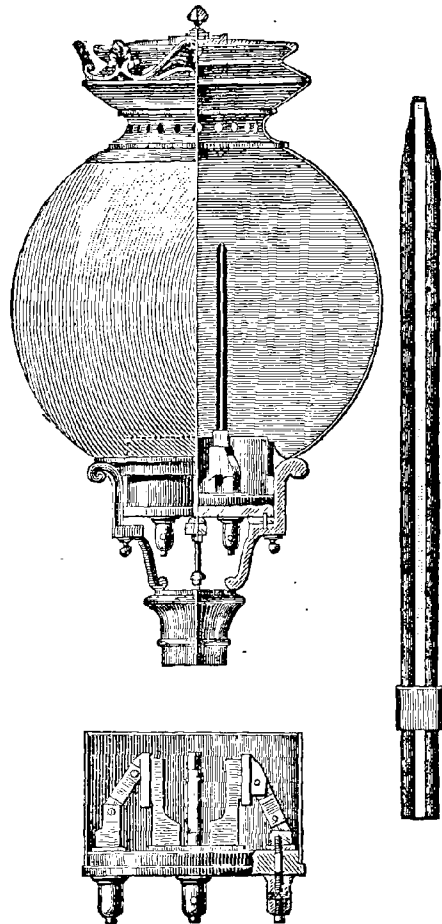


Fig. 14. — Globe de la bougie Jablochhoff et disque mobile, avec son porte-charbon.

d'une bougie; il se volatilise, et laisse ainsi à nu continuellement la même longueur

des deux charbons, nécessaire à l'entretien de l'arc lumineux.

Il suffit donc de placer cette espèce de bougie dans le lieu qu'il s'agit d'éclairer, et de la mettre en rapport avec la source électrique, pour obtenir l'effet qu'on produit avec l'attirail mécanique compliqué d'un *régulateur de lumière*.

Les bougies Jablochhoff sont renfermées dans un globe de verre dépoli, qui a pour effet d'atténuer le trop vif éclat de l'arc électrique, lequel, vu directement, blesserait les yeux.

Nous représentons dans la figure 14 le globe de verre qui enveloppe la bougie Jablochhoff, ainsi que le disque sur lequel sont posés les *porte-charbon*.

Chaque *porte-charbon* consiste simplement en un ressort qui presse la base de la bougie contre un support métallique.

Cinq ou six bougies électriques, avec le *porte-charbon*, sont placées dans chaque globe. Quand une des bougies est consumée, une autre doit la remplacer, et il ne faut pas que l'éclairage soit interrompu, pendant l'instant de ce remplacement. A cet effet, à chaque intervalle d'une heure et demie environ, un surveillant vient faire tourner le disque mobile qui supporte les bougies, et mettre, par ce mouvement, une bougie nouvelle en communication avec le courant électrique.

On appelle *commutateur* le disque mobile qui permet, par son déplacement, de faire communiquer une nouvelle bougie avec le courant. C'est avec une clef dont il est porteur que le surveillant fait marcher le *commutateur*.

Toutefois, la nécessité de se pourvoir d'un gardien était un inconvénient. M. Jablochhoff est parvenu, grâce à une ingénieuse application de la dilatation des métaux par la chaleur, à rendre le remplacement des charbons automatique.

Un petit levier métallique coudé porte sur

la partie tout à fait inférieure de la bougie. Lorsque la bougie a été usée jusqu'en ce point, la tige métallique manque de point d'appui; dès lors, elle bascule et vient s'appliquer sur la bougie suivante, dans laquelle elle fait passer le courant.

Une bougie Jablochhoff de 25 centimètres de long et de 4 millimètres de large, dure une heure et demie. La couleur de la lumière dépend de la matière employée pour séparer les charbons. Avec le kaolin, la lumière est blanche; avec le plâtre, elle est plus ou moins rosée.

Nous ne représentons qu'une seule bougie dans la figure 14, pour simplifier le dessin; mais, en réalité, comme il est dit plus haut, chaque globe enveloppe cinq ou six bougies. Le courant passe de l'une à l'autre chaque heure et demie; soit que le gardien vienne pousser à la main le *commutateur*, soit que le *commutateur* fonctionne automatiquement, par le moyen mécanique que nous venons de décrire.

La bougie Jablochhoff, qui simplifiait d'une façon inespérée l'éclairage par l'arc voltaïque, donna une impulsion considérable à cette branche de l'industrie. A partir de l'année 1876, date de la découverte du physicien russe, l'éclairage électrique prit un essor qui ne devait plus s'arrêter.

Une compagnie financière qui s'était formée pour exploiter les brevets de M. Jablochhoff, avait proposé au Conseil municipal de la ville de Paris d'éclairer, par ce nouveau procédé, la place et toute l'Avenue de l'Opéra, jusqu'au Théâtre-Français, pour le même prix, à lumière égale, qui était payé à la Compagnie du gaz. Le Conseil municipal avait accepté cette offre; de sorte que, le 31 mai 1878, une magnifique rangée de candélabres, portant des globes Jablochhoff, faisait son apparition sur la place et tout le long de l'avenue de l'Opéra.

L'éclairage par le système Jablochhoff

ainsi établi au centre du plus beau quartier de la capitale, vint donner la preuve de sa puissance et de ses avantages. Nous entreprenons dans un autre chapitre, c'est-à-dire en parlant des applications diverses de l'éclairage électrique, dans les détails techniques qui concernent l'installation du système Jablochkoff à l'avenue de l'Opéra. Nous nous contentons, pour le moment, de signaler le fait.

La démonstration, que donnait, chaque soir, l'éclairage électrique de la place et de l'avenue de l'Opéra, porta ses fruits. Bientôt, des magasins, des ateliers, plusieurs places ou rues, des établissements publics, l'Hippodrome et quelques gares de chemins de fer, furent illuminés par le nouveau système.

Les magasins du Louvre adoptèrent les premiers ce mode d'éclairage. Le danger d'incendie qui est inhérent à l'éclairage au gaz, dans des pièces remplies d'étoffes, de tissus légers et de toutes sortes d'objets inflammables, était la principale cause qui avait décidé le propriétaire de ces vastes magasins de confection à adopter le nouveau moyen d'éclairage. L'incendie des magasins du Grand-Condé, la même catastrophe arrivée aux magasins du Grand-Monge, et plus tard à ceux du Printemps, occasionnés tous par le gaz, parlaient éloquemment en faveur d'un procédé d'éclairage dans lequel la lumière, contenue dans un globe de verre, ne peut jamais communiquer au dehors ni flamme ni chaleur.

L'éclairage des Magasins du Louvre commença, en 1878, par la rotonde qui porte le nom de *Hall Marengo*. Six mois après, douze foyers nouveaux étaient installés dans d'autres salles du rez-de-chaussée. Le chef de cet établissement prit là une initiative, qu'il est juste de constater

Dans certains hôtels, tels que l'hôtel Continental et le Grand-Hôtel, le système Jablochkoff fut également adopté.

À l'hôtel Continental la lumière électrique fournie par les bougies Jablochkoff produisait un effet éminemment curieux, au milieu des ornements et des peintures, à caractère arabe, de la *Salle mauresque*.

Mais l'effet le plus artistique fut obtenu dans la cour du Grand-Hôtel. Au milieu de cette cour est un grand bassin circulaire, entouré d'une bordure de fleurs et de plantes vertes (fig. 15). Du centre de ce bassin, un peu au-dessus du niveau de l'eau, s'élève un socle, supportant un large globe opalin, surmonté lui-même d'un plateau convexe. Le tout est dominé par une vasque d'eau qui tombe en gerbes, avec pulvérisation d'une partie du liquide. La lumière traversant l'enveloppe d'opale et la nappe d'eau qui en ruisselle, produit de très jolis effets.

On fit, à Rome, à la même époque, une application de la lumière Jablochkoff des plus intéressantes, au point de vue artistique. Nous voulons parler de l'éclairage du Colisée.

Le Colisée n'est pas la plus vaste ruine de l'ancienne Rome; car les Thermes de Caracalla, qui pouvaient recevoir trois mille baigneurs à la fois, et dont les immenses salles, promenoirs, piscines et galeries, occupent autant d'espace qu'une petite ville, lui sont bien supérieurs en étendue; mais c'est le plus architectural des monuments de l'antiquité. Rien ne donne mieux l'idée de l'énorme chiffre de la population de la Rome impériale, que ce cirque colossal où cent mille spectateurs trouvaient à s'asseoir commodément. Commencé sous Vespasien, inauguré pendant le règne de son fils, Titus, le Colisée, après avoir subi, au temps des barbares et au moyen âge, les plus rudes assauts, est encore debout aujourd'hui, ébréché sans doute, mais toujours imposant et superbe.

Quand on embrasse d'un coup d'œil l'intérieur de cette construction monumentale,

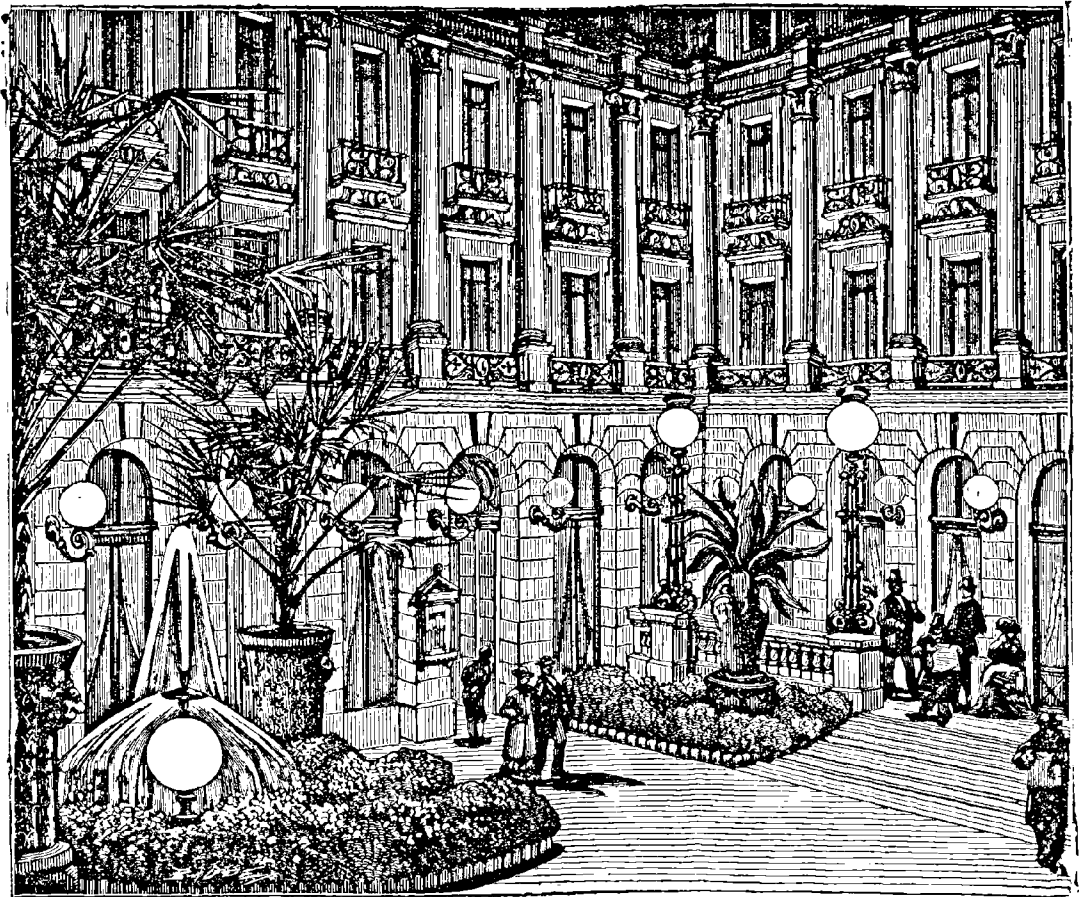


Fig. 15. — La cour et le bassin du Grand Hôtel à Paris, éclairés par les lampes Jablochkoff.

On comprend que l'on est bien en présence du lieu de plaisirs d'un peuple cruel et pourtant raffiné. On voit encore les traces du *velarium*, immense tente, composée de la réunion de trois cents voiles de navires, que manœuvrait une armée de marins, et qui arrêtait les rayons du soleil. On reconnaît que les gradins étaient partagés en trois étages, et que chaque étage était desservi par des galeries voûtées, servant de promenoirs pendant les intermèdes. On voit les *vomitorii*, qui laissaient entrer et sortir librement le public, pendant toute la durée du spectacle ou des combats. On aperçoit même les fenêtres des caves, encore garnies de barreaux, où l'on renfermait les

bêtes féroces. Le bas peuple se logeait au haut de l'édifice. Les gradins du milieu appartenaient au gros de la population : jeunes hommes nouvellement revêtus de la robe virile, vestales au long voile, nobles dames, sénateurs, esclaves et affranchis. Les patriciens se plaçaient près de l'arène, sur une estrade aux draperies de pourpre.

La vue de cette arène rappelle involontairement à l'esprit du visiteur ces tueries d'hommes que les consuls ou les empereurs offraient à une multitude sanguinaire et blasée. Les scènes de carnage et de mort, la vue de la souffrance et de l'agonie, étaient les distractions favorites des Romains. Pendant l'inauguration du Colisée de Titus, qu'

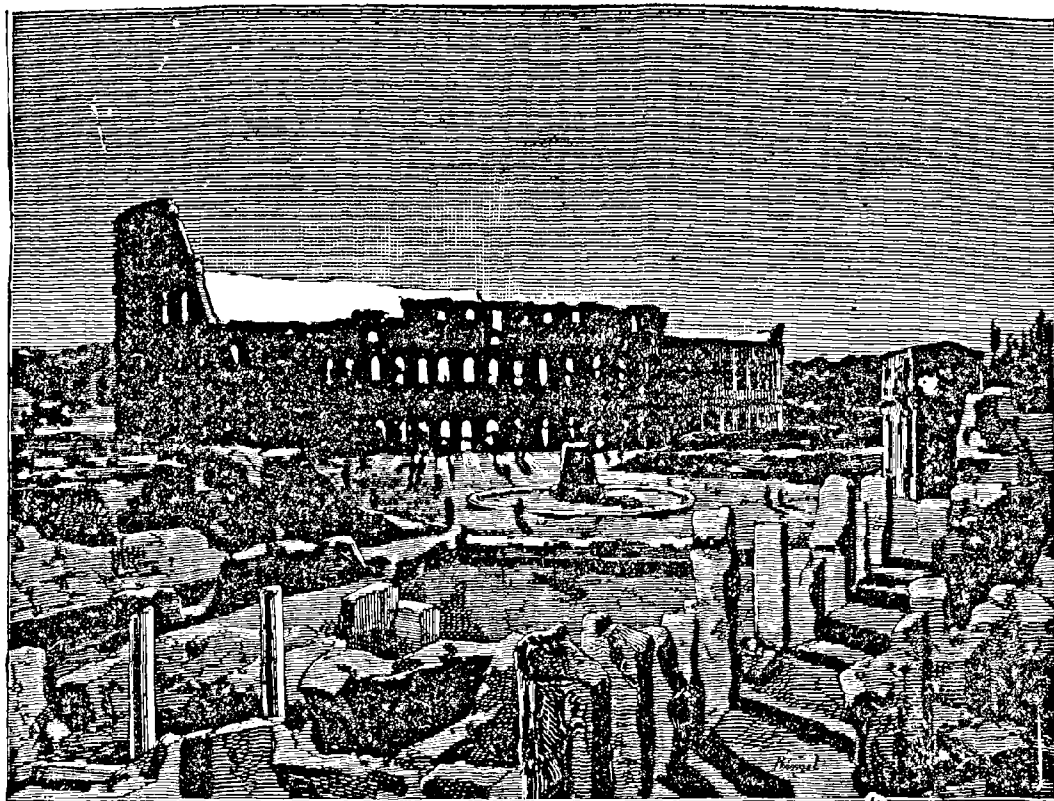


Fig. 16. — Le Colisée de Rome éclairé par la lumière électrique.

dura cent jours, dix mille victimes humaines furent livrées aux bêtes. C'est sur ce même sol que les gladiateurs combattaient entre eux, sous les yeux de la foule ; et l'on sait avec quelle joie féroce vingt mille mains se levaient, vingt mille poitrines frémissantes et enivrées jetaient au gladiateur le signal d'immoler son adversaire, vaincu et terrassé. Plus tard, les martyrs chrétiens, selon le courage ou la terreur qu'ils éprouvaient devant les tigres et les lions, reçurent les applaudissements ou les insultes de ce peuple sanguinaire.

Le mur d'enceinte du Colisée est loin de s'être conservé intact. Une portion seule possède les trois étages de portiques qui formaient l'ancien édifice. Tout le reste est privé du dernier rang d'arcades, et le pan

resté debout, coupé comme par un coup de hache, trace, sur le fond du ciel, une ligne géométrique nettement accusée.

Dans cette vaste ruine, tout ce qui tient à l'homme paraît mesquin dans son essence et chétif dans ses proportions. On s'abstient d'y parler, car la voix humaine y produit un son grêle et faux. Quand j'entrai au Colisée, pour la première fois, il y avait dans l'arène une chaire à prêcher et une guérite de factionnaire. Cela jurait tellement au milieu de tant de vestiges de l'antiquité, que j'aurais voulu faire rentrer sous terre la chaire à prêcher, la guérite et le factionnaire. Tout ce qui ne rappelle pas les souvenirs classiques est là comme une note discordante dans un concert harmonieux.

Mais c'est la nuit qu'il faut voir le Colisée

car il prend alors un aspect fantastique. Les pâles rayons de la lune, venant éclairer le grandiose édifice, l'entourent d'une auréole d'argent et prêtent à ses murailles remantelées une poésie étrange. Il n'est pas de spectacle plus solennel que celui de ce colosse de pierre en partie perdu dans d'épaisses ténèbres, en partie baigné dans la molle lueur des étoiles.

L'art est très heureusement intervenu pour accroître le sentiment d'admiration qu'éveille le Colisée contemplé dans la sérénité de la nuit. Il a permis de provoquer à volonté cette heureuse impression de l'âme et des yeux. A la lueur trop capricieuse de notre satellite, on a substitué la clarté de l'arc voltaïque, diffusée par des globes opalins, qui reproduisent l'effet du clair de lune. La vue de la masse imposante du Colisée sur lequel se jouent les blanches lueurs de la lumière électrique, le contraste entre cette lumière vigoureuse et les noires profondeurs de l'ombre dans lesquelles sont plongés les gradins, les arceaux et les voûtes de l'antique cirque romain, produisent un effet saisissant. Depuis 1879, époque à laquelle on en fit le premier essai, on donne ce spectacle aux étrangers et touristes qui peuvent s'offrir ce régal des yeux (fig. 16).

La mode étant établie d'éclairer magnifiquement par la lumière électrique les salons et les palais, les soirs et nuits de *gala*, les lampes Jablochhoff permirent de prodiguer fastueusement ce mode d'éclairage. On a conservé en Angleterre le souvenir du splendide spectacle que présenta le château de Windsor, résidence de la reine Victoria, situé à environ trois kilomètres de Londres, sur la rive droite de la Tamise, pour célébrer le mariage du prince Léopold, duc d'Albany, dernier fils de la reine, avec la princesse de Waldeck-Pyrmont, sœur de la reine de Hollande.

Pendant la soirée qui suivit la célébration du mariage, la lumière électrique pro-

jetait ses brillants éclats sur l'architecture grandiose du château et sur les pittoresques sites au milieu desquels se dresse le majestueux édifice. Aucune région ne pouvait mieux se prêter à un grand effet d'éclairage que le célèbre château royal d'Angleterre. Avec ses dépendances, ce château couvre une étendue de 13 hectares. Il est bâti sur une colline dominant la vallée que parcourt la Tamise. Ses nombreuses terrasses, ses grands murs, ses innombrables tourelles et clochetons, enfin la tour qui le surmonte, offrent l'aspect le plus imposant.

A l'intérieur des diverses cours du château on avait disposé une série de lampes Jablochhoff, dépourvues de globe. Leur clarté s'apercevait, par transparence, de l'extérieur à travers les fenêtres du palais; en même temps que la grande silhouette de l'édifice entier profilait au loin ses ombres puissantes. Un énorme foyer électrique, qui avait été installé sur la plate-forme du donjon, était aperçu, à des distances considérables, par tous les habitants du pays, qui n'oublieront pas l'impression que produisait sur eux ce soleil de la nuit.

CHAPITRE V

MODIFICATIONS APPORTÉES AU SYSTÈME DE LA BOUGIE JABLOCHKOFF. — LA BOUGIE WILDE. — LA BOUGIE JAMIN. — LA *lampe-soleil*. — LE SYSTÈME WERDERMANN.

La bougie Jablochhoff a été diversement modifiée par des physiciens empressés de la perfectionner; et, bien qu'aucun des systèmes qu'on lui a opposés n'ait manifesté de supériorité bien marquée, nous devons cependant, pour être complet, donner une idée de ces nouvelles dispositions.

En 1879, Wilde, physicien constructeur de Manchester, supprima la matière qui, dans la bougie Jablochhoff, sépare les

deux charbons. Les charbons sont placés parallèlement, simplement séparés l'un de l'autre par une couche d'air, c'est-à-dire par un éloignement de quelques millimètres. Un petit mécanisme, fondé sur l'emploi d'un électro-aimant, fait passer l'électricité de l'un à l'autre charbon pour les allumer. Lorsque

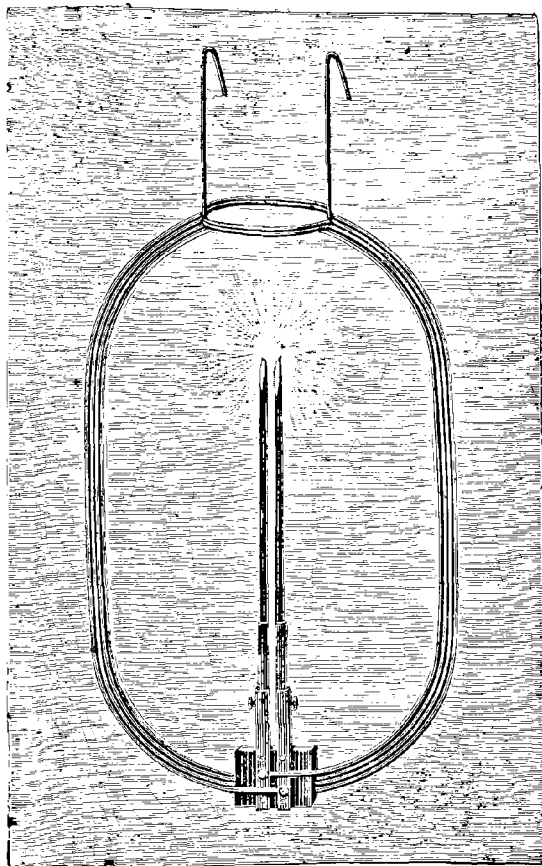


Fig. 17. — La lampe Jamin.

le courant voltaïque ne passe pas, le porte-charbon, poussé par un ressort, fait appuyer les deux baguettes l'une contre l'autre. Quand le circuit est établi, l'arc jaillit entre les deux charbons ; l'électro-aimant mis en action attire l'armature du porte-charbon et éloigne les baguettes l'une de l'autre. L'arc éclairant est ainsi établi. Quand le courant est interrompu, les deux charbons viennent se remettre en contact.

La bougie Wilde peut brûler de haut en

bas, ce qui n'a pas, d'ailleurs, d'avantage particulier.

Jamin, professeur de physique à la Sorbonne (mort en 1885), reproduisit la disposition et le mode d'allumage de la lampe Wilde, c'est-à-dire supprima la matière qui sépare les deux charbons dans la bougie Jablochhoff. Il posait simplement les deux charbons parallèlement en regard l'un de l'autre, comme le faisait Wilde, en laissant entre eux une distance de quelques millimètres.

Ce que Jamin ajouta à la lampe Wilde compliquait ce système, sans grande utilité.

Jamin faisait circuler plusieurs fois autour des charbons le courant électrique ; ce qui devait, selon lui, maintenir la fixité et accroître l'étendue du point lumineux. Mais cette disposition, reconnue peu utile, est le plus souvent supprimée ; de sorte que la lampe Jamin actuelle ne diffère pas sensiblement de la lampe Wilde. Elle est enfermée dans un long manchon de verre, d'un effet peu gracieux.

Nous représentons dans la figure ci-contre la lampe Jamin, sans son manchon de verre. La figure 18 montre l'installation de ce mode d'éclairage dans un établissement public.

Il faut ajouter, toutefois, que ce système est aujourd'hui complètement abandonné.

Une disposition particulière de la bougie Jablochhoff fut réalisée, en 1881, par MM. Bureau et Clerc, qui lui donnèrent le nom de *lampe-soleil*, M. Clerc est un ancien ingénieur de la compagnie Jablochhoff.

Voici la disposition de la *lampe-soleil*.

Les deux charbons sont placés obliquement l'un à l'égard de l'autre. Ils sont séparés par un bloc de chaux, dont ils émergent d'une petite quantité, à peu près comme la lame d'acier d'un rabot de menuisier fait saillie hors de son enveloppe de bois. Le tout est contenu dans une boîte en bois, ouverte par le bas, suspendue par une

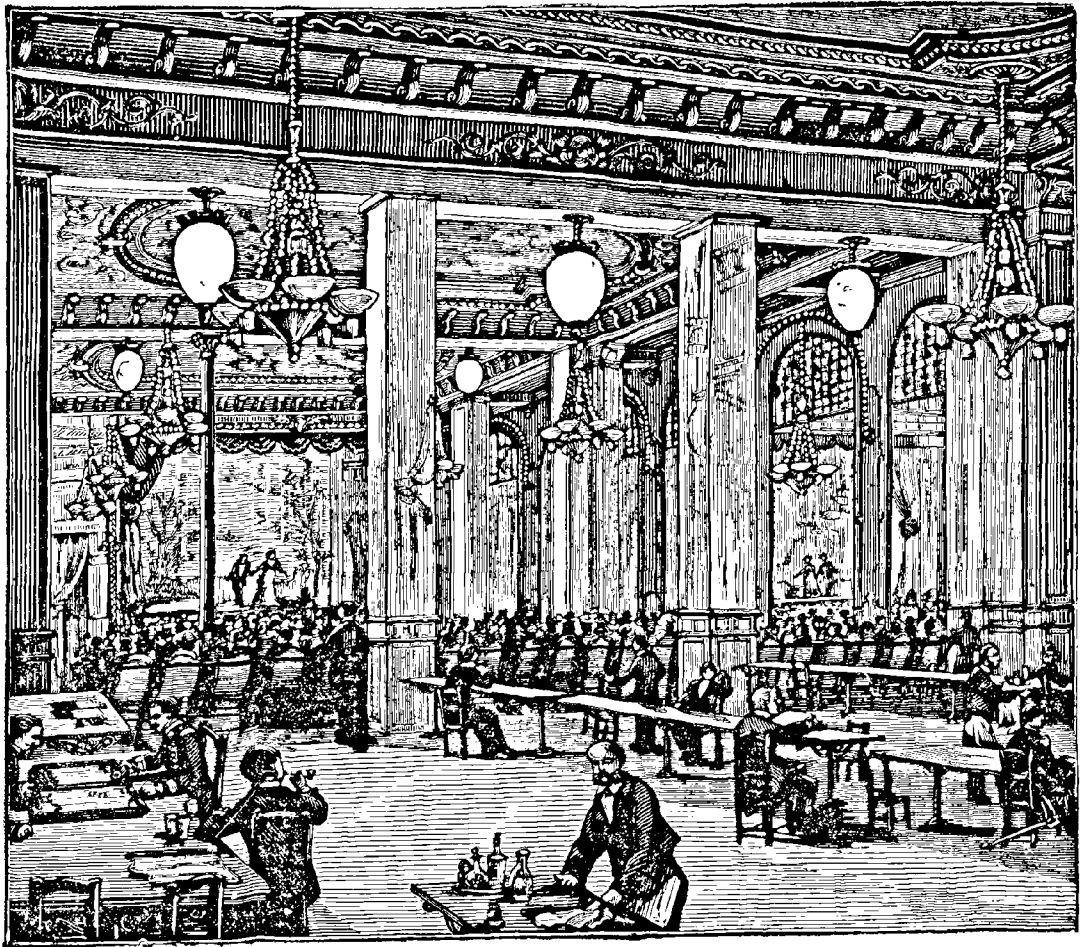


Fig. 18. — La lampe électrique Jamin éclairant un café-concert

tige en forme de fer à cheval, à laquelle aboutissent les fils conducteurs du courant (fig. 19). L'arc voltaïque jaillit par le dessous de la boîte (fig. 20), avec un très grand éclat, dû à la fois au foyer électrique et à l'interposition, dans ce même foyer, du bloc de chaux, qui augmente encore son pouvoir éclairant, ainsi qu'il arrive avec la lumière dite *oxy-hydrique*, dans laquelle un fragment de chaux interposé au milieu de la flamme, accroît dans des proportions considérables la puissance lumineuse de cette flamme.

La *lampe-soleil* a l'avantage de donner

à la lumière une grande fixité, ce qui n'arrive pas avec les bougies Wilde et Jamin, dans lesquelles, aucun corps étranger n'étant interposé entre les deux charbons, il se manifeste des variations d'éclat par le rapprochement fortuit des deux baguettes de charbon.

La *lampe-soleil* paraît présenter des avantages pour l'application de l'éclairage électrique aux salles de peinture et de sculpture dans les musées, quand on veut prolonger leur exhibition pendant les soirées.

La *lampe-soleil* a servi à effectuer divers grands éclairages. Nous citerons l'essai que

l'on en fit pour éclairer l'entrée du passage Jouffroy, à Paris. La figure 21 montre cette installation.

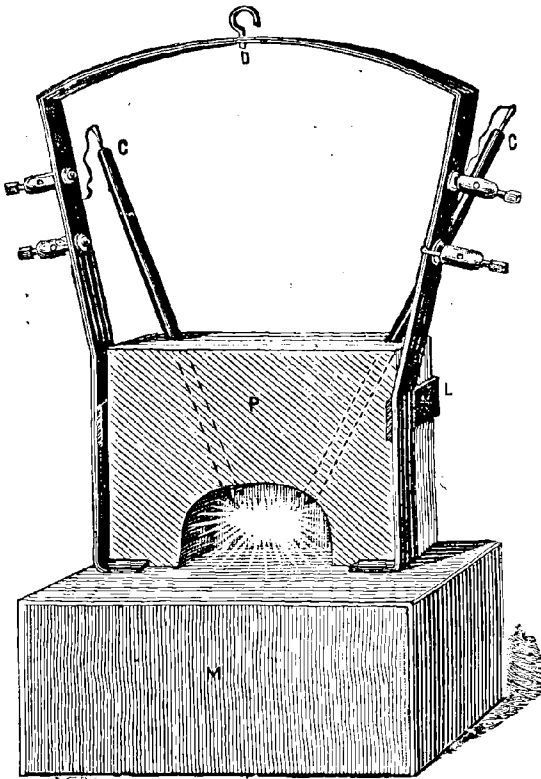


Fig. 19. — Lampe-soleil, disposition des deux charbons.

En Angleterre, une disposition toute spéciale de l'arc voltaïque éclairant, a obtenu une grande faveur, et a servi à populariser l'éclairage électrique dans ce pays. Nous voulons parler de la lampe *Werdermann*.

Un physicien français, Reynier, avait antérieurement employé une disposition fort analogue à celle dont *Werdermann* faisait usage en Angleterre ; mais les deux inventions ayant fusionné, nous les décrivons sous le nom commun de *système Werdermann*.

Une baguette métallique est mobile à l'intérieur d'un tube métallique. Au moyen d'un contrepoids attaché à une corde qui se réfléchit sur une poulie, cette baguette peut élever le charbon, par le seul effet de son

poids. L'extrémité supérieure du charbon vient butter contre un disque de cuivre, qui est en rapport avec le pôle négatif de la pile ou du générateur de l'électricité, tandis que le tube métallique communique avec le pôle positif. Il y a donc, comme le montre la figure 22 (page 39), contact continu, entre le charbon et le disque de cuivre. Aucun arc ne se produit ; seulement le charbon qui sert à obtenir la continuité du courant, est porté à la chaleur rouge-blanc, et par sa vive incandescence, constitue le foyer rayonnant.

C'est une disposition, on le remarquera, essentiellement différente de toutes celles que nous venons de décrire, et dans lesquelles c'était l'arc voltaïque jaillissant en-

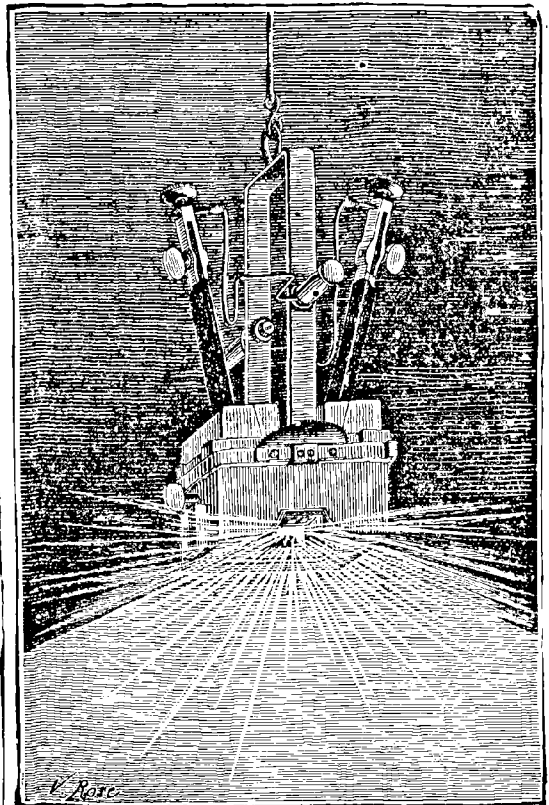


Fig. 20. — Lampe-soleil, position du foyer rayonnant.

tre les deux charbons qui produisait la lumière. Dans le système *Werdermann*, il n'y

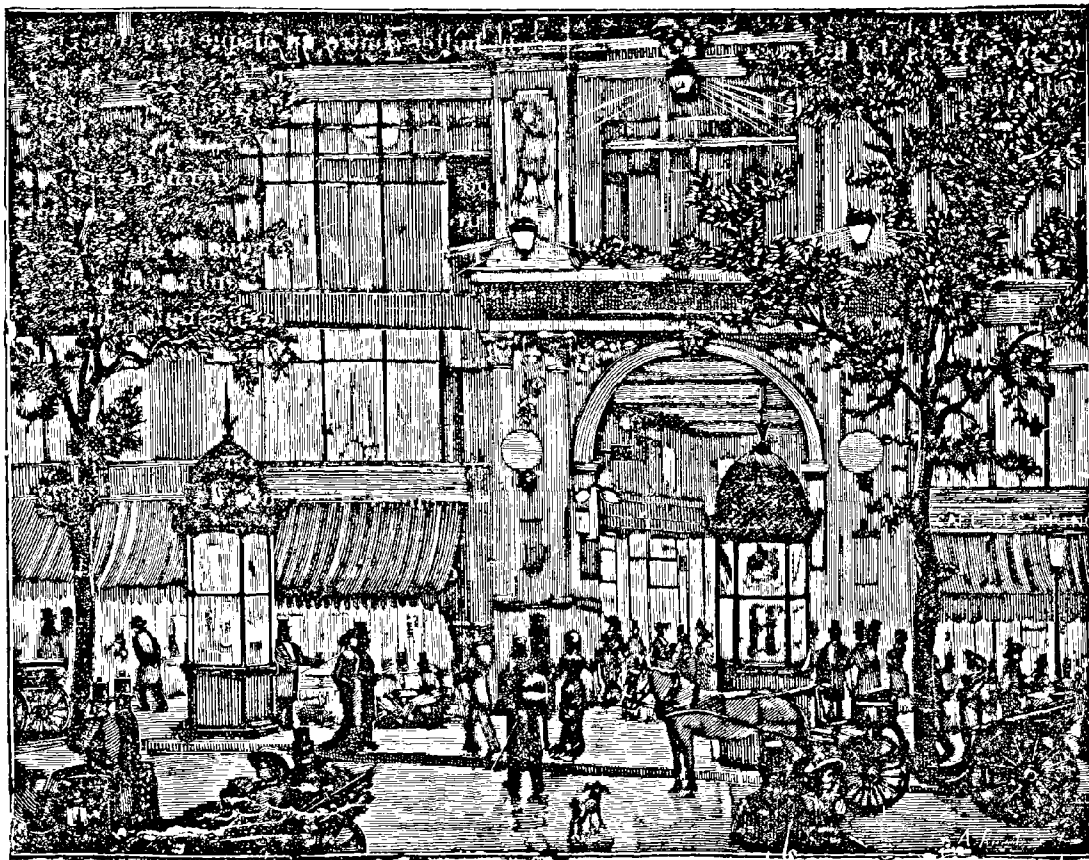


FIG. 21. — La lampe-soleil éclairant l'entrée du passage Jouffroy, à Paris.

a point d'interruption de courant. Le circuit est continu ; c'est l'incandescence du charbon parcouru par le courant électrique qui forme le point lumineux.

La figure 22 représente la partie essentielle de la lampe Werdermann. Le charbon, contenu dans une gaine, est poussé de bas en haut, par l'effet d'un poids, C, et d'une corde F, se réfléchissant sur une poulie. Le pôle positif est à l'extrémité A du charbon et le pôle négatif à l'extrémité qui termine la tige recourbée, D. Le charbon poussé de bas en haut par le poids C, vient butter contre le disque de cuivre E, et le contact s'établit entre le charbon et le disque. L'extrémité du charbon rougit par l'afflux de l'électricité et par la recombinaison des deux électricités contraires. Il y a ainsi

une très vive incandescence du conducteur, représenté par le charbon.

La lampe Werdermann importée d'Angleterre en France, en 1879, a été le sujet d'études attentives ayant pour but de rendre pratique ce système, et de l'appliquer à de véritables lampes rappelant, par leur aspect, les lampes à huile ou à gaz.

Dans le minuscule théâtre de l'Athenæum, au faubourg Montmartre, à Paris, on avait établi cet éclairage et installé des statues, des tableaux, des tentures, pour essayer l'effet de ces lampes. Le public assistait à ces expériences, pendant lesquelles on produisait à volonté, grâce à un *régulateur*, la gradation de la lumière, son extinction et son rallumage.

La forme à donner aux lampes Werder-

mann a été l'objet de longues études, de la part de MM. Napoli et Penaud. Il n'était

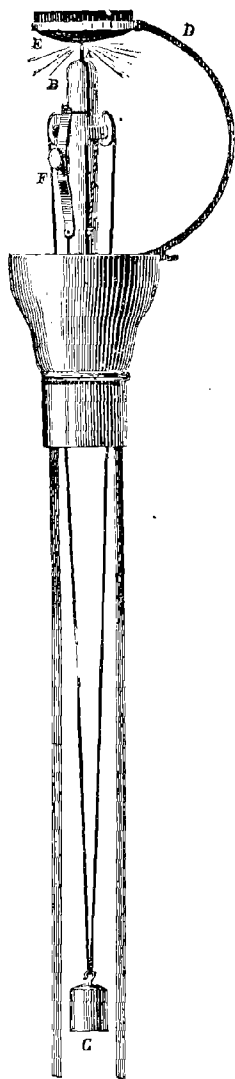


Fig. 22. — Lampe Werdermann.

pas facile de leur donner un aspect décoratif et d'en composer un lustre, en raison de la longue et grande queue qui sert de gaine au charbon. On s'est tiré de la difficulté en inclinant les globes, et cachant les queues dans les cristaux. En réunissant un certain nombre de globes inclinés, on est arrivé à constituer des lustres assez élégants (fig. 23).

M. Penaud, directeur des ateliers de la rue des Martyrs, où ces lampes se construi-

saient, en a beaucoup varié les formes. Dans le dessin d'ensemble que donne la figure 24 (page 40), on voit la disposition de ces divers modèles, depuis le support à applique très simplement orné, jusqu'au piédestal surmonté de statues qui portent les lanternes.

Comme la lampe Werdermann donne une intensité de lumière de beaucoup inférieure à celle des bougies Jablochhoff, on peut l'utiliser pour l'éclairage des appartements, et cette application a même pris un certain développement en Angleterre.

En France, la lampe Werdermann fut mise à l'essai dans des conditions très inté-

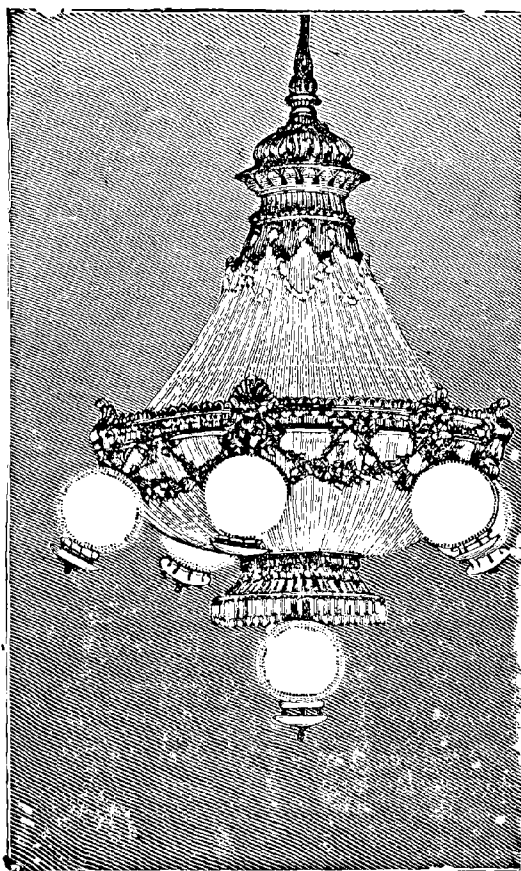


Fig. 23. — Lustre Werdermann.

ressantes. Elle participa aux expériences d'éclairage électrique qui furent faites, en 1881, à Paris, au théâtre de l'Opéra.

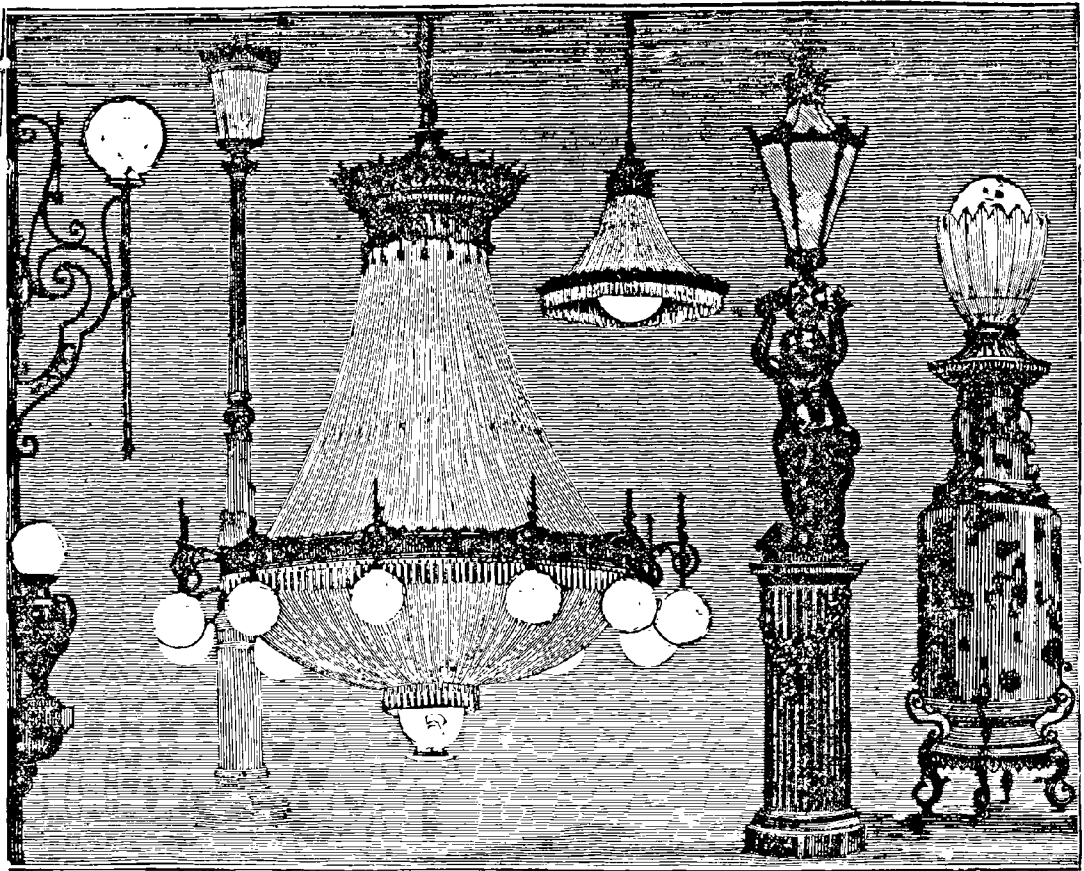


Fig. 24. — Divers types de lampes Werdermann.

Divers systèmes avaient été admis à cette expérience comparative. En ce qui le concernait, le système Werdermann avait eu pour mission d'éclairer le foyer des abonnés, c'est-à-dire le vestibule circulaire qui est situé au-dessous de la salle. La lumière Werdermann y fonctionnait seule. Un lustre portant 16 foyers était suspendu au milieu de la salle (fig. 25), et éclairait la rotonde.

Dans les essais dont nous parlons, la lumière Werdermann fut, après la *lampe-soleil*, celle qui donna les meilleurs résultats.

Tels sont les divers systèmes qui ont été réalisés après la découverte de M. Jabloch-

koff, pour entrer en lutte contre la bougie du physicien russe. Ces divers systèmes se sont disputé les suffrages du public.

Une occasion intéressante permit à toutes ces inventions nouvelles de se faire apprécier des connaisseurs et des intéressés. A l'époque de l'Exposition universelle de 1878, l'aspect de plusieurs quartiers de Paris permit de juger l'état de cette question. Pendant toute la durée de cette Exposition, Paris fut, chaque soir, inondé de flots de lumière électrique. Cet éblouissant éclairage semblait, en ce moment, caractériser, symboliser les progrès des sciences appliquées à l'industrie. Aussi l'avait-on prodigué. La place et l'avenue de l'Opéra, la façade du Corps législatif, la

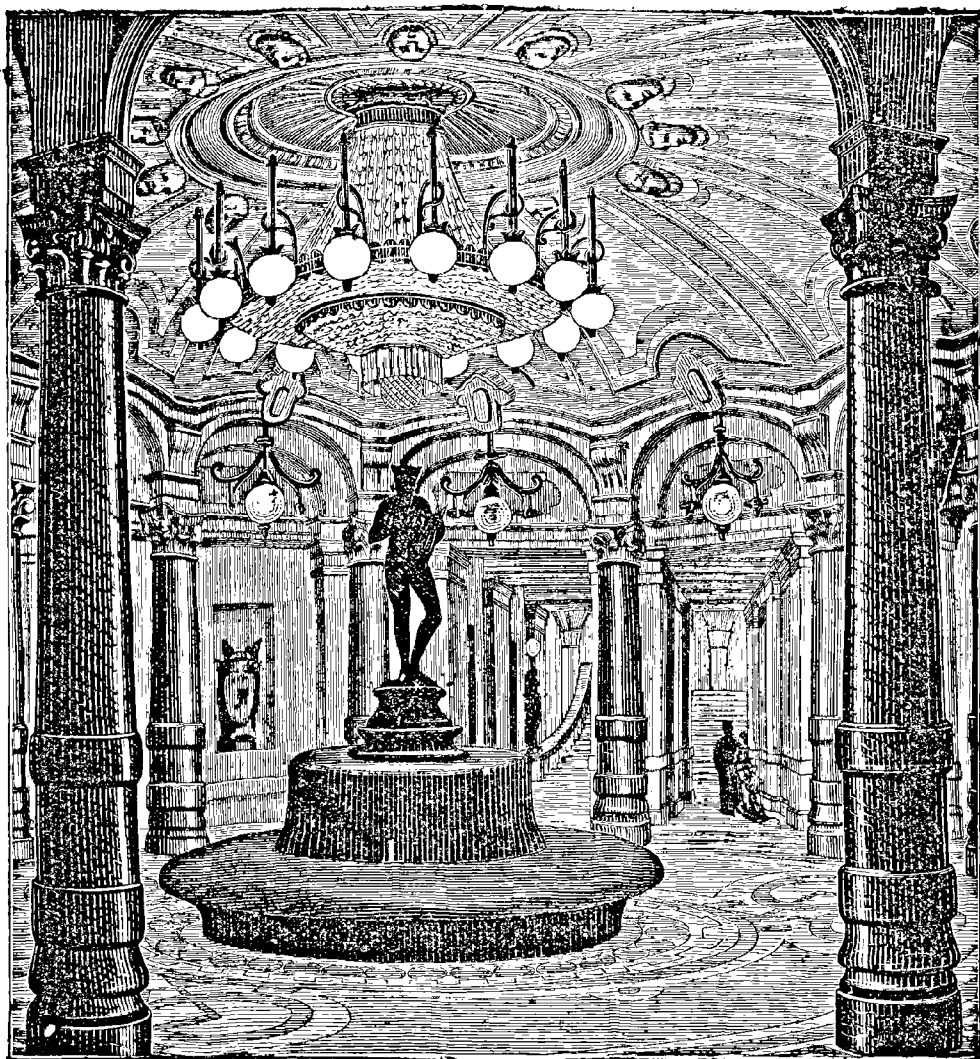


Fig. 25. — La lampe Werdermann au foyer des abonnés, à l'Opéra de Paris.

place du Théâtre-Français, la place de la Madeleine, le pourtour de l'Arc de triomphe de l'Étoile, etc., étaient illuminés par ce nouveau feu d'artifice.

Cependant, le problème général de l'éclairage par l'électricité n'était pas encore résolu. Que présentaient, en effet, au public, les lampes Jablochhoff, les *lampes-soleil*, les lampes Jamin, les lampes Siemens, Werdermann, Lortin, etc., alors distribuées sur divers points de la capitale? Les lumières d'une intensité éblouissante,

de la valeur de cinquante becs Carcel environ, puissance excessive, inutile alors presque toujours, puisqu'il fallait l'éteindre par des globes de verre dépoli, qui absorbaient 40 pour 100 de la lumière du foyer voltaïque. Ce que l'on attendait, ce que l'on demandait, c'étaient de petits foyers, du faible pouvoir éclairant de deux à trois becs Carcel. Or, c'est ce que personne n'avait encore pu réaliser. Les lampes Werdermann seules auraient pu prétendre à un office de ce genre, car on peut réduire

CONQUÊTES. — I.

leur éciat à trois ou quatre becs Carcel.

La pratique en était donc toujours au même point. On avait un énorme foyer dont on était forcé d'atténuer l'éclat par des globes demi-transparents. On s'en servait pour éclairer de grands espaces, de vastes chantiers de travail ou des places publiques ; mais quant à introduire l'éclairage électrique dans les maisons particulières, on ne pouvait encore s'en flatter.

Une année se passa ainsi, et la question de l'éclairage électrique semblait sommeiller, lorsque, tout d'un coup, le 27 décembre 1879, arrive d'Amérique à Paris l'étonnante nouvelle que, dans ce pays privilégié de l'extraordinaire en fait d'art mécanique, on vient de faire la découverte de l'éclairage électrique à faible intensité, c'est-à-dire de résoudre le problème, depuis si longtemps poursuivi, de l'éclairage domestique par l'électricité.

Hâtons-nous de dire que, dans les premiers temps, personne, ni physiciens ni constructeurs, n'ajouta foi à cette nouvelle, et qu'une incrédulité universelle l'accueillit. Cependant, informations prises, il fallut bien se rendre à l'évidence, et reconnaître que le fait annoncé était réel, et que l'industrie serait bientôt en possession de l'éclairage domestique fourni par l'électricité ; c'est-à-dire que l'on pourrait, avec le courant électrique convenablement mis en œuvre, produire des luminaires d'un petit volume, parfaitement applicables à l'éclairage des appartements.

Quel est le procédé qui avait apporté la solution de ce problème capital ? C'est le procédé que les physiciens appellent l'*incandescence du conducteur*. La lampe Werdermann, que nous venons de décrire, est une sorte de transition entre les deux systèmes.

Nous avons dit, dans l'introduction de cette Notice, que si l'on réunit les deux

pôles d'une pile voltaïque par un fil métallique, la recombinaison des deux électricités contraires qui s'opère dans ce conducteur, ne s'accompagne d'aucun phénomène extérieur, si le fil a certaines dimensions ; mais que, s'il est mince et ne peut livrer à l'écoulement de l'électricité qu'un passage rétréci, l'électricité s'accumulant en grande quantité dans ce faible espace chauffe le conducteur, le fait rougir, le porte à l'*incandescence*. C'est sur ce principe qu'est fondé l'*éclairage électrique par incandescence du conducteur*, et que l'on pourrait appeler, d'une manière plus rigoureuse, *incandescence par le courant électrique continu*.

C'est grâce à l'emploi d'un conducteur d'une nature toute spéciale, que l'on peut faire servir à l'éclairage l'incandescence provoquée par un courant électrique.

Mais comment est-on parvenu à appliquer à l'éclairage l'incandescence d'un corps parcouru par un courant ? Nous avons personnifié l'histoire de la découverte de l'éclairage par l'arc voltaïque dans deux grandes individualités scientifiques, à savoir, Léon Foucault et M. Jablochhoff. La création de l'éclairage électrique par l'*incandescence* se résume, de même, dans deux grandes figures scientifiques : Humphry Davy et Thomas Edison. Nous allons donc raconter le développement et les progrès de cette seconde découverte, en y mêlant, comme nous l'avons fait dans la première partie de cette Notice, le récit de la vie des inventeurs.

CHAPITRE VI

LA VIE ET LES TRAVAUX DE SIR HUMPHRY DAVY.

Humphry Davy naquit à Penzance, dans le Cornouailles, le 17 décembre 1778. C'était l'aîné de Robert Davy,

qui avait exercé quelque temps, dans sa ville natale, la profession de sculpteur en bois. Mais cet art, lucratif au moyen âge, à l'époque où la décoration des cathédrales catholiques nécessitait beaucoup d'ouvrages de boiserie sculptée, avait perdu toute son importance depuis la conversion de l'Angleterre au protestantisme. Robert Davy se retira à *Varfell*, petite propriété qu'il possédait à une lieue de la ville, sur le bord de la baie du Mont, dans la paroisse de Ludgvan, et il s'attacha à faire valoir cette ferme, qui ne suffisait qu'à grand'peine aux besoins de sa famille. Le jeune Humphry fut laissé à Penzance, chez un ami, le docteur Tomkin, qui se chargea de son éducation.

L'enfant fut placé dans une école élémentaire, ensuite dans l'école, plus élevée, du docteur Cardew. Mais il prit peu de goût aux leçons de ses maîtres, soit que l'originalité de son esprit s'accommodât mal de la règle et du régime classiques, soit qu'il eût de la peine à fixer encore l'activité de ses pensées. On le rencontrait plus souvent sur le chemin de Penzance à *Varfell* que sur les bancs du docteur Cardew. Pendant des jours entiers, il errait solitairement, au bord de la mer, ou s'enfonçait dans les montagnes des districts environnants. Il chassait, il pêchait, il jetait au vent les premières inspirations de sa jeunesse. A douze ans il était poète. Le premier livre tombé entre ses mains, *le Voyage du pèlerin*, de Bunyan, avait produit sur sa jeune imagination un effet prodigieux. Bientôt il lut Homère, qui changea la direction de ses idées, et il entreprit un poème épique sur Diomède. On assure que cette production d'un poète de douze ans offrait une variété extraordinaire d'incidents et d'aventures.

Au retour de ses excursions solitaires, il rassemblait ses petits camarades sous le balcon de l'auberge de l'Étoile, et comme

Goethe, comme Walter Scott enfants, il tenait son jeune auditoire sous le charme de mille histoires merveilleuses, dont son imagination multipliait les incidents à l'infini. Le sujet de ses narrations était puisé le plus souvent dans les *Nuits arabes*. Il l'empruntait aussi aux légendes des vieux habitants du pays et aux traditions de sa grand'mère qui, dans les longues soirées d'hiver, l'endormait aux souvenirs des récits merveilleux de la contrée. La bonne grand'mère croyait fermement aux revenants et aux sorciers; et plus d'une fois le jeune Humphry, dans un accès de malice espiègle, avait revêtu, à minuit, le long drap blanc du fantôme, et défilé silencieusement devant la vénérable dame, recueillie et tremblante au coin de son foyer. Un instant après, il revenait s'asseoir près d'elle, et écouter, en jouant l'incrédulité, le récit de l'apparition. Si, par aventure, il trouvait une charrette oubliée sur la grande place, il y grimpait, et sur ce théâtre improvisé il mettait en action, devant ses camarades, les scènes les plus célèbres des poètes. Pour ajouter à l'illusion, il couronnait le dénouement par l'explosion de pétards et de feux d'artifice.

Cependant, son père essayait inutilement de lutter contre ses embarras de fortune. Les revenus de la ferme ne pouvant couvrir les dépenses de sa maison, il perdit courage, et mourut, à quarante-quatre ans, en jetant un regard désolé sur l'avenir de sa famille. Mais sa veuve ne se laissa point abattre. C'était une femme d'un esprit résolu, qui ne recula pas devant la tâche qui lui était léguée. Elle revint à Penzance, et rassembla ses ressources, pour tenir une maison garnie, et recevoir, comme pensionnaires, les étrangers qu'attiraient dans le pays la salubrité de l'air et la beauté du climat. En même temps, elle ouvrit, avec une jeune émigrée française, un magasin de modes

qui ne tarda pas à prospérer. A la mort de son mari, son revenu se bornait à 150 livres sterling, et ses propriétés étaient grevées d'une dette de 1300 livres. En peu de temps elle réussit à éteindre la dette, sans que l'éducation des enfants fût interrompue.

Mais déjà le jeune Humphry voulut prendre sa part des charges de la famille. Il chercha un état, se décida à embrasser la mé-



Humphry Davy.

decine, et entra, à dix-sept ans, comme apprenti chez Borlase, chirurgien-apothicaire de Penzance. On sait qu'en Angleterre les médecins peuvent tenir officine, et préparer eux-mêmes les médicaments qu'ils prescrivent.

Le jeune apprenti était chargé par son patron de porter les remèdes aux clients de la campagne, et, dans ces courses en pleine nature, il retrouvait les traces de ses inspirations premières. Livré à ses seules pensées, loin des ennuis de l'officine, il reprenait là, sur leur ancien théâtre, la chaîne

brisée des impressions de son enfance. Un jour, chargé de porter un médicament dans une paroisse voisine, il s'oublia longtemps à déclamer au bord du rivage, et, dans la chaleur du débit, il jeta son flacon à la mer. Il fut tout surpris, en arrivant à la porte du malade, de se présenter les mains vides : « Quel songe-creux que ce garçon ! » disait l'apothicaire.

Jusqu'à ce moment la science l'avait fort peu occupé. Il avait lu à peine quelques livres de chimie ou d'histoire naturelle, mais rien ne faisait pressentir chez lui la vocation scientifique. Une circonstance fortuite vint la faire éclore.

Grégoire Watt, fils du célèbre James Watt, à qui l'on doit les plus grands perfectionnements de la machine à vapeur, fut envoyé à Penzance, pour se remettre des suites d'une affection de poitrine, et il vint loger dans la maison garnie tenue par madame Davy. Ravi à la pensée de se trouver en rapport avec le fils de James Watt, le jeune Davy eut à cœur de paraître à ses yeux sous son jour le plus brillant, et, dès la première entrevue, il mit la conversation sur la métaphysique et la poésie, objets de ses études favorites. Grégoire Watt avait vingt-deux ans : il sortait de l'Université de Glasgow, bourré d'érudition et rompu aux joutes littéraires. Battu dès la première rencontre, le pauvre Humphry fut, en outre, déconcerté par les façons aristocratiques de son adversaire. Cependant il ne se rebuta pas ; car pour rien au monde il n'eût voulu laisser au jeune savant une opinion défavorable de sa personne. Il résolut de l'amener sur le terrain de la science, et de l'attaquer sur la chimie. Mais, pour discuter sur la chimie, il fallait la connaître, et c'est à peine s'il en était aux éléments. Aussitôt, il emprunte dans la ville la traduction du *Traité de Chimie* de Lavoisier. En deux jours le livre est dévoré, et le jeune homme déclare à son antagoniste qu'il est prêt à lui prouver

la fausseté de toute la doctrine du chimiste français.

On devine aisément que Grégoire Watt renversa bien vite l'échafaudage des objections de l'écolier; mais il fut frappé, durant ces conférences, de l'ardeur et de la clarté de ce jeune esprit, et il se lia dès lors intimement avec Humphry Davy.

Les conséquences de cette amitié furent immenses pour Davy. Il puisa dans le commerce de son compagnon un goût déclaré pour les sciences, en particulier pour la chimie; et pendant les longues excursions qu'ils fit avec le jeune Watt il fut initié peu à peu aux éléments des sciences naturelles.

Le lieu de leurs entretiens était la vieille mine de Whéry, dont les galeries s'étendent jusque sous la mer, et où l'on entend le bruit des vagues et le choc des galets, à travers la faible épaisseur de terre qui sépare la mine du lit de l'Océan. Ce fut sous la profondeur de ces voûtes solitaires, ayant sur sa tête les grandes voix de la nature et autour de lui les richesses qu'elle dérobe à nos yeux, que le jeune Davy put entrevoir, pour la première fois, le monde de la science, monde plein de mystères, mais bien différent de la région des rêves qu'il avait affectionnés jusque-là. Dès ce jour, il entra dans la voie où sa destinée l'appelait.

Ce fut le hasard qui le mit en état de réaliser les rêves de sa jeune ambition scientifique.

En 1798, un physicien de quelque mérite, Davis Guilbert, arrivait à Penzance. Passant, devant la boutique de Borlase, il aperçut le jeune Humphry qui, assis sur le seuil de la porte, se laissait aller à ses rêveries accoutumées. Guilbert fut frappé de son front rêveur, de ses yeux noirs et pleins de feu, de son attitude recueillie et pensive. Ils s'informa de lui, et il apprit que, dans la ville, on citait ce jeune homme comme s'occupant d'expériences de chimie. Guilbert désira le con-

naître, et ils eurent ensemble une entrevue

Davy lui communiqua les résultats de quelques travaux de chimie qu'il venait d'exécuter. Guilbert fut bientôt convaincu qu'il venait de trouver dans une obscure boutique de



Fig. 27. — La statue d'Alexandre Volta, à Côme (d'après une photographie)

Penzance un savant destiné à honorer sa patrie, et il s'empressa d'écrire à son ami Bedoès, pour lui faire part de sa découverte

Bedoès, en réponse, fit proposer à Davy de se rendre auprès de lui, à Bristol, pour

diriger le laboratoire de l'*Institution pneumatique*.

L'*Institution pneumatique* de Bedoës était un établissement qui venait d'être créé sous l'impulsion des idées nouvelles que la chimie naissante provoquait dans toute l'Europe. Les gaz commençaient à être bien connus, et comme de tous les agents nouvellement révélés aux hommes, on en espérait des prodiges. Leur emploi dans le traitement des maladies semblait promettre des guérisons miraculeuses. On avait donc fondé, par souscription, à Bristol, un établissement, renfermant un hôpital et un laboratoire pour l'étude expérimentale des propriétés physiologiques des gaz. La place offerte à Davy était celle de directeur de ce laboratoire.

Le 6 octobre 1798, Humphry Davy dit adieu à sa ville natale, et se rendit à Bristol.

C'est là qu'il fit la découverte des propriétés *hilarantes* du gaz protoxyde d'azote, effets physiologiques bizarres, qui tiennent à une action toute particulière de ce gaz sur le système nerveux.

Le phénomène physiologique découvert, à Bristol, par Humphry Davy, fit beaucoup de bruit dans le monde savant; mais il ne fut, à cette époque, que l'objet d'une curiosité stérile. Repris en Amérique, en 1846, il devint, entre les mains du docteur Jakson et du dentiste Morton, le signal de l'une des inventions les plus merveilleuses de notre siècle. Nous voulons parler de l'*anesthésie*, ou anéantissement de la douleur dans les opérations chirurgicales, découverte à laquelle les deux expérimentateurs américains Jakson et Morton furent conduits par la connaissance des propriétés stupéfiantes du gaz protoxyde d'azote.

L'ouvrage dans lequel Davy fit connaître les effets du *gaz hilarant*, commença à lui faire une certaine réputation. Bristol parut, dès lors, un théâtre trop étroit pour son mérite, et il fut appelé à Londres, pour

remplacer, à l'*Institution royale*, le professeur de chimie.

Dès les premières leçons qu'il fit à l'*Institution royale*, sa réputation fut fondée. C'est alors que commença pour lui l'existence brillante, qui, pendant vingt ans, devait l'entourer de ses séductions. Son talent lui ouvre les salons du grand monde. Recherché de tout ce que Londres renferme de plus éminent, comblé de présents et d'invitations, il devient l'homme à la mode. Sans doute, la faveur singulière avec laquelle la chimie naissante était partout accueillie, à la fin du siècle dernier, entraînait pour quelque chose dans cette heureuse fortune. En Angleterre, comme en France, la chimie, alors à ses débuts, excitait un enthousiasme universel. Mais les qualités personnelles de Davy devaient ajouter à l'entraînement du jour. Il avait vingt-cinq ans à peine, des traits pleins de distinction; ses leçons étaient toujours longuement préparées, et son style, très soigné, se ressentait de ses habitudes littéraires.

Davy se laissa un moment éblouir par ce brillant accueil du monde. Il s'enivra des joies de son triomphe. Mais ce moment fut court. Il comprit qu'il n'avait donné jusqu'à que de grandes espérances, et il mit son orgueil à les justifier par l'importance de ses travaux.

Le monde savant était alors extrêmement préoccupé des découvertes capitales par lesquelles Alexandre Volta, l'immortel physicien d'Italie, venait de révéler dans l'électricité l'agent le plus extraordinaire de la nature. Davy aborda l'un des premiers l'étude de ce genre de phénomènes. Les travaux par lesquels il a rattaché à la chimie les phénomènes électriques, ont en eux-mêmes une telle importance, et ont exercé sur les progrès de la science une influence si profonde, qu'il est indispensable d'entrer à cet égard dans quelques développements.

C'est en 1800, à l'aurore de notre siècle,

qu'Alexandre Volta découvrit la pile, « le plus merveilleux instrument que les hommes aient jamais inventé, a dit Arago, sans en excepter le télescope et la machine à vapeur. »

On raconte que, dans son enfance, le chimiste allemand Bergmann restait des heures entières debout, devant un foyer, sans pouvoir détacher ni son esprit, ni ses yeux, du spectacle de la combustion. Quel est le physicien qui, lui aussi, n'ait passé de longues heures dans une contemplation muette devant les effets de l'instrument admirable que nous devons au génie de Volta ? Quoi ! avec quelques couples de cuivre et de zinc baignés par un liquide, avec quelques morceaux de zinc et de charbon plongeant dans des acides, avec cet assemblage, inerte en apparence, on peut séparer en leurs éléments primitifs toutes les combinaisons naturelles ; on peut les défaire, comme un ouvrier défait les anneaux rivés d'une chaîne ! Les composés les plus résistants, ceux que maintient l'attraction la plus énergique et qui ont mis des siècles à se former, aussi bien que les combinaisons passagères que le hasard des affinités a fait éclore un jour, pour les effacer le lendemain, tous peuvent se dissocier sous nos yeux ! Et non seulement cet instrument dispose de la puissance de l'analyse, mais il est aussi un agent de synthèse. Cette force qui sépare, peut aussi réunir ; ces combinaisons que vous avez détruites, vous pouvez les reconstruire, et renouer à votre gré les anneaux de la chaîne rompue ! Cet agent mystérieux se prête, s'élève et se plie à tout ; il peut exciter les actions chimiques les plus violentes ou réaliser le plus humble des phénomènes naturels. Et ce n'est pas seulement sur les corps bruts que l'électricité agit avec tant de puissance ; elle produit sur le corps humain les plus étonnants effets, et semble jouer un rôle essentiel dans les principales fonctions de la vie !

L'enthousiasme qui portait les savants, au commencement de notre siècle, vers l'électricité, s'explique donc sans peine.

Davy se jeta avec ardeur dans cette voie nouvelle. Il entreprit sur l'électricité une longue série de recherches, dont l'histoire des sciences conservera toujours le souvenir.

Il avait déjà appliqué la pile de Volta à l'analyse d'un certain nombre de corps. Après avoir, en particulier, mis hors de doute le fait de la décomposition de l'eau par la pile, phénomène mal étudié jusqu'à lui, Davy prouva que tous les composés chimiques, quels qu'ils soient, peuvent, tout aussi bien que l'eau, se réduire en leurs éléments.

Il avait déjà constaté que tous les corps, sous l'influence d'un courant électrique, peuvent être ramenés aux éléments qui les composent. Il posa, dès lors, en principe, que la cause de la combinaison des corps se résume dans une attraction électrique ; et par une série d'inductions et d'expériences qu'il serait hors de propos de rapporter, il proclama ce fait, que *l'affinité chimique n'est autre chose que l'électricité* ; en d'autres termes, que la force qui détermine l'union des corps et qui maintient les combinaisons formées, est identique avec la force électrique. Telle est l'origine de la théorie électro-chimique, qui a fourni à Berzelius l'occasion de si brillants succès, et qui a régné dans la science pendant un demi-siècle.

Le travail de Davy sur les rapports de l'affinité chimique et de l'électricité eut en Europe un retentissement prodigieux. Les témoignages de l'admiration publique ne manquèrent pas à son auteur. La *Société royale de Londres* lui décerna la médaille de Baker.

La décomposition des alcalis et des terres par la pile voltaïque suivit de près le mémoire général de Davy dont il vient d'être question.

C'est en 1807 qu' Davy fit cette grande

découverte, que la potasse et la soude, aussi bien que la chaux et la baryte, ne sont que des oxydes d'un métal prodigieusement avide d'oxygène. Il isola, par un moyen des plus ingénieux, le métal de ces alcalis et de ces terres.

La découverte des radicaux métalliques, le sodium, le potassium, le baryum, le calcium, n'était pas seulement remarquable en elle-même; elle ouvrait une voie toute nouvelle à la physique et à la chimie, en permettant de dévoiler la nature d'une série de corps analogues à la potasse, à la soude, à la baryte, à la chaux. Peu d'années après, la silice et l'alumine étaient décomposées, et leur radical métallique était isolé.

A cette époque, une grave maladie vint mettre ses jours en danger. Pendant sa convalescence, une pile de Wollaston, de 600 plaques, de quatre pouces chacune, fut construite et mise à sa disposition.

Bientôt après, la munificence de quelques particuliers lui en offrit une plus énergique encore. C'était la pile la plus forte que l'on eût encore construite. Elle se composait de 200 couples. Chacun de ces couples renfermait dix doubles plaques de zinc et de cuivre. Le nombre total des éléments était donc de 2000. Chaque couple ayant 32 pieds carrés, la surface totale était de 128 000 pieds carrés. Le liquide excitateur était une dissolution d'alun, aiguisée d'acide sulfurique.

Cette puissante batterie fut installée, en 1812, dans les caves de l'*Institution royale*. Elle permit à Davy d'étudier, dans toute leur ampleur, les effets physiques et chimiques de l'électricité sous forme de courant.

C'est en se servant d'acide azotique étendu d'eau, comme liquide excitateur de sa puissante pile, que Davy découvrit le phénomène fondamental qui devait conduire un jour à l'éclairage par l'électricité. En terminant les pôles de cette pile par deux pointes de charbon, il reconnut que quand on approche ces charbons l'un de

l'autre, à une très faible distance, on voit aussitôt jaillir entre les deux conducteurs une étincelle d'un éclat incomparable. Si l'on éloigne peu à peu les charbons, il se forme, à travers l'air, un arc étincelant de lumière.

Mais nous n'avons pas besoin de le dire, l'expérience ainsi effectuée dans l'air n'avait qu'une durée presque insignifiante, en raison de la rapide combustion du charbon. Davy eut alors l'idée féconde d'enfermer les charbons dans le vide, pour empêcher leur combustion. Il plaça donc les deux pôles de la pile terminés par les deux pointes de charbon, dans un vase de verre, de forme ovale, hermétiquement clos, et dans lequel on faisait le vide à l'aide de la machine pneumatique. Les deux conducteurs de la pile voltaïque pénétraient à l'intérieur du globe de verre, par deux ouvertures mastiquées par un enduit résineux, et enveloppés d'un manchon de cuivre, ainsi que le montre la figure 28.

Cette magnifique expérience fut exécutée, en 1813, par Humphry Davy, dans son cours de chimie à l'*Institution royale de Londres*. Elle excita la plus vive admiration. On était loin cependant de prévoir alors qu'il y avait là le prélude d'une révolution dans l'éclairage.

La même expérience fut répétée dans beaucoup de centres scientifiques de l'Europe. Seulement, en raison de la puissance qu'il fallait donner au courant électrique, elle était difficile à faire, à une époque où l'on ne pouvait développer que des effets d'une intensité médiocre, puisqu'on ne disposait que de la pile de Wollaston, et de la pile à auges.

Par l'ensemble de ses travaux, qui avaient tant ajouté à la connaissance des effets physiques et chimiques de l'électricité, agrandi le théâtre et les moyens d'action de la chimie, et modifié les doctrines générales

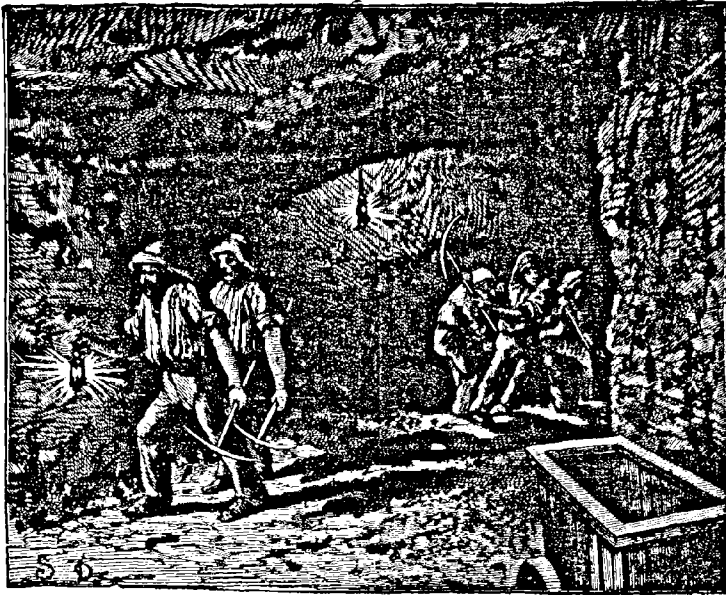


Fig. 28. — La lampe de sûreté d'Humphry Davy dans une mine de houille.

de cette science, Davy s'était placé à la tête des chimistes de son temps. Membre de la *Société royale de Londres* depuis 1803 ; son secrétaire, en 1807, et, plus tard, son président ; chargé, pendant dix ans, par le bureau d'agriculture, d'un cours de chimie agricole, dans lequel il fonda une science sans précédents avant lui ; brillant professeur à l'*Institution royale* ; comblé enfin des dons de la fortune, il semblait devoir réunir en lui toutes les conditions du bonheur. Son ambition n'était pourtant pas satisfaite. Dans son orgueil il avait rêvé une place plus haute encore ; la soif des honneurs politiques et des distinctions nobiliaires le dévorait. Mais, en Angleterre, la carrière des honneurs publics ne s'ouvre qu'aux privilégiés de la naissance. En 1812, il fut créé chevalier par le régent ; et il put signer : « Sir Humphry Davy ». Plus tard, on le fit baronnet. Mais tout finit là, et plus d'une fois il dut cruellement ressentir la distance qui sépare, dans son pays, l'héritier d'une grande famille de l'homme sorti des rangs inférieurs.

Il ne résista pas aux mécomptes de sa vanité. Il laissa voir dans les actions de sa vie les ressentiments de son cœur. C'est alors que se manifesta, chez lui, cette sorte de révolution morale, dont ses contemporains ont raconté, et même exagéré les effets. Il se laissait aller à une hauteur révoltante de tons et de manières, que l'on mettait sur le compte de l'irritation secrète qui le tourmentait, à l'idée de ne pas briller au plus haut degré de l'échelle sociale.

Pour distraire ses ennuis, il se mit à voyager sur le continent. Il promena sa mélancolie dans toutes les parties de l'Europe, passant de Paris à Rome, de Rome à Vienne, et de Vienne à Genève. Il s'oubliait parfois dans les vallées de la Suisse ou dans les montagnes du Tyrol, parce qu'il y retrouvait le calme de ses premières années.

En 1813, il obtint de Napoléon I^{er} la permission de traverser la France, pour se rendre en Italie. Cependant, on l'arrêta, comme il débarquait à Morlaix. Un Anglais pénétrer en France, en 1813 ! cela semblait

est étrange qu'on ne pouvait s'empêcher d'y chercher quelque motif suspect. Mais des ordres arrivèrent de Paris, et le voyage put être repris.

Davy passa deux mois dans notre capitale, recherché de tous, fêté par les savants. Ampère, Cuvier, Laplace, Gay-Lussac, Thenard, Berthollet, se faisaient remarquer par leur empressement auprès du célèbre étranger. A une assemblée de l'Institut, à laquelle il assista, assis à la droite du président, celui-ci annonça que la séance était honorée par la présence du *chevalier* sir Humphry Davy.

Il quitta Paris en janvier 1814, et se rendit en Auvergne, dont il examina les volcans éteints. De là, il partit pour l'Italie, en traversant le midi de la France.

A Montpellier, où il séjourna deux mois, il reçut l'accueil le plus chaleureux de tous les hommes distingués de cette ville savante. Étienne Bérard, un des meilleurs élèves de Berthollet, qui venait de remplacer mon oncle, Pierre Figuier, comme professeur de chimie à l'École de pharmacie de Montpellier, lui fit les honneurs de la contrée. Mon père, qui aimait à montrer les curiosités du pays aux savants de distinction, était toujours de ces excursions. On fit visiter au célèbre touriste les Pyrénées, les Cévennes, et tous les sites géologiques intéressants des environs de Montpellier.

Davy entra en Italie par Turin. Il fit à Gênes quelques expériences sur les propriétés électriques de la torpille. A Milan, il eut une entrevue avec l'illustre Volta. A Florence, il répéta, dans le laboratoire de l'ancienne Académie *del Cimento*, les expériences sur la combustion du diamant, en se servant des lentilles mêmes que le grand-duc Côme III avait fait construire, en 1695, pour les physiciens Averani et Targioni.

Dans un séjour assez long à Rome, il fit des expériences très curieuses sur la nature

des couleurs qu'employaient, pour leurs peintures, les Romains et les Grecs. Peu de temps auparavant, quelques pots de terre remplis de couleur avaient été trouvés, en pratiquant des fouilles, dans les ruines de la salle des bains du palais de Titus, où l'on a découvert, comme on le sait, les plus belles fresques antiques qui soient conservées aujourd'hui à Rome, et notamment les originaux d'après lesquels ont été faits les dessins du Vatican. Cette circonstance suggéra à Davy l'idée de quelques recherches qui ne manquent pas d'importance pour l'histoire des arts.

Davy conclut de ses expériences que les artistes grecs et romains se servaient déjà de toutes les couleurs qu'ont employées les grands peintres italiens à l'époque de la Renaissance. Il reconnut même deux couleurs, l'azur égyptien et le pourpre de Tyr, qui étaient employées par les anciens, et dont la peinture moderne ne fait plus usage.

Il constata également que les anciens possédaient mieux que les modernes la préparation de l'emploi des couleurs à la fresque. Les fresques du palais de Titus présentent, en effet, une fraîcheur et un degré de conservation que sont loin d'offrir les ouvrages du même genre de quelques artistes célèbres appartenant à l'époque de la Renaissance. Davy a fait, à ce sujet, quelques observations très justes sur le choix des substances colorantes et sur la nature des enduits qui peuvent le mieux mettre les fresques à l'abri des ravages du temps. Ces indications, fondées sur des faits chimiques incontestables, mériteraient d'être prises en considération par les artistes, qui pourraient y trouver les moyens, trop négligés aujourd'hui, d'assurer la perpétuité des peintures à la fresque.

Continuant son voyage, Davy visita Rome, Florence et Venise. Il passait les étés sur les bords du lac de Genève, et faisait, de là, de fréquentes excursions dans

le Tyrol. Il rentra en Angleterre par le Tyrol et l'Allemagne, pour éviter la France qui, dans ce moment, lui était fermée, car on était aux Cent-jours.

Son retour était attendu à Londres avec l'impatience la plus vive

Tout le monde a entendu parler du *feu grisou*, cet accident terrible qui, dans les houillères, coûte la vie à tant d'ouvriers mineurs. Il se dégage souvent, des couches de houille en voie d'exploitation, un gaz inflammable, l'hydrogène bicarboné. Ce gaz paraît être engagé dans les fissures et les cavités des couches de charbon. Mis en liberté par la pioche du mineur, qui attaque ces couches, il se répand dans les galeries, se mêle à l'air atmosphérique, et finit, quand il s'est accumulé en quantité considérable, par constituer un mélange explosif. Ce mélange gazeux s'enflamme et détone quand les ouvriers pénètrent dans la mine avec une lampe allumée.

Ce qui fait le danger de ces explosions, ce n'est pas, comme on pourrait le penser, la chaleur produite par l'inflammation du gaz, mais bien la violence avec laquelle l'air se précipite, pour combler le vide déterminé par cette combustion. Il en résulte un vent terrible, qui lance les ouvriers contre les murs et les écrase. Au temps d'Humphry Davy, ces malheurs étaient si fréquents, dans les houillères anglaises, qu'un grand nombre de mines avaient dû être abandonnées.

En 1812, dans la mine de Filing, près de Sunderland, une seule de ces explosions fit périr cent et un mineurs. Chaque matin, les ouvriers de cette houillère se séparaient de leurs familles comme des soldats qui vont faire le coup de feu.

Pendant la même année, dans une houillère de Liège, en Belgique, une explosion se fit entendre et coucha sur le sol soixante-neuf ouvriers. Les malheureux auraient pu se sauver, car la plupart n'étaient que

blessés, mais le gaz, continuant à se dégager, les asphyxia tous, le *grisou* étant irrespirable en même temps qu'inflammable.

Les moyens de défense contre ces désastres étaient alors nuls, ou sans valeur. Pour s'éclairer dans les ténèbres des galeries, les ouvriers se servaient quelquefois d'un appareil que l'on montre encore dans les anciens cabinets de physique. C'est une roue d'acier de 15 à 18 centimètres de diamètre, dont un engrenage augmente la vitesse, et qui, rencontrant à sa périphérie un silex, fournit des étincelles. La faible clarté de ces étincelles guidait le mineur jusqu'au lieu de son travail. Cependant cet appareil même déterminait encore quelquefois des explosions.

Quand le grisou avait envahi une mine, ou bien lorsque, celle-ci se trouvant disposée en cul-de-sac, la ventilation ne pouvait s'y établir facilement, les ouvriers, avant de s'introduire dans les galeries, étaient obligés de mettre le feu au gaz. Pour cela, un homme, couvert de vêtements mouillés, armé d'un masque avec des yeux de verre, et muni d'une torche portée à l'extrémité d'une longue perche, pénétrait dans la mine, et s'avavançait à plat ventre, en poussant la perche devant lui, jusqu'à ce qu'il eût atteint la région du gaz, et que l'on eût entendu la détonation. Quand le grisou avait détoné, on pouvait entrer dans la mine en toute sécurité.

Les dangers et les inconvénients attachés à l'exploitation des houillères étaient si graves, qu'un comité, composé de propriétaires de mines, se forma à Newcastle, en 1814, pour chercher les moyens d'y remédier. Depuis un an on s'occupait de la question, sans espoir de succès, lorsque le retour de Davy vint ranimer les espérances. On lui confia cette recherche. Porter le feu au milieu d'un magasin à poudre, en supprimant le danger, voilà ce qu'on demandait à la science.

Tout le monde connaît la solution brillante que Davy donna de ce difficile problème, par sa célèbre invention de la *lampe de sûreté*, aujourd'hui en usage dans les mines du monde entier, et qui a préservé jusqu'à ce jour des milliers d'existences. Davy renferma la lampe dans une enveloppe de toile métallique, qui refroidit assez la flamme pour l'empêcher de communiquer le feu au grisou, s'il existe dans la mine, ce qui n'empêche pas la lampe d'éclairer le mineur.

La *lampe de sûreté de Davy* est un des plus beaux exemples des services que peut rendre à l'humanité le secours des sciences. La gratitude publique ne manqua pas, d'ailleurs, à l'inventeur et au philanthrope. La *Société Royale de Londres* l'honora de la médaille de Rumford; les propriétaires des mines lui offrirent un service de vaisselle plate, évalué 1200 livres sterling, et l'empereur de Russie lui envoya un magnifique vase de vermeil, avec une lettre autographe, où il exprimait toute son admiration pour sa découverte. C'est à cette occasion que Davy fut créé baronnet.

La lampe de sûreté, rapidement popularisée, produisit une véritable révolution dans l'industrie des houillères. Sans cette lampe beaucoup d'exploitations auraient été impossibles, et l'on se remit à extraire le charbon de plusieurs mines que l'on avait été forcé de noyer.

Davy se refusa avec beaucoup de noblesse à tirer aucun parti pécuniaire de sa découverte. Ses amis lui conseillaient de prendre un brevet d'invention, lui faisant espérer un revenu annuel de 1000 livres sterling. Comme un ami le pressait un jour, à ce sujet :

« Non, dit-il, je n'ai jamais songé à rien de semblable; mon seul but a été de servir la cause de l'humanité, et je suis assez payé par la satisfaction que j'en éprouve. »

Et son interlocuteur insistant :

« J'ai tout ce qu'il me faut, répliqua-t-il, pour mes besoins et mes projets; de plus grandes richesses ne pourraient rien ajouter à ma réputation ou à mon bonheur. Elles me permettraient, à la vérité, d'avoir quatre chevaux au lieu de deux, mais à quoi me servirait-il d'entendre dire que sir Humphry Davy attelle quatre chevaux à sa voiture ? »

En 1815, il repartait pour l'Italie, appelé par le directeur du Musée de Naples, pour chercher les moyens de dérouler les manuscrits sur papyrus, trouvés dans les fouilles d'Herculanum.

Après avoir rempli la tâche qui lui était confiée, Davy profita de son nouveau séjour à Naples pour faire des recherches sur la cause des éruptions volcaniques. Il a consigné dans deux mémoires sa théorie sur ce grand phénomène de la nature.

Humphry Davy expliquait l'éruption des volcans par l'existence, à l'intérieur du globe, de dépôts immenses de métaux alcalins, qui seraient mis en liberté par de puissantes actions électriques. Selon lui l'eau, arrivant au contact de ces métaux, se décomposerait et provoquerait un dégagement de chaleur considérable, ce qui produirait tous les phénomènes volcaniques. La position habituelle des cratères en activité, qui presque tous sont placés près de la mer, l'incandescence de la lave, le bruit qui précède l'éruption, les exhalaisons gazeuses et salines qui l'accompagnent, tout le confirmait dans cette hypothèse.

Pendant longtemps les géologues ont jugé avec défaveur la théorie de Davy sur l'origine des volcans. Cependant c'est cette théorie, ou du moins son principe, que professe aujourd'hui la majorité des savants. Sans doute on considère comme surannée la théorie du chimiste anglais, en ce qui concerne l'existence de métaux alcalins dans les profondeurs de la terre, mais, tout en mettant de côté la réaction chimique qu'in-

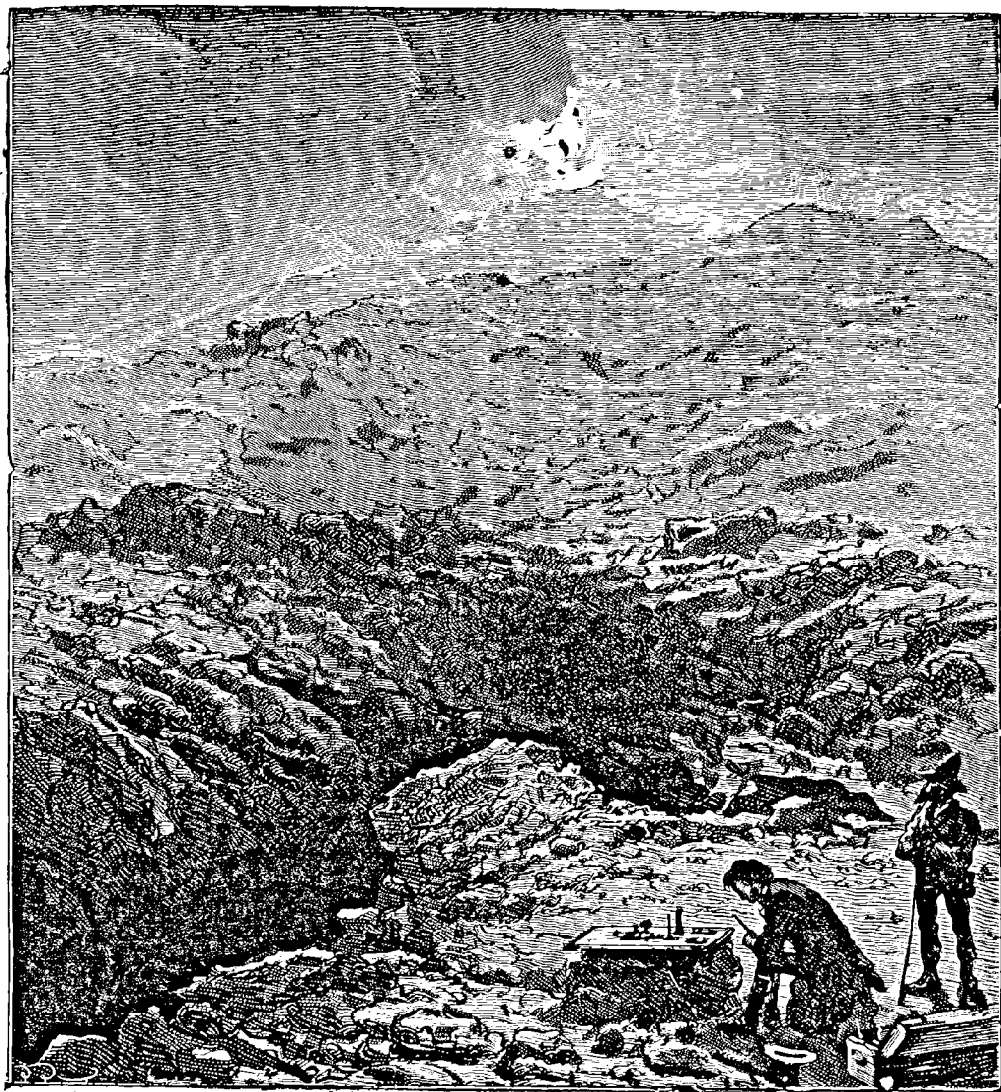


Fig. 29. — Humphry Davy, au pied du Vésuve, étudie les phénomènes qui accompagnent une éruption volcanique.

voquait Humphry Davy, les géologues contemporains proclament, à peu près unanimement, que la cause des éruptions volcaniques ne peut se trouver que dans une communication accidentelle entre l'eau de la mer et l'intérieur du globe, porté à une température excessive, par suite de l'existence de ce que l'on nommait autrefois le *feu central*, et que l'on nomme aujourd'hui — ce qui revient au même — l'incandescence des parties profondes du globe.

Si l'on jette les yeux sur une carte représentant la situation géographique de tous les volcans actuels, on reconnaîtra que presque tous sont placés près de la mer. Ce n'est que par une exception excessivement rare que l'on voit des bouches volcaniques à l'intérieur des continents. Et même, dans ce dernier cas, peut-on signaler de grands lacs à proximité des cratères.

C'est la situation des volcans, c'est-à-dire leur voisinage presque constant des côtes

maritimes, qui a conduit, de nos jours, à expliquer les phénomènes volcaniques par une communication entre l'eau de la mer et la lave brûlante qui se trouve dans les profondeurs du globe. Puisque les bouches volcaniques avoisinent presque toujours les côtes, on a pensé que le phénomène des éruptions est dû à la communication qui peut s'établir entre le bassin de la mer et l'intérieur de la terre, à une très grande profondeur, là où la température est prodigieusement élevée. Par suite de la communication entre la mer et les parties profondes et brûlantes du sol, l'eau réduite en vapeur, ou décomposée par la chaleur intérieure du globe, se ferait jour au dehors, en disloquant les couches qui pèsent sur ces vapeurs et ces gaz. Ainsi se produiraient les tremblements de terre et les éruptions volcaniques.

Ce qui confirme cette théorie, c'est que la presque totalité des vapeurs et des gaz qui s'échappent des cratères, est composée de vapeur d'eau. La prétendue *fumée* des volcans n'est autre chose que de la vapeur d'eau ; et la lave, quand elle coule au dehors et qu'elle se refroidit, laisse dégager des quantités considérables de vapeur d'eau. D'après Ch. Sainte-Claire Deville, les 99 centièmes de ce que le vulgaire nomme la *fumée* des volcans, sont composés de vapeur d'eau. M. Fouqué, le successeur de Ch. Sainte-Claire Deville au Collège de France, a calculé que le cratère de l'Etna, pendant l'éruption de 1865, lançait des colonnes de vapeur d'eau qui, à l'état liquide, auraient représenté l'écoulement d'un ruisseau donnant 250 litres d'eau par seconde. Il arrive souvent que la vapeur d'eau lancée par un cratère se résout en eau liquide, et retombe, sous forme de pluie, le long des flancs de la montagne.

Ce serait donc, en résumé, l'eau de la mer qui, mise en communication avec l'intérieur de la terre, et reparaisant au dehors, à

l'état de vapeurs, constituerait les exhalaisons des volcans.

La composition des gaz et des matières solides qui sont lancés par les cratères, en même temps que la vapeur d'eau, montre que c'est bien de l'eau de la mer que doivent provenir ces produits. Du gaz acide chlorhydrique, des chlorures, des sels de soude, des sels ammoniacaux, tels sont les composés chimiques qui sont lancés des cratères, ou qui tapissent leurs bords. Le sel marin provenant de l'eau de la mer, peut fournir, par sa décomposition, ce gaz chlorhydrique, ces chlorures, et ces sels de soude.

Les matières qui constituent la lave proprement dite, sont d'origine souterraine. Elles proviennent des roches profondes mises en fusion par la chaleur ou réduites à l'état pâteux. Ce sont des silicates d'alumine, de potasse ou de chaux, combinés à beaucoup d'eau. Le fer entre aussi dans la composition des laves, et c'est le chlorure de fer qui colore en jaune les bords de beaucoup de cratères. Pendant une ascension au cratère du Vésuve, que nous fîmes, en 1865, nous remarquâmes que ses bords étaient teints d'une coloration rougeâtre, qui nous rappelait complètement la couleur du chlorure de fer de nos laboratoires. On lit, d'autre part, dans la relation donnée, dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, par M. de Saussure, de l'éruption de l'Etna du mois de juin 1879, que les neiges étaient fortement colorées en jaune par du chlorure de fer. Or, les eaux de la mer sont chargées de chlorures alcalins, qui, combinés à quelque composé ferrugineux du terrain, peuvent donner du chlorure de fer.

Ainsi, d'après la nouvelle théorie que des chimistes, comme Ch. Sainte-Claire Deville, et des géologues, comme M. Daubrée en France et M. Fuchs en Allemagne, soutiennent, avec preuves à l'appui, que les éruptions volcaniques ne seraient que des phénomènes locaux et accidentels. D'après

leurs calculs, l'eau de mer, pénétrant à une profondeur de 15 kilomètres au-dessous de la surface du sol, y trouverait une température suffisante pour que la vapeur et les gaz résultant de sa décomposition aient une force de 1500 atmosphères. Cette tension serait assez énergique pour soulever les assises terrestres ou liquides qui les surmontent, et pour chasser au dehors des colonnes de vapeur d'eau et de gaz. C'est par cette pression s'exerçant sur les laves, c'est à-dire sur les roches profondes mises en fusion, que ces laves liquides pourraient s'élever au niveau du sol. et couler à sa surface, mêlées à des torrents de vapeur d'eau.

On reconnaît, à ces traits généraux, la théorie chimique qu'Humphry Davy trouva en étudiant les éruptions du Vésuve. Un système de vues scientifiques est oublié ou décrié pendant cinquante ans; et, après ce long intervalle, on le voit renaître, restauré et rajeuni :

Multa renascentur quæ jam cecidere,

dit Horace.

Les premiers travaux scientifiques de Davy, ceux qui avaient fondé sa gloire, se distinguent par la puissance de la portée théorique; ceux qu'il exécuta dans la seconde partie de sa carrière, dénotent une continuelle tendance à l'application de la physique et de la chimie aux objets d'utilité publique. On en a vu plus haut un exemple dans l'invention de la *lampe de sûreté*. Le dernier n'est pas le moins remarquable. Nous voulons parler des recherches que le chimiste anglais entreprit, en 1823, sur l'invitation de l'amirauté britannique.

Pour défendre la quille des vaisseaux des atteintes de l'eau de la mer, et pour la mettre à l'abri des attaques de certains mollusques, du genre des *teredo* et des *pholades*, on se servait, aux premiers temps de la marine anglaise, de peaux d'animaux recouvertes de poix. Vers la fin du seizième siècle,

on eut recours à un doublage extérieur en plomb, que les Romains avaient déjà employé. Le cuivre fut ensuite substitué au plomb, et le premier essai de ce métal fut fait en 1761, sur la frégate *l'Alarme*. En 1780, tous les vaisseaux anglais étaient doublés de cuivre. Cependant le cuivre s'altère à la mer avec une rapidité extrême, surtout dans quelques golfes et embouchures de fleuves des côtes de l'Afrique, en raison du gaz sulfhydrique qui s'y dégage. La corrosion de cette doublure étant pour la marine une source de dépenses considérables, les commissaires de l'amirauté demandèrent à la *Société royale de Londres*, les moyens de la prévenir. Davy se chargea de cette recherche.

Le problème fut résolu par lui, de la manière la plus élégante, en vertu d'une simple application de sa théorie générale sur les relations de l'électricité avec les phénomènes chimiques. L'altération du cuivre des navires était due à l'action de l'eau de la mer sur le métal. Sous l'influence de l'air le sel marin donnait naissance à un chlorure de cuivre, et il se précipitait, en même temps, de l'hydrate de magnésie, provenant de l'action de l'oxyde de cuivre sur le chlorure de magnésium dissous dans l'eau de la mer. Selon Davy, l'action chimique est réglée par l'état électrique des corps; par conséquent, sa théorie indiquait qu'en changeant l'état électrique du cuivre, on pourrait empêcher l'action chimique de s'établir. Le cuivre est positif dans l'échelle électro-chimique; c'est en raison de ce fait que l'oxygène de l'air peut se fixer sur ce métal, et former de l'oxyde de cuivre, lequel, agissant ensuite sur les sels tenus en dissolution dans l'eau de la mer, donne lieu aux produits indiqués plus haut. En rendant le cuivre électro-négatif, cette réaction devait être empêchée.

Comment placer le cuivre dans un état d'électricité négative? En le mettant simplement en contact avec un autre métal,

capable de s'électriser positivement. Ainsi, en plaçant sur la doublure du navire quelques morceaux de zinc ou de fer, on devait prévenir toute réaction de cette espèce. Et comme, d'ailleurs, la tension électro-positive du cuivre est très faible, une quantité relativement très petite du nouveau métal devait réaliser l'effet défensif.

L'expérience confirma pleinement ces déductions de la théorie. Un morceau de zinc, de la grosseur d'un pois, ou la tête d'un simple clou de fer, conservaient quarante ou cinquante pouces carrés de cuivre. Pour mettre la doublure des navires à l'abri de toute altération de la part de l'eau de la mer, il suffisait donc de la recouvrir, de place en place, de quelques morceaux de zinc, ou, plus simplement encore, de réunir les feuilles de cuivre au moyen de clous de zinc ou de fer.

Informée du résultat des recherches de Davy, l'amirauté donna l'ordre aussitôt d'en faire l'expérience sur des bâtiments de l'État. L'essai fut tellement satisfaisant que, trois mois après, toute la marine royale avait adopté le nouveau moyen de protection emprunté à la théorie électro-chimique. En France, on commença également à l'appliquer.

Mais, bientôt, tout changea. Les bâtiments ainsi traités, qui étaient partis pour des expéditions lointaines, revinrent aux ports dans un état de délabrement imprévu. La doublure métallique était percée sur tous les points; la coque mise à découvert et fortement endommagée. Que s'était-il passé? En rendant le cuivre électro-négatif, on l'avait bien mis à l'abri de l'action de l'oxygène; mais, sous ce nouvel état, il pouvait attirer les corps électro-positifs, comme les bases insolubles, la magnésie et la chaux contenues dans l'eau de la mer. Au bout d'un certain temps, le doublage des navires était recouvert d'un sédiment formé de chaux et de magnésie. Sur ce dépôt, les plantes ma-

rines, les crustacés, les coquilles, les zoophytes, venaient se fixer. Il fallait enlever ces incrustations avec la hache. Elles occasionnaient des altérations chimiques sur les deux métaux, qui se trouvaient bientôt percés, et la coque du navire, dénudée, était exposée aux ravages des mollusques et des zoophytes. L'adhésion de cette couche parasite allait au point de diminuer la vitesse de marche du navire; elle devenait aussi lente que si l'on eût ajouté quelque mortier au doublage du bâtiment.

A la vue de ce résultat, il n'y eut qu'un cri contre le chimiste. L'amirauté, qui perdait des sommes considérables, ne lui épargna pas les mots amers. Le public rit tout haut de l'événement. En trop d'occasions Davy s'était montré intraitable envers ses inférieurs pour que l'on ne profitât pas de la revanche qui se présentait.

Cette hostilité le blessa et l'irrita profondément. Il se remit à l'œuvre, pour trouver quelque biais; mais il se rebuta vite, car le gouvernement ne le soutenait plus, et le courage l'abandonnait, en présence d'injustes attaques. Sa santé en fut altérée.

« Un esprit susceptible, écrivait-il à un ami, pourrait éprouver du dégoût et se dire : Pourquoi travailler pour son pays, quand on n'en reçoit que des outrages? Je suis plus affecté que je ne devrais l'être; mais je deviens plus sage de jour en jour, en songeant à Galilée et aux siècles où les philosophes et les bienfaiteurs de l'humanité étaient brûlés, pour les services qu'ils rendaient au monde. »

Mais sa résignation n'était qu'apparente. Cette nouvelle atteinte portée à son orgueil réveillait toutes les blessures de son âme. Dévoré d'une noire mélancolie, il quitta l'Angleterre, et chercha dans les voyages sa consolation accoutumée. Ses dernières années se passèrent loin du ciel de sa patrie. Il se remit à parcourir la Suisse, l'Illyrie, le Tyrol, l'Italie, ne revenant à Londres que

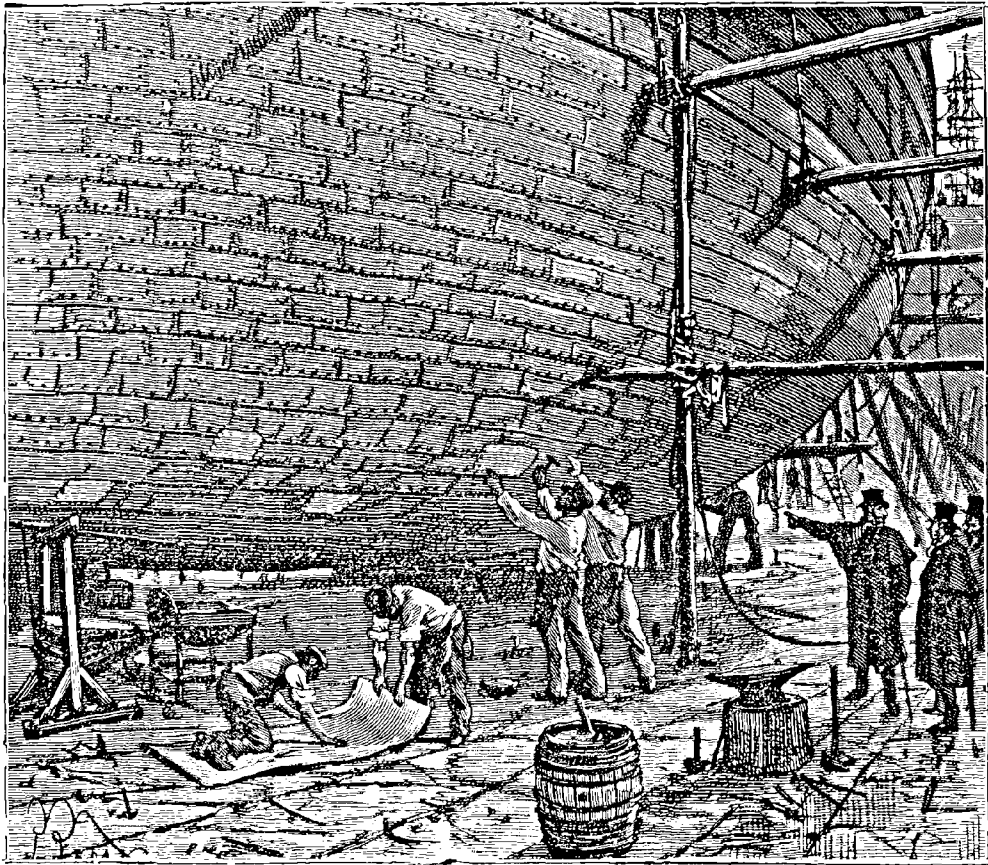


Fig. 30. — Humphry Davy fait exécuter, à l'arsenal de Portsmouth, le doublage galvanique de la coque d'un navire

pour fort peu de temps et à de rares intervalles.

Depuis longtemps il avait abandonné toutes ses places. En 1827, il envoya, de Salzbourg, sa démission de président de la *Société royale*. Dans ses excursions, il poussa jusque dans le nord de la Suède; mais à Stockholm, il n'eut pas même le désir de voir Berzelius. Le hasard seul amena une entrevue entre ces deux hommes illustres, mais elle fut courte et insignifiante. Davy était devenu insensible aux souvenirs de sa gloire scientifique; il ne demandait plus que des distractions à l'amertume de ses pensées.

Il n'y trouva d'adoucissement que dans son retour aux travaux littéraires. Ce sera la gloire éternelle des lettres d'apporter

aux âmes blessées la consolation suprême. Le savant, déçu dans les espérances de son orgueil, s'efforçait de retrouver le calme des premières années en revenant aux études littéraires qui avaient occupé sa jeunesse. C'est en Italie qu'il écrivit son curieux et touchant ouvrage intitulé *Consolations en voyage*.

Le livre des *Consolations en voyage ou les Derniers jours d'un philosophe*¹, renferme la plus éloquente expression des sentiments philosophiques de l'auteur. Dans une série de dialogues, divers interlocuteurs se livrent aux considérations les plus élevées sur les points fondamentaux de la

1. Cet ouvrage a été traduit dans notre langue, en 1863, par M. Camille Flammarion.

philosophie. Le spiritualisme, poussé jusqu'au point de l'idéalisme platonicien, résume la pensée de ce livre. Les progrès de l'espèce humaine, la destinée de l'homme, le rôle des milliers de globes qui composent le monde visible, y sont le sujet de dissertations, dans lesquelles on retrouve, avec l'éclat de l'imagination la plus hardie, des spéculations métaphysiques d'une grande valeur.

Mais c'étaient là les lueurs dernières. Depuis longtemps les forces de notre philosophe errant déclinaient ; les moindres promenades le fatiguaient. Deux ans auparavant, il avait éprouvé, en Angleterre, une légère atteinte de paralysie. A Rome, le 20 février 1829, et sans aucun symptôme précurseur, il fut frappé d'une nouvelle attaque. Il se rétablit pourtant, et son frère John Davy vint le rejoindre. Ensemble, ils reprirent tristement le chemin de l'Angleterre. Ils franchirent les Alpes, et arrivèrent en Suisse, en passant par Aix et Chambéry. Durant ce voyage, Davy semblait renaître à l'existence ; la vue des campagnes de la Suisse, qui rappellent certaines contrées du centre de l'Angleterre, lui faisait éprouver de douces émotions. Il se croyait revenu aux années de son enfance ; il retrouvait comme un écho des jours heureux.

Cet éclair fut court. Le 28 mai, on arriva à Genève. Davy se coucha assez tranquille ; mais à 3 heures du matin, le domestique vint annoncer à John Davy que son frère était fort mal. On entra : il était sans connaissance, et, quelques instants après, il expira.

Genève tout entière assista au convoi du philosophe, que le gouvernement honora de funérailles publiques. Il repose dans le cimetière de Plain-Palais, auprès de la tombe de Pictet.

CHAPITRE VII

LES PREMIERS INVENTEURS DE L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE PAR INCANDESCENCE. — W. STARR, EN AMÉRIQUE. — SA MORT MYSTÉRIEUSE. — GREENER ET STAITE, EN ANGLETERRE. — TRAVAUX DE M. DE CHANGY. — SA LAMPE A CONDUCTEUR DE CHARBON ET A CONDUCTEUR DE PLATINE. — ACCUEIL FAIT A CETTE INVENTION. — UN INGÉNIEUR EN CHEF DES MINES DIFFICILE A CONTENTER ET UN PHYSICIEN BOURRU.

L'expérience de l'*œuf électrique* faite par Humphry Davy, en 1813, dans son cours de chimie à l'*Institution royale de Londres*, renfermait la solution anticipée du problème de l'éclairage électrique, tel qu'on le voit aujourd'hui mis en pratique pour l'éclairage intérieur. L'*éclairage par incandescence*, comme on l'appelle aujourd'hui, consiste, en effet, à faire passer le courant électrique à travers un conducteur de charbon, placé dans une cloche vide d'air, ainsi qu'opérait Humphry Davy. Dans l'éclairage électrique moderne, le courant est continu, tandis que dans l'expérience de Davy le courant était interrompu, et donnait naissance à un arc entre les deux conducteurs, un peu écartés l'un de l'autre : voilà toute la différence. En réduisant l'*œuf électrique* d'Humphry Davy à de plus petites dimensions, en maintenant l'arc sans discontinuité, et faisant usage de courants plus faibles, pour obtenir un moindre éclat lumineux, on a créé la *lampe à incandescence* actuelle.

Voyons comment on est arrivé à ces modifications.

La *lampe à charbon et à incandescence dans le vide* est le résultat des recherches successives de beaucoup de physiciens. Les premiers créateurs de ce système sont : en Amérique, W. Starr (1845) ; en Belgique, M. de Changy (1858). Si les essais de ces deux chercheurs n'aboutirent point, il ne faut en accuser que le sort contraire et la fatalité qui les poursuivit l'un et l'autre.

L'invention de W. Starr fut arrêtée par la mort mystérieuse de l'auteur, événement que l'on n'a jamais pu expliquer. Et quand on se rappelle que l'inventeur du gaz de l'éclairage, le Français Philippe Lebon, périt, en 1804, sous les coups d'assassins restés inconnus, on ne peut se défendre d'un singulier et triste rapprochement entre la fin tragique et secrète de ces deux premiers créateurs de branches nouvelles de l'art de l'éclairage.

J. W. Starr était un savant et un écrivain de Cincinnati. Il avait publié plusieurs ouvrages de philosophie naturelle, et s'était, en même temps, occupé d'applications de la physique. Comment arriva-t-il à rendre pratique, pour l'appliquer à l'éclairage domestique, l'expérience d'Humphry Davy ? On l'ignore, mais il est certain qu'en 1846, W. Starr avait fait usage, comme agent d'éclairage, d'un fil mince de charbon enfermé dans une cloche privée d'air et parcouru par un courant voltaïque. On trouve même consigné, dans son brevet d'invention, qu'il faisait usage d'une machine magnéto-électrique pour produire l'électricité.

En sa double qualité de savant et de philosophe, W. Starr était pauvre. Mais il y avait alors à New York un philanthrope éminent, Peabody, de Danvers (Massachusetts), mort à Londres en 1859, à qui les États-Unis devaient la création de beaucoup d'institutions scientifiques ou charitables et qui s'était fait une grande renommée en Amérique et en Angleterre, comme le Mécène déclaré des idées et des hommes de valeur. W. Starr demanda à Peabody les fonds qui lui étaient indispensables pour perfectionner sa découverte. Le philanthrope répondit généreusement à cet appel. Il remit à W. Starr la somme qui lui était nécessaire.

L'Amérique n'avait pas alors, comme aujourd'hui, la prétention de donner seule

l'éclosion aux créations nouvelles de la science. La vieille Europe conservait encore ce privilège. Peabody conseilla à son protégé de se rendre à Londres, pour communiquer sa découverte aux électriciens de la métropole britannique. En même temps, comme l'assistance d'un homme versé dans les affaires est indispensable à un philosophe, trop souvent détaché des intérêts de ce bas monde, il lui adjoignit un agent, nommé King, chargé de le diriger dans ses démarches, et de le garer des embûches des exploiters d'idées, lesquels ne manquent pas, à ce que l'on assure, aux bords de la Tamise.

Dès leur arrivée à Londres, W. Starr et King se mirent en rapport avec les professeurs de l'*Institution royale*, particulièrement avec l'illustre Faraday, qui était l'oracle de l'électricité dans toute la Grande-Bretagne; puis ils s'occupèrent de faire une expérience publique de leur système d'éclairage. En bon Américain, W. Starr installa, dans un immense candélabre, vingt-six lumières, pour symboliser les vingt-six États que comptait alors l'Union américaine.

L'expérience réussit parfaitement. La lumière fournie par le candélabre aux vingt-six lampes était d'une grande intensité et d'une teinte agréable. Faraday admira beaucoup la découverte de W. Starr, et lui prédit le plus grand succès. Il lui conseilla, en même temps, de prendre, sans plus tarder, un brevet d'invention.

Le brevet fut pris. Seulement, King, l'homme d'affaires, au lieu de demander la patente pour le véritable inventeur, la demanda et l'obtint pour lui-même. C'est à peine si W. Starr, ravi de son succès, s'aperçut de la déloyauté de son agent.

Il est dit, dans ce brevet, que le conducteur à employer est le charbon *de cornue de gaz*, réduit à l'état de fil, — que l'on peut placer plusieurs appareils d'éclairage sur le

même circuit, — et que l'on peut emprunter le courant soit à une pile, soit à une machine magnéto-électrique.

Quelques jours après la prise du brevet, W. Starr s'embarquait, avec King, sur le navire *le Monde*. Mais, le second jour de la traversée, W. Starr fut trouvé mort dans sa cabine. La mort était-elle naturelle? Y avait-il eu suicide ou crime? C'est ce que l'on s'occupa fort peu de rechercher. Un homme de plus ou de moins n'est pas ce qui inquiète beaucoup les citoyens de la jeune Amérique.

King débarqua donc seul à New York. Il demanda au philanthrope Peabody la faveur de remplacer W. Starr dans l'exploitation de la nouvelle lampe. Mais celui-ci, ne lui témoignant aucune confiance, lui refusa tout appui financier. Et, King n'ayant pas trouvé d'autre bailleur de fonds, l'invention en resta là.

Bientôt après, King disparut; on n'entendit plus parler de lui, et cette dernière circonstance ajoute encore à l'étrangeté de cette affaire.

L'année suivante, en 1840, deux Anglais, Greener et Staite, qui avaient eu connaissance du brevet de W. Starr, prenaient, à Londres, un brevet presque pareil, mais ils n'arrivaient pas plus que l'Américain King à faire exploiter ce système.

Douze ans après, la même invention, c'est-à-dire la *lampe à incandescence, à conducteur de charbon et à courant continu*, apparaît en Belgique. L'inventeur est un ingénieur des mines, M. de Changy.

Le directeur du Musée industriel de Bruxelles, le spirituel Jobard — celui de tous les hommes qui a fait le plus mentir son nom — se fit l'apôtre de la découverte de M. de Changy. Combien de fois ne lui ai-je pas entendu raconter les merveilles de cette invention, et déclarer que là était la seule solution du problème de l'éclairage par l'électricité! Je ne prenais pas toujours

au sérieux les enthousiasmes de Jobard; l'expérience a prouvé que Jobard voyait juste.

On lit dans tous les ouvrages qui ont traité de l'éclairage électrique, que M. de Changy est Belge. M. de Changy n'est pas plus Belge que ne l'était Jobard. Bien qu'on l'ait toujours appelé Jobard (de Bruxelles), Jobard était Bourguignon; quant à M. de Changy, il est Tourangeau. La France ne doit laisser perdre aucun des rayons de son auréole scientifique.

M. de Changy résidait à Bruxelles. Ce fut Jobard, son professeur et son ami, qui tourna ses idées sur la question de l'éclairage par l'électricité. En 1838, Jobard avait émis, dans *le Courrier belge*, cette idée, qu'un fragment de charbon servant de conducteur et placé dans une chambre vide d'air, ainsi qu'avait opéré Humphry Davy, donnerait une lumière fixe, durable et d'une grande intensité. Ingénieur des mines, M. de Changy fut frappé de la possibilité d'appliquer une pareille lampe à l'éclairage des galeries des mines de houille, pour remplacer la lampe de sûreté de Davy, et il se mit à l'œuvre.

M. de Changy commença ses expériences en 1844. Il fit usage du seul charbon conducteur de l'électricité que l'on possédât alors, c'est-à-dire du *charbon de cornue de gaz*. Il tailla des baguettes aussi fines que possible de ce charbon, et les enferma dans des ampoules de verre, préalablement privées d'air par la machine pneumatique; puis il mit ces petites cloches en communication avec les deux conducteurs d'une pile voltaïque.

La nature du charbon dont l'inventeur faisait usage, apportait un obstacle particulier à la réussite de pareils essais, déjà si difficiles par eux-mêmes, à une époque où tout était encore à créer en ce genre. Le *charbon de cornue de gaz* n'est jamais bien homogène; en sorte que la baguette, sous

l'influence électrique, se détruisait toujours par quelque point. M. de Changy essaya de lui donner de l'homogénéité en remplissant ses pores. Pour cela il trempait la baguette de charbon dans des résines fondues ou des solutions sucrées, et il la faisait ensuite recuire. Le résultat fut meilleur, et M. de Changy constitua un type de lampe dont nous donnons, dans la figure 32 (page 62), une représentation au trait.

Le succès était satisfaisant, au point de vue de l'invention, dont le principe était trouvé. Sans doute, de tels appareils ne pouvaient être sérieusement utilisés ; c'était là pourtant un progrès digne de remarque, en supposant, toutefois, que l'auteur ignorât les curieuses expériences de W. Starr, qui furent publiées vers 1844, et que nous venons de rapporter.

M. de Changy ayant été, sur ces entre-faites, appelé en Angleterre, comme ingénieur en chef des mines de *Weal-Ocean* et de *Weal-Ramoth*, ses recherches furent suspendues pendant quelques années.

Toutefois, l'idée qui l'avait conduit à les entreprendre, c'est-à-dire l'éclairage des mines, ne pouvait cesser de le préoccuper, surtout dans les fonctions auxquelles il était appelé. Il inventa même, à cette époque, une lampe à huile, qui fut longtemps en usage sous le nom de *Victoria-safety-Lamp*. Mais ce n'était qu'une sorte de pis-aller ; la lampe électrique n'ayant pas cessé de lui apparaître comme l'idéal pour l'éclairage des mines. Aussi, lors de son retour à Bruxelles, en 1850, reprit-il ses recherches, d'abord avec des interruptions, puis très activement, vers 1855.

M. de Changy dirigea ses essais dans deux sens en même temps. Sans abandonner le charbon, il s'occupa de constituer une lampe dans laquelle le platine, devenant incandescent par le passage du courant, produisait l'effet lumineux.

Le platine n'a pas, comme agent de ce

mode d'éclairage, les qualités du charbon de cornue, mais il n'a pas, non plus, certains de ses défauts, et on devait penser qu'il permettrait d'arriver plus rapidement à un système pratique. Seulement, si l'on fait usage du platine, ce métal étant fusible, tandis que le charbon est absolument infusible, il faut éviter la fusion et la destruction du fil incandescent, même dans le vide et



M. de Changy.

pour cela il faut limiter strictement l'intensité du courant qui le traverse. D'autre part, pour que le système soit pratique, il faut que l'on puisse placer plusieurs lampes sur un même circuit, les foyers étant trop peu intenses pour pouvoir être employés, avec économie, si chacun d'eux réclamait un circuit.

W. Starr, en Amérique, avait résolu le problème, et il avait rendu les physiciens de Londres témoins de ses expériences. Mais, comme nous l'avons dit, la mort de l'inventeur avait arrêté ces premières tentatives.

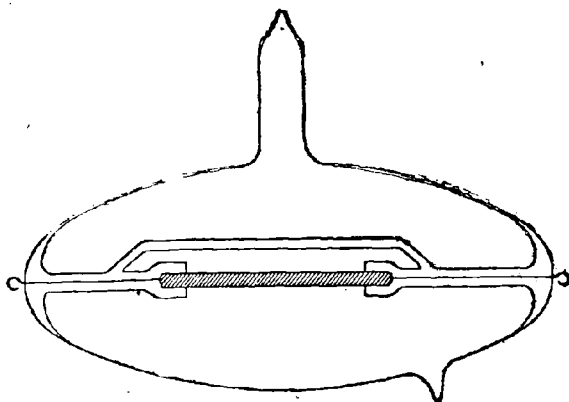


Fig. 32. — Première lampe à incandescence de M. de Changy, composée d'un conducteur de charbon (grandeur naturelle).

Un physicien anglais, W. Staite, prit, en 1858, un brevet pour l'emploi d'un métal moins fusible que le platine, l'iridium. Les dispositions indiquées par W. Staite étaient rationnelles ; mais Staite était obligé de donner un courant à chaque lampe, et, de plus, l'iridium est un métal fort rare et fort cher ; en sorte que ce système n'était nullement pratique.

Des expériences méthodiquement suivies conduisirent M. de Changy à reconnaître que le platine doit recevoir une préparation particulière. Il ne doit pas être, dès le premier abord, porté à l'incandescence : il faut, pour ainsi dire, l'accoutumer peu à peu au genre de service qu'on lui demande. A cet effet, il faut le maintenir à des chaleurs rouges modérées, pour le faire peu à peu et lentement monter au degré de température où il doit être entretenu. Edison devait trouver ce même fait, environ vingt ans plus tard.

M. de Changy avait également reconnu qu'il y a intérêt à ne pas employer le platine pur, mais légèrement carburé. A cet effet il lui faisait subir une opération assez semblable à la cémentation de l'acier : il le chauffait dans des poussières de charbon, et le faisait ensuite repasser à la filière.

C'est par cette série de recherches que l'ingénieur français arriva à constituer des

lampes dans lesquelles le platine ne fondait pas, et qui produisaient une assez vive lumière. Nous donnons (fig. 33) la représentation en vraie grandeur, de cette lampe.

Ayant ainsi atteint le but qu'il s'était proposé, c'est-à-dire ayant constitué une nouvelle lampe de sûreté pour l'éclairage des mines, destinée à remplacer la lampe de sûreté de Davy, M. de Changy se hâta de soumettre son invention à un ingénieur en chef des mines, qui faisait autorité en Belgique, M. Devaux.

L'objection que fit à M. de Changy l'ingénieur en chef des mines de Belgique, est assez singulière pour être rapportée ici.

« Votre lampe, dit-il à l'inventeur, a un défaut : elle est parfaite. »

Et comme M. de Changy manifestait sa surprise :

« La lampe de Davy, ajouta M. Devaux, « pour justifier sa critique, nous avertit de « la présence du gaz, parce que sa flamme « s'allonge, quand le *grisou* existe dans la « mine. Alors, l'ouvrier, prévenu par ce phénomène, se hâte de sortir de la galerie. »

Mais il y a bien d'autres signes que celui de l'allongement de la flamme, dans la lampe de sûreté de Davy, pour déceler la présence du grisou. En outre, l'usage d'une lampe brûlant dans un air chargé de grisou,

est un danger permanent, car les mailles de la toile métallique n'empêchent pas toujours l'inflammation du gaz. Il arrive, en effet, assez souvent, qu'un ouvrier imprudent, ou n'y voyant pas assez clair, ouvre sa lampe de sûreté, et met le feu au gaz. C'est ce qui produit les trois quarts des accidents. Donc, un éclairage d'où est exclue toute flamme était une découverte capitale pour la sûreté des mineurs.

Mais le siège de l'ingénieur en chef était fait : M. Devaux refusa son approbation à ce nouveau système d'éclairage des mines.

Cela n'empêcha pas l'inventeur de continuer ses recherches et de perfectionner sa lampe. A la date du 17 mai 1858, il prit un brevet pour un *système complet de régulation et de division du courant pour la lumière électrique à incandescence*. Voici le mécanisme fort curieux de ce *régulateur* :

Chaque lampe était placée sur un circuit dérivé du courant général, lequel traversait, outre la lampe, le fil d'un électro-aimant. Un deuxième circuit, branché sur le premier, était formé par le noyau de cet électro-aimant et son armature. Ce deuxième circuit n'était donc fermé que si l'électro-aimant, étant actif, mettait son armature en contact avec le noyau. On conçoit, alors, comment les choses se passaient. Dans l'état normal, le circuit renfermant la lampe et le fil de l'électro-aimant était seul fermé, le ressort antagoniste de l'électro-aimant étant réglé de façon que le courant convenable pour l'incandescence n'était pas assez fort pour le vaincre. Si le courant augmentait trop, le magnétisme de l'électro-aimant augmentait avec lui, le ressort antagoniste était vaincu, l'armature revenait au contact du noyau, et formait ainsi un circuit dérivé, de petite résistance, qui détournait le courant, devenu trop intense et dangereux pour l'appareil.

La quantité d'électricité absorbée par la lampe étant ainsi limitée, il devenait possible

d'en mettre plusieurs sur le même circuit, ce qui réalisait les deux buts cherchés : la régularisation du courant et la division de la lumière.

Nous avons dit que, tout en travaillant l'incandescence par les métaux, M. de Changy n'avait pas abandonné le charbon. Dans cette période, il essaya, ne trouvant pas de charbon convenable, d'en fabriquer de toutes pièces. Il fit passer par une filière des pâtes de plombagine, pour en former des baguettes fines, qu'il cuisait ensuite.

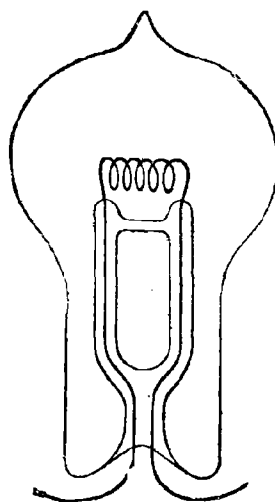


Fig 33. — Première lampe à incandescence de M. de Changy, composée d'un conducteur de platine (grandeur naturelle).

Mais il était obligé d'introduire des corps agglomérants, par exemple de l'argile, la plombagine seule n'ayant pas assez de consistance.

Toutefois, on n'obtenait pas encore ainsi des baguettes résistant à l'incandescence électrique ; elles présentaient une certaine tendance au ramollissement. Vers 1859, Th. du Moncel avait obtenu une lumière très brillante en se servant, comme conducteurs, de languettes de charbon obtenues par la calcination de fibres végétales, telles que du liège, de la basane, préalablement trempés dans l'acide sulfurique et carbo-

nisés. M. de Changy essaya des matériaux de ce genre; mais il fallait prendre certaines précautions, augmenter la conductibilité, l'homogénéité, qui n'étaient pas d'abord suffisantes. C'est ce qui décida l'inventeur à combiner les deux genres de conducteurs, et à réaliser un type de lampe assez curieux, où l'incandescence du platine est réunie à celle du charbon. A cet effet une spirale de platine s'enroulait autour du charbon.

Nous représentons une de ces lampes (fig. 34) de demi-grandeur naturelle.

Etant ainsi parvenu à résoudre le problème, que l'on appelait alors la *division de la*

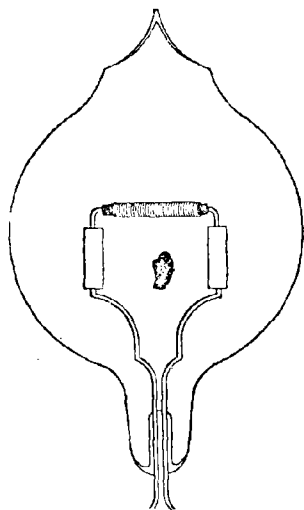


Fig. 34. — Deuxième lampe à incandescence de M. de Changy, composée d'un conducteur de charbon de platine (demi-grandeur naturelle).

lumière électrique, et qui était généralement considéré comme une espèce de quadrature du cercle, M. de Changy s'occupa de faire connaître sa découverte. Il commença par la soumettre, à Bruxelles, aux personnes compétentes et en état de la faire adopter.

Au premier rang se trouvait Jobard, qui n'avait, d'ailleurs, jamais cessé de suivre avec un vif intérêt les essais de notre inventeur.

Satisfait des résultats acquis, Jobard en fit le sujet de diverses communications. Il adressa, en particulier, une lettre à l'Académie des sciences de Paris, le 27 février

1858, antérieurement à toute prise de brevet. Dans cette lettre, Jobard résumait les expériences de l'inventeur, et énumérait les applications de la lampe électrique qu'il avait conçues.

Ces applications sont assez singulières, soit dit en passant.

Les voici :

« 1° Eclairage des mines;

« 2° Lampes immergées pour la pêche de nuit;

« 3° Bouées lumineuses;

« 4° Télégraphie nautique, obtenue à l'aide de tubes colorés renfermant les hélices incandescentes et dont les combinaisons, obtenues à l'aide d'un clavier, formeraient des signaux lumineux au haut d'un mât de navire. »

On ne peut s'empêcher de sourire quand on lit l'étrange énumération, faite par l'excellent Jobard, des applications que pourrait recevoir la lumière électrique. C'est le cas d'invoquer Boileau, et de dire, avec le satirique :

Oh! le plaisant projet d'un *honnête savant*,
Qui, de tant de héros, va choisir Childebrand!

Les physiciens de notre temps ont vu plus vite et plus sûrement ce que l'on pouvait faire de la lumière électrique. Leur première pensée n'a pas été de la faire servir à la pêche de nuit, ni à former des signaux au bout d'un mât de navire!

C'est peut-être en raison de la façon naïve dont la nouvelle invention lui était présentée, que l'Académie des sciences de Paris lui fit un assez froid accueil. Ce qui est certain, c'est que le secrétaire perpétuel, Flourens, refusa l'insertion de la note de Jobard dans les *Comptes rendus de l'Académie*, faveur qu'il accordait, chaque semaine, aux plus insignifiantes brouilleries, pourvu qu'elles fussent marquées à l'estampille de la science courante.

Dans cette conjoncture, Jobard m'adressa

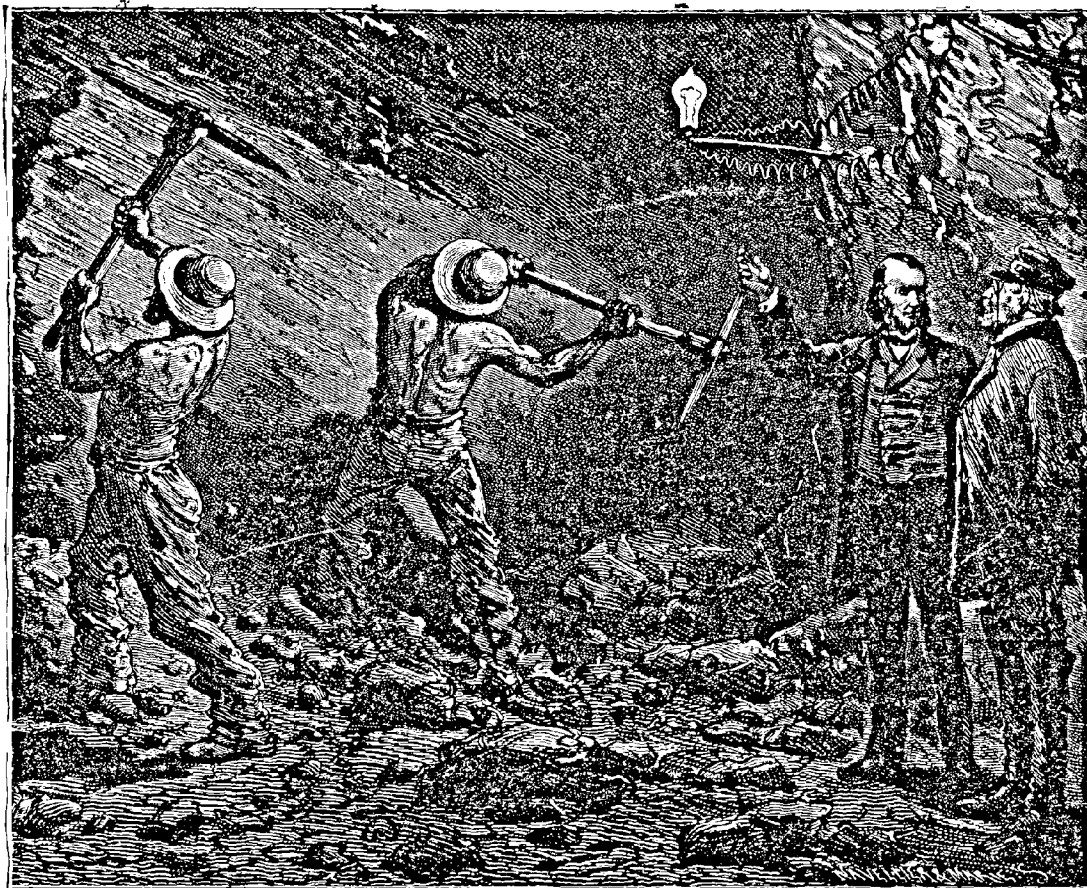


Fig. 35. — M. de Changy met en expérience, devant l'ingénieur en chef des mines de Belgique, sa lampe électrique à incandescence.

la lettre dont l'Académie des sciences avait refusé l'insertion, en me priant de la faire paraître dans le feuilleton scientifique que je connais chaque semaine, au journal *la Presse*. Ce que je fis incontinent.

La lettre persécutée trouva donc asile dans *la Presse* du 13 mars 1858. En voici le texte :

« Je m'empresse, écrivait Jobard au Président de l'Académie des sciences de Paris, de vous annoncer la découverte du fractionnement d'un courant électrique pour l'éclairage, en autant de filets que l'on désire.

« On sait que l'arc lumineux produit entre deux charbons ne peut donner qu'un foyer très intense, très désagréable et très coûteux. Un jeune chimiste, physicien, mécanicien et praticien à la fois, M. de

Changy, très au courant des découvertes et des instruments nouveaux, vient de résoudre le problème de la divisibilité du courant galvanique.

« C'est en sortant de son laboratoire, où il travaille seul depuis six ans, que je viens donner un aperçu de ce que j'y ai vu, c'est-à-dire une pile de 12 éléments Bunsen perfectionnée par lui, produisant un arc lumineux constant, sans intermittence et sans crépitation, entre deux charbons rapprochés par un régulateur de son invention, le plus parfait et le plus simple que je connaisse. De plus, une douzaine de petites lampes de mineur mobiles sur des tringles ou des fils de cuivre, dont il peut allumer ou éteindre l'une ou l'autre ou toutes ensemble, sans que l'intensité de la lumière augmente ou diminue par l'extinction des lampes voisines. Ces lampes, contenues dans des tubes de verre hermétiquement fermés, sont destinées à l'éclairage des mines à grisou, aussi bien qu'aux réverbères des rues, qui s'allumeraient et s'éteindraient seuls dans

toute une ville, en ouvrant ou fermant le circuit. Cette lumière est blanche et pure comme celle du gaz Gillard, avec lequel elle a ce seul point de contact que c'est l'incandescence du platine qui la produit. Les tuyaux de conduite du gaz seraient alors remplacés par de simples fils et ne pourraient occasionner ni explosions, ni incendies, ni mauvaises odeurs.

« J'ai vu également une ampoule lumineuse en verre épais, que l'on peut immerger à des profondeurs considérables, sans qu'aucun mouvement ou bouleversement puisse l'éteindre. Elle a déjà été essayée en rivière et a servi à prendre des poissons, qui sont attirés et non effrayés, comme on le craignait, par la lumière. Il est probable que, dans un temps donné, la mer inépuisable nourrira la terre, et que les pêches miraculeuses ne le seront plus.

« Ce simple aperçu suffira pour faire comprendre à combien d'applications diverses peut se prêter la découverte que j'ai l'honneur de signaler, avec la conviction que je n'ai pas été la dupe d'une illusion, malgré mon étonnement de voir une lampe dans le creux de ma main, et rester allumée en la mettant dans ma poche, et avec mon mouchoir par-dessus.

« JOBARD. »

Pendant, tout en refusant d'insérer la lettre de Jobard sur la *division de la lumière électrique* réalisée par M. de Changy, l'Académie des sciences avait nommé une commission pour examiner le fait annoncé. Le physicien Becquerel père, Despretz et Babinet composaient cette commission.

Pour être renseigné exactement sur l'invention qui lui était soumise, Becquerel pria Quételet, secrétaire perpétuel de l'Académie royale des sciences de Bruxelles, de prendre des informations sur cette découverte, et Quételet chargea de cette enquête Melsens, l'un de ses collègues, mort en 1866. Celui-ci assista aux expériences de M. de Changy, les suivit de près, et, à la date du 3 avril 1858, il rendit compte à Despretz de ce qu'il avait vu.

Dans cette lettre, Melsens constatait qu'il avait vu sur un même circuit voltaïque, alimenté par une pile Bunsen de douze éléments, plusieurs lampes que l'on pouvait allumer, soit ensemble, soit en groupe, soit isolément, à volonté, sans que l'éclat de

chacune d'elles fût modifié. Il déclarait donc que la division de la lumière électrique était obtenue.

La commission, imparfaitement satisfaite, désira avoir des renseignements plus précis de la part de l'inventeur lui-même ; et le secrétaire perpétuel, Flourens, fut chargé d'écrire à M. de Changy, pour lui communiquer ce désir de la commission.

Jobard se chargea de répondre à la lettre de Flourens, et il le fit dans les termes suivants, dans une lettre adressée de Bruxelles, que nous transcrivons :

« Monsieur le Secrétaire perpétuel,

« J'ai bien reçu la lettre dont vous m'avez honoré, jointe à la copie de la note de M. Becquerel, qui demande des explications sur les moyens de M. de Changy pour obtenir la division de la lumière électrique.

« Je n'avais voulu faire part à l'Académie que des résultats que j'ai vus, et qui ont été, depuis, vérifiés et confirmés par ordre de l'Académie de Bruxelles, sur la demande de M. Despretz.

« Si l'Académie, qui ne considère que l'intérêt de la science, abstraction faite de l'intérêt de l'inventeur, n'a pas trouvé ma notice plus explicite, on ne doit s'en prendre qu'au défaut de garantie de la propriété des inventeurs ; car c'eût été dépouiller celui-ci de tout espoir de rémunération positive ; et tous les inventeurs ne sont pas à même de se contenter de récompenses purement honorifiques.

« M. de Changy a dépensé trop d'argent en essais, pour ne pas conserver l'espoir, quelque aléatoire qu'il soit, de tirer profit de sa belle découverte, et je lui ai conseillé de n'en publier les détails qu'après avoir pris, autant que possible, ses sûretés contre les frelons de l'industrie.

« Si les inventions communiquées à l'Académie valaient les brevets définitifs ou provisoires, comme celles que l'on met aux Expositions officielles, ce qui serait fort à désirer et parfaitement praticable, l'Académie n'aurait plus à se plaindre d'aucune réticence de la part des inventeurs.

« Agréez, monsieur le Secrétaire, mes très humbles salutations.

« JOBARD. »

« Bruxelles, le 16 avril 1858. »

Cela voulait dire que M. de Changy, ayant dépensé beaucoup de temps et d'argent pour réaliser sa découverte, n'était

pas disposé à la rendre publique avant de s'en être assuré la possession par un brevet bien en règle.

Cette lettre mit le feu aux poudres. A sa réception Despretz déclara que M. de Changy, « voulant faire de son invention « un objet de lucre, ne méritait pas le nom « de savant, et que l'Académie ne devait pas « s'occuper de ses travaux ! »

Il y a des mots qui tuent, qui tuent soit les hommes, soit les idées. Le mot de Despretz : « M. de Changy ne mérite pas le nom « de savant », ne tua pas l'ingénieur français, mais il tua son idée. A partir de ce moment, il se sentit inquiet, découragé. Il se demanda s'il faisait acte de loyal savant et d'homme de progrès, en voulant tirer un profit pécuniaire de sa découverte, comme le lui conseillait Jobard, et, finalement, il laissa tomber, sans s'occuper de l'exploiter, son brevet d'invention.

Il nous paraît tout simple aujourd'hui qu'un inventeur retire un bénéfice de son invention, qu'un chimiste vive de la chimie et un physicien de la physique, comme le prêtre vit de l'autel et le médecin de la médecine. On voit même, de nos jours, bien des savants n'entreprendre des recherches que dans le but unique d'un bénéfice d'argent. Mais, en 1858, on raisonnait autrement. On élevait à un autre niveau, on portait en des sphères plus hautes la mission de l'homme de science. Sous ce rapport, nous avons fait, depuis, beaucoup de chemin. Est-ce en avant, est-ce en arrière ? Au lecteur de le décider.

Pendant que je travaillais dans le laboratoire de la Sorbonne, de 1852 à 1854, pour aider à la préparation du cours ou aux recherches particulières de Balard, qui fut mon maître en chimie, j'ai beaucoup connu Despretz, le père *Mansuette*, comme nous l'appelions, parce qu'il s'appelait, de ses prénoms, *César Mansuette*, ce qui n'était pourtant pas sa faute. Il est mal, assuré-

ment, de médire de ses professeurs, mais Despretz, — Dieu veuille avoir son âme ! — était lourd comme une locomotive et épais comme le mont Blanc. C'était un vrai paysan du Danube universitaire. Il avait une grosse tête, de gros yeux, de gros sourcils, de grosses mains, de grosses épaules, et il marchait dans de gros souliers. Quand il faisait, à la Sorbonne, son cours sur la lumière, l'opticien, Henri Soleil était chargé de manœuvrer, de l'intérieur de l'amphithéâtre, le miroir plan, qui, placé au travers d'un carreau de la fenêtre, devait réfléchir les rayons du soleil et les amener dans la salle. Et quels bons rires nous faisions, quand l'opticien étant occupé à guetter une éclaircie de l'astre radieux, à travers les nuages qui le cachaient trop souvent, Despretz lui disait, de sa voix de basse-taille enrhumée : « Monsieur Soleil, le voyez-vous ? »

Professeur médiocre, Despretz a laissé de bons souvenirs, comme physicien. Il a poursuivi, pendant plus de quarante ans, l'étude des grands phénomènes de la physique : le son, l'électricité, la densité des liquides, etc. Son nom se retrouve dans tous les traités classiques, tant il a fait d'expériences précises, mesuré de nombres importants pour la science, coordonné de faits épars et isolés. Peu de cours réunissaient un auditoire aussi nombreux que celui qu'il faisait à la Sorbonne, car ses expériences brillaient par la grandeur des moyens mis en œuvre. Ses énormes piles, ses diapasons monstres, etc., étaient passés en proverbe. Il n'avait pas de facilité naturelle, mais ses efforts persévérants avaient fini par lui conquérir la situation qu'il ambitionnait. C'est ainsi qu'il parvint à obtenir la première chaire de physique de France, voire même le fauteuil de la présidence de l'Académie des sciences.

Despretz était cité pour l'austérité de sa vie et la simplicité de ses habitudes. Les

seules récréations qu'il se permit étaient la chasse (le duc d'Aumale l'avait, un jour, autorisé à tuer la petite bête dans ses forêts) et des excursions annuelles en Allemagne, en Italie, en Angleterre. Il aimait aussi à parcourir les provinces de la France ; mais il avait tant fait subir d'examens de baccalauréat, et dans ces examens il s'était toujours signalé par une si grande bienveillance, que dans chaque ville, à son grand désespoir, il se voyait reconnu et arrêté dans la rue. C'était assez pour le faire fuir aussitôt.

Il menait, à Paris, une vie uniforme et solitaire. Chaque jour, il faisait sa promenade matinale au jardin du Luxembourg ; et, dans sa promenade du soir, il parcourait les quartiers plus animés de la ville. A dix heures du matin, il se rendait à la Sorbonne, et il n'en sortait qu'à cinq heures.

Despretz a publié un *Traité élémentaire de physique*, un *Traité de chimie*, et il a fait paraître, dans les *Comptes rendus* de l'Académie, un grand nombre de mémoires, sur divers points des sciences physiques.

En définitive, Despretz était un physicien de grande valeur. Mais, malgré tout, je ne puis, dans mes souvenirs, me le représenter autrement qu'écrasant, sous le poids de sa lourde personne, l'idée féconde que M. de Changy apportait, dès l'année 1858, à la cause du progrès scientifique.

CHAPITRE VIII

LES LAMPES ÉLECTRIQUES RUSSES. — LAMPE A INCANDESCENCE ET A CONDUCTEUR DE CHARBON DE M. LODYGUINE : SES DÉFAUTS. — LAMPE DU MÊME SYSTÈME DE MM. KONN ET BOULIGUINE. — ENCORE M. JABLOCHKOFF ; SA LAMPE A INCANDESCENCE A CONDUCTEUR DE KAOLIN.

Repoussé à l'Académie des sciences de Paris par l'opposition de Despretz, l'éclairage par un courant continu rendant incandescent un fragment de charbon ou de platine, sommeilla pendant quinze ans. C'est

en Russie, dans ce même pays qui devait plus tard doter la science et l'industrie de la découverte fondamentale de la bougie électrique, que cette question fut reprise. En 1873, un physicien russe, M. Lodyguine, invente une disposition particulière de lampe à incandescence et à charbon, qui lui vaut un des grands prix de l'Académie des sciences de Saint-Pétersbourg.

En exposant les travaux de M. Lodyguine, M. Wild, membre de l'Académie des sciences de Saint-Pétersbourg, chargé du rapport, fit ressortir toute la supériorité que présentait le charbon sur le platine, pour la production de la lumière par incandescence.

Le pouvoir rayonnant du charbon est de beaucoup supérieur à celui du platine, et la capacité calorifique du charbon est beaucoup moindre ; de sorte qu'une même quantité de calorique porte le charbon à une température plus élevée qu'il ne ferait d'un fil de platine. De plus, la résistance du charbon au passage du courant est 250 fois celle du platine ; on peut donc prendre un crayon de charbon beaucoup plus gros, à égalité de température. Enfin, avantage inappréciable, le charbon est infusible.

M. Lodyguine employait des crayons de *charbon de cornue de gaz* d'une seule pièce, en diminuant leur épaisseur au point où se trouvait le foyer lumineux. Il plaçait deux charbons dans un même appareil, qu'il munissait d'un petit *commutateur* extérieur, pour faire passer le courant dans le deuxième charbon, quand le premier était usé. Enfin, comme l'avaient fait avant lui W. Starr, en Amérique, et M. de Changy, à Bruxelles, pour empêcher la combustion du charbon, il l'enfermait dans une cloche de verre hermétiquement close.

Au début, M. Lodyguine avait fait le vide dans ses récipients de verre. Mais cette opération avait présenté des difficultés que le physicien russe n'avait pu surmonter. Il se contentait donc, comme il vient d'être dit,

de clore le mieux possible l'appareil. L'oxygène de l'air contenu dans la cloche étant brûlé, il ne devait rester dans le récipient que de l'azote et du gaz acide carbonique. Mais c'était là de la théorie. En fait, on n'opérait pas dans un espace vide d'oxygène. Aussi les aiguilles de charbon se brisaient-elles fréquemment, et il était difficile de les remplacer. De plus, les parois de la cloche se recouvraient d'une poussière opaque, qui enlevait une partie de la lumière.

Pendant, avec la machine magnéto-électrique de la compagnie *l'Alliance*, pour fournir le courant électrique, on obtenait un effet assez satisfaisant de quatre lampes de ce genre placées sur un même circuit.

L'inventeur chargea un de ses compatriotes, M. Kosloff, de Saint-Petersbourg, de se rendre à Paris, pour perfectionner son appareil, ou pour en tenter l'exploitation commerciale. Mais on n'obtint jamais rien de sérieux. M. Truk, lampiste de Paris, chez lequel M. Kosloff faisait ses expériences, y travailla lui-même avec beaucoup d'ardeur, mais sans grand résultat.

Pendant que l'on s'efforçait, à Paris, de perfectionner les lampes de M. Lodyguine, deux autres ingénieurs russes, M. Konn, d'une part, et M. Bouliguine, d'autre part, créaient des lampes fondées sur le même principe, et les soumettaient à des expériences attentives. Mais rien d'important ne sortit de ces tentatives, que nous nous contenterons de signaler.

Toutes les lampes russes, dont plusieurs, comme il vient d'être dit, furent imaginées à Paris, avaient un défaut capital et commun à toutes. Le crayon de charbon, employé comme conducteur, se désagrégeait et tombait en morceaux. Et ce n'était pas par suite de la combustion, car cette désagrégation se manifestait dans des lampes parfaitement vides d'air. Le crayon s'amincissait graduellement en son milieu, et finissait par se rompre. Aucun moyen

ne put réussir à prévenir cet accident.

M. Jablochhoff appliqua également son esprit inventif à la création d'une lampe à incandescence, et il obtint un résultat très encourageant.

M. Jablochhoff portait à l'incandescence une aiguille d'argile de *kaolin* interposée dans le courant électrique. Mais comme le kaolin offre une assez grande résistance au passage du courant, il fallait employer des courants d'une grande tension. M. Jablochhoff avait donc eu l'idée, très ingénieuse, d'interposer entre l'aiguille de kaolin et le fil conducteur de l'électricité, un véritable condensateur électrique, lequel se chargeait d'électricité quand elle devenait surabondante, et se déchargeait ensuite de cet excès d'électricité à travers la substance du kaolin.

Ces recherches de M. Jablochhoff datent de l'année 1878. L'auteur accorde toujours une grande confiance à ce système, bien que la pratique ne l'ait pas encore sanctionné.

Depuis l'année 1873 jusqu'à l'année 1878, les lampes à incandescence se débattaient au milieu de difficultés insurmontables, et l'on commençait à désespérer d'en triompher jamais, lorsque Thomas Edison, en Amérique, eut connaissance de l'importance de cette question. Ce fut pendant un voyage aux montagnes Rocheuses, accompli en 1878, en compagnie du physicien américain John Draper, qu'Edison reçut de ce dernier le conseil de s'occuper de cette grande question.

Le sujet était alors assez complexe, et quelque peu embrouillé, par suite des échecs répétés de beaucoup d'inventeurs qui avaient essayé de tirer parti de l'incandescence électrique d'un corps, charbon ou métal, pour constituer un agent d'éclairage. Edison résolut de prendre, comme on dit, le taureau par les cornes. En d'autres termes, il posa le problème dans toute son étendue et avec

toutes ses conséquences. Il voulut obtenir avec la lumière électrique tout ce que donne le gaz, c'est-à-dire une lumière d'intensité constante, facile à manier, pouvant se placer partout en petites masses, et d'un pouvoir éclairant médiocre, équivalant à environ deux lampes Carcel, pouvant enfin se distribuer, par des canaux conducteurs, tout comme le gaz d'éclairage.

Ce programme, vaste autant que difficile, Edison parvint à le remplir. Comment ce résultat fut-il atteint ? C'est ce que l'on apprendra par la lecture des pages qui vont suivre, et dans lesquelles, tout en racontant la vie de Thomas Edison, nous exposerons ses travaux sur l'éclairage par l'électricité.

CHAPITRE IX

THOMAS EDISON. — SA VIE ET SES TRAVAUX.

Un soir d'hiver de l'année 1859, trois personnes, le père, la mère et un jeune garçon, achevaient un pauvre repas dans une arrière-boutique de la triste ville de Port-Huron, dans le Michigan, aux États-Unis d'Amérique. Les murs de l'arrière-boutique où la famille était en ce moment rassemblée, étaient couverts de tableaux éventrés, de toiles sans cadre et de vieux cadres éraillés, à la dorure absente. Quelques casiers de bois peint, contenant des registres et surmontés de paperasses poudreuses, achevaient l'ameublement de cet obscur réduit. Quant à la boutique, on y trouvait tout l'arsenal ordinaire du brocanteur : bahuts boiteux, chaises dépareillées, porcelaines et faïences ébréchées, pendules sans balancier, lampes sans globe, tourne-broches sans volant, caves à liqueurs sans liqueurs, lits sans sommiers, fauteuils sans housses, housses sans fauteuils, boîtes à musique sans cylindre, habits et gilets sans boutons,

armes hors d'usage, revolvers et carabines réformés, mais que les aventuriers, qui partaient pour les mines d'or de la Californie ou les sources de pétrole d'*Oil-kreck*, étaient heureux d'emporter, pour deux ou trois dollars.

Le maître de ce misérable logis s'appelait Edison. D'origine hollandaise, il était venu de bonne heure chercher fortune en Amérique ; mais il l'avait poursuivie sans le moindre succès, pendant toute sa vie. Tour à tour tailleur, pépiniériste, grainetier, il exerçait alors, à Port-Huron, l'état de brocanteur, auquel il joignait, quand il le pouvait, l'office d'intermédiaire pour la vente des propriétés. Mais, malgré son intelligence et son énergie, il n'avait réussi, dans aucune de ces professions diverses, à acquérir l'aisance ; et une gêne, voisine de la misère, régnait dans l'intérieur du Hollando-Américain.

Sa femme, bonne et courageuse enfant du pays, avait, avant son mariage, trouvé des ressources en tenant, comme le font beaucoup de jeunes Américaines, une école primaire. Elle avait ainsi acquis quelques notions rudimentaires de calcul, de littérature, d'écriture et de dessin, qu'elle fut heureuse de pouvoir transmettre à son fils.

Celui-ci, du reste, Thomas Alva Edison, avait rapidement dépassé le petit cercle de connaissances qu'il devait à la tendresse de sa mère. Il avait un prodigieux désir d'apprendre : mais, dépourvu de direction et de maître, il avait dépensé sa jeune énergie sans parvenir à meubler efficacement son esprit. D'un caractère concentré, et même un peu sauvage, il recherchait la solitude, afin de pouvoir s'adonner librement à la passion effrénée qu'il avait pour la lecture. Il dévorait avec une égale avidité, et sans préférence, tout ce qu'il pouvait lire gratis dans les boutiques des libraires et des marchands de journaux de Port-Huron. Livres, brochures, revues, recueils illus-

trés, il lisait tout, et prenait intérêt à tout ce qu'il lisait ; mais cela sans méthode, sans règle, ni plan préconçu. Avec une telle indiscipline intellectuelle il n'avait rien retenu de sérieux ; et, de fait, il ne savait encore que lire, écrire et un peu calculer.

Notre jeune homme, le repas étant terminé, se disposait à se lever de table, pour aller rejoindre ses camarades sur la grande place, lorsque son père le retint du geste, et ajouta aussitôt :

« Reste, Thomas ; j'ai à te parler. »

L'air un peu solennel avec lequel son père avait prononcé ces mots, et l'attitude triste et résignée de sa mère, qui se disposait à écouter religieusement le chef de la famille, inquiétèrent un peu le jeune garçon, qui, pourtant, se rassit avec déférence, se tenant prêt à entendre la communication paternelle.

Le père Edison, ayant bourré et allumé sa pipe, aspiré et rejeté quelques bouffées de fumée, prit alors la parole :

« Mon fils, dit-il, te voilà dans ta douzième année ¹, A ton âge et dans notre pays, quand on n'a pas, dans un bon sac de cuir, une quantité raisonnable de dollars, ou dans sa caisse un nombre suffisant d'actions de la Banque des États-Unis, ou des mines de l'*Oil-kreck*, on va chercher fortune hors du logis. C'est ce que j'ai fait à l'âge de quinze ans. Tu es bien portant, agile et vigoureux. Tu as quelque instruction. Tu pourras te pousser dans le monde.

— Je sais, mon père, répondit Thomas, que le moment est venu pour moi de débarrasser la maison d'une bouche inutile, et d'aller gagner ma vie avec ma tête et mes bras. Mais à quelle profession me destinez-vous ? Je ne peux pas être tailleur, comme vous l'avez été ; car je n'ai jamais pu, ajouta-t-il avec gaieté, assujettir mes jambes à demeurer immobiles pendant trois mi-

nutes, sur un établi. Je ne connais rien aux plantes, ni aux graines, n'ayant jamais perdu mon temps à regarder les arbres ni les fleurs. La vue des tableaux m'ennuie ; ce qui fait que je serais un mauvais acheteur de peintures ; et n'ayant jamais eu un demi-dollar dans ma poche, je ne saurais ni vendre ni acheter des propriétés, comme vous le faites quelquefois, mon père. Je ne vois donc pas bien quelle profession vous m'avez choisie ?

— Tu seras, répondit le père Edison, en rallumant sa pipe qui venait de s'éteindre, tu seras homme d'équipe dans le fourgon à bagages du railway du *Canada et Central Michigan*, »

Et comme le jeune Thomas ne pouvait dissimuler une légère grimace, à la pensée de la profession peu distinguée qu'on lui annonçait :

« Attends, mon garçon, dit le père Edison, je n'ai pas fini. Il y a huit jours, comme je raccommodais l'uniforme du chef de gare de notre station du railway du *Canada et Central Michigan*, j'ai arrangé avec lui toute ta position. Tu ne seras pas seulement occupé à placer et à redescendre les bagages. Le propriétaire du buffet te confiera des gâteaux, du pain et des saucisses, que tu pourras distribuer aux voyageurs, pendant la marche du train. De plus, le marchand de journaux te charge de vendre, pour lui, des revues à images et des journaux. Tu seras donc un petit commerçant. Et, ajouta-t-il, comme il faut à un commerçant de l'argent pour commencer les affaires, voici tes frais de premier établissement. »

Ce disant, le père Edison tendit à son fils, fièrement et comme s'il lui remettait un trésor, trois dollars, que celui-ci prit et mit dans sa poche, en étouffant un soupir.

« Et quand dois-je partir ? demanda-t-il à son père, d'un air assez décidé.

« Le premier train passe à notre station

¹ Thomas Edison est né à Milan, comté d'Érié, dans l'Ohio, le 10 février 1847.

à sept heures et demie du matin. Tu partiras demain à sept heures et demie. Tout est préparé pour que tu emportes du buffet et de la boutique du marchand de journaux ton premier fonds de commerce. D'ailleurs, ajouta-t-il, pour atténuer un peu l'effet de ses paroles, nous ne nous séparons pas complètement. Le train s'arrête chaque deux jours, à Port-Huron; tous les deux



Th. Alva Edison.

jours, nous pourrions te serrer la main à ton passage. »

Le jeune Thomas se leva et dit, simplement et courageusement :

« C'est bien, mon père ; je partirai demain. »

Sur ces mots, il embrasse avec effusion sa mère, serre la main au vieux brocanteur, et se retire dans le pauvre réduit qui lui sert de chambre, pour faire ses préparatifs de départ, laissant ses parents à leurs tristes pensées, et aux regrets que leur fait éprouver le départ d'un fils digne de leur affection.

Le lendemain, comme le train du *Canada et Central Michigan* entrait en gare à Port-Huron, Thomas Edison sautait dans le fourgon à bagages, et commençait gaiement son métier.

Le voilà donc parcourant le train pendant la marche, pour offrir aux voyageurs des journaux, des *magazines* illustrés et des brochures, le tout entremêlé de pâtisseries, de sandwiches, de fruits, de cigares, de pipes et d'allumettes chimiques.

Au bout de quelques jours, il possédait tous les trucs du métier. Dès qu'il eut réalisé quelques bénéfices, il embaucha, pour les mettre à sa place, trois ou quatre enfants du voisinage, qu'il chargea de colporter la marchandise, tandis qu'il s'établissait et prenait domicile dans le fourgon aux bagages. Dans le petit réduit qu'il s'était ménagé, il lisait, ou plutôt il dévorait les livres qu'il avait achetés de ses premières économies (fig. 39). Le hasard l'avait fait tomber sur la traduction du *Traité d'analyse chimique* de Fresenius, et bien qu'il ne pût rien y comprendre, cette lecture lui inspira le goût de la chimie. Il trouva moyen d'installer dans son fourgon une espèce de laboratoire, où il s'essaya à des expériences de chimie.

Malheureusement, pendant la marche, un flacon de phosphore, placé sur une étagère, tomba, s'enflamma à l'air, et mit le feu au plancher du wagon. Ce commencement d'incendie fut arrêté par le conducteur du train, qui, furieux de l'aventure, jeta sur la voie le laboratoire ambulante, avec accompagnement d'une bonne correction manuelle administrée au malencontreux chimiste.

Ne pouvant travailler de ses mains, le jeune homme se mit à travailler de ses yeux. A chaque arrêt que faisait le convoi dans une localité de quelque importance, il entrait dans les ateliers de mécanique, dans les imprimeries, dans les bureaux de télé-

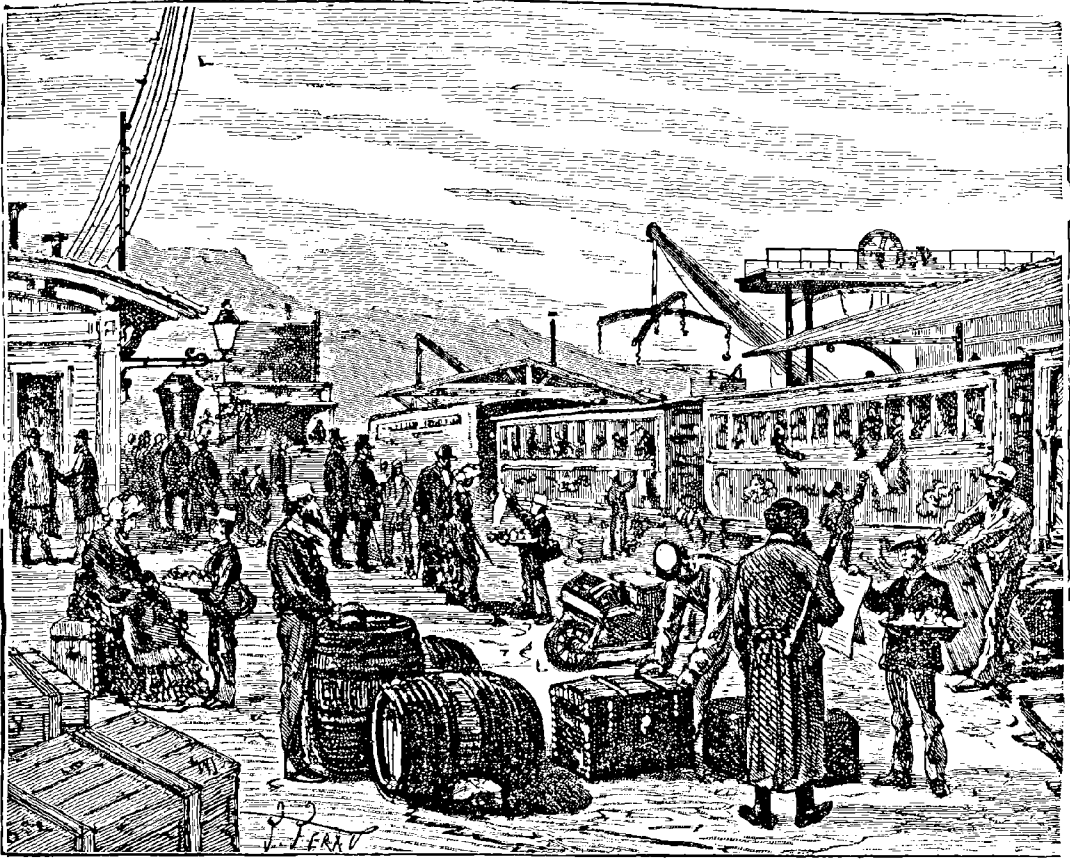


Fig. 37. — La jeunesse d'Edison.

graphe, et, tout en s'approvisionnant de journaux ou d'autres objets de son petit commerce, il regardait, observait, prenait des informations et des leçons sur tout ce qui s'offrait à sa vue.

Comme le train s'arrêtait quelque heures dans la ville de Détroit, il courait à la bibliothèque. Il s'était imposé la tâche d'en lire tous les ouvrages. Dans ce but, il avait commencé ses lectures par un bout, avec le projet de parcourir jusqu'à l'autre bout tous les volumes placés sur chaque rayon. Heureusement, le bibliothécaire, pris d'admiration pour cette tentative folle, mais qui dénotait un esprit singulièrement trempé, lui fixa un ordre et un choix pour la lecture des ouvrages de science, auxquels il s'engagea à s'en tenir.

CONQUÊTES. — I.

Comme il ne pouvait rester un seul instant oisif, il s'était procuré des fils de télégraphe électrique, et lorsqu'il s'arrêtait chez son père, à Port-Huron, il organisait des télégraphes, qu'il mettait en action par des piles électriques, composées avec de vieux pots et des débris de métaux ramassés dans la boutique du brocanteur.

La maison de son père était située à vingt minutes de marche de la station. D'après la maxime anglaise : *Time is money*, il voulut gagner ces vingt minutes. Pour cela, il disposa devant la maison de son père, en face de la voie, un gros tas de sable; et, au moment où le train passait à toute vapeur, il s'élançait de son fourgon. Cette manière de descendre d'un chemin de fer, qui n'est pas à la portée de tout le monde, peut donner une

10

idée de l'agilité et du courage de notre *yankee*

Il donna, un jour, une preuve émouvante de son intrépidité et de la bonté de son cœur. Il attendait le train sur le quai de la gare de Port-Clément, lorsqu'il aperçut près de lui, à vingt mètres d'une locomotive, qui arrivait à toute vapeur, un petit enfant, jouant sur les rails. Sans réflexion, et comme d'instinct, il bondit sur la voie, saisit le baby, et franchit les rails, comme un oiseau, tenant par un bras l'enfant miraculeusement préservé de la mort. Le tampon de la machine les effleura, sans les atteindre.

Le père de l'enfant était le chef de gare de Port-Clément. Pour s'acquitter envers le sauveur de son fils, il lui enseigna le manie- ment du télégraphe électrique et son voca- bulaire.

Cependant Edison était un jeune homme pratique, toujours à l'affût de ce qui pouvait lui être utile. Tout en continuant son métier de marchand de journaux sur le train du *Central Michigan*, il avait essayé, à l'exem- ple de son père, différentes professions, jusqu'à celle de cordonnier, dont il avait voulu tâter, semblable, en cela, au célèbre botaniste suédois, Linné, qui tira l'alêne dans sa jeunesse, d'après quelques biographe

Aucune profession ne lui ayant encore réussi, il tenta celle de journaliste.

Se trouvant un jour, dans les bureaux de la ville de Détroit, le *Free Press Detroit*, il vit procéder à la vente de caractères typog- raphiques usés et réformés, provenant de ce journal. Il acheta, pour quelques dollars, ces caractères de rebut, se procura, au même prix, les accessoires et le matériel d'un rudiment d'imprimerie, et emporta le tout dans son fourgon à bagages, qui était toujours son centre d'opérations

Quelques jours après, il publia un jour- nal qu'il intitulait *The Grant Trunk Herald*, dont il était le rédacteur, le compositeur,

le prote, le correcteur, le pressier, le plieur, et qu'il vendait aux voyageurs du train. Les nouvelles que contenait ce journal ne pouvaient être plus fraîches, puisqu'elles étaient encore humides de l'encre d'impre- merie du fourgon à bagages!

La singularité du fait attira l'attention publique. Le *Times* de Londres le signala comme une des plus étranges manifesta- tions de l'esprit initiateur des Américains du Nord.

Encouragé par ce premier succès, notre imprimeur ambulante se mit en tête de publier une feuille plus assise. Ce qui veut dire qu'il fonda un journal, qu'il faisait composer et paraître à Port-Huron. Le journal s'appela *Paul l'indiscret* (*Paul Pry*), et il était consacré à recueillir les racontars et les scandales du jour. Tout rédacteur qui se présentait était bien accueilli, à la condi- tion de n'être jamais payé. C'est ce qui entraî- nait ce petit journal à garder peu de réserve à l'égard des personnes, et à justifier son titre par toute sorte d'indiscrétions sur la vie privée des gens et par une critique sans mesure des institutions et des choses.

Un habitant de Port-Huron, plus mal- mené que les autres par la feuille à scan- dales, se fâcha, et sut venger, en même temps, et lui-même et les autres victimes des indiscrétions du *Paul Pry*. Rencontrant un jour Thomas Edison sur le quai du port, il le saisit par le fond de son pantalon et le jeta à l'eau.

Heureusement le jeune homme savait nager. Il se sauva, mais le journal fut noyé.

Dégoûté, par ce bain forcé, de la profes- sion de petit journaliste, Edison se tourna vers une occupation plus sérieuse. Nous avons dit que le chef de gare, dont il avait sauvé le baby par son courage et son intré- pidité, lui avait, en retour du service rendu, enseigné la manœuvre et le vocabulaire du télégraphe électrique. Edison demanda une place d'employé dans les bureaux du télé-

graphe de la ligne du chemin de fer de Michigan.

Il n'y avait de vacant qu'un poste d'employé de nuit; Edison l'accepta.

C'est ainsi qu'il entra dans une carrière qui convenait à ses aptitudes, et où les quelques connaissances scientifiques qu'il avait acquises pouvaient trouver leur application.

Nous n'avons pas besoin de dire que son apprentissage ne fut pas long. En peu de temps, il devint un manipulateur adroit et habile. Seulement, c'était le plus détestable des employés. Toujours occupé d'un travail personnel, étranger à son service, il laissait trop souvent en souffrance des dépêches publiques ou privées.

C'est pour cela qu'il fut successivement envoyé de Louisville à Cincinnati, et de Cincinnati à Stratford.

Un soir, le directeur des télégraphes du Canada, qui connaissait les défauts de son employé, afin d'être sûr qu'il ne déserterait pas son poste, lui intime l'ordre d'avoir à télégraphier, chaque demi-heure, le même mot de Stratford à la station voisine, sans préjudice de son service de nuit. Edison, qui avait arrêté un autre emploi de son temps, improvise un petit appareil, que la grande aiguille de la pendule venait toucher chaque demi-heure, ce qui faisait télégraphier automatiquement le mot prescrit.

C'est, pour le dire en passant, ce que faisait à Paris mon ami, le célèbre constructeur Gustave Froment (de l'Institut). Dans son atelier des machines à diviser, célèbres dans toute l'Europe, les machines ne se mettaient en marche qu'à minuit, lorsque le mouvement des voitures avait cessé dans la ville. J'ai souvent vu Froment, en soirée ou en promenade, tirer sa montre et dire « En ce moment mes machines à diviser commencent à travailler. » Son secret, c'est qu'il attachait le fil conducteur d'une pile à un mouvement d'horlogerie qui venait, à minuit, se mettre en contact avec le balan-

cier d'une horloge. Quand minuit sonnait, le balancier de l'horloge rencontrait le fil conducteur, et un petit électro-aimant faisait partir le rouage qui actionnait les machines à diviser. A cinq heures du matin, le balancier de la même horloge rencontrait un autre fil conducteur, qui, par le même mécanisme, arrêtait le travail des machines à diviser.

C'est par quelque moyen analogue que le jeune employé du bureau de Stratford avait chargé le balancier ou l'aiguille de la pendule de télégraphier le même mot, à chaque demi-heure, à la station voisine. Si bien que la station voisine ne reçut aucune dépêche de la nuit, mais qu'en revanche, elle entendit deux fois par heure retentir la même syllabe.

Le directeur des télégraphes du Canada n'approuva pas cette application de la mécanique, et il envoya le trop ingénieux employé dans une autre ville, à Memphis.

Ceci se passait en 1864. C'est à Memphis qu'Edison manifesta, pour la première fois, son esprit d'invention. Il eut l'idée de faire passer simultanément deux dépêches télégraphiques en sens inverse, par le même fil. Aujourd'hui ce prodigieux résultat s'obtient comme en se jouant. Demandez à M. Baudot, dont l'appareil, partout en usage, fait servir le même fil à expédier jusqu'à dix dépêches à la fois. Mais, en 1864, l'idée de faire parcourir à un fil télégraphique deux dépêches se croisant en sens opposé, était considérée comme le rêve d'un cerveau dérangé.

C'est pour cela qu'après avoir entendu Edison expliquer son système d'expédition par le même fil de deux dépêches en sens contraire, le directeur du bureau télégraphique, s'adressant à notre jeune homme, laissa tomber dédaigneusement, de ses lèvres administratives, ces seuls mots: « Vous êtes fou ! »

Cependant l'un des employés qui avaient

entendu Edison expliquer le mécanisme qu'il projetait, ne partagea pas l'opinion de son chef sur l'état mental de son camarade. Ce qui le prouve, c'est qu'il n'eut rien de plus pressé, le lendemain, que de courir au bureau des patentes de Memphis, et de faire breveter en son nom et comme sa propre invention, l'appareil qui avait été décrit devant lui.

Ceci donna à réfléchir à notre inventeur, qui se promit d'être plus circonspect à l'avenir sur le chapitre de ses idées. Et il donna bientôt la preuve de son parti pris d'être discret.

Il avait mis dans sa tête d'établir une communication télégraphique entre deux trains de chemin de fer en marche. C'est le problème que l'ingénieur italien, Bonelli, avait résolu, et qu'il expérimenta, le 19 mai 1855, sur le chemin de fer de Turin à Gênes, et, au mois de novembre de la même année, sur le chemin de fer de Paris à Saint-Cloud, en présence de notre ministre de l'agriculture et du commerce, et de M. de Cavour, avec l'appareil qu'il appelait le *télégraphe des locomotives*. Cette même invention a été renouvelée, en 1882, par un habile électricien dont nous avons décrit l'appareil dans notre *26^e Année scientifique* ¹.

Mais Edison n'était pas encore de la force de Bonelli en électricité. L'événement le prouva. Il avait été autorisé à essayer son appareil entre deux trains circulant sur la voie ferrée qui passe à Memphis. Mais comme il n'avait confié à personne le secret de son mécanisme, son appareil fut installé d'une manière défectueuse. Les deux trains se rencontrèrent, et il y eut entre eux un choc, qui aurait pu avoir des conséquences graves; mais qui, heureusement, n'entraîna pas de dommages sérieux.

Edison eut quelque peine à échapper à la colère du Directeur du chemin de fer qui

avait eu l'imprudence de l'écouter. Toutefois, il fut définitivement remercié par son administration.

Cependant l'affaire avait eu du retentissement, et en Amérique on ne se formalise pas pour une marmelade de locomotives. Au contraire, l'importance de l'accident attira sur lui l'attention des mécaniciens des États-Unis. Peu de mois après, il était appelé à New York, par la compagnie financière *Gold and stock*, pour réparer un *indicateur mécanique du cours des valeurs*, qui s'était dérangé juste à l'heure de la Bourse, c'est-à-dire au moment où l'on avait le plus grand besoin de ses services. Edison remit promptement le mécanisme en état, et en même temps il présenta au directeur de cette société financière un appareil de son invention, qui imprimait sur un tableau sans perte de temps, les plus petites variations survenues dans le cours des valeurs.

Les mauvais jours étaient passés; la fortune commençait à lui sourire. La compagnie de l'*Union des télégraphes de l'Ouest* le prit comme ingénieur, avec un traitement assez élevé. On appréciait ses talents de mécanicien, ainsi que ses facultés d'invention, et on était disposé à lui fournir tous les moyens de les exercer.

Bientôt on créa pour lui, près de New York, à Menlo-Park, un laboratoire, qui fut admirablement organisé. On mit sous ses ordres une armée d'aides et d'employés d'intelligence reconnue et parfaitement payés, et on le laissa libre de travailler à sa guise.

Riche, indépendant et dans toute la fleur de la jeunesse, Edison put, dès lors, se consacrer entièrement à la science et à l'industrie. L'argent qu'il gagne, il le consacre à préparer de nouvelles inventions, et tout en dépensant des sommes énormes, quand il s'agit d'une expérience à faire, ou d'une substance rare et chère à se procurer, il continue à mener l'existence d'un *modeste employé*.

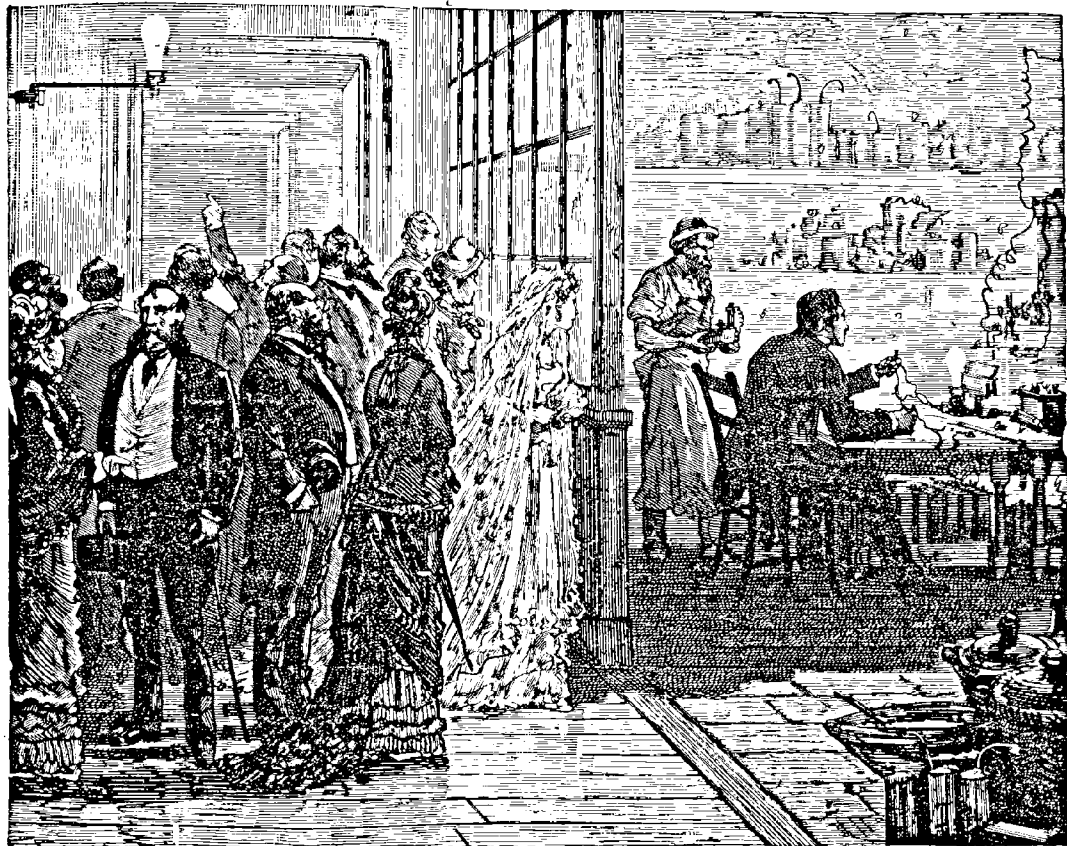


Fig. 38. — Le mariage d'Edison.

Absorbé par ses travaux de chaque jour, Thomas Edison n'avait pas encore songé au mariage, lorsqu'il fut frappé, à Newark, où il visitait une fabrique, de la physionomie douce et charmante d'une ouvrière. Au milieu de ses études et de ses calculs, l'image de la jeune Marie Stilvell venait souvent flotter dans sa pensée. Cette vision souriante révéla à son cœur l'existence d'un sentiment qu'il avait ignoré jusque-là : l'amour parlait à sa jeunesse. Quand il se fut bien assuré du sentiment qui venait de s'éveiller en lui, il eut vite pris son parti, et sans autres déclarations, phrases ni compliments, il alla trouver la jeune fille et lui proposa de l'épouser. Marie Stilvell, quelque peu surprise d'une demande ainsi formulée, ayant demandé le temps de

réfléchir, Edison lui accorda huit jours et retourna chez lui.

La semaine écoulée, Marie Stilvell était la fiancée d'Edison.

Le mariage se fit peu après. En sortant de l'église, Edison conduisit la jeune épouse dans le petit cottage qu'il habitait, et qui était situé près de ses ateliers de Menlo-Park. Après lui avoir montré son usine, la distribution des travaux, le rôle de ses aides et employés, il lui demanda la permission de la quitter un instant, pour aller terminer, dans son laboratoire, une expérience importante, promettant d'aller la rejoindre à la table de noce.

Ceci se passait à midi. La soirée entière s'écoula sans que l'on vit reparaitre le marié. Le repas de noce s'était achevé sans

lui, le jour allait finir et il ne revenait pas ! Absorbé par son expérience, Edison avait oublié son mariage !

Il fallut que le cortège nuptial, la mariée en tête, vint frapper à la porte du laboratoire de notre savant, par trop distrait, pour lui rappeler qu'il est des époques et des moments dans la vie où il faut faire trêve à la physique.

Le laboratoire de Menlo-Park et le cottage d'Edison ont été décrits, en ces termes, par un auteur moderne, M. P. Bacué, dans un livre publié en 1882 :

« Menlo-Park, où Edison a fixé sa résidence, est, dit M. P. Bacué, une petite station du chemin de fer de Pensylvanie, située à une heure de New York. Le village, ou plutôt le hameau, bâti sur un coteau qui domine la voie ferrée, se compose d'une douzaine de cottages assez coquets. A peu de distance se trouve la belle propriété de M. Adolphe Préterre, le fameux dentiste de New York, qui a gagné six ou sept millions dans sa profession, et qui consacre ses loisirs à des études scientifiques et agricoles.

« Le pays est riant, verdoyant et tranquille. C'est la vraie campagne. Edison y a fait construire, presque au sommet du coteau, au milieu d'un terrain clos par une haie verte, un bâtiment rectangulaire, élevé d'un seul étage, long de trente-cinq mètres environ et large de dix. La construction est faite en bois, comme la plus grande partie des cottages américains. Sa façade, qui est sur l'un des petits côtés, est précédée par un péristyle soutenu par des piliers ornés de plantes grimpantes formant balcon au premier étage.

« C'est là qu'il travaille. Sa maison d'habitation, son *home* est à peu de distance. Cela ressemble de loin à un établissement public quelconque ; maison d'école ou mairie.

« Si l'extérieur de ce vaste laboratoire est un peu banal, l'intérieur présente un aspect tout à fait original. Au rez-de-chaussée se trouve la machine à vapeur qui distribue partout la force motrice dont Edison fait un fréquent usage. On y admire aussi une splendide collection d'outils de toute nature au moyen desquels il peut travailler instantanément toutes les matières connues. Une escouade d'habiles mécaniciens, soigneusement choisis par lui, exécute, sous ses indications et sous sa surveillance, des travaux variés à l'infini et dont lui seul connaît le but et la portée. Là encore se trouvent la collection des dessins et des plans, et l'atelier des dessinateurs.

« Le premier étage, qui ne forme qu'une seule et unique pièce, sert de laboratoire au maître. C'est là qu'il se tient, c'est là qu'il reçoit les visiteurs et

qu'il travaille jusqu'à une heure très avancée de la nuit, souvent jusqu'à l'aube.

« Les murailles de cette grande salle sont garnies, du plancher au plafond, de rayons, où sont rangés d'innombrables flacons, des bocaux, des vases, des boîtes, des paquets contenant des échantillons de toutes les substances connues : minéraux, métaux, sels, acides, etc., etc., et une grande quantité de menus outils et de petits appareils. Il s'est arrangé de façon à avoir sous la main tout ce qu'il peut souhaiter, pour n'être pas exposé à se voir forcé d'interrompre une expérience, faute d'un produit ou d'un outil quelconque.

« Dans un angle, se trouve un fourneau, surmonté d'une large hotte, où brûlent continuellement des lampes construites et réglées pour produire la plus grande somme de fumée possible. Le noir qu'on en retire est soumis à une forte pression, moulé en plaques, et sert à faire les disques de charbon des téléphones et divers organes extrêmement délicats. Edison a découvert l'extrême sensibilité du charbon, dont il a fait plusieurs applications ingénieuses, et le procédé que je viens de décrire, pour obtenir des plaques de cette substance à l'état le plus pur.

« De grandes tables, espacées de distance en distance, supportent des batteries électriques, des électro-aimants, des appareils de toutes formes et de l'aspect le plus étrange. Le plancher lui-même est parsemé d'objets qui n'ont pas trouvé place sur les tables. Enfin, pour compléter le tableau, des fils métalliques se croisent au plafond et viennent se fixer à des appareils prêts à fonctionner.

« Dans ce laboratoire gigantesque, travaillent des préparateurs appartenant à diverses spécialités industrielles ou scientifiques, occupés à suivre des expériences commencées souvent depuis plusieurs mois. Il y a là des chimistes, des physiciens, des électriciens, des mécaniciens, et jusqu'à un mathématicien chargé de réduire algébriquement certaines expériences, et d'en donner la forme abstraite. Quelques aides d'une capacité moins haute, moins remarquables par leurs aptitudes, exécutent ce que j'appellerais les travaux manuels.

« Voici le mode de procéder adopté par Edison et qui mérite d'être mis en lumière. Il prend une substance quelconque, le charbon, par exemple, dans lequel il a découvert des propriétés et une sensibilité que personne avant lui n'avait soupçonnées : il la met dans la main de chacun de ses aides, en lui donnant une tâche différente et en rapport avec ses aptitudes. L'un doit la soumettre à l'action de la chaleur, l'autre à celle de la lumière, celui-ci à celle de l'électricité, celui-là au son, etc., dans les conditions les plus variées, et chacun est tenu d'enregistrer scrupuleusement les phénomènes dont il est témoin.

« D'autres fois, il fait soumettre par ses aides toute une série de substances de même nature, des métaux, par exemple, à une action déterminée dans

des conditions nettement fixées par lui à l'avance, et d'après les résultats fidèlement indiqués dans des rapports, il choisit, en connaissance de cause, celui qu'il doit employer pour le but qu'il veut atteindre. C'est de sa sorte qu'il a découvert, entre tous les métaux, celui qui convenait le mieux pour imprimer automatiquement les dépêches à l'arrivée, sur du papier humecté d'eau salée où les caractères s'imprimaient en noir.

« Le hasard, qui a fait faire de si magnifiques découvertes aux alchimistes qui poursuivaient le grand œuvre au moyen âge et presque jusqu'à la fin du siècle dernier, fournit souvent à Edison ses matériaux les plus précieux.

« Les notes, les rapports détaillés de ses collaborateurs sont remis à Edison, et transcrits, après qu'il les a lus, sur des registres spéciaux, qui s'accumulent dans sa bibliothèque. Il possède ainsi une série de volumes manuscrits remplis des résultats des expériences faites d'après ses ordres. Il les consulte souvent.

« Tout cela occasionne des frais énormes, auxquels il subvient au moyen des ressources que lui procurent ses inventions actuellement exploitées. Le chiffre de ses dépenses en recherches dépasse certainement, à l'heure qu'il est, des millions. »

La compagnie de l'*Union des télégraphes de l'Ouest* paye à Edison cent dollars par semaine, pour avoir le droit de lui acheter ses inventions concernant l'électricité, à un prix fixé par arbitres. Si la compagnie renonce à exploiter cette invention, Edison a le droit d'en tirer parti pour son compte. C'est ainsi qu'il est resté propriétaire de son invention de la *plume électrique*, et qu'il a donné à une personne de confiance la mission de faire connaître en Europe son phonographe.

Nous aurons à parler, dans la suite de cet ouvrage, des découvertes d'Edison : son transmetteur du téléphone et son phonographe. Pour le moment, nous n'avons à nous occuper que de ses travaux sur l'éclairage électrique par incandescence.

Nous avons déjà dit que c'est en 1878 qu'Edison songea, pour la première fois, à s'occuper de la question de l'éclairage électrique, d'après le conseil du physicien John Draper, avec lequel il s'était rencontré dans un voyage aux montagnes Rocheuses.

De retour à Menlo-Park, il résolut de traiter à fond toutes les questions que soulève l'application de l'électricité à l'éclairage public et privé

Son laboratoire était alors rempli de téléphones, de microphones, de phonographes, et de toutes sortes de matières destinées à la construction de ce genre d'appareils. Il se débarrassa de ces divers engins, pour faire place à une installation nouvelle, dans laquelle l'électricité tenait le premier rang.

Son premier soin fut de répéter les expériences déjà connues concernant l'application à l'éclairage de l'arc voltaïque et des régulateurs. Mais il jugea qu'un système d'éclairage par l'électricité ne devait pas se réduire à alimenter d'électricité quatre ou cinq grands foyers, mais bien à créer toute une série de petits foyers, alimentés par le même courant. En d'autres termes, l'éclairage électrique devait se faire, selon lui, par une canalisation de conducteurs électriques distribuant de petites masses de lumière dans les habitations. Être forcé de mettre chaque jour une baguette de charbon dans une lampe, est un assujettissement incompatible avec nos habitudes. Il fallait pouvoir se procurer de la lumière en tournant un robinet, comme on le fait avec le gaz, sans avoir à s'occuper de l'appareil. Il fallait, en un mot, créer un système complet d'éclairage par l'électricité qui se substituât purement et simplement au gaz, et qui joignît à tous les avantages que présente le gaz tous ceux qui sont inhérents à l'électricité.

Ce plan de recherches excluait l'éclairage par l'arc voltaïque et les régulateurs. Il ne laissait subsister que l'éclairage par un courant continu, produisant l'incandescence d'un corps placé dans ce courant

Les substances qui avaient été essayées jusque-là, dans ce but, avec des succès variés, mais qui avaient, en fin de compte, donné de bons résultats, étaient au nombre

de deux : les métaux, particulièrement le platine, et le charbon.

Edison s'occupa d'abord de constituer une lampe électrique avec le platine.

Le platine est assez ductile pour se réduire en fils aussi minces qu'on le désire, ses fils peuvent s'enrouler de toute manière, sans se briser. Il prit un fil de platine qu'il contourna en spirale, ainsi que l'avaient fait avant lui M. de Changy et les inventeurs de ce que nous avons appelé les *lampes russes*, et il enferma ce fil de platine dans une ampoule de verre, de la forme et de la grosseur d'une petite poire. Le bas de cette espèce d'ampoule était fermé par une masse de plâtre, que traversaient les deux conducteurs du courant électrique.

Il fallait faire le vide dans cette petite ampoule, et c'est là que commençait la difficulté. Les prédécesseurs d'Edison, W. Starr, M. de Changy et les physiciens russes, avaient fait usage de la machine pneumatique ; mais ils n'avaient obtenu ainsi qu'un vide insuffisant. Il n'y a qu'un vide parfait : c'est le vide barométrique. Déjà W. Starr avait essayé d'employer le vide du baromètre pour ses petites lampes de platine que nous avons décrites en racontant ses travaux ; mais cette manipulation en grand avait été pour lui presque impossible, et il avait été forcé de l'abandonner. Il y a aujourd'hui dans tous les laboratoires de chimie un appareil, la *pompe à mercure de Sprengel*, qui réalise le vide du baromètre. Dans cet appareil on fait tomber du mercure dans un tube ; le mercure chasse l'air, puis il s'écoule, et laisse derrière lui un espace absolument vide. Edison employa la *pompe de Sprengel* pour opérer le vide dans ses petites poires de verre

Cette opération ne se fit pas, néanmoins, sans de grandes difficultés au début. Il fallait verser le mercure à la main, et comme on opérait dans des pièces chauffées à de hautes températures, qui allaient jusqu'à

+ 45°, les vapeurs mercurielles se répandaient dans le laboratoire. Edison faillit être empoisonné par ces dangereuses émanations, et il en arriva autant à ses principaux collaborateurs, notamment à MM. Batchelor et Moser, qui furent plus tard ses représentants à Paris.

Un troisième compagnon de travail, Ségador, fut encore plus affecté que les autres par les vapeurs mercurielles. Il demeura plusieurs jours entre la vie et la mort.

Ségador était un botaniste espagnol. Son intime amitié avec Edison le poussait à participer ou à assister à toutes ses recherches. Au lieu d'étudier les plantes au sein de la nature, en plein bois, dans les champs ou les prés, il avait eu le courage de s'enfermer, avec son ami, dans une véritable atmosphère mercurielle. Pauvre Ségador !

Par l'action du vide, un effet très curieux se produisit sur le platine. On reconnut ce fait singulier, que M. Dumas découvrait en France, à la même époque, dans le cours d'autres recherches, que le platine renferme des gaz, lesquels s'échappent par l'action du vide. On constata ensuite que, sur le platine, déjà modifié par la perte des gaz qu'il retenait, le passage du courant électrique, continué quelque temps, produit la plus singulière modification physique, à ce point qu'on le prendrait pour un métal nouveau. Il devient prodigieusement dur, extrêmement élastique, et aussi facile à polir que l'argent. Enfin, il n'entre en fusion qu'à une température supérieure au point de fusion du platine ordinaire.

Cependant, en dépit de ces importantes modifications physiques, il arrivait encore trop souvent que le platine entrait en fusion par l'action du courant électrique. L'obstacle qui avait arrêté M. de Changy, vingt ans auparavant, subsistait toujours

Edison espéra prévenir cet accident funeste en recouvrant le fil, au moyen d'un pinceau, d'une mince couche d'un oxyde

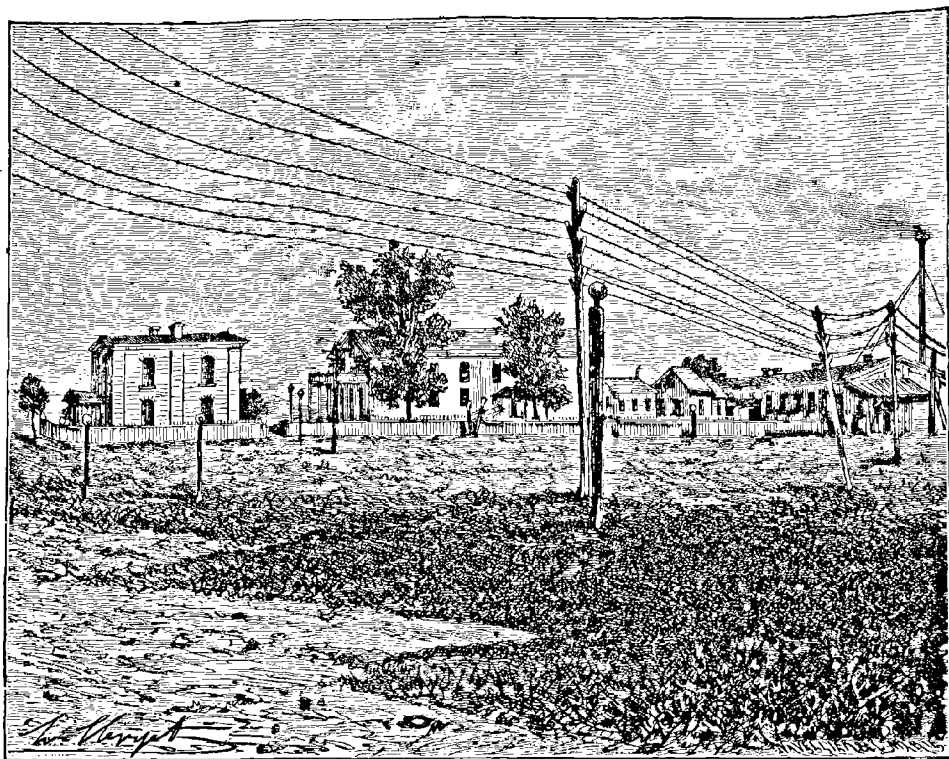


Fig. 39. — Menlo-Park.

métallique. Tous les oxydes métalliques depuis les plus usuels, tels que la magnésie, la chaux et l'oxyde de zinc, jusqu'aux plus rares, tels que les oxydes de glycénium, de zirconium et même de thorium, furent essayés, sans aucun succès.

Une anecdote assez significative se rattache à l'expérience qu'Edison voulut faire avec l'oxyde de thorium.

Ce métal, rarissime, n'existe dans les laboratoires qu'à l'état d'échantillon. On ne le trouve pas dans le commerce, et, pour s'en procurer une certaine quantité, Edison dut s'adresser au plus célèbre des minéralogistes du nouveau monde. L'illustre savant lui répondit, non sans quelque intention ironique, qu'il ne demanderait pas mieux que de lui envoyer du thorium pour des milliers de lampes, mais qu'il n'en existait pas dix grammes dans tous les États-Unis!

CONQUÊTES. — I.

Ayant reçu cette réponse, Edison fait venir M. Moser et lui dit :

« Le thorium existe dans la *monazite*, minéral de la Caroline du Nord, où il est mêlé aux mines d'or que l'on exploite dans ce pays. Vous allez partir tout de suite. Vous ne regarderez pas à la dépense : voici une lettre de crédit. Vous me rapporterez, le plus tôt possible, 50 kilogrammes de *monazite*. »

Trois jours après, M. Moser arrivait dans la Caroline du Nord, à la tête de vingt ouvriers, qu'il faisait travailler aussitôt aux mines d'or. Les vingt ouvriers étaient largement payés ; ils gardaient pour eux toutes les pépites d'or qu'ils recueillaient, et remettaient seulement à M. Moser les petits cristaux de *monazite* qu'ils avaient trouvés.

Quelques semaines après, M. Moser reve-

naît à Menlo-Park avec 50 kilogrammes de *monazite*.

Le jour même, Edison commençait à expérimenter cette substance, qui, malheureusement, comme il vient d'être dit, ne donna pas de bons résultats, et en même temps il s'empressait d'adresser un kilogramme de ce minerai à l'illustre savant qui lui avait déclaré qu'il n'existait pas dix grammes de thorium dans tous les États-Unis.

Dans le minerai de platine, on trouve d'autres métaux, le palladium, le rhodium, l'osmium, l'iridium, le ruthénium. L'un de ces métaux, le rhodium, est moins fusible que le platine. Edison essaya de l'employer au lieu du platine, mais le résultat ne fut pas meilleur.

Il dut se contenter du platine.

La forme définitive de la lampe qu'il adopta, se réduisait donc à une ampoule de verre, contenant un filament de platine tourné en spirale et en rapport avec un courant électrique.

Cette lampe à incandescence, dont le brevet français porte la date de 1866, n'était pourtant qu'un demi-succès.

Edison sentait bien qu'il n'avait pas encore touché le but qu'il visait. Il songea donc à reprendre les essais que beaucoup d'inventeurs avaient faits avant lui, avec le charbon, comme conducteur incandescent. Il se demanda si, en traitant le charbon comme il traitait le platine, il ne parviendrait pas à lui donner la qualité exceptionnelle de ductilité qu'il avait réussi à communiquer à ce métal. Le charbon étant absolument infusible et d'un pouvoir rayonnant supérieur à celui du platine, la substitution du charbon au platine devait présenter toutes sortes d'avantages.

Une fois mis sur cette voie, l'inventeur américain ne la quitta plus, et elle devait le conduire au succès.

La première difficulté, c'était d'obtenir

le charbon à l'état de filaments aussi minces que les fils de platine, aussi flexibles pour être tournés en spirale, et assez fermes pour conserver la forme qu'ils auraient reçue

Pendant que cette idée préoccupait Edison, le hasard lui mit littéralement dans les mains la solution qu'il cherchait. Ayant allumé sa cigarette avec un morceau de papier fortement roulé et pressé, il remarqua que le charbon de ce papier resté dans sa main était une mince spirale, fragile sans doute, mais qui se maintenait quelque temps. Or, qu'était-ce que ce charbon ? Il provenait d'une matière végétale. Il manquait encore de la ténacité et de l'élasticité suffisantes, mais on pouvait chercher des matières végétales capables de donner un charbon ayant les propriétés désirées.

Suivant sa méthode d'expérimentation à outrance, Edison commença par étudier les charbons végétaux de toute origine. Il prit du charbon provenant de toutes les essences de bois, des charbons obtenus par la combustion, opérée en vases clos, de toutes les graminées ; des tiges de toutes les plantes herbacées, annuelles ou vivaces ; des stipes de toutes les variétés de palmiers. D'autre part, il fit étudier, au même point de vue, par ses aides, les charbons de toutes les sortes de papier

Le meilleur résultat fut fourni par le charbon d'un papier spécial qu'il avait fait fabriquer tout exprès avec un coton qui se récolte dans certaines îles, situées près de Charleston. Ce charbon, traité comme le platine, pour le débarrasser des gaz qu'il contient, jouit de toute l'élasticité voulue pour donner un filament éclairant. Il n'avait qu'un défaut : sa lumière était sujette à des variations d'éclat.

A force de réflexions, Edison trouva l'explication de ce défaut. Le papier est une matière feutrée, c'est-à-dire composée de fibres inégalement distribuées, tantôt accu

mulées, tantôt disséminées. Les fibres qui composaient la matière végétale ayant servi à donner la pâte du papier étaient entières en certains points, coupées en d'autres. A travers cette masse hétérogène, le courant électrique rencontrait des résistances inégales. La lumière émise par ce courant devait donc varier d'éclat en traversant cette masse. Au contraire, avec le charbon provenant de la calcination du bois, la trace des fibres naturelles s'étant conservée, malgré l'action du feu, le travail géométrique de la nature qui a tracé les fibres parallèles dans la substance ligneuse, persiste, et le courant électrique parcourt un sillon toujours homogène.

De cette remarque subtile Edison conclut qu'il fallait abandonner le charbon provenant du papier, et concentrer ses recherches sur le charbon provenant du bois.

Bien que peu admirateur des œuvres de la nature, Edison dut, ce jour-là, reconnaître que la mécanique humaine doit quelquefois s'incliner devant la mécanique sortie des mains de Dieu.

Une fois la résolution prise d'adopter le bois carbonisé comme conducteur des lampes à incandescence, Edison s'occupa de réunir tous les bois, toutes les fibres végétales de chaque pays du globe. Il expédia des voyageurs en Chine, au Japon, aux Indes et au Brésil. Un botaniste européen, Brennam, qui avait accompagné le célèbre naturaliste suisse, Agassiz, dans son grand voyage scientifique au Brésil, fut chargé de retourner dans les mêmes forêts, pour y recueillir des plantes inconnues, ou n'existant que dans les herbiers. Enfin, il pria son ami, le botaniste espagnol Ségador, de parcourir le sud des États-Unis et les Antilles.

Ségador, quoique faible et malade, commença son voyage, empressé de concourir à l'œuvre de son ami. Mais, en débarquant à la Havane, il fut attaqué de la

fièvre jaune, et mourut. Il n'avait échappé aux vapeurs meurtrières du laboratoire d'Edison que pour succomber aux fatigues de son voyage. Quand cette nouvelle parvint à Menlo-Park, il y eut bien des regrets et des tristesses pour cette intéressante victime de la science, du travail et de l'amitié.

Grâce aux envois des voyageurs, des montagnes de bois ou de plantes s'accumulèrent bientôt dans le laboratoire d'Edison. Tout fut expérimenté, et par des éliminations successives, on arriva à donner la préférence à la fibre du bambou.

Mais il y a bien des variétés de bambous, et il fallait choisir la plus avantageuse. M. Moser fut envoyé en Chine, pour parcourir les diverses fabriques où l'on travaille le bambou, et visiter toutes les plantations de ce roseau gigantesque. M. Moser recueillit jusqu'à des échantillons de vieux morceaux de bambous ayant servi à la construction de maisons plusieurs fois centenaires. La variété du bambou qui fut reconnue la meilleure est très commune au Japon; de sorte que l'on n'aura jamais la crainte d'en manquer.

Ce qui a fait donner la préférence au bambou, pour l'application qui nous occupe, c'est la parfaite régularité de ses fibres, et la facilité avec laquelle on peut tailler en un mince fil le chaume du bambou. Ce fil ne doit présenter, en effet, qu'une épaisseur d'un cinquième de millimètre. Le travail de division du bambou s'exécute à la mécanique, avec une promptitude merveilleuse. Au lieu de la forme en spirale qu'il donnait primitivement au fil de platine, Edison taille le filament de bambou en fer à cheval allongé, car le charbon du bambou lui-même ne se laisserait pas rouler en spirale aussi facilement que le platine.

Voici donc comment, à l'usine de Menlo-Park, on prépare les filaments de charbon au moyen du bambou.

Une machine divise les tiges de bambou en baguettes de moins d'un millimètre d'épaisseur et de 12 centimètres de longueur. On recourbe chacune de ces baguettes de manière à lui donner la forme d'un U allongé, et on l'introduit dans un petit creuset en fer, sillonné, le long de sa paroi intérieure, d'une rainure, pour recevoir le filament végétal. On dispose 500 ou 1000 de ces creusets de fer dans un four, que l'on chauffe rapidement. Le bambou étant carbonisé, on retire de chaque creuset un fil de charbon de la grosseur d'un crin de cheval.

Pour assujettir ce filament de charbon dans la cloche de verre qui doit le renfermer, on a préparé d'avance une sorte de bouchon de plâtre, qui ferme très exactement la cloche, et qui est lui-même traversé par deux fils de platine destinés à amener le courant électrique au filament de charbon. On attache les deux bouts de ce filament aux deux conducteurs de platine. On soude la cloche de verre à son support de plâtre, et la cloche est ainsi prête à être soumise à l'opération qui doit en expulser l'air.

La cloche est percée, à son sommet, d'un petit tube ouvert. On fixe ce petit tube ouvert sur la pompe pneumatique qui doit extraire l'air de cette petite capacité.

Cette pompe pneumatique, c'est celle de Sprengel, dans laquelle le mercure, en tombant dans un espace limité d'air, remplit un récipient de plus de 76 centimètres de hauteur, équivalant à la pression atmosphérique, chasse l'air de ce récipient et laisse derrière lui le vide. C'est dans la partie de l'appareil où le vide sera fait que l'on place la petite cloche. Le mercure tombe dans le récipient, et l'air de la cloche est expulsé.

Il y a, à Menlo-Park, 500 pompes de Sprengel qui, heureusement modifiées par Edison, fonctionnent seules, sans l'emploi d'aucun ouvrier, et sans produire aucune émission de vapeurs de mercure. Elles ne

se révèlent que par la chute du mercure, qui tombe avec un bruit de grêle.

La perfection du vide est une condition importante, car un filament de charbon qui, dans le vide obtenu simplement par l'ancienne machine pneumatique des cabinets de physique, donnerait une intensité lumineuse équivalente à dix bougies, brûle avec une intensité de seize bougies, quand le vide a été obtenu avec la pompe à mercure de Sprengel.

Il faut ajouter que, pendant que la pompe

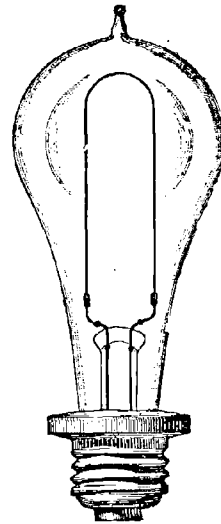


Fig. 40. — La lampe Edison.

de Sprengel chasse l'air des petites cloches, on fait passer à travers le fil de charbon le courant électrique, qui le porte à l'incandescence. La chaleur rouge chasse les gaz qui étaient contenus dans le charbon, et qui disparaissent avec l'air. Ce traitement, imité de celui que l'on faisait subir autrefois au platine, dans les mêmes circonstances, a pour résultat de donner au charbon une grande rigidité et une résistance qui assurent sa durée et sa bonne contenance en présence du courant électrique qui doit le traverser plus tard, c'est-à-dire pendant son service comme agent d'éclairage.

Le vide étant bien opéré, et les gaz entière-

ment chassés, il ne reste qu'à fermer l'ampoule de verre pour qu'elle demeure vide d'air. Un jet de flamme du chalumeau, dirigé sur le petit tube qui a été ménagé au sommet de la cloche, fait fondre le verre, et la cloche est hermétiquement close.

La lampe à incandescence et à courant continu construite par Edison, présente, en définitive, la forme que représente la figure 40.

La figure 41, de grandeur naturelle, permettra de comprendre la marche du courant dans l'ensemble de ce système.

Les fils de platine sont reliés, par leurs bouts libres, à deux armatures de cuivre D, E, isolées l'une de l'autre, et scellées dans un tampon en plâtre, qui forme le socle de la lampe. L'une de ces armatures, E, est un pas de vis; l'autre, D, recouvre le dessous du tampon de plâtre.

Les douilles reproduisent en creux la disposition du socle de la lampe. Leur intérieur est donc garni de deux armatures en cuivre, C et F, dont l'une, F, forme écrou, et dont l'autre, C, recouvre le fond de la douille. Elles sont isolées au moyen d'une plaquette, L, de composition spéciale. M est un manchon également isolant.

Aux deux armatures C et F viennent s'attacher les fils de cuivre qui amènent le courant. Quand on place une lampe dans la douille, il s'établit un contact entre la vis E et l'écrou F, et un autre entre les deux plaquettes C et D.

La douille se visse aux extrémités des bras d'appliques ou de lustres, à l'intérieur desquels circulent les fils conducteurs du courant.

Il est aisé de suivre le passage du courant. Amené par l'un des fils conducteurs à l'armature C de la douille, il traverse successivement le fil de platine qui part de la plaque D, le charbon et le deuxième fil de platine, pour aboutir, après s'être replié en arc, à l'armature E. Ici il rentre dans la douille et s'écoule dans le fil de retour.

Le charbon, opposant une forte résistance au courant, s'échauffe rapidement et devient incandescent.

On emploie des cloches de dimensions

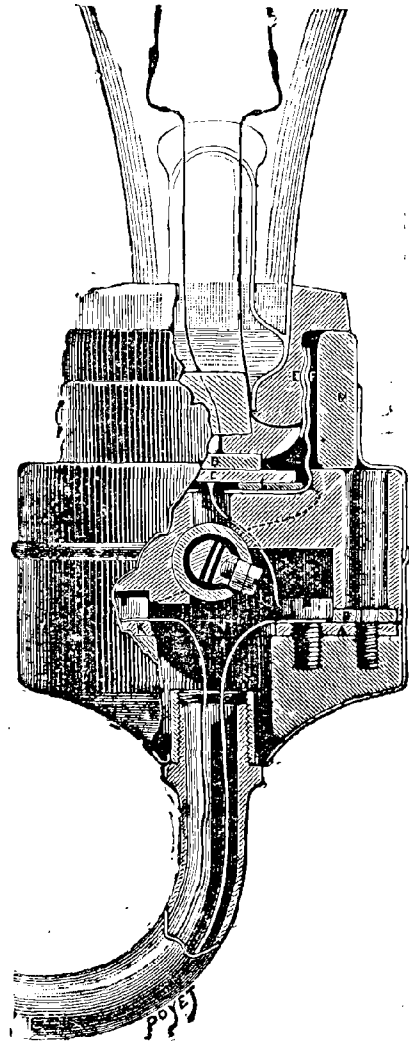


Fig. 41. — Coupe de la lampe Edison et de son socle. (Jonction des fils de platine de la lampe aux fils de cuivre du circuit.)

D, armature de la lampe; E, pas de vis; C, armature de la douille; F, écrou; L, plaquette isolante; M, manchon isolant; A, K, plaquettes de raccordement des fils intérieurs et des fils extérieurs.

différentes, en donnant aux fils de charbon une longueur et une disposition en rapport avec cet accroissement de grandeur. Dans les lampes entières (fig. 40), le fer à cheval du charbon a près de 12 centimètres de dé-

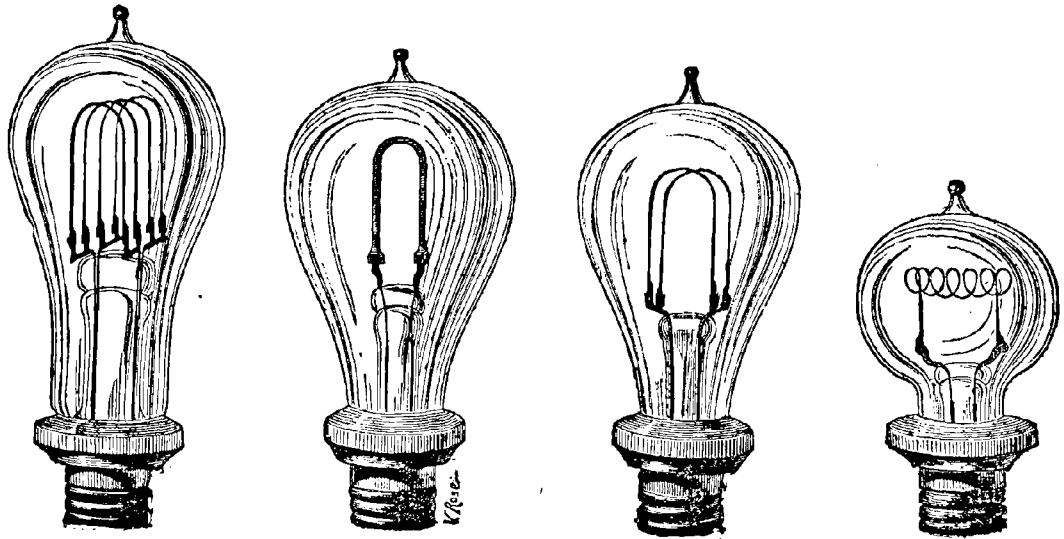


Fig 42. — Divers types de la lampe Edison.

veloppement, et dans les *demi-lampes* 6 centimètres seulement. L'intensité de la lumière varie naturellement selon le volume du conducteur du charbon et l'intensité du courant. Dans les *lampes entières* l'intensité lumineuse est équivalente à environ deux becs de la lampe Carcel, et d'un bec Carcel dans les *demi-lampes*.

On arrive d'une autre manière à augmenter la puissance éclairante. On place parallèlement, dans la petite ampoule de verre, plusieurs filaments de charbon. Les figures réunies sous le n° 44 montrent ces dernières dispositions.

Dans la figure 42 (c), deux fers à cheval de charbon sont placés parallèlement l'un à côté de l'autre et sont réunis de manière à concentrer dans la lampe deux foyers lumineux exactement semblables. Ils présentent alors une intensité lumineuse double de celle des lampes ordinaires. Dans le modèle que représente la figure 42 (a) il y a quatre fers à cheval de charbon, ce qui quadruple l'intensité lumineuse. Dans le modèle d, on a concentré dans un espace plus restreint

la lumière fournie par un long charbon incandescent en tortillant le fil en hélice, comme M. Th. du Moncel avait fait dans ses tubes de *Geissler* destinés à éclairer les cavités obscures du corps humain. Enfin, dans le modèle b, on a employé des charbons d'une plus grande section, pour supporter, sans se rompre, de plus fortes intensités électriques, et par conséquent pour fournir des foyers beaucoup plus intenses. Mais cette dernière disposition ne peut toujours se réaliser avec une lampe à incandescence, dont le courant électrique alimentaire n'est pas calculé pour développer une grande intensité lumineuse dans chaque bec.

Les lampes à incandescence sont beaucoup plus solides qu'on ne le croyait au début. Il en est qui suffisent à sept ou huit cents heures d'éclairage. La perte d'une cloche n'est pas, d'ailleurs, un accident d'importance ; il n'a pas plus de gravité que la casse d'un verre de cristal de nos lampes à huile. On les remplace au prix de 1 franc 25 centimes la pièce.

Les lampes, de quelque modèle qu'elles soient, sont munies d'un pas de vis qui permet de les fixer, si on le veut, et de leur donner toutes les formes que l'on désire. On peut donc les disposer sur des appliques, sur des lustres, et même sur des chandeliers portatifs. En outre, les lampes à incandescence se prêtent beaucoup mieux à l'ornementation que le gaz ou les bougies, car elles brûlent dans tous les sens. La lumière enfin y est utilisée d'une façon

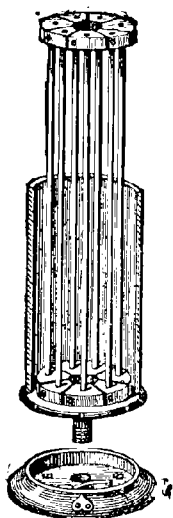


Fig. 43. — Régulateur Edison sans son enveloppe.

plus avantageuse, puisqu'on peut la diriger, au moyen de réflecteurs, sur tel point qu'on le veut. C'est une qualité précieuse pour éclairer le travail des ouvriers. Dans les lustres on pourrait mettre la lampe la tête en bas : toute la lumière serait réfléchi vers le sol sans projeter aucune ombre.

Edison a ajouté, quand il existe un groupe de lampes composant un lustre, un *commutateur*, pour distribuer la lumière à une distance quelconque, et à un nombre quelconque de lampes composant ce lustre. On peut, de la même manière, commander tout un groupe de lampes d'un atelier, et en réaliser avec la plus grande facilité l'allumage et l'extinction instantanés.

Les *commutateurs* se placent sur les

deux fils principaux de l'appartement ou du local, le long desquels se ramifient les fils plus petits des appareils dispersés. Il est facile de les fixer, à l'aide de vis, contre une cloison ou un mur,

Pour satisfaire à certaines exigences spéciales, comme celles des théâtres par exemple, où il est nécessaire de pouvoir affaiblir ou augmenter à volonté l'intensité d'un groupe de becs, Edison a adjoint à ses lampes un *régulateur*, c'est-à-dire un appareil qui permet de régler à volonté

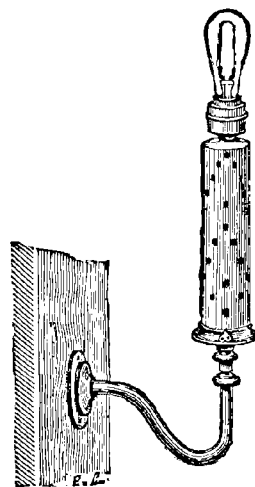


Fig. 44. — Régulateur Edison avec son enveloppe.

l'intensité de la lumière d'un lustre ou d'une réunion de cloches éclairantes.

Le *régulateur* est formé de l'assemblage de cinq baguettes de charbon, dans l'une desquelles on peut à volonté faire passer le courant qui se rend aux lampes. Il suffit, pour cela, de rattacher électriquement le *régulateur* au socle qui supporte les lampes. Ces baguettes de charbon sont de grosseur différente, et, selon leur grosseur, elles offrent au passage du courant plus ou moins de résistance ; ce qui diminue la quantité d'électricité envoyée à la lampe, et par conséquent réduit son éclat.

La figure 43 représente le *régulateur* de la lumière électrique, qui permet d'affaiblir la lumière dans la proportion que l'on



Fig. 45. — L'Escalier de l'Exposition Internationale d'électricité, éclairé par les lampes Edison et Swan.

désire. On voit qu'il est composé de sept crayons de charbon, de différentes grosseurs. Suivant qu'on fait passer le courant à travers tel ou tel d'entre eux, on obtient une intensité de lumière correspondante.

Comme le montre la figure 46, l'appareil est enveloppé d'une chemise cylindrique, qui est percée de trous, pour éviter une trop grande chaleur. Elle est surmontée d'une petite lampe à incandescence, qui

indique à l'œil le degré d'affaiblissement de lumière que l'on a obtenu.

L'appareil se pose sur le disque D que l'on voit séparément, à la partie inférieure de la figure 43. Pour le manœuvrer, on tourne le disque de manière à faire appuyer un ressort de contact sur tel ou tel des supports des charbons, ce qui est indiqué à l'extérieur par un index et par des divisions gravées à la base du cylindre.

C'est le même résultat que l'on obtient

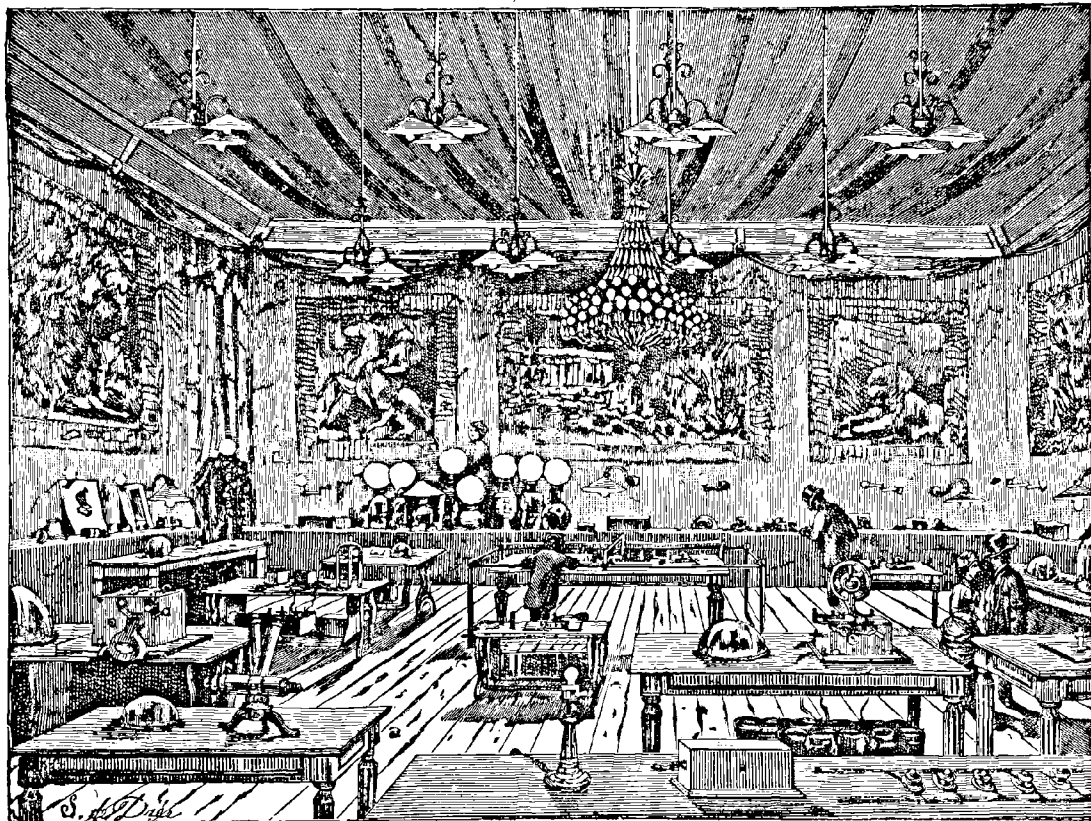


Fig. 46. — Une salle de M. Edison, à l'Exposition d'électricité

dans les lampes à huile en baissant ou en élevant plus ou moins la mèche, au moyen du bouton qui est fixé à la crémaillère agissant sur le porte-mèche.

Telle est la *lampe électrique à courant continu et à conducteur de charbon*, que nous devons à Edison, et pour laquelle le physicien de Menlo-Park a mis à profit les travaux de tous ses devanciers

Le mérite d'Edison ne réside pas dans la construction de la *lampe à courant continu et à conducteur de charbon*, évidemment connue avant lui. Ce qu'on lui doit particulièrement, c'est la série de dispositions qu'il a imaginées pour généraliser ce mode d'éclairage.

Tout n'est pas terminé, en effet, quand on a construit une lampe électrique don-

nant une bonne lumière et revenant à un prix modique. Il faut fournir à cette lampe le courant électrique qui doit l'illuminer. On ne saurait exiger de chaque particulier qu'il installe dans sa maison une machine à vapeur et une machine génératrice d'électricité, pas plus qu'on ne voudrait installer chez soi une usine pour la préparation du gaz. Il faut donc alimenter cette lampe d'électricité, d'une façon indépendante du consommateur. Il faut que le particulier n'ait qu'à tourner un robinet, pour avoir de la lumière, absolument comme il fait avec le gaz.

C'est d'après ces considérations qu'Edison aborda le problème suivant : produire de l'électricité dans une usine centrale et la transporter au lieu de consommation, et

moyen d'une canalisation souterraine. Nous exposerons dans le chapitre des *Applications de l'éclairage électrique*, en traitant de l'éclairage à domicile, les dispositions qu'Edison a imaginées pour réaliser la canalisation de l'électricité.

Les lampes Edison, telles que nous venons de les décrire, apparurent pour la première fois, en Europe, en 1881. Elles figuraient au nombre des plus intéressantes nouveautés de cette merveilleuse Exposition internationale d'électricité, qui a été l'un des événements scientifiques les plus importants de notre siècle, car elle révéla aux savants, comme au vulgaire, les progrès extraordinaires qu'avaient faits dans un bref intervalle, les applications de l'électricité.

Dans cette belle Exposition les lampes Edison concouraient à l'éclairage du grand escalier allant de la nef aux galeries du premier étage. Nous représentons, dans la figure 45, l'escalier du Palais de l'Industrie éclairé par les lampes Edison et Swan.

A la même Exposition, les divers appareils et inventions de Thomas Edison occupaient deux grandes salles du premier étage. Nous représentons dans la figure 48 l'aspect de l'une de ces salles.

La *Société électrique Edison* a créé à Paris, en 1882, une usine pour la fabrication des lampes à incandescence. Th. du Moncel a publié, dans le journal *la Lumière électrique*, une description intéressante de cette usine, dirigée par l'un des collaborateurs d'Edison, M. Batchelor, et située à Ivry, dans les bâtiments de l'ancienne fabrique d'orgues Alexandre.

C'est dans les diverses parties de ces vastes bâtiments que sont installées les machines destinées à la fabrication économique des engins entrant dans le système d'éclairage par incandescence.

Nous reproduirons quelques passages de la description donnée par Th. du Moncel, de l'usine d'Ivry.

Dans l'un des bâtiments se trouvent les tours et outils d'ajustage nécessaires pour la construction des machines dynamo-électriques destinées à la production de la lumière. On en construit de plusieurs modèles, qui peuvent fournir individuellement l'éclairage de 17, 60, 100, 125, 150, 250, 500 et 1200 lampes.

Dans d'autres bâtiments sont les ateliers affectés à la fabrication des lampes. On y voit les petites lamelles de bambou qui arrivent du Japon, par bottes, passer par diverses mains, pour se trouver réduites à l'épaisseur voulue, qui est celle d'une feuille de papier, et être, en fin de compte, découpées, de manière à présenter la grosseur d'un filament délié, parfaitement calibré et terminé à ses deux bouts par une sorte d'évasement, au moyen duquel on le fixe aux fils du circuit voltaïque.

Ailleurs, on procède à la carbonisation des filaments. On commence par les mettre dans de petits moules plats et hermétiquement fermés, en les recourbant en fer à cheval ; puis on place les moules dans des caisses en graphite bien closes, que l'on met, à leur tour, dans des fours, chauffés à une haute température.

La fabrication des ampoules de verre de ces sortes de lampes s'effectue dans deux ateliers différents. Dans l'un on construit les tubes de verre à travers lesquels sont soudés les fils de platine auxquels doivent être attachées les extrémités des filaments de charbon ; dans l'autre, on fabrique les ampoules au sein desquelles les tubes précédents doivent être introduits avec leur charbon, et qui doivent être soumises à l'action du vide.

C'est une chose curieuse que de voir la promptitude avec laquelle ces diverses opérations sont effectuées. On peut fabri-

quer jusqu'à 500 lampes par jour. Mais ce qui excite surtout l'intérêt, c'est la manière dont le vide est fait dans ces lampes. Il y a là toute une installation de cabinet de physique. Qu'on imagine, dans une vaste salle, une sorte d'enceinte allongée, fermée par trois cloisons, de 2 mètres environ de hauteur, et sur les parois desquelles sont installés extérieurement, par séries, 500 tubes barométriques à mercure. A chacun de ces tubes, est adaptée une lampe, avec son ampoule non encore fermée, et, au milieu de l'espace confiné par les cloisons, deux grands tubes de fonte, d'environ 20 centimètres de diamètre, communiquant avec les 500 tubes, sont mis en rapport avec une énorme machine à vide de Sprengel.

L'opération du vide dans les lampes est extrêmement importante et très délicate, car non seulement le vide doit empêcher la combustion du filament de charbon, mais il doit encore augmenter la ténacité du filament lui-même. C'est pourquoi on doit procéder à plusieurs opérations successives effectuées après des intervalles de temps plus ou moins longs, pendant lesquels on rend le filament incandescent, sous l'influence d'un courant plus ou moins énergique. De cette manière, les gaz renfermés dans les pores du charbon, se dégagent; la densité de celui-ci augmente, et sa ténacité devient assez grande pour être comparable à celle d'un fil métallique. Dans ces conditions, un filament de charbon gros comme un cheveu peut résister à de fortes secousses communiquées à la lampe, dont la durée n'est pas inférieure à huit cents heures.

CHAPITRE X

LES LAMPES A INCANDESCENCE DE M. SWAN, DE NEWCASTLE, DE M. LANE FOX, DE LIVERPOOL, ET DE M. MAXIM, DE NEW YORK.

Comme on l'a suffisamment appris par l'historique de la découverte des lampes à incandescence, M. Edison n'est pas l'inventeur du système d'éclairage électrique par incandescence. D'autres l'avaient précédé dans cette voie.

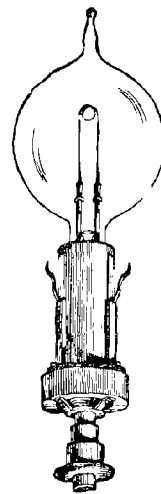


Fig. 47. — Lampe Swan.

Nous examinerons, comme particulièrement dignes d'attention, les lampes à incandescence de M. Swan, constructeur anglais, celles de M. Lane Fox, de Liverpool, et celles de M. Maxim, de New York.

M. Swan était un commerçant de Newcastle, qui avait publié quelques travaux de chimie appliquée aux arts. Nous avons dit que de 1873 à 1878 les physiciens russes Lodyguine, Bouliguine et Konn avaient fait usage de crayons de *charbon de cornue de gaz* rendus incandescents dans le vide par le courant électrique; mais quel inconvénient capital qui avait fait renoncer aux crayons de charbon de cornue, c'est qu'ils s'amin-

courant, et finissaient par se briser. M. Swan, le premier, ouvrit la voie, qui fut ensuite parcourue par d'autres chercheurs, en composant le conducteur destiné à devenir

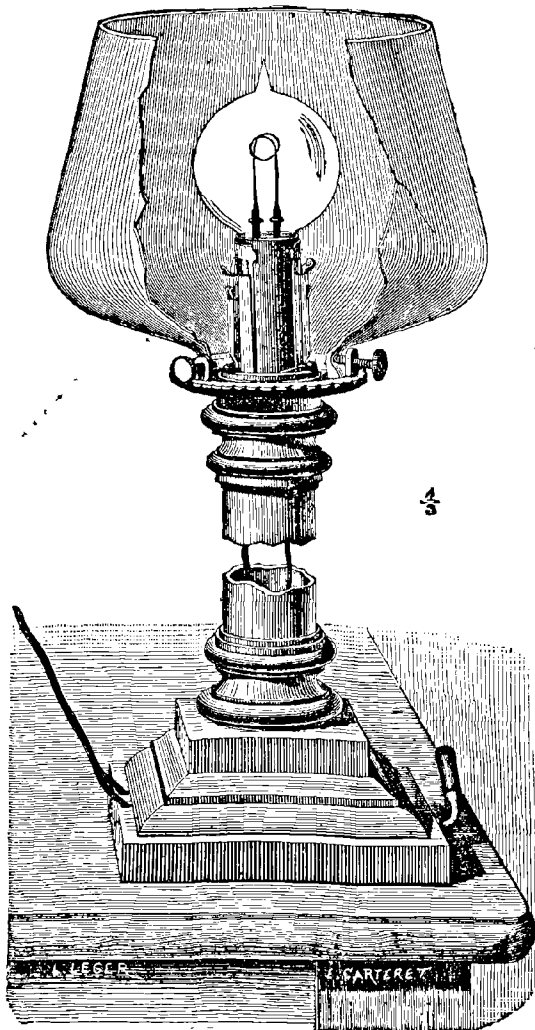


Fig. 43. — Lampe Swan avec son socle.

incandescent, d'une spirale de carton carbonisé.

La première lampe à incandescence de M. Swan se composait d'une ampoule de verre contenant le conducteur de charbon, serré entre deux petits blocs de charbon. On faisait le vide dans cette cloche, au moyen de la machine pneumatique. Mais le vide obtenu par la machine pneumatique étant

incomplet, le charbon n'était pas porté à une incandescence assez vive, et les parois de l'ampoule de verre se couvraient de produits charbonneux, qui altéraient sa transparence.

L'emploi de la pompe de Sprengel permit à M. Swan de faire le vide d'une manière absolue. Enfin, le perfectionnement des machines magnéto-électriques, par M. Gramme et M. Werner Siemens, donnèrent à M. Swan les moyens d'alimenter ses lampes d'un courant électrique d'une énergie suffisante. Il reprit donc ses premières expériences, avec l'aide d'un physicien de Birkenhead, M. Stearn, à l'époque où Edison attaquait le même problème, c'est-à-dire en 1877.

La pompe de Sprengel rendait le vide complet, mais le charbon se désagrégait encore très vite dans les lampes de M. Swan, ce qui provenait de l'existence de gaz dans les baguettes de charbon. Le courant électrique entretenu pendant que la pompe de Sprengel opérait le vide, chassa tous les gaz, et le charbon acquit ainsi la propriété de la durée, qui lui avait toujours manqué. C'est ce qu'Edison reconnaissait à la même époque.

Le 20 octobre 1880, M. Swan présenta à la *Société philosophique et littéraire de Newcastle* sa lampe perfectionnée. Voici comment cet inventeur la construit aujourd'hui.

Ce n'est plus avec du carton, mais avec du coton en tresses, longues de 10 centimètres, mis en forme de fer à cheval et carbonisé, que M. Swan obtient le conducteur incandescent. Les mèches de coton sont d'abord traitées par l'acide sulfurique étendu d'un tiers d'eau, réactif qui le durcit, le transforme en papier parchemin et, pour le dire en passant, ce procédé de durcissement des tissus ligneux, du papier, du coton, etc., a été inventé et publié par moi en 1846. Ce coton, durci par l'acide sulfurique, est ensuite carbonisé dans un creuset, que l'on a rempli en partie de charbon en poudre, et

que l'on chauffe au rouge. Le fil de charbon que l'on retire du creuset, et qui a la forme d'un fer à cheval, est alors enfermé dans une petite sphère de verre, qui n'a pas plus de 8 centimètres de diamètre, et l'on y fait le vide, au moyen de la pompe de Sprengel.

Ainsi que nous l'avons expliqué en parlant de la fabrication des lampes Edison, pendant que l'on opère le vide dans la petite cloche, on fait passer le courant dans le conducteur ce qui a pour effet d'expulser les gaz contenus dans le charbon. Ce courant est maintenu l'espace d'une demi-heure. La lampe est alors fermée, en faisant fondre, par le jet de flamme d'un chalumeau, le petit tube ouvert qui surmonte la sphère, et qui, une fois fondu, ne laisse à sa place qu'un petit bourrelet. La cloche a alors la forme que représente la figure 47.

Le support de la lampe étant enfoncé dans un chandelier, à peu près comme une bougie, et le tout étant enveloppé d'un globe demi-opalin, la lampe Swan, enveloppée de son globe de cristal, a la forme que représente la figure 50.

Cette lampe reçoit le courant électrique au moyen de deux minces fils conducteurs,

ce qui permet de placer les cloches éclairantes dans un lieu quelconque. La réunion d'un nombre suffisant de ces cloches

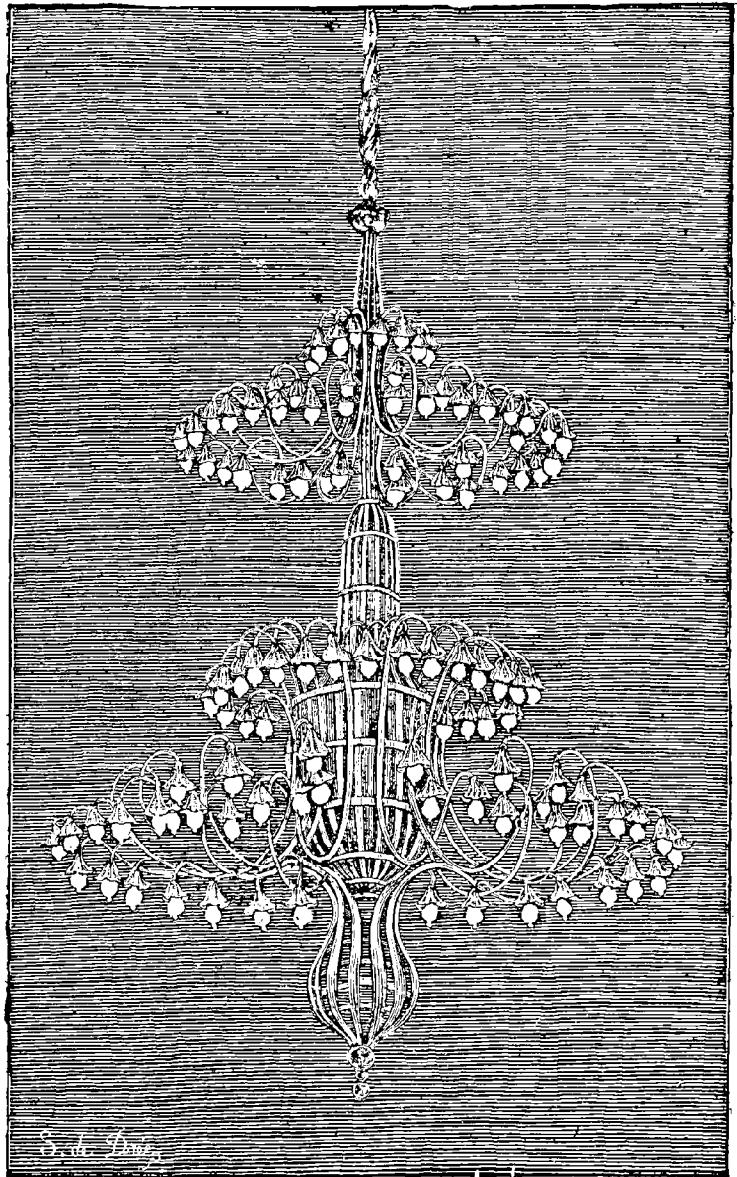


Fig. 49. — Lustre Swan.

donne différents appareils d'éclairage.

Nous représentons dans la figure ci-dessus le lustre résultant de la réunion d'un certain nombre de petits globes de M. Swan.

La lampe Swan a un éclat d'environ deux

becs Carcel. On peut, si on le désire, affaiblir son éclat en prenant un conducteur de charbon plus court ou en faisant usage d'un courant plus faible.

Pour allumer la lampe ou l'éteindre, on se sert d'un *commutateur*, mû à la main, qui donne accès à l'électricité dans les fils conducteurs, ou qui interrompt son arrivée.

Le système Swan n'aurait rien à envier au système Edison, si M. Swan s'était

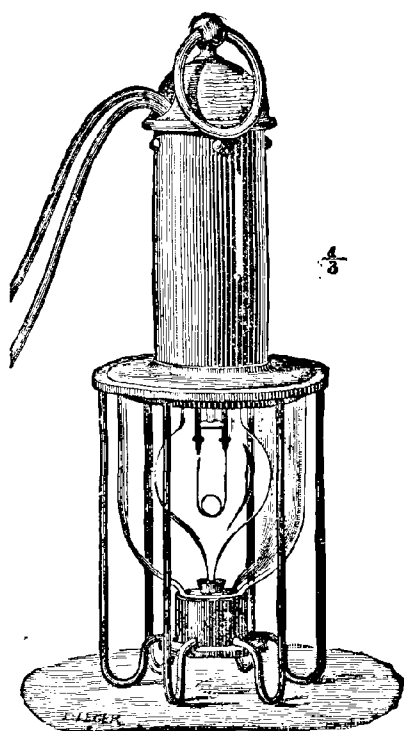


Fig. 50. — Lampe des mineurs, système Swan.

inquiété de la source particulière d'électricité destinée à alimenter ses luminaires. Les lampes Swan sont actionnées par une machine dynamo-électrique quelconque, tandis que M. Edison fait usage d'une machine dynamo-électrique spéciale appliquée à ses lampes, qui donne, à ce qu'il assure du moins, la plus grande somme de lumière, à moins de frais possible.

La lampe Swan fonctionne, en effet, avec toute espèce de courants fournis par les machines magnéto- ou dynamo-élec-

triques, à courants continus ou alternatifs, ou enfin par les piles accumulatives. C'est ce qui permet de les employer avec la plupart des générateurs d'électricité déjà existants pour des installations antérieures où l'on faisait usage de l'arc voltaïque.

C'est là, tout à la fois, un avantage et un inconvénient. Il est assurément commode de pouvoir se servir d'une source quelconque d'électricité, mais le résultat n'est pas toujours avantageux, car une lampe électrique ne donne tous ses avantages qu'avec le générateur d'électricité qui lui est propre.

Le système Swan a reçu un nombre considérable d'applications en Angleterre et en Amérique.

Pendant l'Exposition internationale d'électricité de Paris, en 1881, il servit à éclairer les salles des séances du Congrès des électriciens.

M. Spaltisvoode, le président de la *Société royale de Londres*, en fait usage pour l'éclairage de son château de Comb-Bank. Sir W. Armstrong éclaire aussi par le même système sa résidence de Craigside.

L'amirauté anglaise a installé la lampe Swan sur son grand vaisseau cuirassé *l'Inflexible*, et quelques compagnies maritimes ont adopté ce mode d'éclairage : la Compagnie Imman, pour ses nouveaux steamers, *City of Richmond*, *City of Rome*, etc. ; la Compagnie Cunard, pour la *Servia* ; la Compagnie White Star, pour *l'Asiatique*, etc.

M. Swan a éclairé, avec ses lampes, les mines de Plasley (comté de Nottingham)

Il n'est pas besoin de beaucoup insister pour faire comprendre que l'éclairage électrique par incandescence est appelé à remplacer, dans les mines de houille, la lampe de sûreté de Davy. Cette lampe, malgré toute son utilité, a l'inconvénient, ainsi que nous l'avons fait remarquer à propos des travaux de M. de Changy, d'éclairer d'une manière insuffisante; ce qui force souvent le mineur à retirer la lampe

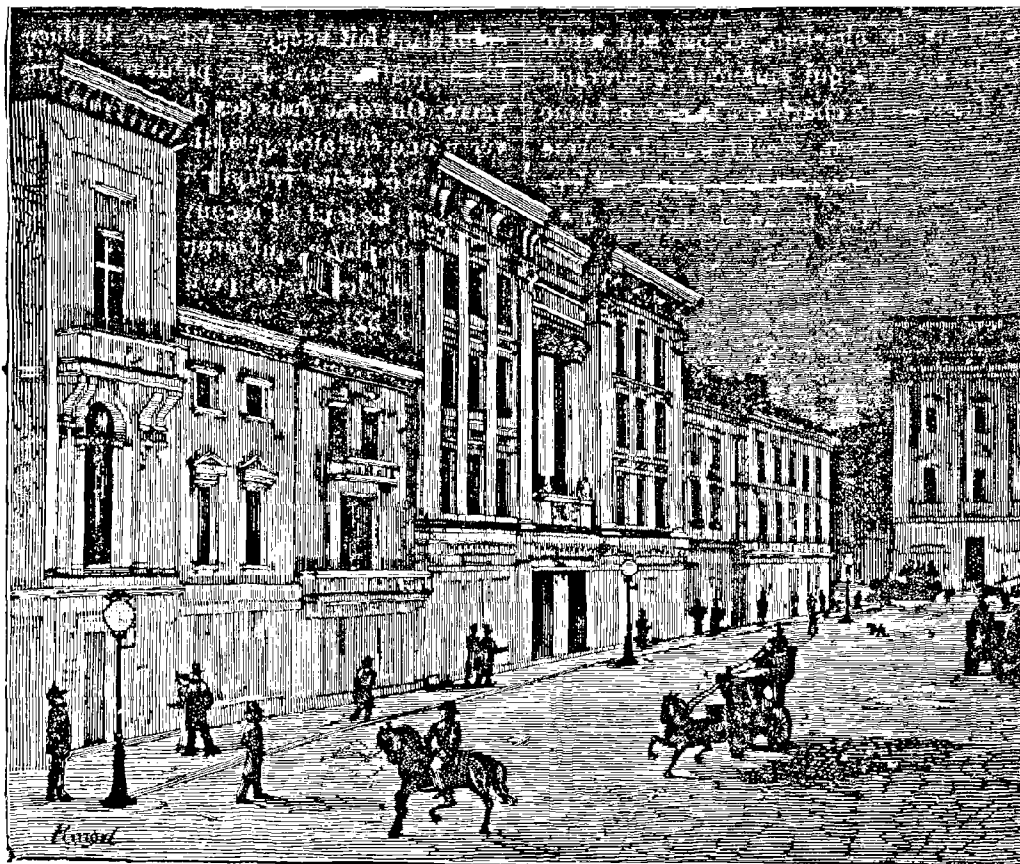


Fig. 51. — Une rue de Newcastle éclairée par les lampes Swan.

de son enveloppe, et à s'exposer ainsi à mettre le feu au *grisou*. Avec l'électricité, rien à craindre de ce genre. La lampe éclaire parfaitement la galerie, et, viendrait-elle à se briser, le conducteur incandescent donne si peu de chaleur, qu'il ne saurait déterminer l'inflammation du mélange détonant.

Par ces considérations, la lampe électrique sera, à l'avenir, la lampe de sûreté du houilleur. Aussi M. Swan n'est-il pas le seul à avoir transporté l'éclairage électrique à l'intérieur des mines. Si ce n'était trop sortir du sujet que nous traitons en ce moment, nous pourrions signaler beaucoup de systèmes qui ont été proposés ou essayés tant pour éclairer les galeries de mine de houille par l'électricité, que pour munir l'ouvrier

d'une lampe électrique portable. Nous représentons (fig. 50) le modèle de lampe que M. Swan construit pour l'éclairage des mines.

En 1882, tout un théâtre à Londres, le Théâtre Savoy, a été éclairé par les lampes Swan, et c'est par le même système, alimenté par des *accumulateurs Faure*, que le théâtre des Variétés, à Paris, fut éclairé, du mois de novembre 1882 au 1^{er} mai 1883, ainsi que nous le dirons dans un des chapitres suivants.

La fabrication des lampes Swan occupa de nombreux ouvriers à Newcastle. Dans cette ville, pays de l'inventeur, les lampes Swan servent à éclairer plusieurs rues (fig. 51).

M. Lane Fox, anglais comme M. Swan, fabrique une lampe à incandescence qui ne

diffère de la précédente que par l'origine du conducteur de charbon, et par son mode d'attache aux fils qui amènent le courant.

Le filament de charbon a la même forme que celui d'Edison, c'est-à-dire la forme d'un U; mais il provient d'un brin de chientendent carbonisé. Les filaments de chientendent

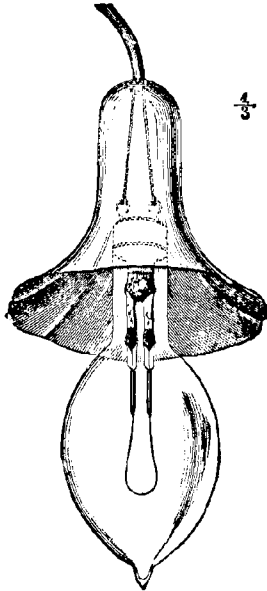


Fig. 52. — Lampe de Lane Fox.

ont été durcis en les imprégnant de soufre, mêlé à de l'oxychlorure de zinc. Il paraît que l'addition de ces produits étrangers durcit le charbon, comme le soufre durcit le caoutchouc, dans l'opération connue sous le nom de *vulcanisation*.

Quoi qu'il en soit, les filaments de chientendent, mêlés de soufre et d'oxychlorure de zinc, sont carbonisés dans un creuset fermé, et placés ensuite dans une ampoule de verre en forme de poire. On fait alors le vide dans la cloche, avec la pompe de Sprengel, et on la ferme en fondant au chalumeau le petit tubeterminal, comme nous l'avonsexpliqué.

Il aurait pu arriver que les fils conducteurs du courant, c'est-à-dire les fils de platine, s'échauffassent par le passage du courant, jusqu'à faire fondre le verre de la cloche. Pour éviter ce danger, M. Lane-Fox

a adopté un moyen d'attache qui diffère de celui dont fait usage M. Edison. Il place les fils de platine dans deux petits manchons de verre. On verse dans ces deux manchons de verre une certaine quantité de mercure, et on achève de les remplir avec de la ouate de coton. Le tout est recouvert d'une épaisse couche de plâtre, qui ferme l'ampoule où se réunissent les deux petits manchons de verre (fig. 52).

La lampe de M. Lane Fox est à peu près de la même force éclairante que celle de M. Swan : trois ou quatre becs Carcel, ou un ou deux becs de gaz ordinaires. L'éclat varie, d'ailleurs, selon l'intensité du courant électrique.

La lampe de M. Lane Fox n'a reçu ni en Angleterre ni en Amérique d'application à

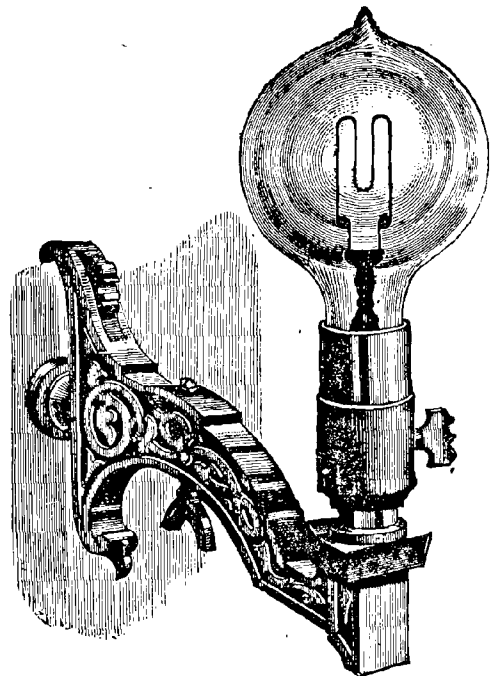


Fig. 53. — Lampe Maxim.

l'éclairage public ou privé, qui mérite d'être signalée.

En Amérique, M. Maxim, ingénieur, fabrique une lampe à incandescence, qui rivalise avec celle d'Edison. On ne peut lui reprocher, ce qui ne saurait pourtant



Fig. 34. — Eclairage du foyer de l'Opéra de Paris par les lampes Maxim, Edison, et les lampes-soleil.

être considéré comme un défaut, que son excès de puissance éclairante, excès qu'il faut maîtriser par un régulateur spécialement imaginé dans ce but.

M. Hiram Maxim est né dans le canton de Maine, à Sangenville, en 1841. Après une série de travaux consacrés à l'art des constructions, il aborda la question industrielle de l'électricité; et il parvint à créer un système d'éclairage par incandescence, qui est analogue, sous plusieurs rapports, mais nullement identique avec celui de M. Edison.

13

M. Maxim a cédé ses droits d'inventeur à la Compagnie *United States electric lighting Company*, fondée en 1877. En 1880, il outilla ses usines d'une façon gigantesque, à tel point qu'elles occupent, à New York, une armée de travailleurs.

Ce qui différencie la lampe à incandescence de M. Maxim des lampes du même système physique, c'est que la petite cloche dans laquelle le charbon devient lumineux, n'est point vide d'air, mais remplie d'un gaz impropre à la combustion : un carbure d'hydrogène, que l'inventeur appelle *gazoline*.

CONQUÊTES. — I.

Le conducteur est un morceau de charbon préparé avec du carton Bristol, que l'on découpe en forme d'M, et que l'on fait roussir entre deux plaques de fonte chauffées. On le place ensuite dans le carbure d'hydrogène gazeux, lequel forme à sa surface un dépôt de charbon, qui le rend conducteur. Lorsqu'il est fixé dans la lampe, on achève de le carboniser, en y faisant passer le courant électrique, de manière à le rendre incandescent.

La longueur et la forme aplatie de ce filament simplifient son attache avec les fils de platine qui amènent l'électricité. Il suffit d'aplatir un peu les extrémités de ces fils de platine et d'y percer deux trous. On peut alors fixer ces extrémités au filament charbonneux, au moyen de petites vis. Ces fils sont eux-mêmes empâtés dans un ciment particulier, qui se soude facilement au verre (fig. 53)

Le charbon de la lampe Maxim dure moins que celui de la lampe d'Edison. Il ne suffit qu'à un éclairage de 300 heures, ce qui s'explique par la température plus élevée à laquelle il est maintenu.

Comme il présente, en raison de sa forme, une plus grande surface de rayonnement, le charbon de la lampe Maxim émet une lumière plus intense que celle des lampes Swan et Edison. Mais un courant plus énergique est nécessaire pour produire cet effet. Si la quantité d'électricité n'est pas suffisante, le fil rougit seulement, mais ne s'élève pas jusqu'à la chaleur blanche. Il fournit alors une lumière jaunâtre, mêlée de rayons rouges, analogue à celle du gaz le plus ordinaire. C'est ce qui arrivait parfois à l'Exposition d'électricité de Paris. Mais quand elles sont alimentées par des machines puissantes, les lampes Maxim donnent une lumière très intense, qui va jusqu'à douze ou quatorze becs Carcel.

La lampe à incandescence de l'ingénieur américain pourrait donc rivaliser d'éclat

avec la lampe Werdermann, et même avec les bougies Jablochkoff. Seulement, elle deviendrait alors trop éblouissante pour l'éclairage des appartements. Il faudrait l'entourer d'un globe de verre demi-opaque, comme les bougies Jablochkoff, et perdre ainsi de la lumière. Tel n'est pas le but de l'éclairage par incandescence.

La teinte de la lumière fournie par ces lampes est toujours un peu rosée, parce que le conducteur, ayant un assez grand volume, ne s'échauffe pas toujours jusqu'à la chaleur blanche.

M. Maxim a eu le mérite de créer, comme M. Edison, toute une installation pour la production, le réglage des lampes, et la distribution de l'électricité. Une machine magnéto-électrique particulière alimente ses lampes, qui sont, en outre, pourvues d'un *régulateur*, pour empêcher une trop grande exaltation de l'effet lumineux, provenant d'un courant trop énergique. Ce *régulateur* permet, dans un lustre composé d'un certain nombre de ces luminaires, de maintenir au courant la même énergie, soit qu'on éteigne, soit qu'on allume un certain nombre de lampes.

La lampe Maxim reçoit aujourd'hui beaucoup d'applications en Amérique.

Le 18 octobre 1881, des essais d'éclairage électrique furent faits à l'Opéra de Paris, avec les lampes Maxim, jointes aux lampes Edison. Les lampes Maxim étaient installées dans les deux salons qui terminent la grande galerie du foyer du public. Sur la cheminée étaient deux candélabres éclairés par le procédé Maxim. Les galeries du foyer proprement dit avaient reçu des lustres Edison. J'ai assisté à cet essai, et puis assurer que l'éclairage était parfait. Il péchait même pas trop d'intensité. Il laissait seulement à désirer sous le rapport de l'illumination des peintures du plafond, qui manquaient de lumière.

C'est pour cela que l'on ajouta, quelques

temps après, aux lampes Maxim et Edison, deux lampes-soleil (fig. 56). On sait que ces lampes peuvent être disposées de manière à projeter la lumière de haut en bas, ou de bas en haut. C'est de cette dernière façon qu'elles furent dirigées, et les peintures du plafond eurent alors toute leur valeur. Le foyer de l'Opéra ainsi éclairé par le secours des lampes Edison et Maxim et de la lampe-soleil, était d'un effet éblouissant.

Personne n'ignore que les peintures de Baudry ont été gravement endommagées par la fumée des becs de gaz, et que l'on a craint un moment la destruction totale de ces compositions célèbres. Un nettoyage intelligent a fait disparaître le voile charbonneux qui menaçait de détruire une des plus belles œuvres de l'art contemporain. Mais il est évident que si l'on était souvent obligé de la répéter, cette opération ne pourrait à la longue qu'altérer les couleurs, et que la destruction des peintures ne serait, en fin de compte, que retardée. L'éclairage électrique, qui ne répand dans l'air aucuns produits gazeux, ou autres, susceptibles de se déposer sur les parois de pièces éclairées, est évidemment le meilleur moyen d'éviter l'altération à laquelle toute œuvre de peinture est forcément condamnée avec l'éclairage au gaz. Il y a là une considération de plus pour applaudir à l'introduction qui a été faite, définitivement, en 1886, de l'éclairage électrique dans toutes les parties de l'Opéra de Paris.

Nous venons de passer en revue, avec les systèmes Edison, Swan, Lane Fox et Maxim, les procédés d'éclairage par incandescence qui ont le plus attiré l'attention jusqu'à ce jour. Nous n'avons pas besoin de dire qu'il existe d'autres systèmes d'éclairage par incandescence, que nous avons passés sous silence, pour ne pas trop étendre ce chapitre, et que l'avenir nous en réserve certainement un plus grand nombre encore.

Nous ne voulons établir entre ces différents procédés, qui ne diffèrent entre eux que par la composition du charbon incandescent et par le mode de fabrication, aucune comparaison, tendant à décerner la supériorité à l'un ou à l'autre, tant pour la qualité ou l'intensité de la lumière que pour son prix de revient. Une classification par ordre de mérite des systèmes d'éclairage électrique par l'incandescence d'un conducteur dans le vide, serait impossible à tenter, par cette raison que les lampes Edison, Swan, Maxim, Lane Fox, etc., sont alimentées, chacune, par des machines productrices de la lumière de dispositions différentes, et que les lampes qui reçoivent le courant le plus intense, doivent émettre la lumière la plus vive. La seule conclusion que nous entendions tirer des descriptions qui précèdent, c'est que l'éclairage électrique par incandescence, et par conséquent l'éclairage domestique au moyen de l'électricité, est aujourd'hui un problème complètement résolu.

CHAPITRE XI

MOYENS DE PRODUIRE LE COURANT ÉLECTRIQUE DESTINÉ A L'ÉCLAIRAGE. — LES PILES VOLTAÏQUES. — LA PILE DE BUNSEN ET LA PILE AU BICHROMATE DE POTASSE. — EMPLOI DE LA PILE AU BICHROMATE DE POTASSE POUR L'ÉCLAIRAGE DU COMPTOIR D'ESCOMPTE, A PARIS. — LES PILES ACCUMULATRICES DE M. GASTON PLANTÉ. — TRAVAUX DE M. GASTON PLANTÉ SUR LES COURANTS VOLTAÏQUES SECONDAIRES. — CONSTRUCTION DES PILES DESTINÉES A L'EMMAGASINEMENT DE L'ÉLECTRICITÉ. — LE LABORATOIRE DE LA RUE DES TOURNELLES. — APPLICATION INDUSTRIELLE FAITE PAR M. FAURE, EN 1880, DES PILES ACCUMULATRICES DE M. GASTON PLANTÉ. — DESCRIPTION DES ACCUMULATEURS EN USAGE DANS L'INDUSTRIE DE L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE.

Nous n'avons rien dit encore des moyens employés pour produire, d'une façon économique et pratique, le courant électrique destiné à faire naître la lumière dans les lampes à arc voltaïque, comme dans les lampes à incandescence. Le moment est

venu d'aborder cette question, d'une importance fondamentale, car sans électricité point de lumière, et selon la puissance de la source électrique, varient la force et la portée de l'éclairage.

Dans l'état actuel de la science, le courant électrique ayant pour destination spé-



R. W. BUNSEN.

ciale l'éclairage, est emprunté à deux sources différentes :

- 1° A l'action chimique ;
- 2° Au mouvement.

Nous consacrons ce chapitre à l'étude des moyens de produire de l'électricité par l'action chimique.

Les appareils dans lesquels on recueille l'électricité résultant de l'accomplissement d'une action chimique, s'appellent *piles*.

C'est par une étrange paresse d'esprit, chez les savants de tous les pays, que ce mot de *pile*, employé en 1800, par Volta, pour désigner la première forme que le célèbre physicien d'Italie donna à son mer-

veilleux appareil, est conservé de nos jours, et sert, depuis près d'un siècle, à désigner des appareils qui, par leur forme et leur objet, jurent véritablement avec le nom qu'on leur donne. Appeler *pile* l'instrument que Volta construisit pour produire un courant électrique, et qui se composait de la superposition d'un grand nombre de couples de zinc et de cuivre formant un entassement, une *pile* de couples métalliques, semblables à une *pile d'astettes*, cela peut se concevoir, puisque c'est le nom que Volta lui donna, mais donner le même nom aux vases de Grove, de Bunsen, de Leclanché, de Grenet et à l'ininterminable série d'appareils analogues créés depuis Volta, c'est un étrange non-sens. Pourquoi ne pas employer, par exemple, le mot de *générateur d'électricité*, ou un vocable analogue ? Mais nous n'avons pas la prétention de réformer le langage scientifique, et cette protestation une fois faite contre un mot bizarre et suranné, nous l'emploierons comme tout le monde, afin d'être compris.

Dans l'immortelle expérience d'Humphry Davy, que nous avons rapportée et dans laquelle, en 1813, l'illustre chimiste anglais révéla au monde savant la production d'un arc éblouissant de lumière, on se servait de la pile — puisque *pile* il y a — de Wollaston, qui se composait d'une réunion de couples de zinc et de cuivre plongés dans de l'acide sulfurique étendu, ou dans une dissolution saline à réaction acide. Depuis 1813 jusqu'en 1840, c'est avec la pile de Wollaston que l'on exécuta, dans les cours publics, cette mémorable expérience. Mais la pile de Wollaston ne donne qu'un courant électrique d'une faible intensité, et il fallait, pour produire l'arc éclairant, employer la pile monstre de l'*Institution royale de Londres*, ou celle qui fut établie à l'École polytechnique de Paris, en 1807, par Gay-Lussac et Thenard ; ou

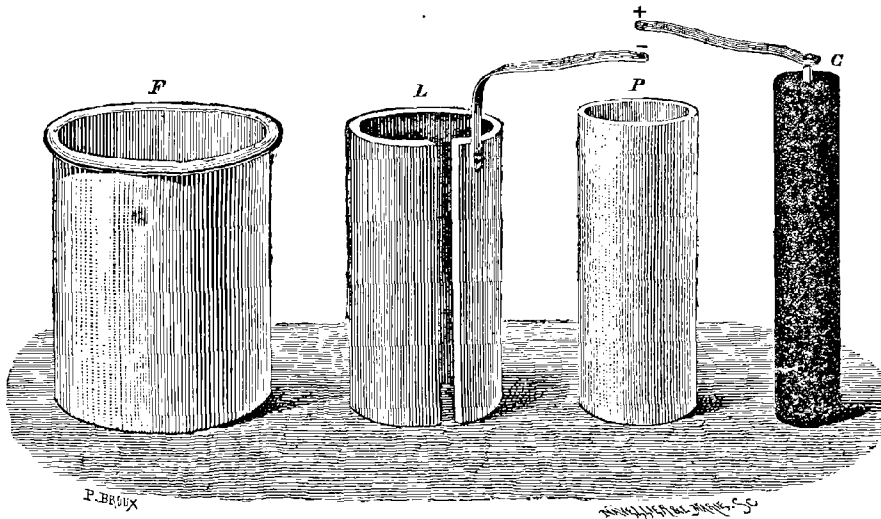


Fig. 56. — Éléments de la pile de Bunsen.

bien encore la grande pile à auges qui fut construite à la Sorbonne, par Despretz, pour ses recherches sur l'arc voltaïque de Davy. Mais des appareils d'une telle puissance n'étaient à la portée que de quelques établissements scientifiques des grandes capitales de l'Europe. Ce n'est donc qu'à l'époque de la découverte du nouveau générateur d'électricité qui nous vint d'Allemagne, en 1843, ce n'est qu'à la suite de la création de la *pile de Grove* et de la *pile de Bunsen*, c'est-à-dire des piles à deux liquides, que l'on disposa d'une source suffisamment commode et puissante d'électricité.

Comment la pile de Bunsen donna-t-elle le moyen de développer une quantité d'électricité supérieure à celle que fournissait la pile à auges? C'est que, tandis qu'une seule action chimique était en jeu dans la pile de Wollaston (ou la pile à auges, qui n'en diffère pas), il y avait dans le générateur d'électricité de Grove et de Bunsen deux actions chimiques ajoutant leurs effets. L'acide sulfurique attaquant le zinc, commence par dégager une certaine quantité d'électricité. Mais l'hydrogène qui provient

de la décomposition de l'eau par l'acide sulfurique, au lieu de se perdre, sert à produire une seconde action chimique. Il réduit l'acide azotique, en produisant de

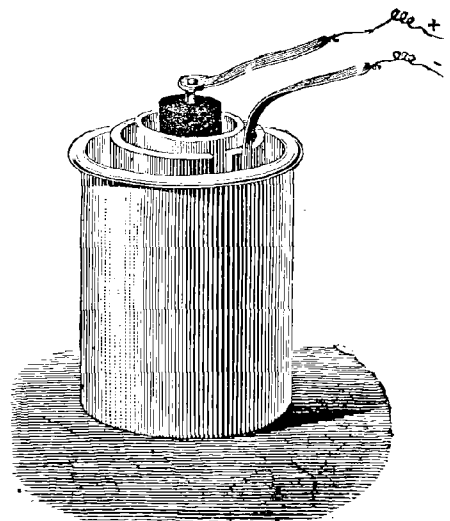


Fig. 57. — Couple de Bunsen monté.

l'eau et du gaz acide hypo-azotique; et cette seconde réaction chimique (les courants allant d'ailleurs dans le même sens) venant s'ajouter à la première, provoque un nouveau dégagement d'électricité, ce qui double la quantité d'électricité.

Tout le monde sait comment Bunsen, modifiant la pile de Grove, a réalisé cette double action chimique, dans l'appareil qui porte son nom. L'acide sulfurique étendu d'eau et le zinc sont placés dans un premier vase en faïence, dans lequel sera retenu le sulfate de zinc provenant de cette action chimique. Un vase de porcelaine, non verni et poreux, dans lequel on a placé de l'acide azotique, laisse passer le gaz hydrogène à travers ses pores, tout en retenant le liquide acide qu'il renferme. C'est dans ce dernier vase que s'accomplit la seconde action chimique, c'est-à-dire la réduction de l'acide azotique par le gaz hydrogène, et le dégagement du gaz hypo-azotique. Un gros cylindre de charbon de cornue de gaz, placé dans l'acide azotique, sert à conduire l'électricité positive. L'électricité négative se dégage par un conducteur de zinc attaché à la lame de zinc du premier vase.

Nous montrons dans la figure 36 les quatre pièces qui composent la pile de Bunsen, à savoir : F, le vase en faïence contenant l'eau acidulée par l'acide sulfurique étendu d'eau ; — Z, le zinc plongé dans l'acide sulfurique étendu d'eau ; — P, le vase en porcelaine non vernie, qui renferme l'acide azotique ; — C, le cylindre de charbon, qui sert de conducteur

La figure 37 montre le couple de Bunsen monté, c'est-à-dire les pièces qui le composent disposées pour mettre l'appareil en action.

La découverte de la pile de Bunsen marqua une époque toute nouvelle dans les progrès de l'électricité, en permettant à tout le monde d'avoir à sa portée une source puissante d'électricité. La reconnaissance publique restera donc attachée au nom du physicien à qui nous devons cet important générateur d'électricité.

Ce physicien, bien qu'allemand, apparut à la science de notre pays, par sa

qualité de membre correspondant de l'Institut de France.

Robert-Wilhelm Bunsen est né, le 31 mars 1811, à Gottingue, où son père était professeur de littérature. Il commença par étudier les sciences dans sa ville natale, et alla compléter son éducation à Paris, ensuite à Berlin et à Vienne.

En 1833, il s'établit comme professeur particulier (*privatdocent*) à Gottingue. Mais il fut bientôt appelé à remplacer Wohler, comme professeur de sciences à l'université de Cassel. Il passa, en 1838, à l'université de Marbourg, où il dirigea les travaux de chimie. Après un séjour comme professeur à l'université de Breslau, il fut appelé à Heidelberg, en 1851, et n'a plus quitté cette ville, où l'on a célébré, en 1877, le 25^e anniversaire de son installation.

En 1853, M. Bunsen a été élu correspondant de notre Académie des sciences.

La découverte de la pile qui porte son nom commença la réputation du physicien d'Heidelberg. Mais ce qui fait sa gloire et ce qui lui attirera une renommée éternelle, c'est la création de l'admirable méthode d'analyse physico-chimique que l'on désigne sous le nom d'*analyse spectrale*.

Bunsen et son collègue Kirchhoff reconnurent, en 1860, que tous les sels d'un même métal, introduits dans une flamme dont on décompose la lumière au moyen d'un prisme de cristal, laissent apparaître dans le *spectre optique*, c'est-à-dire dans la bande colorée qui résulte de la décomposition de la lumière par ce prisme, des solutions de continuité, des espaces noirs, c'est-à-dire des *raies*. Ces *raies* sont identiques par la teinte et par la position, quand on opère avec les sels du même métal, mais elles varient de teinte et de position pour chaque métal. Bunsen et Kirchhoff reconnurent également que des quantités infiniment petites d'un métal suffisent pour déceler la présence de ce métal dans le

spectre de la flamme où on les introduit.

Tel est le principe de cette merveilleuse méthode de l'*analyse spectrale*, qui a conduit, depuis l'année 1860 jusqu'à ce jour, les physiciens et les chimistes aux plus splendides découvertes. Nous en ferons comprendre suffisamment la valeur en disant que, par l'application de cette méthode, on a pu connaître les substances qui existent dans les astres, et surtout dans le Soleil. Soumise à ce moyen d'analyse, la lumière du Soleil a permis de découvrir que l'atmosphère solaire renferme, à l'état de vapeurs, du sodium, du potassium, du calcium, du magnésium, du fer, du zinc, et même du gaz hydrogène libre.

La même méthode, appliquée à l'analyse de la lumière des étoiles, a dévoilé la composition de ces astres; de sorte que nous savons aujourd'hui quels sont les corps simples qui forment la substance des étoiles fixes et celle des planètes, comme nous connaissons la composition chimique du sol de notre globe.

Enfin, l'analyse spectrale a donné le moyen de découvrir plusieurs métaux nouveaux, tels que l'iridium, le cæsium, le rubidium, le thallium.

Le physicien qui a doté la science contemporaine d'un instrument de recherches d'une aussi immense portée mérite la reconnaissance et les hommages de ses contemporains.

Pour en revenir à l'invention de Bunsen qui nous intéresse, c'est-à-dire à la pile à deux liquides, nous dirons que la possession de ce nouveau générateur d'électricité donna une impulsion considérable à l'étude des propriétés de l'arc voltaïque de Davy.

L'éclairage électrique prit naissance, on peut le dire, dès que la pile de Bunsen fut entre les mains des physiciens. Nous avons vu que, lorsque Léon Foucault fit, en 1844, avec l'aide de M. J. Duboscq, la première expérience d'éclairage par l'arc voltaïque,

sur la place de la Concorde, à Paris, il avait eu recours, comme source de production d'électricité, à la pile de Bunsen, alors nouvellement découverte.

A partir de cette expérience mémorable, la pile de Bunsen, introduite dans les laboratoires du monde entier, a servi à la production de l'arc voltaïque éclairant, jusqu'à la découverte des machines produisant l'électricité par le mouvement. Elle n'a cédé la place qu'à ces nouveaux générateurs d'électricité.

La pile de Bunsen n'est pas, en effet, exempte d'inconvénients. Le zinc employé pour développer l'action chimique, s'use rapidement, et l'appareil demande beaucoup d'entretien. Il faut au moins cinquante éléments de cette pile pour faire naître un foyer électrique, ce qui la rend d'un usage dispendieux. On renonça donc aux batteries de Bunsen dès que l'on eut à sa disposition des machines produisant de l'électricité par le mouvement.

On se tromperait, pourtant, en croyant que les piles voltaïques soient aujourd'hui entièrement abandonnées pour l'application qui nous occupe. On se sert quelquefois, pour produire l'arc voltaïque éclairant, de la pile au bichromate de potasse, construite pour la première fois par le physicien allemand Poggendorff, rendue applicable à l'industrie par M. Grenet, et devenue populaire de nos jours, sous le nom de *pile-bouteille*, parce qu'elle sert dans les cours publics et dans les laboratoires, quand il s'agit de produire un dégagement de lumière intense et momentané. La même pile au bichromate de potasse, disposée sous une autre forme par M. Clovis Baudet, était utilisée par ce physicien pour alimenter des lampes électriques, à l'Exposition d'électricité de 1881. On a vu, à la même Exposition, la lumière électrique se produire dans d'assez bonnes conditions avec la pile de M. Tomasi, qui n'est qu'un perfectionné-

ment de la pile de Bunsen. M. Reynier a constitué, en 1880, une nouvelle pile, qui fait espérer sa prochaine application à l'éclairage privé. Enfin, à Paris, le Comptoir d'escompte a été éclairé, en 1881, par l'arc voltaïque provenant de piles au bichromate de potasse disposées d'une manière usuelle et sur une échelle suffisante par MM. Jarriant et Grenet.

Arrêtons-nous sur le système particulier de pile qui fut employé pour produire la

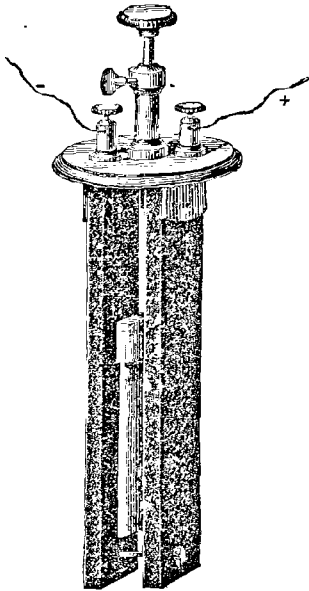


Fig. 58. — Pile au bichromate de potasse. (Couple zinc et charbon).

lumière électrique au Comptoir d'escompte de Paris. Il sera nécessaire, pour le faire comprendre, de mettre sous les yeux du lecteur un dessin de la pile au chromate de potasse, désignée aujourd'hui sous le nom de *pile à bouteille*, petit appareil auquel on a recours fréquemment, ainsi qu'il vient d'être dit dans les cours publics ou dans les recherches de laboratoire, quand il s'agit de produire un courant électrique puissant mais de peu de durée.

Tous les corps capables de produire l'oxydation par voie humide peuvent être utilisés pour la production de l'électricité.

et servir à la construction d'une pile. Sans entrer dans l'énumération des différents aquides chimiques qui sont aujourd'hui employés pour remplacer l'acide azotique et l'acide sulfurique dans la pile de Bunsen, nous parlerons seulement des tentatives qui ont été faites dans ce but avec le bichromate de potasse.

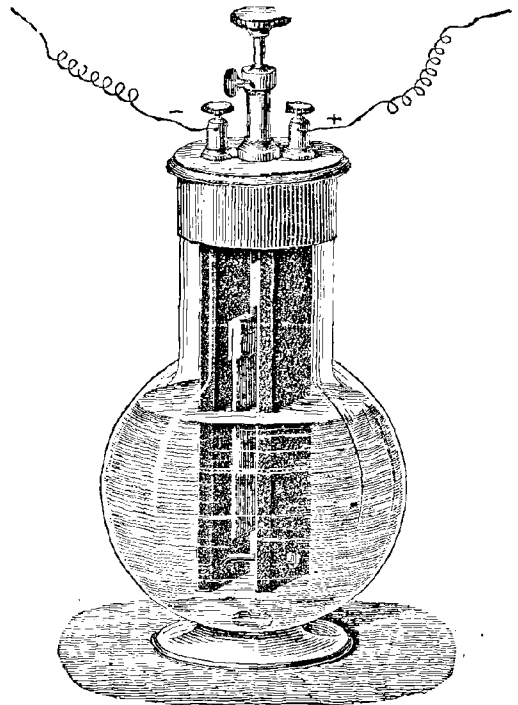


Fig. 59. — Pile au bichromate de potasse. (Couple zinc et charbon immergé dans la dissolution de bichromate de potasse).

C'est Bunsen qui proposa le premier le bichromate de potasse pour la construction d'une pile voltaïque. Plus tard, les chimistes anglais Leeson et Warrington étudièrent la théorie de cet instrument. Enfin, en 1842, le chimiste allemand Poggendorff publia un mémoire détaillé sur les piles au bichromate de potasse. En 1850, Poggendorff forma, avec le bichromate de potasse additionné d'acide sulfurique agissant sur des couples de cuivre et de zinc, une pile à un seul liquide. Il trouva toutefois peu d'avantages à cette disposition,

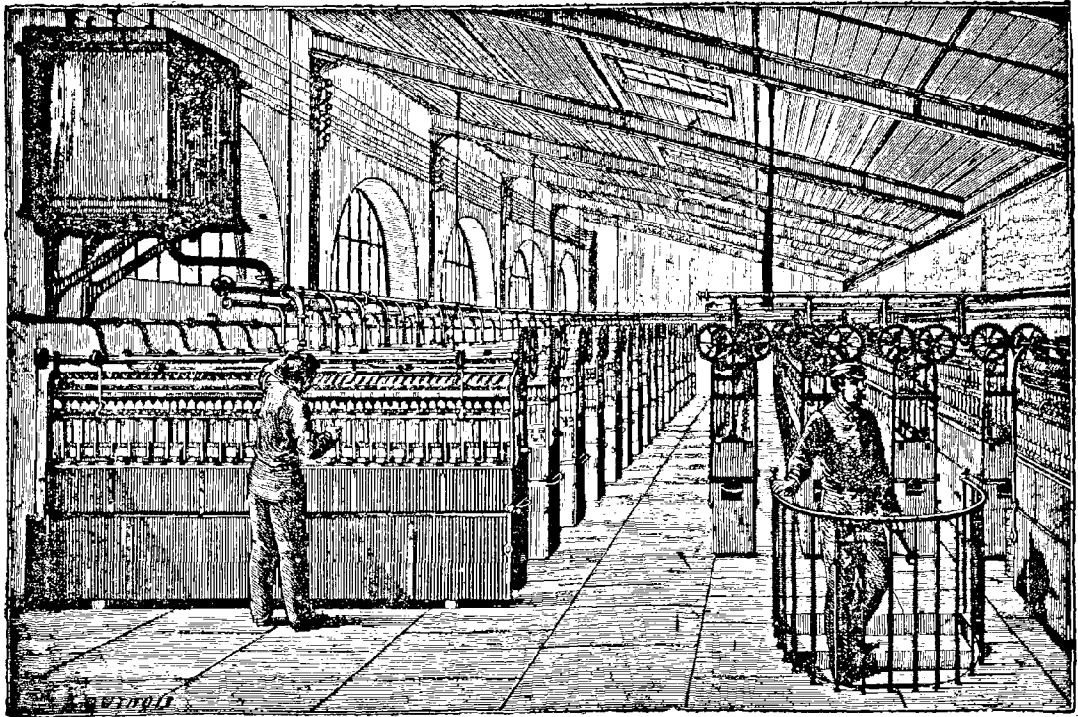


Fig. 61. — L'atelier des piles au bichromate de potasse, au Comptoir d'Escompte, à Paris.

et les résultats qu'il obtint se montrèrent peu favorables, car le courant décroissait avec rapidité.

Poggendorff reconnut que le décroissement de la pile à chromate de potasse provenait de ce que le charbon et le zinc du couple voltaïque se recouvrent promptement d'un dépôt d'oxyde de chrome qui arrête l'action chimique, mais il ne trouva aucun moyen de parer à cet inconvénient.

M. Grenet, ouvrier français, fut plus heureux. Il reconnut, en 1850, que l'oxyde de chrome, qui, en se déposant sur le zinc, arrête l'action de la pile, peut aisément se dissoudre dans le bichromate de potasse, si l'on fait passer à travers le liquide de la pile un courant d'air. Grâce à cet artifice, l'oxyde de chrome ne vient plus se déposer sur le métal et paralyser l'action chimique. Ainsi se trouva heureusement combattue la cause de la décroissance du courant dans

les piles à chromate de potasse; et la construction d'une pile à un seul liquide, constante et énergique, devint possible avec des appareils assez simples.

M. Grenet avait d'abord donné à la pile au bichromate de potasse la forme de la pile à auges : les plaques de charbon et celles de zinc étaient disposées dans un châssis à rainures. Mais cette disposition n'a pas prévalu. Aujourd'hui on enferme les couples de charbon et de zinc dans une bouteille à gros goulot; d'où le nom de *pile à bouteille*, nom, pour le dire en passant, bizarre et ridicule, et qui montre bien que ce nom de *pile* est impropre à désigner les nouveaux générateurs d'électricité.

Pour composer le liquide chimique de ce générateur d'électricité, on dissout 400 grammes de bichromate de potasse dans un litre d'eau bouillante et l'on y ajoute 50 grammes d'acide sulfurique du com-

CONQUÊTES. — I.

merce. On introduit cette dissolution dans la bouteille, qui se trouve constituée comme le représente la figure 58-59 (page 104).

Deux plaques de charbon de cornue de gaz, C C', reliées entre elles, forment l'électrode positive. Elles sont plongées dans le liquide chimique, et sont fixées au couvercle du flacon, lequel est en ébonite, matière dure et plastique qui commence à trouver beaucoup d'emplois dans l'industrie. L'électrode négative est une lame de zinc, Z, n'ayant qu'une longueur moitié moindre de celle du charbon. Au moyen d'une tige T, entrant à frottement dans le couvercle du flacon, on peut introduire la lame de zinc dans le liquide, ou la retirer de ce liquide. Quand on veut faire fonctionner la pile, on fait descendre la lame de zinc dans le liquide en poussant la tige T, et l'action commence. Il se forme un sulfate de potasse et de chrome, et l'oxygène provenant de la désoxydation de l'acide chromique s'unit à l'hydrogène provenant de la décomposition de l'eau par le zinc et l'acide sulfurique. Des deux viroles A, A', l'une est reliée aux deux plaques de charbon et forme le pôle positif, l'autre est reliée, à la fois au moyen d'une tige de cuivre, que l'on reconnaît sur notre dessin, à la tige à coulisse T, et au zinc, et forme le pôle négatif de la pile.

Quand l'appareil ne doit plus fonctionner, on retire le zinc du bain chimique en relevant la tige T, et l'on évite ainsi une dépense inutile des matières réagissantes.

Il se dépose toujours de l'oxyde de chrome sur le zinc, ce qui empêcherait la réaction de continuer. On évite cet inconvénient, dans la pile à bouteille, en l'agitant fortement, ce qui débarrasse le charbon de ce dépôt nuisible.

Dans les piles construites en grand, cette agitation mécanique à la main est remplacée par un courant d'air comprimé que l'on force à traverser le liquide pendant l'opéra-

tion. Par cette agitation continuelle, on empêche le dépôt d'oxyde de chrome sur le charbon.

Tout cela posé, le lecteur comprendra la disposition des piles au bichromate de potasse qui furent installées, quelque temps, au Comptoir d'Escompte à Paris, par MM. Jarriant et Grenet, et que représente la figure 62 (page 105).

(L'élément de la pile à bichromate de potasse qui fut employé par MM. Jarriant et Grenet est un vase en ébonite, de forme rectangulaire, contenant 4 lames de charbon de cornue de gaz, qui constituent l'électrode positive. L'électrode négative est formée par la réunion d'un certain nombre de petits cylindres de zinc, qui sont attachés à une tige commune, laquelle peut être relevée ou plongée dans le liquide, par l'effet général d'un engrenage et d'un contre-poids, qui élève ou abaisse à la fois tous les zincs. Le liquide chimique est composé d'acide sulfurique et de bichromate de soude 1 partie de bichromate de soude et 3 parties d'acide sulfurique du commerce pour 40 parties d'eau). Ce liquide est distribué dans chaque élément par un réservoir général, que l'on voit sur la gauche de la figure, d'où il coule au moyen d'un robinet, et va remplir chaque élément. Quarante-huit éléments composent une batterie telle qu'on la voit sur notre dessin. Il y a soixante de ces batteries.

Le liquide, avons-nous dit, doit être soumis à une agitation continuelle, pour empêcher le dépôt d'oxyde de chrome. A cet effet, un moteur à gaz comprime de l'air, qui est envoyé, grâce à des dispositions convenables, au fond de chaque petit vase composant un élément.

Toutes les batteries ont un fil commun, qui se rend dans les pièces à éclairer. Le second pôle de chaque batterie vient aboutir à un commutateur, d'où partent les fils qui complètent le circuit de chaque brûleur, ou

groupe de brûleurs. Cette disposition permet d'alimenter chacun des circuits avec une quelconque des batteries. Elle donne le moyen d'allumer ou d'éteindre à volonté les lampes dans les différentes pièces de l'établissement.

Pour allumer un foyer, il suffit de faire descendre les zincs d'une batterie, d'ouvrir les robinets de liquide et d'air, enfin de placer la fiche convenable sur le *commutateur*. Pour éteindre, on fait les opérations inverses, et comme au-dessus du commutateur se trouve un tableau indicateur, à l'aide duquel chaque bureau peut demander l'allumage ou l'extinction de son foyer, toutes les manœuvres se font en temps voulu, sans confusion et sans dépense inutile.

Les lampes électriques alimentées par le courant provenant de ces piles, sont des lampes Siemens. En outre, 100 lampes Swan sont distribuées dans les différentes pièces de l'édifice. Dans les bureaux, les lampes à arc voltaïque sont cachées aux employés, et l'éclairage se fait par réflexion sur le plafond, dans les meilleures conditions de régularité et de douceur.

L'éclairage de la grande salle, ou *hall*, était très ingénieusement combiné. Pendant le jour, la lumière arrive par un immense plafond en glaces. On avait eu l'idée de reproduire ce même effet la nuit. Pour cela, au-dessus du plafond vitré, on a disposé 16 lampes Siemens, dont la lumière, rabattue par de vastes abat-jour et tamisée par le vitrage, produisait l'effet du plein jour dans la salle. Cet effet était complété par 4 lampes Siemens, placées aux angles dans des œils-de-bœuf, et par les lampes des bureaux adjacents, dont la lumière arrivait par les grandes baies qui ouvrent dans le *Hall*.

La figure 62 (page 108), montre le *hall* du Comptoir d'Escompte éclairé par la lumière électrique, au moyen des dispositions que nous venons de décrire.

Il faut pourtant nous hâter de dire que ce mode d'éclairage fut promptement abandonné au Comptoir d'Escompte en raison des dépenses qu'entraînait l'usage des piles et des embarras qui étaient inhérents à leur entretien.

Nous sommes entré dans d'assez longs détails sur l'application de la pile au bichromate de potasse à la production de la lumière électrique. Cependant, il ne faut pas manquer de dire que ce système de piles, qui exige l'emploi de matières aussi chères que les sels de chrome, ne peut être admis que dans des circonstances particulières. Au Comptoir d'Escompte de Paris, on voulait absolument proscrire toute machine à vapeur, et l'on n'avait pas trop regardé aux frais d'entretien de l'éclairage pour s'assurer la sécurité absolue que l'on entendait se garantir. Mais il est évident que ce n'est là qu'un cas tout à fait exceptionnel, et dont il ne faudrait tirer aucune conclusion quant à la possibilité de demander à l'action chimique des piles le moyen de produire la lumière.

A moins d'une révolution dans le mode de production de l'électricité par l'action chimique, c'est-à-dire à moins que l'on ne découvre une pile nouvelle faisant usage de composés chimiques sans valeur vénale, ou que l'on ne parvienne à tirer parti de l'électricité naturelle de l'air, on peut affirmer que les piles voltaïques ne pourront jamais entrer en lutte avec les machines qui produisent l'électricité par le mouvement.

Il faut, toutefois, établir ici une exception en faveur d'un système tout particulier de pile électrique. Nous voulons parler des *piles accumulatrices*, ou des *accumulateurs d'électricité*. Ce genre d'appareils est une des créations les plus originales de la physique moderne.

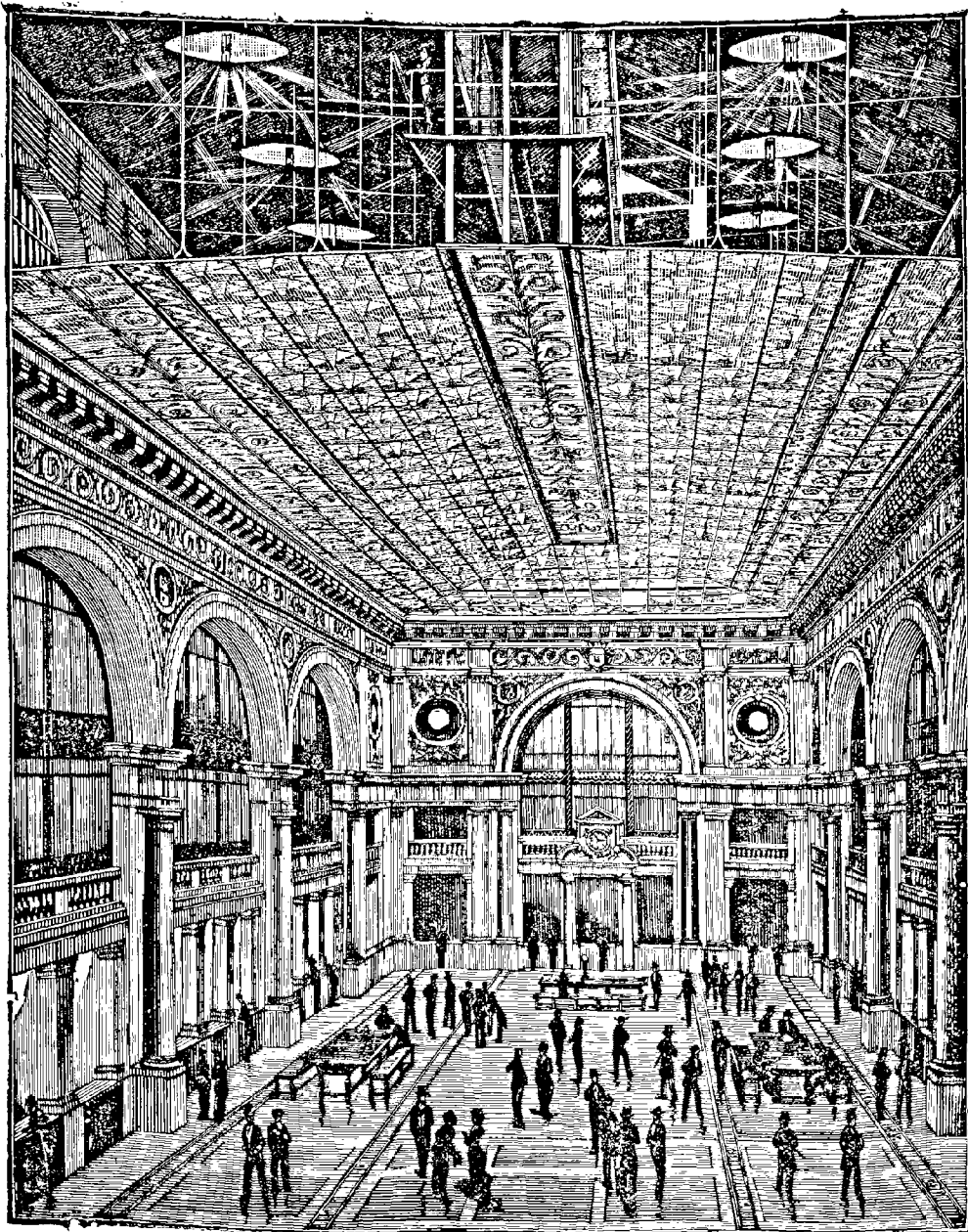


Fig. 62. — La grande salle du Comptoir d'Escompte de Paris éclairée par l'arc voltaïque et la pile à chromate de potasse.

En quoi consistent les *accumulateurs d'électricité* et quelle est leur origine ?

C'est aux recherches persévérantes de M. Gaston Planté, physicien français, que l'on doit l'accumulation et l'emmagasinement de l'électricité voltaïque. Nous expo-

serons ici, avec quelque soin, les travaux de ce physicien sur cette importante question, parce qu'ils sont généralement mal compris.

Le phénomène désigné sous le nom de *courants secondaires* fut observé peu de

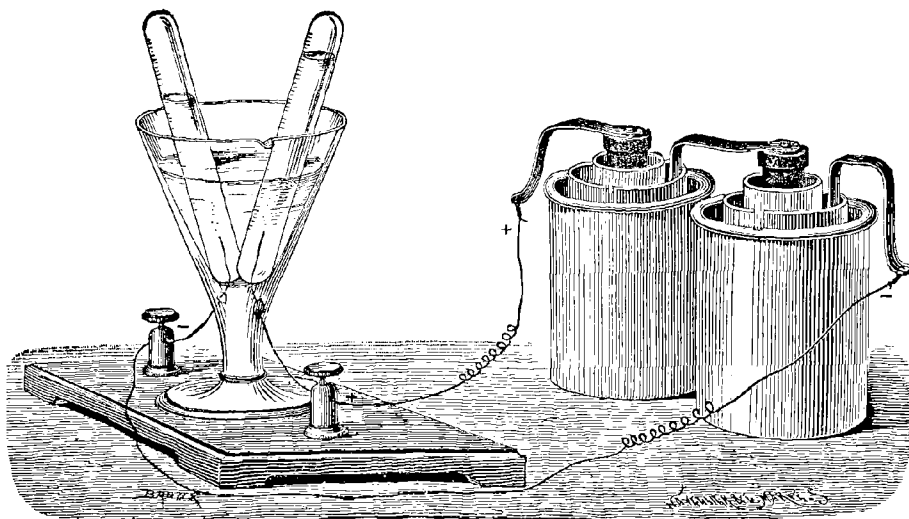


Fig. 63. — Le voltamètre.

temps après la découverte de la pile voltaïque. Il fut étudié par Gautherot en France, et par Ritter en Allemagne. Voici ce que les physiciens ont appelé, dès le commencement de notre siècle, un courant secondaire.

Prenons ce petit vase de verre que les physiciens appellent *voltamètre* (fig. 64), et qui sert à décomposer l'eau par la pile, et décomposons l'eau dans ce petit vase, en recueillant dans deux cloches, comme on le fait d'ordinaire, les deux gaz oxygène et hydrogène. Après cette opération, les fils de platine autour desquels se sont dégagés l'oxygène et l'hydrogène, ont acquis la propriété de donner, à leur tour, après le passage du courant *primaire*, un courant de sens inverse et de courte durée. C'est ce courant qui a reçu le nom de *secondaire*. La présence des gaz adhérents aux électrodes, ou leur absorption partielle par le métal, détermine une décomposition de l'eau dans le nouveau circuit formé, ce qui a pour conséquence la production de ce courant *secondaire*.

Comme ce courant tend à se produire aussi à l'intérieur des piles elles-mêmes,

pendant qu'elles fonctionnent, et cela en sens inverse du courant qu'elles fournissent, il a constitué pendant longtemps la principale cause d'affaiblissement des piles voltaïques. Assurément les physiciens s'attachaient-ils, à l'envi, à empêcher la production de ce courant secondaire, que l'on appelait aussi *courant de polarisation*. Ces causes d'affaiblissement furent très heureusement neutralisées par Becquerel père, dans la pile à deux liquides et à courant constant qui porte son nom.

C'est en 1859 que M. Gaston Planté commença à s'occuper de l'étude des *courants secondaires*. Il montra, dans un premier travail, l'importance du rôle que joue l'oxydation du conducteur positif dans la production du courant *secondaire*.

M. Gaston Planté reconnut d'abord que si, au lieu de prendre comme conducteur, comme électrode, un fil de platine, on prend un métal plus oxydable, tel que le plomb, et si l'oxyde formé à la surface de l'électrode positive peut y rester adhérent, sans se dissoudre dans le liquide, le courant produit par sa réduction, quand on fermera

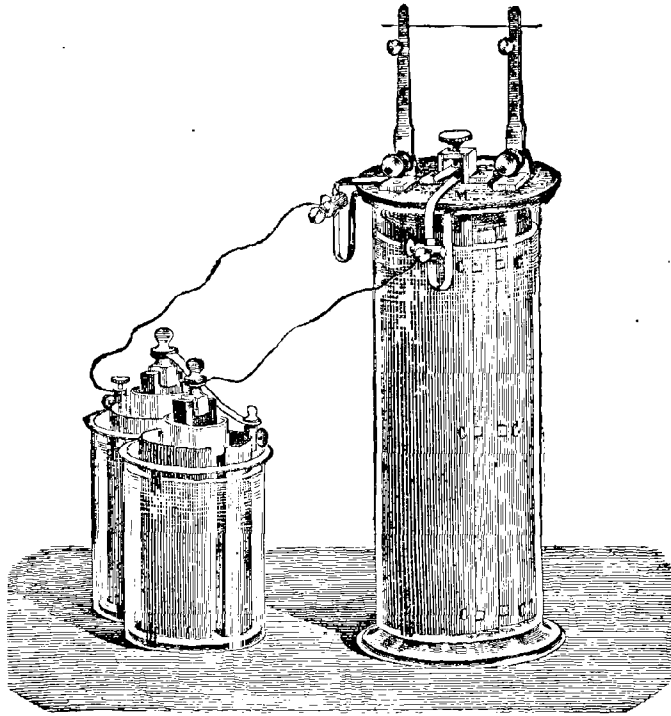


Fig. 64. — Accumulateur Planté à lames de plomb en spirales, chargé par deux éléments de Bunsen

le circuit, aura une plus grande intensité et une plus grande durée.

Jusqu'à-là les *courants secondaires* avaient été le grand obstacle à la persistance et à la régularité des courants des piles. C'est par la production de ces courants secondaires que les électrodes se *polarisaient*; ce qui arrêtait en partie le développement de l'action chimique. Les physiciens avaient donc mis tous leurs efforts à empêcher la production de ce courant. M. Gaston Planté se plaça à un point de vue diamétralement opposé. Il s'attacha à développer, à amplifier, ce que l'on s'était, avant lui, appliqué à combattre et à supprimer. Il chercha à accroître l'énergie des *courants secondaires*; et ce résultat une fois obtenu, il s'occupa de mettre à profit ces mêmes *courants secondaires*, pour accumuler la force de la pile voltaïque.

Il reconnut que la force électromotrice secondaire d'un voltamètre à lames de

plomb dans l'eau acidulée, est beaucoup plus énergique et persistante que celle de tous les autres métaux, et qu'elle dépasse même de moitié celle de l'élément voltaïque le plus énergique connu, celui de Bunsen.

Avec une telle force électromotrice, il ne s'agissait plus, pour constituer un élément secondaire d'une grande intensité, que de lui donner une très faible résistance ou d'accroître le plus possible sa surface. C'est ainsi que M. Planté fut conduit, en 1860, à construire un puissant élément secondaire en enroulant en spirale deux longues et larges lames de plomb, les séparant l'une de l'autre par des bandes étroites d'une matière isolante, telle que le caoutchouc, et les plongeant dans un bocal plein d'eau acidulée au dixième par l'acide sulfurique.

La figure 64 montre la disposition d'un couple secondaire de cette nature, mis en charge par deux éléments de Bunsen.

Après un certain temps d'action du courant

primaire, le couple secondaire peut être détaché de la pile, et donner des effets d'une intensité bien supérieure à celle du courant qui a servi à le charger. Il peut, par exemple, faire rougir des fils de platine d'un millimètre de diamètre, fondre des fils d'acier de même diamètre, résultat que ne pourrait produire le courant des deux éléments de Bunsen qui a agi sur le couple secondaire. Il y a donc eu *accumulation* de l'effet du courant voltaïque.

M. Planté a employé aussi, en 1868, une autre disposition, que nous représentons

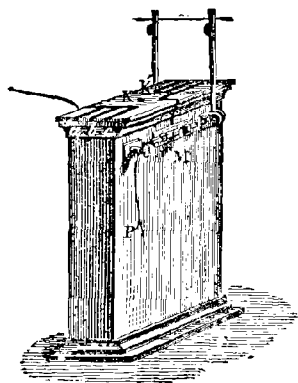


Fig. 65. — Accumulateur Planté à lames de plomb parallèles.

dans la figure ci-dessus et consistant en deux séries de lames de plomb parallèles, dont les prolongements de rang pair réunis d'un côté, et ceux de rang impair réunis d'un autre côté, sont mis en communication avec les deux pôles de la source primaire d'électricité.

Ces lames, *a*, *b*, *c*, très rapprochées les unes des autres, et séparées dans leur milieu par des baguettes isolantes, étaient disposées dans un vase en gutta-percha, de forme rectangulaire, et muni de rainures, pour maintenir les lames de plomb parallèles.

En étudiant attentivement les actions chimiques qui se produisent dans ces couples, M. Planté en a augmenté la capacité accumulative. Par une opération qu'il a désignée sous le nom de *formations de cou-*

ples secondaires, il leur a donné la faculté de conserver leur charge pendant longtemps, et il est parvenu, de cette manière, à obtenir, pour ainsi dire, l'*emmagasinement* de la force de la pile voltaïque, résultat dont l'industrie commence aujourd'hui à tirer parti.

L'opération que M. Planté appelle la *formation* consiste en une préparation électrochimique des couples secondaires à lames de plomb, ayant pour objet d'oxyder profondément l'une des électrodes, et de réduire l'autre à un état de division métallique qui permette aux actions chimiques de s'exercer plus complètement pendant la charge et la décharge. On arrive à ce résultat en effectuant une série de changements de sens du courant primaire, avec des intervalles de repos entre ces changements. En effet, par l'action successive du courant primaire dans les deux sens par le couple secondaire, le dépôt de protoxyde de plomb formé sur la lame positive, se réduit quand cette lame est rendue négative; puis se reforme de nouveau, par un autre changement de sens. Il en est de même de l'autre lame; de sorte que les deux lames se trouvent ainsi modifiées dans leur constitution moléculaire, non seulement à leur surface, mais jusque dans l'épaisseur et les pores du métal. C'est une sorte de *cimentation galvanique* que l'on opère ainsi. Par le repos, les dépôts formés à la surface des lames de métal oxydé ou de métal réduit acquièrent une texture cristalline et une forte adhérence.

Un couple secondaire à lames de plomb, formé par cette méthode, présentant une surface de plomb de 40 décimètres carrés, et pesant 1 kilogramme environ, peut faire rougir un fil de platine de $\frac{2}{10}$ de millimètre de diamètre et de 0^m,04 de longueur pendant deux heures et demie, ou déposer dans un voltamètre 12 grammes de cuivre, ce qui correspond à plus de 36.000 de ces

unités de quantité d'électricité que l'on désigne aujourd'hui sous le nom de *coulombs*.

Ce n'est pas là, du reste, la limite qu'on peut atteindre; car un nouveau changement de sens déterminerait un nouvel accroissement de la quantité de travail chimique accumulé, et ainsi de suite. Il n'y a d'autre limite à cet effet que l'épaisseur même des lames de plomb.

Toutefois, quand un couple est considéré comme suffisamment *formé*, on le charge toujours dans un même sens, pour en recueillir les effets.

Lorsqu'un couple secondaire a subi cette *formation* préalable, voici les actions chimiques qui se produisent pendant la charge et la décharge.

Sous l'action du courant primaire qui traverse le couple secondaire, l'eau est décomposée; l'oxygène se porte sur la lame de plomb positive et forme du peroxyde de plomb jusqu'à une certaine profondeur, puis il se dégage. Quant à l'hydrogène, il n'agit point en se condensant sur la lame de plomb négative, comme on pourrait le croire, d'après la propriété qu'ont d'autres métaux, notamment la platine et le palladium, d'absorber une certaine quantité de ce gaz. Il réduit simplement l'oxyde formé sur cette lame, soit par l'action antérieure du courant primaire en sens inverse, lors de la *formation*, soit par une décharge antérieure du couple.

Lorsque cette réduction est opérée, le gaz se dégage, et le couple secondaire est chargé à un degré qui dépend de son état même de formation, c'est-à-dire de la pénétration plus ou moins profonde des actions oxydantes et réductrices à l'intérieur des lames.

Lorsqu'on décharge ensuite le couple secondaire, en fermant le circuit sur lui-même, un travail chimique inverse se produit; l'affinité du peroxyde de plomb pour l'hydrogène ou sa tendance à se désoxyder,

détermine la décomposition de l'eau; de même que dans une pile ordinaire, l'affinité du zinc pour l'oxygène provoque la décomposition de l'eau. La lame positive peroxydée se réduit; mais en même temps l'oxygène se porte sur l'autre lame de plomb et l'oxyde. Dans les premiers temps de la formation des couples secondaires, cette oxydation de l'une des lames pendant la décharge est visible: la lame se recouvre peu à peu d'un voile foncé, qui atteste l'action exercée par l'oxygène.

Telle est la double action chimique qui se produit dans un couple secondaire à lames de plomb, dès qu'on ferme le circuit secondaire, et qui est la source de son énergique force électromotrice. Cette force est d'environ 2 volts et demi¹ dans les premiers

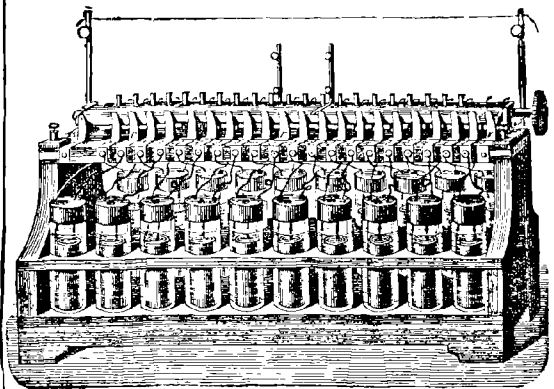


Fig. 66. — Batterie secondaire de Planté, de 20 éléments.

instants de la décharge, et de 2,15 volts quelques minutes après. Elle se maintient constante à ce degré pendant un temps assez long, si le circuit de décharge présente une certaine résistance.

Nous ajouterons que les lames de plomb, ainsi modifiées, ne perdent point de leur

1. On désigne sous le nom de *volt*, en souvenir de *Volta* la force électromotrice d'un élément de pile à courant constant du genre *Bequerel-Daniell*, composé de zinc amalgamé plongeant dans de l'eau acidulée par l'acide sulfurique et de cuivre plongeant dans de l'azotate de cuivre.

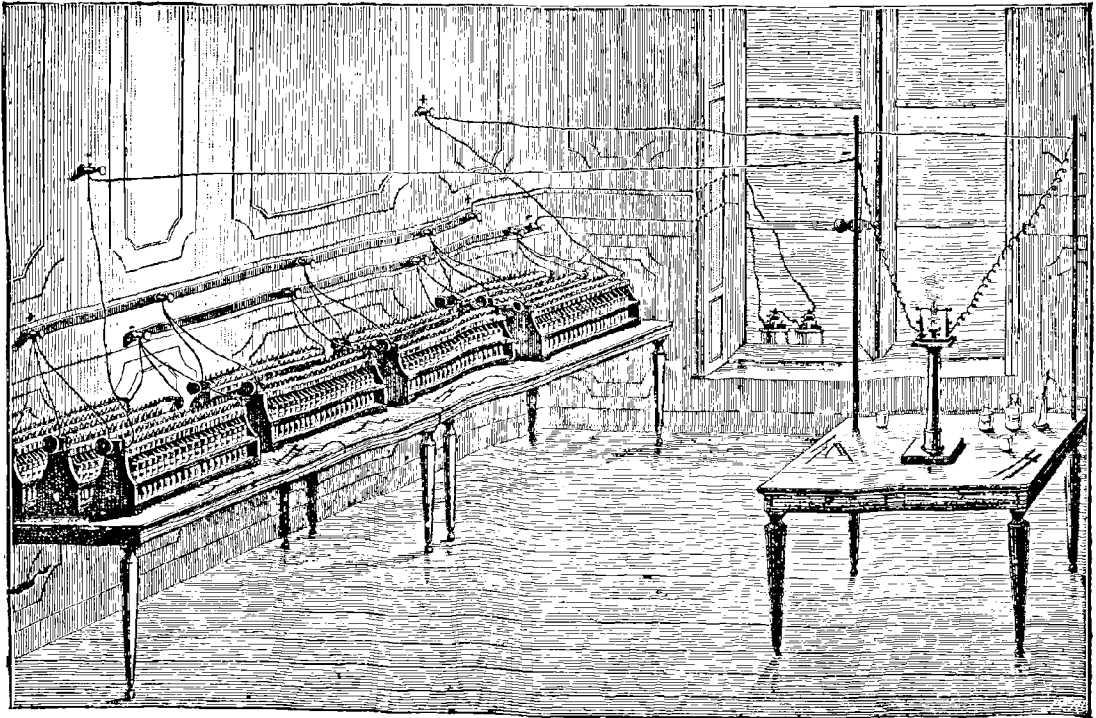


Fig. 67. — Batterie secondaire de 400 éléments disposés pour l'étude des phénomènes produits par des courants électriques de haute tension.

poids par les charges et les décharges les plus multipliées. Elles ne servent, pour ainsi dire, que de point d'appui aux actions chimiques qui s'opèrent à leur surface et à leur intérieur, et qui, se succédant constamment en sens inverse, ne peuvent les user. Le plomb est continuellement oxydé et réduit, en même temps que l'eau est alternativement décomposée et reconstituée.

Les couples secondaires bien *formés* peuvent conserver une partie de leur charge pendant un temps assez long. Au bout de trois et même de quatre mois, ils peuvent encore donner quelques effets lumineux ou calorifiques.

M. Planté a fait ressortir les analogies de ces couples secondaires avec les appareils qui servent en mécanique à l'accumulation du travail résultant de l'action des forces, tels que les accumulateurs hydrauliques, les réservoirs d'air comprimé, les ressorts, que

l'on a si justement nommés des *moteurs secondaires*, etc.

L'un des principaux avantages que présentent ces couples secondaires est, en effet, d'offrir une provision de travail électrique disponible, que l'on peut dépenser à son gré, en un temps plus ou moins long.

Considérant les couples secondaires au point de vue de ces analogies, M. Planté en a mesuré le *rendement*, c'est-à-dire le rapport du travail *restitué* par leur décharge, à celui du travail *dépensé* pour les charger. Il a reconnu que ce rendement était d'environ $\frac{90}{100}$ et qu'un couple secondaire bien formé constituait ainsi un véritable *accumulateur* du travail de la pile voltaïque¹,

De là le nom d'*accumulateur* donné aujourd'hui à cet appareil.

1. *Recherches sur l'électricité*, par M. Gaston Planté, in-8°, Paris, 1879.

Non content d'accumuler le travail d'une source primaire d'électricité, M. Planté s'est appliqué à le transformer, de manière à obtenir une tension, ou force électromotrice, beaucoup plus élevée que celle de la source primitive, à l'aide de batteries ingénieusement disposées et que représente la figure 65.

Les couples secondaires sont placés au-dessous d'un commutateur qui permet de les associer en surface ou en *quantité*, pendant la charge, et en série, ou en *tension* pendant la décharge. On peut, avec cet appareil, faire rougir des fils métalliques de grande longueur, produire l'arc voltaïque, et obtenir, d'une manière temporaire, tous les effets produits par des piles ordinaires d'un grand nombre d'éléments.

C'est ainsi que M. Planté est parvenu à développer, avec deux simples couples de Bunsen, une force électromotrice égale à 1200 de ces éléments, à l'aide d'une batterie de 800 couples secondaires.

La figure 67 représente la moitié de cette batterie (400 couples) agissant sur un liquide et y développant des effets lumineux et calorifiques.

Muni d'un appareil d'accumulation et de transformation d'une telle puissance, M. Planté a pu étudier les actions produites par des courants électriques de haute tension, et il a observé un grand nombre de phénomènes nouveaux et intéressants, parmi lesquels nous citerons : l'agrégation globale des liquides autour de l'un des pôles, — leur aspiration et leur ascension dans des tubes, ou leur projection en gerbes, — la production de la lumière électro-silicique, l'attaque et la gravure du verre, malgré sa nature isolante, etc.

La *formation* par voie électro-chimique des couples secondaires, dont nous avons donné plus haut une idée, est une opération longue et délicate, qui n'avait pas permis d'employer jusqu'ici ces appareils dans

l'industrie. Un électricien français, M. Faure, a cherché à simplifier et à abrégier le travail de la *formation*, en déposant d'avance, par voie mécanique, à la surface des lames de plomb, des couches d'oxyde de plomb, auxquelles on peut donner immédiatement une certaine épaisseur, et que l'on convertit ensuite plus rapidement en peroxyde que les lames de plomb elles-mêmes.

On recouvre les deux lames de plomb du couple secondaire d'une couche de minium (ou d'un autre oxyde de plomb insoluble); ce minium est retenu sur le plomb au moyen d'une lame de feutre, solidement fixée par des rivets de plomb. Les deux électrodes étant ainsi préparées, on les plonge dans un récipient contenant de l'eau acidulée; puis on les met en communication respectivement avec les deux pôles d'une source électrique suffisamment énergique. Sous l'action du courant, le minium est électrolysé; il passe à l'état de peroxyde de plomb sur la lame positive, et à l'état de plomb réduit sur la lame négative. Quand toute la masse a été ainsi électrolysée, le couple secondaire est *formé et chargé*.

Pour le décharger et l'utiliser, il suffit d'intercaler entre ses deux pôles l'appareil destiné à être traversé par le courant.

Pendant la décharge, le plomb réduit s'oxyde, et le peroxyde de plomb se réduit, jusqu'à ce que le couple soit redevenu inerte. Il est alors prêt à recevoir une nouvelle charge d'électricité.

Dans la pratique, on est arrivé à accumuler une quantité d'électricité capable de produire extérieurement un travail mécanique d'un cheval-vapeur pendant une heure, dans une pile secondaire de 75 kilogrammètres.

Il est évident que cette énergie exprimée en kilogrammètres peut être transformée autrement qu'en force motrice: on peut obtenir des quantités équivalentes de lumière ou d'énergie chimique.

Avec une pile de 24 couples, dont le volume est faible et dont le poids n'est pas très considérable (7 kilogrammes par couple, soit environ 170 kilogrammes pour toute la pile), on peut obtenir une force motrice de 1 cheval-vapeur (75 kilogrammètres) pendant plus de deux heures, ou de 1/2 cheval (37 1/2 kilogrammètres) pendant quatre heures. Le travail qu'on obtient est, d'ailleurs, variable avec le régime qu'on donne à la machine, l'intensité et la durée étant les deux facteurs d'un produit à peu près constant.

Pour donner une manifestation plus apparente de la puissance de ces couples, on peut épéter quelques-unes des expériences qu'on a coutume de faire avec des piles. On peut, par exemple, faire rougir un ruban de platine; la longueur et la surface de ce ruban donnent une idée de la puissance de ces couples. On peut faire rougir une longue spirale de platine, qui atteint la température du blanc éblouissant.

Avec les *accumulateurs*, on peut produire la lumière de l'arc voltaïque, dans les bougies Jablochhoff ou Wilde; à plus forte raison peut-on les faire servir à alimenter les *lampes à incandescence*.

Dans une conférence qu'il fit à la *Société d'encouragement*, M. Reynier, physicien de Paris, mit en action des *lampes à incandescence*, en se servant de couples secondaires qui avaient été chargés dans son laboratoire de l'avenue des Ternes, et qui avaient, par conséquent, subi un voyage. Ce fait prouve que l'électricité peut être, non seulement emmagasinée, mais transportée à distance.

Mais les *piles accumultrices* peuvent conserver leurs vertus électriques pendant un temps beaucoup plus long. M. Reynier chargea, dans son laboratoire, à l'avenue des Ternes, des *couples secondaires*, qui furent transportés à Bruxelles, où ils fonctionnèrent le lendemain, sans se ressentir d'une façon fâcheuse de ce long voyage.

L'expérience du transport des couples a donc été faite dans des conditions qui ne laissent aucun doute sur le succès des applications pratiques. M. Reynier a prouvé que le transport de l'électricité par les piles secondaires serait plus avantageux, dans beaucoup de cas, que le transport de la force par un câble métallique. On a calculé que, pour transporter dans un câble d'une longueur de 5 kilomètres un courant de 28 *webers*, c'est-à-dire un courant moindre que celui obtenu dans l'expérience de M. Reynier, on dépenserait constamment dans le câble, sous forme de chaleur, 267 kilogrammètres.

On peut obtenir aisément un rendement de 80 pour 100 dans la pratique courante. Cette perte de 20 pour 100 seulement dans l'emmagasinement de l'électricité est plus que compensée par l'économie que l'emploi des couples secondaires permet d'obtenir dans la production même de l'électricité.

Puisqu'on est en possession d'un moyen facile de transporter l'électricité, pour la distribuer, on pourrait la produire dans une usine centrale avec des machines puissantes; la production de l'électricité serait ainsi beaucoup plus économique. Une machine à vapeur de grande force produit aisément un cheval-vapeur, avec une dépense de houille inférieure à 1 kilogramme, tandis que toutes les machines locomobiles ou demi-fixes en dépensent 2 ou 3 kilogrammes. On pourrait donc, de ce fait, obtenir une réduction de 60 pour 100 sur le combustible.

D'un autre côté, la faculté que l'on a d'emmagasiner pendant vingt-quatre heures, c'est-à-dire pendant la journée entière et la nuit, l'électricité qui doit être dépensée dans un temps limité, permet de produire cette électricité avec un matériel beaucoup moins considérable, cinq fois moins grand par exemple, de sorte que, de ce chef, on peut réduire de 80 pour 100 le matériel de

production. Il y a, en outre, sur la distribution de l'électricité par câbles, un autre avantage, qui est la suppression du matériel et la suppression des câbles conducteurs eux-mêmes, dont le prix est très élevé.

De sorte que les économies proviennent de trois causes distinctes : l'économie dans la production par une usine centrale, l'économie résultant de l'amortissement moindre, puisque le matériel est réduit considérablement, enfin l'économie qui résultera du transport même de l'électricité.

En résumé, M. Gaston Planté a, le premier, imaginé l'accumulation de l'électricité voltaïque, dont les applications ont été réalisées sur une grande échelle par M. Faure. M. Gaston Planté a donc eu le mérite de créer, pour ainsi dire, une nouvelle branche d'électricité, et il est certain aujourd'hui que l'extension qu'elle prendra, donnera à l'industrie de nouvelles armes, soit pour l'éclairage, soit pour le développement de la chaleur, soit pour les actions chimiques et les applications mécaniques de l'électricité.

Les corps savants ont rendu pleine justice aux travaux de M. Gaston Planté. En 1881, le jury international de l'Exposition universelle d'électricité lui accordait un diplôme d'honneur, distinction d'ordre supérieur, uniquement réservée aux grands inventeurs. Pendant la même année, l'Académie des sciences de Paris décernait au même physicien le prix de physique institué par Lacaze, qui est de la valeur de dix mille francs. Enfin, en 1882, la *Société d'encouragement pour l'industrie nationale* lui accordait la plus haute récompense dont elle dispose : la médaille d'Ampère.

M. Gaston Planté est, en effet, un de ces esprits d'élite qui n'ont d'autre but, dans leur vie, que le culte désintéressé de la science et la l'amour du progrès.

Né à Orthez (Basses-Pyrénées), le 22 avril

1834, M. Gaston Planté, après avoir terminé ses études et pris ses grades universitaires en mathématiques et en physique, fut attaché au Conservatoire des arts et métiers de Paris, comme préparateur du cours de physique de M. Edmond Becquerel.

M. Gaston Planté a été un des meilleurs professeurs de l'*Association polytechnique*, née de l'initiative et de la persévérance de l'illustre ingénieur Perdonnet. On sait que l'*Association polytechnique*, composée, au début, d'anciens élèves de l'École polytechnique, se donne pour mission de répandre dans la population parisienne, parmi les ouvriers et les amateurs, l'enseignement scientifique, dans ce qu'il a de plus utile et de plus élevé. M. Gaston Planté était chargé du cours de physique, et il prouva, dans ses leçons, qu'il était aussi élégant orateur qu'habile physicien.

En même temps qu'il s'occupait de travaux de physique, au Conservatoire des arts et métiers, M. Gaston Planté étudiait avec ardeur la géologie. Est-ce le souvenir de Becquerel père, qui avait suivi la carrière du géologue, avant de se consacrer à la physique, qui inspira au jeune physicien du Conservatoire l'idée de s'adonner à la géologie ? Tout ce que l'on peut dire, c'est que le temps consacré par M. Gaston Planté à l'exploration du sous-sol du bassin parisien, ne fut pas perdu. En effet, en 1855, il découvrait, au Bas-Meudon, dans les assises inférieures du terrain tertiaire de Paris, les restes d'un oiseau fossile, plus remarquable par ses dimensions et sa stature que le célèbre *Oiseau de Montmartre*, découvert par Cuvier dans les plâtrières de Montmartre.

Nous avons décrit dans notre ouvrage, *La Terre avant le déluge* ¹, cet oiseau gigantesque, analogue à ceux qui caractérisent

¹ 9^e édition (1883), pages 279-280.

la faune fossile de l'île de Madagascar.

L'Académie des sciences de Paris, dans un rapport spécial, donna à cet oiseau fossile le nom de l'auteur de cette découverte. On le désigne, en effet, sous le nom de *Gastornis* du nom (Gaston) de M. Planté.

Depuis 1859, M. Gaston Planté ayant quitté le Conservatoire des arts et métiers, s'est exclusivement occupé de recherches relatives à l'électricité. Il a présenté à l'Académie des sciences de nombreux travaux : sur la polarisation voltaïque, — sur l'accumulation de l'électricité à l'aide de ses couples et batteries secondaires, — sur les phénomènes produits par des courants électriques de haute tension, — sur la foudre globulaire, les trombes, les éclairs en chapelet, — sur la gravure sur verre par l'électricité, — sur la transformation de l'électricité dynamique en électricité statique à l'aide d'un nouvel appareil (*machine rhéostatique*), etc.

C'est aussi à M. Gaston Planté que l'électro-chimie doit la substitution des électrodes à lames de plomb aux électrodes en platine, qu'on croyait jusque-là indispensables. L'industrie a tiré un excellent parti de cette substitution, qui a réalisé une grande économie.

Dans un pays où l'amour des places et la recherche des honneurs est la grande préoccupation de ceux qui suivent les carrières libérales, il est bon de constater que M. Gaston Planté est un savant libre de toute entrave officielle, qui n'a sollicité, sous aucun gouvernement, ni charge, ni fonctions capables d'enchaîner son indépendance. Il travaille avec ses propres ressources, dans un laboratoire parfaitement distribué, et situé dans le tranquille quartier du Marais, faisant tous les frais de la construction de ses appareils. Tout jeune, il fut attaché à l'Exposition universelle de Londres, en 1862, comme inspecteur général, chargé des rapports de la Commission

française avec les commissions étrangères. En dehors de cette mission, qui n'était que temporaire et honorifique, il s'est renfermé dans son laboratoire.

Les savants étrangers et tous ceux qui veulent s'initier aux découvertes récentes en électricité, vont visiter le laboratoire de la rue des Tournelles, où l'on voit deux simples couples de Bunsen, placés sur une



Fig. 68. — M. Gaston Planté.

fenêtre au dehors, produire, grâce à l'accumulation du courant électrique, les plus puissants effets.

Au moyen de sa *machine-rhéostatique*, M. Gaston Planté obtient des étincelles de 12 centimètres de long, à l'air libre, sous l'influence de sa batterie secondaire de 800 couples. La longueur de ces étincelles est, d'ailleurs, proportionnelle au nombre des condensateurs de cette machine.

L'empereur du Brésil, dom Pedro I^{er}, ce souverain éclairé, digne et intelligent protecteur des sciences, qui a créé à Rio-de-

Janeiro, un observatoire astronomique, richement doté, ainsi que les laboratoires publics de physique et de chimie, voulut assister aux expériences de M. Gaston Planté. C'est pour cela que l'auteur a dédié à l'empereur du Brésil son ouvrage, *Recherches sur l'électricité*, dont la première édition a été publiée en 1879, qui résume tous ses travaux pendant vingt ans, et qui peut être considéré comme une des productions scientifiques les plus intéressantes de notre époque, malgré sa brièveté.

CHAPITRE XII

PRODUCTION DE L'ÉLECTRICITÉ PAR LE MOUVEMENT. — MACHINE ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE DE LA COMPAGNIE *l'Alliance*. — LES MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES. — LA MACHINE GRAMME. — LA MACHINE WERNER SIEMENS. — LES MACHINES ANALOGUES AUX TYPES GRAMME ET SIEMENS.

En thèse générale, la manière de produire l'électricité par le mouvement, consiste à déplacer, avec une grande rapidité, un corps conducteur, par exemple un fil métallique, au-devant d'un corps aimanté. Si le conducteur se déplace au-devant d'un aimant permanent, on appelle cette machine (dont le type est celui de la Compagnie *l'Alliance*) *machine magnéto-électrique*. Si le corps conducteur se déplace au-devant d'un électro-aimant, ou aimant temporaire, produit par la circulation de l'électricité autour d'un barreau de fer, on appelle cette machine, *machine dynamo-électrique*; telles sont les machines Gramme, Siemens, etc. Voilà ce qu'il faut bien se rappeler, pour comprendre les deux types de machines servant à produire l'électricité par le mouvement, c'est-à-dire à transformer, en fin de compte, le mouvement en électricité.

Mais comment le simple mouvement d'un corps conducteur au-devant d'un aimant, ou d'un électro-aimant, peut-il produire un

courant électrique? C'est ce qu'il faut expliquer.

En 1830, le célèbre physicien anglais, Faraday, l'élève et le successeur d'Humphry Davy, reconnut que si l'on approche un fil conducteur, un fil de cuivre, par exemple, d'un aimant, aussitôt un courant électrique se manifeste dans ce fil de cuivre. Si l'on éloigne le fil de l'aimant, un autre courant se produit instantanément, mais de nom contraire du précédent. Si les deux extrémités du fil de cuivre sont réunies, pendant qu'on approche et qu'on éloigne alternativement de l'aimant cette espèce de circuit fermé, il apparaît, dans ce circuit, deux courants instantanés et de nom contraire.

On appelle *courant d'induction* le courant électrique ainsi formé par le rapide déplacement d'un fil conducteur au-devant, ou autour d'un aimant.

Comment un courant électrique peut-il se produire par le seul fait du mouvement d'un fil conducteur devant un aimant? Il n'y a guère d'explication plausible de ce phénomène étrange. On peut dire seulement qu'un aimant n'agit pas uniquement, comme on l'avait toujours pensé, pour attirer le fer et l'acier; mais qu'il existe un *champ magnétique*, c'est-à-dire un espace peu étendu entourant l'aimant, et dans lequel cet aimant produit une influence, encore bien obscure dans sa véritable nature, mais qui a pour effet de troubler l'équilibre moléculaire de tous les corps placés dans son voisinage. Le phénomène observé par Faraday, c'est-à-dire la production de *courants d'induction* par le simple mouvement d'un fil conducteur autour de cet aimant, tient à cette influence troublante particulière, encore inexplicée, qu'un aimant exerce, sans contact, sur ce qui l'environne à une faible distance.

Si l'on voulait chercher une explication plus approfondie, on pourrait dire que

parmi toutes les influences modificatrices qu'un aimant provoque dans sa sphère d'action, c'est-à-dire dans le *champ magnétique*, se trouve la propriété de transformer en électricité le mouvement qui anime les corps. Dans cette théorie, le fil conducteur que l'on fait mouvoir au-devant ou autour d'un aimant, se chargerait d'électricité d'induction parce que son mouvement serait transformé en électricité.

L'explication est peut-être superficielle, mais elle a l'avantage de fixer les idées du lecteur, et de lui faire comprendre l'important phénomène de la production d'électricité dans les conditions que nous considérons.

Plus est long le fil conducteur qui se meut autour d'un aimant, et plus est énergique le courant d'induction développé dans ce fil. De là l'idée, très ingénieuse, de composer une *pelote*, ou *bobine*, de fils métalliques enroulés sur un axe, et enveloppés d'un corps mauvais conducteur, c'est-à-dire entourés de fils de soie, pour isoler électriquement toutes les spires de ce fil les unes des autres.

Cette bobine de fils métalliques recouverts de soie, approchez-la et éloignez-la alternativement d'un aimant, et vous y verrez naître un courant d'induction, d'une assez grande intensité; de sorte qu'il suffira de faire tourner cette bobine autour d'un aimant, pour avoir une source continue d'électricité d'induction. Seulement, comme les deux courants qui parcourent les fils de cette bobine sont de sens opposé, c'est-à-dire l'un positif, l'autre négatif, on n'aurait qu'une série de courants successifs, de noms contraires, si l'on ne faisait usage d'aucun artifice. L'art intervient ici avec beaucoup de bonheur. On se sert d'un petit appareil, auquel on donne le nom de *commutateur*, à l'aide duquel tous les courants instantanés, alternativement positifs et négatifs, trouvent dirigés dans le même sens. Dès

lors, les deux extrémités de la bobine sont les pôles opposés d'une véritable source d'électricité d'induction; et si on les recueille au moyen d'un *commutateur*, on a un courant électrique continu.

Tel est le principe de la machine dite *magnéto-électrique*, dans laquelle une ou deux bobines de fils de cuivre entourés de soie, tournant autour d'un aimant, engendrent un courant d'électricité.

Le physicien anglais Clarke a donné son nom à la machine *magnéto-électrique* qu'il fit construire par Saxton, en 1832, et qui se compose d'un aimant en fer à cheval fixe, autour duquel tournent, au moyen d'une manivelle, deux bobines de fils de cuivre, recouverts de soie. Par le mouvement des bobines autour de l'aimant, il se développe une suite de courants d'induction. Un *commutateur*, à travers lequel passent les deux courants, recueille ces courants, et les amène chacun dans le même fil.

Nous représentons, dans la figure 70, la machine *magnéto-électrique* de Clarke¹.

BB' sont les bobines des fils conducteurs, DD', l'aimant. Au moyen de la manivelle et d'une chaîne sans fin, E, on fait tourner les bobines autour de l'aimant, et les courants d'induction se développent dans les fils de la bobine. C est le *commutateur*, qui transforme en un seul courant de même sens la série des courants alternativement positifs et négatifs engendrés par la machine.

La machine *magnéto-électrique* de Clarke produit un courant électrique dont les effets, tant physiques que chimiques, sont absolument les mêmes que ceux de la pile de Volta, l'électricité provenant du mouvement d'un corps conducteur autour d'un aimant, étant absolument la même dans sa

1. Avant la machine de Clarke, Pixii, constructeur d'appareils de physique, à Paris, avait exécuté une machine semblable, c'est-à-dire fondée sur le principe découvert par Faraday en 1830, mais dans laquelle c'était l'aimant qui tournait. L'effet est le même. Si nous nous attachons de préférence à la machine de Clarke, c'est qu'elle simplifie notre exposé.

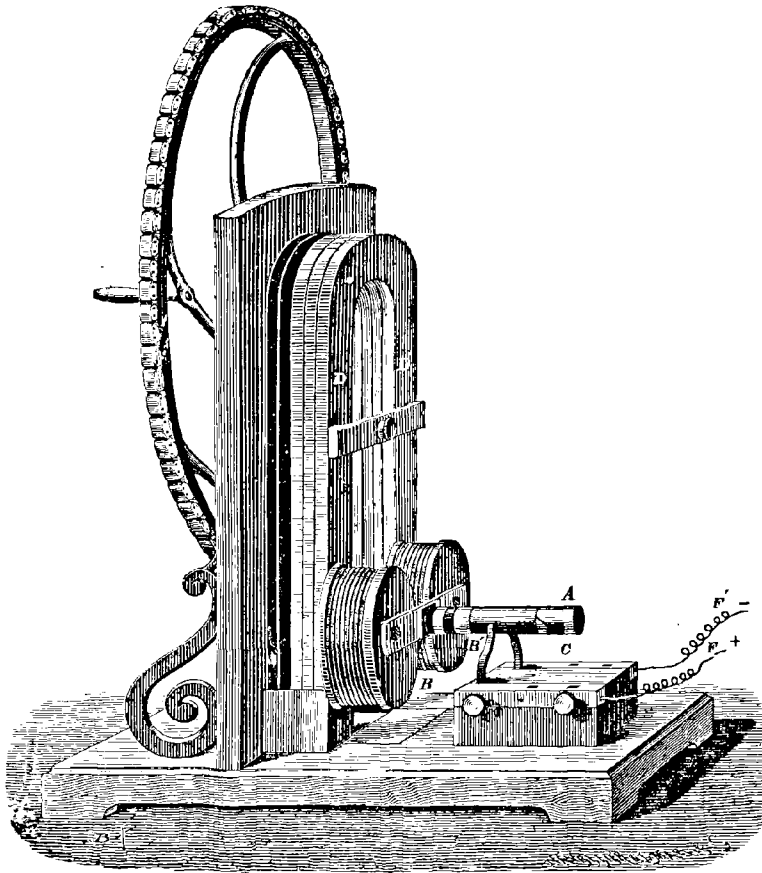


Fig. 69. — Machine magnéto-électrique de Clarke.

nature, que l'électricité qui résulte de l'action chimique.

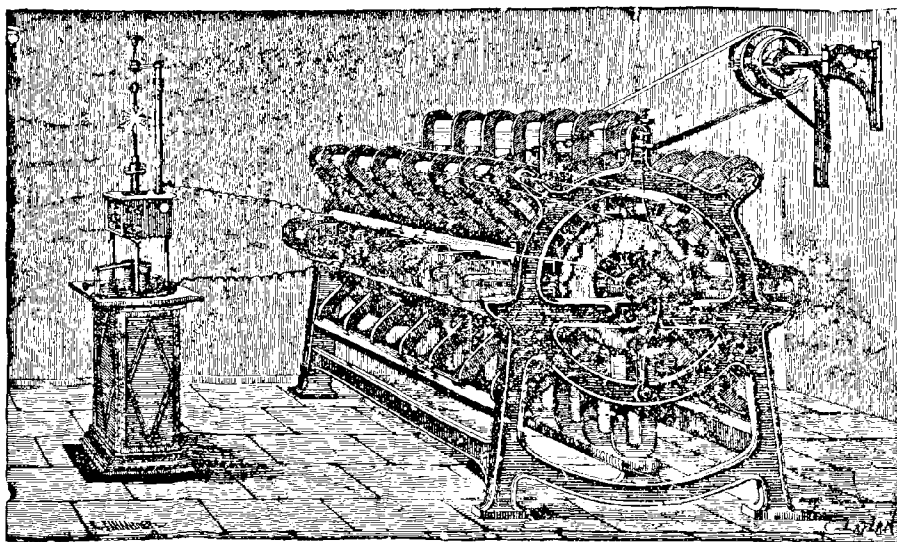
La machine de Clarke n'était qu'un instrument de démonstration, destiné aux expériences dans les cours de physique. Mais il y avait peu à faire pour la transformer en une machine industrielle, capable de fournir une source abondante d'électricité. Il suffisait de prendre un nombre suffisant de bobines, et par un effort mécanique suffisant, de les faire tourner autour d'un très puissant aimant ou de plusieurs aimants assemblés.

C'est ce que fit, en 1849, un professeur de physique à l'École des sciences militaires de Bruxelles, Nollet, descendant de ce célèbre et savant abbé Nollet qui, à la fin du

dix-huitième siècle, était, à Paris, l'infatigable oracle de l'électricité. Nollet prit 60 gros aimants permanents, en fer à cheval, et les disposa en face d'un arbre horizontal fixe, qui était garni d'un même nombre de bobines de fils de cuivre recouverts de soie. Au moyen d'une machine à vapeur, il imprima un mouvement de rotation très rapide aux bobines autour des aimants fixes. Ainsi fut réalisée la première machine industrielle dans laquelle on transformait le mouvement en électricité.

La mort vint surprendre Nollet au milieu de ses travaux; mais il laissa ses plans à son élève, Joseph Van Malderen, qui acheva son œuvre.

Perfectionnée encore par le physicien

Fig. 70. — Machine magnéto-électrique de la C^{ie} l'Alliance.

français, Masson, la *machine magnéto-électrique* de Nollet, qui n'était au fond autre chose que la réunion intelligente de 60 machines de Clarke, servit à engendrer de l'électricité, applicable à divers usages industriels. Elle reçut alors sa forme définitive, que nous représentons dans la figure 71.

La petite compagnie financière qui fit construire à Paris cette machine, avait pour directeur M. Auguste Berlioz, homme laborieux et modeste, absolument dévoué aux intérêts et à l'avenir de sa compagnie, laquelle ne fila pas toujours des jours d'or et de soie, et fut souvent ballottée par les vents contraires. M. Auguste Berlioz l'avait baptisée de ce nom conciliant et doux : *Compagnie l'Alliance*. De là est venu le nom de *Machine de la C^{ie} l'Alliance*, que l'on trouve si souvent dans les ouvrages traitant de l'éclairage électrique, et qui sert à désigner cet appareil, parvenu aujourd'hui à d'assez belles destinées, grâce à la persévérance de son zélé propagateur.

Auguste Berlioz était parent du compositeur de musique, Hector Berlioz¹, si bafoué

pendant sa vie, si exalté après sa mort. On bâillait — moi le premier — au grand opéra des *Troyens*, et quand, à force de sacrifices, Hector Berlioz avait réussi à réunir un orchestre suffisant pour faire exécuter, à ses frais, la *Damnation de Faust*, sa partition était saluée par les sifflets les mieux nourris, et peu s'en fallait que l'on ne cassât les pupitres sur le dos des musiciens. Aujourd'hui, Hector Berlioz est passé au rang des dieux de l'harmonie. Dans les concerts Colonne, au théâtre du Châtelet, on joue, à satiété, cette même *Damnation de Faust*, jadis si conspuée; et si on ne l'exécute pas régulièrement chaque dimanche, pendant toute la saison, c'est uniquement par respect humain, pour laisser quelque place à d'autres compositeurs; car on aurait toujours trois mille auditeurs pour cette œuvre. Dans les journaux, les critiques dissertent à n'en plus finir sur les compositions musicales de Berlioz. Il se trouve des littérateurs pour consacrer de gros volumes à la biographie du divin *maestro*, et, au mois d'octobre 1886, on lui

1. M. Auguste Berlioz est né à Grenoble (Isère); Hector Berlioz à Pont-Saint-André, dans le même département.

élever, en plein Paris, une statue ! Quel drôle de monde que le monde où l'on s'amuse !

Construite, à l'origine, pour remplacer la pile de Bunsen, dans les ateliers de galvanoplastie, de dorure et d'argenture, la machine de la C^o *Alliance* servit longtemps à cet usage. Mais, dès que l'éclairage électrique prit de l'importance, on l'appliqua à la production de la lumière. En 1835, lorsque, pour la première fois, l'éclairage électrique fut adopté pour remplacer les lampes à huile, dans les phares, la machine de la C^o *Alliance* servit à engendrer l'électricité dans les deux phares de la côte du Havre, et elle y tient encore cet emploi.

Un ingénieur français, M. de Méritens, construit aujourd'hui ces machines perfectionnées. Cet ingénieur a modifié dans quelques détails l'appareil de Van Malderen.

Hâtons-nous de dire que les machines magnéto-électriques ne sont aujourd'hui que des exceptions. L'immense majorité des machines qui servent actuellement à produire l'électricité, pour les besoins de l'éclairage, sont des machines *dynamo-électriques*. Arrivons donc, sans plus tarder, à l'étude de ces appareils physico-mécaniques.

Qu'est-ce qu'une machine *dynamo-électrique* ?

Les machines *magnéto-électriques*, que nous venons de décrire, ne sauraient suffire à faire naître des courants électriques d'une intensité considérable, et servir, par conséquent, à alimenter plusieurs arcs éclairants, parce qu'un aimant permanent ne fait pas naître dans les fils un courant d'induction d'une très grande puissance. Il faudrait, pour obtenir d'importants effets, multiplier singulièrement le nombre des aimants. Or, le poids considérable de ces aimants empêcherait de réaliser ce système dans la pratique. De plus, les aimants permanents perdent assez vite leur vertu magnétique, quand ils font un usage continuel.

La machine de la C^o *Alliance*, la machine *magnéto-électrique* n'était donc pas l'idéal du genre.

En remplaçant les aimants par des électro-aimants, on est arrivé à accroître singulièrement la puissance et les qualités pratiques des machines qui transforment le mouvement en électricité.

En 1820, le grand physicien François Arago avait découvert qu'un courant électrique circulant dans un long fil enveloppé de soie, autour d'un cylindre de fer très pur, transforme ce cylindre de fer en un véritable aimant, en un *aimant artificiel*. Cette aimantation artificielle dure tant que le courant électrique circule autour du métal ; il cesse dès que ce courant est interrompu : cet *aimant artificiel* est un *aimant temporaire*.

Le phénomène fondamental de l'*aimantation temporaire* du fer par un courant électrique, a reçu, depuis Arago, un nombre incalculable d'applications à la mécanique de l'électricité. Il nous suffira de dire, comme un exemple dont on appréciera la haute valeur, que toute la télégraphie électrique repose sur ce phénomène.

C'est par l'application de ce même principe de l'*aimantation temporaire du fer par un courant électrique*, que l'on a créé les nouvelles machines produisant de grandes quantités d'électricité d'induction, dont l'industrie s'est emparée, et qui sont désignées sous le nom de *machines dynamo-électriques*.

On a reconnu que, si au lieu d'aimants permanents, dans la *machine magnéto-électrique* que nous venons de décrire, on se sert d'aimants artificiels, d'aimants temporaires, en d'autres termes d'*électro-aimants*, selon le terme consacré, on produit, avec la machine ainsi modifiée, des courants électriques d'une puissance infiniment supérieure. Au lieu d'un aimant permanent, prenez un simple cylindre de fer très pur,

et faites circuler autour de ce cylindre de fer un courant électrique : lorsque vous ferez tourner la bobine de fils conducteurs autour de cet *électro-aimant*, vous développerez 50 ou 60 fois plus d'électricité que si vous opérerez avec un aimant permanent.

A quel physicien est due l'idée de remplacer les aimants par des électro-aimants, dans les machines destinées à produire des courants d'induction ?

M. Wilde, ingénieur anglais, construisit, en 1865, la première machine à électro-aimants. Pour aimanter ses électro-aimants, M. Wilde se servait d'une petite machine magnéto-électrique. Le courant développé par cette petite machine était envoyé dans une seconde machine, de dimensions beaucoup plus considérables. Il y avait donc deux machines superposées : l'une, supérieure, composée d'aimants permanents, entre lesquels tournait une bobine de fils conducteurs, l'autre, inférieure, composée de deux électro-aimants, au milieu desquels tournait une seconde bobine, de dimension beaucoup plus grande. La petite machine envoyait son courant dans la machine inférieure, dans laquelle se développait le courant induit, que l'on utilisait pour produire la lumière.

Bientôt, un principe tout nouveau, qui fut découvert en Angleterre par M. Wheatstone, et en Allemagne par M. Werner Siemens, et qui fut soumis à la *Société royale de Londres* le même jour (le 14 février 1867), apporta une grande simplification à la manœuvre pratique, à la mise en train de ce genre de machines.

Ce principe, c'est l'accroissement successif de la puissance d'un système électro-magnétique, sous l'influence des courants d'induc-

tion qu'il engendre lui-même. Il suffit que le fer que l'on met en rotation conserve une trace de magnétisme, provenant, soit d'une aimantation antérieure, soit de l'action magnétique du globe, pour produire l'action *amorçante* et le développement d'un faible courant, dont l'intensité s'accroît ensuite peu à peu, par la rapidité croissante du mouvement.

La première machine *dynamo-électrique* construite sur le principe de Siemens et Wheatstone, parut à l'Exposition universelle de Paris, en 1867. Construite par M. Ladd, physicien anglais, elle se composait uniquement des deux bobines de la machine Wilde ; l'aimant permanent était supprimé. L'électro-aimant était formé de deux larges plaques de fer entourées de fils de cuivre isolés et formant deux électro-aimants droits, dont les pôles en regard étaient de noms contraires. Aux deux extrémités de ces électro-aimants étaient deux bobines de fils conducteurs. L'une, la plus petite, envoyait son courant dans les électro-aimants, pour entretenir son magnétisme ; la seconde, la plus grosse, était utilisée pour alimenter le circuit extérieur. La petite quantité de magnétisme *rémanent* existant dans les plaques de fer des électro-aimants, suffisait pour *amorcer* le courant, et ensuite, par l'accroissement de la vitesse de rotation, pour développer une action magnétique de plus en plus considérable.

En égard à ses faibles dimensions, la machine de Ladd produisit une grande sensation, et fut accueillie comme un progrès très important dans l'art de produire instantanément les courants électriques.

Cette première machine *dynamo-électrique* devait pourtant être encore perfectionnée.

En 1860, un simple étudiant de l'université de Pise, M. Paccinotti, donna aux bobines d'induction une forme nouvelle et très originale. M. Paccinotti donna aux

1. M. Werner Siemens lut son mémoire à l'Académie des sciences de Berlin le 17 janvier 1867, et son frère, M. William Siemens présentait ce même mémoire, le 14 février 1867, à la *Société royale de Londres*, le jour même où M. Wheatstone présentait le sien à la même Société.

bobines d'induction une forme circulaire. Il prit un anneau de fer pur et l'entoura d'une série de bobines de fils de cuivre isolés.

Chacun a pu voir et examiner en détail, à l'Exposition d'électricité de 1881, au palais de l'Industrie, le modèle original de la machine de l'étudiant italien.

La machine dynamo-électrique à bobine circulaire de M. Paccinotti n'entra point dans la pratique; mais un constructeur de Paris, M. Gramme, ancien ouvrier de la C^o l'*Alliance*, adoptant cette disposition, fabriqua la machine qui porte son nom, et qui est d'un grand usage en France. M. Gramme disposa, comme le faisait M. Paccinotti, une série de bobines autour d'un anneau de fer, et obtint ainsi ce que l'on nomme aujourd'hui l'*anneau de Gramme*, et qui n'est que l'*anneau de Paccinotti*.

Dans la machine *magnéto-électrique* de la C^o l'*Alliance*, et, en général, dans toutes les machines d'induction construites avant l'année 1860, on employait des bobines droites, tout à fait semblables aux bobines qui servent au travail des dames, ou à celles que l'on voit en si grand nombre dans les filatures de coton.

Grâce à la manière dont sont disposés les fils de cuivre autour de l'anneau de fer, les *commutateurs* qui servaient à redresser le sens des courants d'induction développés dans ce système et qui étaient une grande complication dans la construction des anciennes machines, se trouvent supprimés. Voici comment ce résultat est obtenu.

Trenté enroulements de fils de cuivre isolés, imitant les anciennes bobines droites, sont pratiqués autour de l'anneau de fer, séparés chacun par un petit intervalle. Pendant la première demi-révolution de l'anneau, quinze de ces enroulements particuliers sont parcourus par un courant positif; les quinze autres, pendant la demi-révolution qui termine la révolution complète,

sont parcourus par un courant négatif. Or, l'une des extrémités du fil de chaque bobine est soudée à l'extrémité voisine du fil de la bobine suivante; et ces parties soudées aboutissent à des pièces de cuivre isolées formant un disque, contre lequel s'appuient deux frotteurs, composés de faisceaux de fils métalliques, que M. Gramme appelle *balais*. Ce disque collecteur permet de recueillir chaque petit courant positif, ou chaque petit courant négatif, selon la place qu'il occupe sur le pourtour de l'anneau, et d'envoyer ces petits courants dans un conducteur commun; de manière qu'on a, par la réunion de courants opposés, une suite de courants d'électricité ordinaire, de sens continu, fournis par des effets d'induction.

Nous représentons dans la figure 71 l'une des machines Gramme. M. Gramme a construit, en effet, plusieurs types différents selon qu'il s'agit de produire de l'électricité pour les opérations de galvanoplastie, pour le transport de la force ou pour l'éclairage. Celle que représente la figure 71, et dont nous allons expliquer les dispositions générales, s'applique à la production de la lumière, et porte le nom de *type d'atelier*.

Dans cette figure, la bobine d'induction, ou *anneau inducteur*, qui renferme les 30 bobines de fils de cuivre dans lesquelles doivent se produire les courants induits, est représentée par les lettres AA'. Les électro-aimants qui, par leur action à distance, sur les fils de la bobine AA', provoquent, dans ces fils, des courants d'induction, sont représentés par les lettres BB', CC'. Ces courants sont recueillis par les *balais* et le *collecteur*, a, e.

Les aimants BB', CC', étant des aimants artificiels, des aimants temporaires, il faut faire circuler autour d'eux le courant électrique qui doit les aimanter. C'est une partie de l'électricité développée par les bobines d'induction, qui sert à cet office.

L'électro-aimant étant créé par la circu-

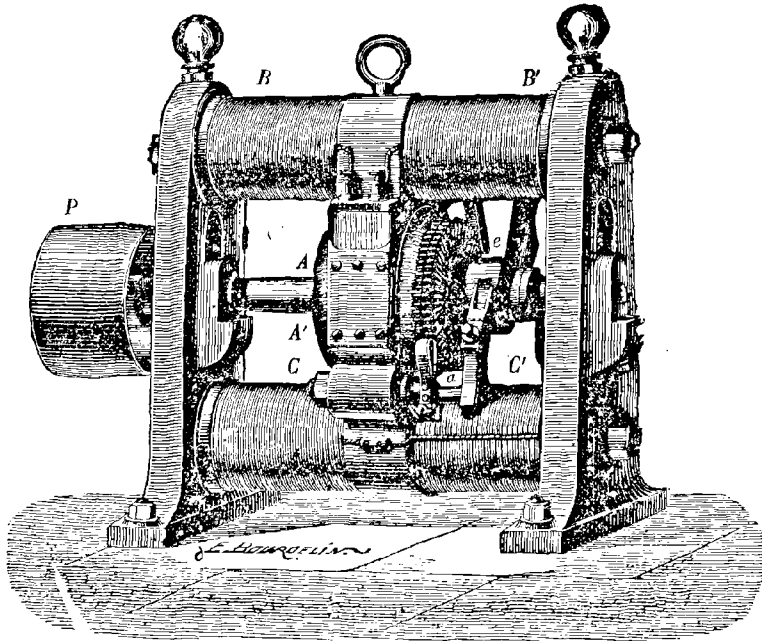


Fig. 71. — Machine dynamo-électrique construite par M. Gramme.

AA', bobine d'induction; BB', CC', aimants artificiels; a, collecteur; P, poulie actionnée par la machine à vapeur et faisant tourner la bobine d'induction.

lation du courant électrique autour des pièces de fer BB', CC', lorsque l'anneau, ou bobine d'induction, AA', est mis en mouvement de rotation rapide par la force d'une machine à vapeur qui vient faire tourner, au moyen d'une courroie, la poulie P, des courants d'induction d'une grande puissance prennent naissance dans cette bobine, et ils constituent une source continuelle d'électricité, un courant électrique, que l'on peut appliquer à développer de la lumière dans un arc voltaïque pour l'éclairage des grands espaces, ou pour produire l'incandescence de corps conducteurs, dans l'éclairage dit par *incandescence*.

Telle est la machine dynamo-électrique construite par M. Gramme, qui est aujourd'hui d'un si grand usage pour produire, au moyen du mouvement, de l'électricité applicable à l'éclairage.

Nous avons dit qu'en 1860, M. Paccinotti, alors étudiant à l'université de Pise,

avait imaginé, le premier, un anneau de bobine disposé de manière à obtenir un courant d'induction de sens continu. M. Worms de Romilly, à Paris, avait, plus tard, décrit une machine analogue.

C'est en 1870 que M. Gramme construisit la machine dynamo-électrique qui porte son nom. Mais on voit qu'il n'eut d'autre mérite que de réunir dans une disposition commode les divers organes imaginés par les physiciens et constructeurs qui l'avaient précédé, et d'avoir, en particulier, rendu pratique et usuelle l'excellente et originale machine construite en 1860, par l'étudiant de Pise.

La puissance considérable des courants développés par ces nouveaux appareils, donna un grand développement à l'éclairage électrique. C'est pour cela que l'éclairage électrique, à partir de l'année 1872 environ, prit une extension importante, et qui devait s'accroître sans cesse. De cette

époque date l'ère industrielle de l'éclairage par l'électricité.

A l'Exposition d'électricité de 1881, à Paris, on vit fonctionner un très grand nombre de machines dynamo-électriques. Nous représentons plus loin (figure 75, page 128) la section de cette Exposition où M. Gramme avait réuni ses principaux modèles.

La machine Gramme n'est pas la seule machine *dynamo-électrique* donnant de bons résultats pratiques. Werner Siemens, en Allemagne ; Lontin, en France ; Brush, en Angleterre, etc., ont construit des machines *dynamo-électriques* qui arrivent, par d'autres dispositions, à produire les mêmes effets que la machine Gramme.

Nous n'entreprendrons pas de décrire ces divers appareils. Il nous suffira d'en donner les caractères généraux, et de dire ce qui les différencie.

Dans la *machine Siemens*, construite par M. Hafner-Alteneck, ingénieur de la maison Siemens, de Berlin, le corps inducteur, c'est-à-dire l'électro-aimant qui doit produire le courant d'induction dans les fils conducteurs, se prolonge, sous la forme d'une armature, constituée par un certain nombre de lames de fer, qui sont courbées en arc de cercle, et séparées les unes des autres par une distance de quelques millimètres, afin que l'air puisse circuler entre leurs intervalles et empêcher l'échauffement de ce système.

La bobine dans laquelle se développent les courants d'induction, sous l'influence du mouvement, est un énorme tambour de bois, autour duquel est enroulée, dans le sens longitudinal, une grande longueur de fils, qui sont isolés les uns des autres par un corps résineux.

La manière d'enrouler les fils et de les isoler constitue l'invention particulière de l'auteur, et justifie le nom de *bobine*

Siemens, sous lequel elle est connue.

Comme dans la machine Gramme, des *collecteurs* réunissent les courants d'induction développés dans la bobine, et amènent leur totalité dans deux conducteurs.

Les situations respectives des organes de ces machines varient suivant leur destination spéciale.

Dans les machines dynamo-électriques de Werner Siemens destinées à l'éclair-

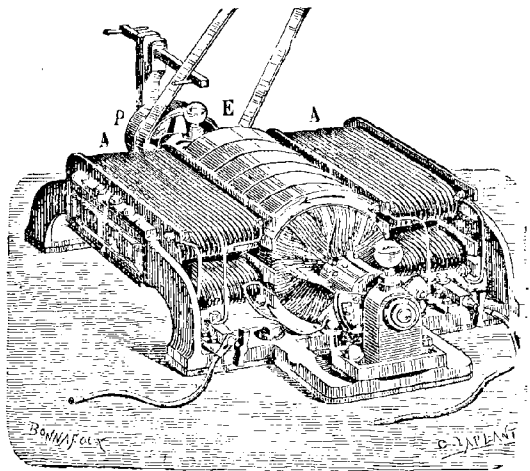


Fig. 72. — Machine Siemens, type horizontal.

rage, les fils induits sont disposés verticalement, pour les petites machines, et horizontalement, pour les machines plus puissantes.

La figure 72 représente le type horizontal, la figure 73, le type vertical des machines Siemens.

Nous donnons dans une figure particulière (74) le dessin au trait du dernier de ces appareils, vu en coupe, afin de mieux montrer la destination de chacun de ses organes.

La figure 73 représente donc la machine verticale de M. Siemens du grand modèle, la même que montre en perspective la figure 72.

BB' est la bobine d'induction ; AA' sont

les électro-aimants, avec leur armature E, qui se prolonge, pour envelopper la bobine. Cette bobine tourne au moyen d'une courroie s'enroulant sur la poulie P, mise en mouvement par une machine à vapeur.

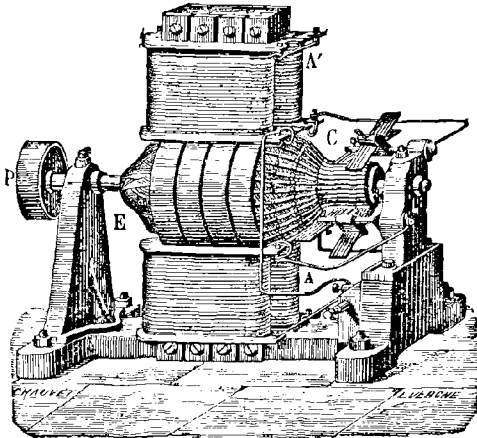


Fig. 73. — Machine Siemens, type vertical.

Le fil qui s'enroule autour de la bobine BB' est unique, seulement on le divise en un certain nombre de sections, et l'on réunit les bouts coupés par une boucle. Chaque boucle vient se souder à une pièce métallique CC' (fig. 72 et 74), et l'ensemble de ces pièces constitue, comme dans la machine Gramme, le *collecteur*. Ce *collecteur* est composé d'un certain nombre de plaques de cuivre rayonnant autour d'un axe commun, et séparées l'une de l'autre par des couches isolantes de carton d'amiante. Le *collecteur* ayant recueilli les courants développés dans la bobine, ces courants sont amenés au conducteur général, lequel donne écoulement au courant électrique produit par l'appareil.

Werner Siemens est l'inventeur d'une lampe à arc voltaïque, que l'on connaît sous le nom de *lampe différentielle*, et dans laquelle l'effet que produisent les régula-

teurs ordinaires, c'est-à-dire le rapprochement ou l'éloignement des charbons, est obtenu par une distribution mathématiquement calculée du courant aux deux charbons positif et négatif.

Sans entrer dans l'examen particulier de la *lampe différentielle de Siemens*, nous dirons que cette lampe, alimentée par la machine dynamo-électrique que nous venons de décrire, est employée, en concurrence contre les bougies Jablochhoff, dans beaucoup de villes d'Allemagne, d'Angleterre et même de France. L'*Éden-Théâtre*, par exemple, ce vaste établissement de fêtes théâtrales, créé à Paris, en 1882, dans la rue Boudreau, est éclairé sur sa façade, et dans une partie de la salle, par les lampes Siemens.

Les dispositions que nous venons de décrire ne sont pas les seules qui aient permis de construire des machines dynamo-

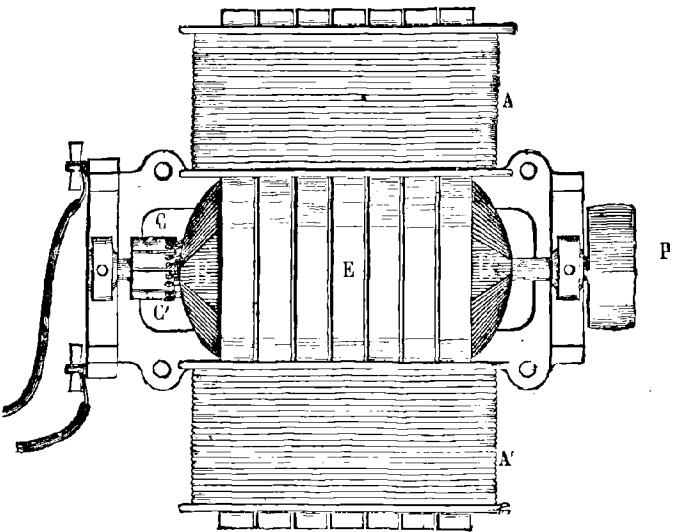


Fig. 74. — Machine Siemens, type horizontal (coupe).

électriques, fondées sur les principes développés plus haut. On a singulièrement fait varier les situations respectives des organes de ces machines, sans rien changer, d'ailleurs, à ces organes.

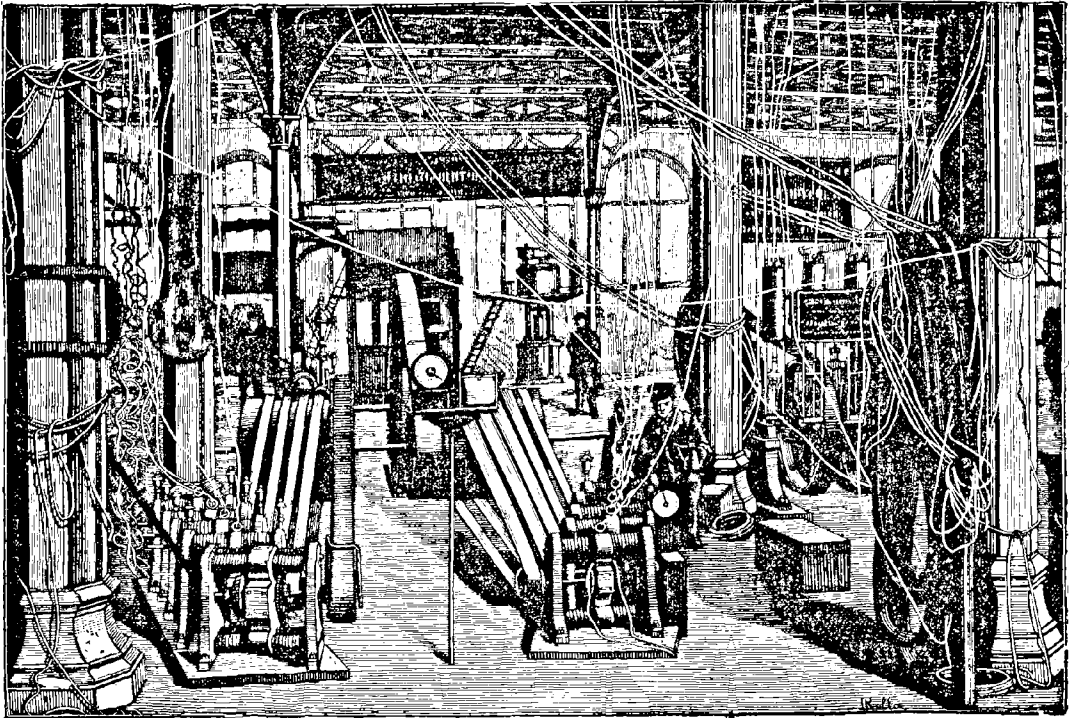


Fig. 75. — Les machines Gramme à l'Exposition d'électricité de 1881.

Les systèmes de MM. Gramme et Siemens ont donné lieu à trois ou quatre machines dynamo-électriques, dont les auteurs se sont contentés de réunir, avec de légères modifications, les organes empruntés à ces deux systèmes. De ce nombre sont la machine *dynamo-électrique* de M. Weston, celle de M. Maxim, et même celle de M. Edison, qui n'est qu'une combinaison des machines Gramme et Siemens, mais exécutée sur une plus grande échelle.

La machine dynamo-électrique de M. Edison a donné ce résultat extraordinaire de transformer d'un seul coup en électricité une force de 120 chevaux-vapeur, fournie par plusieurs générateurs de vapeur. L'emploi de ces énormes machines peut seul permettre de diminuer le prix de revient de l'électricité, et rendre moins dispendieux l'éclairage par incandescence.

Nous représentons dans la figure 77 la

grande machine d'Edison pour la production de la lumière.

On voit, sur la gauche du dessin, le moteur à vapeur, M, de la force de 120 chevaux, qui fait tourner directement l'arbre, muni de deux volants, V, V'. Cet arbre porte un énorme tambour, CC', qui répond à la bobine Siemens, ou à l'*anneau* de Gramme, et dans lequel se développent les courants d'induction.

Ce *tambour d'induction* est composé de simples barres de cuivre isolées les unes des autres, et reliées entre elles comme le sont les fils de l'*anneau* de Gramme ou ceux de la machine Siemens.

Les électro-aimants destinés à développer les courants d'induction dans le tambour CC', sont disposés horizontalement. Ils se composent de 8 cylindres de fer pur (quatre au-dessus du tambour et quatre au-dessous) dont deux seulement

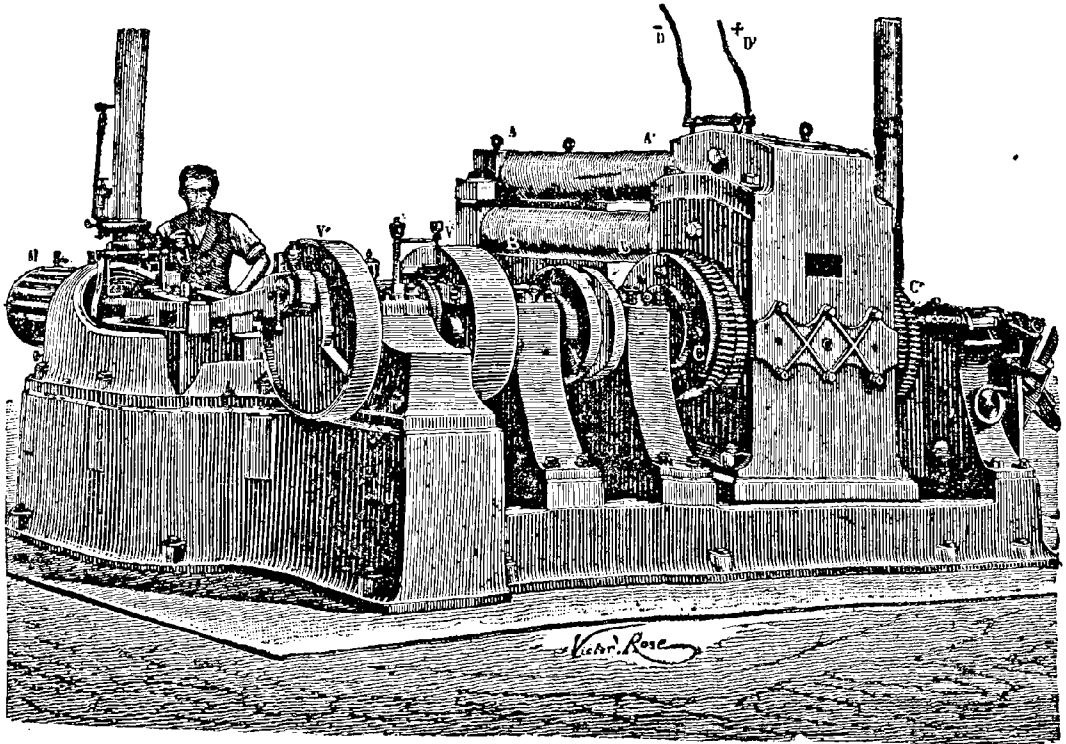


Fig. 76. — Grande machine dynamo-électrique de M. Edison.

M, moteur à vapeur; VV', arbre de la machine; CC', bobine d'induction; AA', BB', électro-aimants; DD', fils conducteurs de l'électricité développée par le mouvement.

AA', BB', sont visibles sur la figure 76.

Un collecteur sert à réunir les courants partiels et à former deux courants uniques DD'. Ce collecteur a les mêmes dispositions que ceux de MM. Siemens et Gramme.

Cette machine gigantesque a été construite en vue d'alimenter 120 lampes du premier type Edison et 2400 lampes du second type. Elle est réservée à la production de l'électricité dans une station centrale.

Pour les installations privées, M. Edison livre aux particuliers des machines de dimensions ordinaires, qui servent à l'éclairage des ateliers ou d'une maison.

Nous représentons dans la figure 77 (page 131) le modèle qui est le plus souvent employé. Il est destiné à alimenter 60 lampes du premier type. (Le premier type de lampes Edison correspond à deux lampes

Carcel.) Cette machine nécessite la force d'un cheval-vapeur pour la production de la lumière de 8 lampes.

La petite machine dynamo-électrique Edison ne diffère en rien, par ses principes essentiels, des machines dynamo-électriques que nous avons déjà décrites. Elle se réduit, en effet, à une bobine Siemens, B, tournant, au moyen d'une courroie et d'une poulie C, actionnée par la machine à vapeur, entre les deux pôles de deux électro-aimants verticaux, EE'.

Des collecteurs D, semblables à ceux de la machine Gramme, recueillent les courants et les amènent à deux conducteurs généraux, pn, p'n'.

La vertu magnétique est communiquée à la bobine Siemens, par un petit courant dérivé du courant principal.

Un *régulateur*, c'est-à-dire un appareil au moyen duquel on active ou modère le courant qui se rend aux lampes en faisant traverser à cet aimant des masses métalliques de grosseurs différentes, selon que l'on veut accroître ou diminuer la résistance, est toujours adjoint à la machine Edison.

Nous avons déjà représenté, dans les figures 43, 44 (page 87), le système physique de ce régulateur de la machine Edison, qui se compose de tiges conductrices de différentes grosseurs, opposant des résistances diverses, et permettant d'accroître ou d'atténuer la puissance du courant selon la tige métallique dans laquelle on dirige le courant.

Auprès du régulateur on a soin de placer une petite lampe à incandescence **L**, qui, par son éclat, donne au mécanicien l'idée du degré d'éclairage produit par la machine à lumière.

Nous n'en dirons pas davantage sur les *machines dynamo-électriques* que l'on trouve décrites en si grand nombre dans les ouvrages traitant de l'électricité. En effet, chaque constructeur de lampes électriques a aujourd'hui sa machine particulière pour la production de la lumière ; et, bien qu'il s'attache à lui donner un aspect nouveau, une physionomie spéciale. c'est toujours, au fond, le même appareil, composé des mêmes organes que l'on a autrement groupés.

Il importe cependant d'ajouter que, dans certaines de ces dernières machines, les électro-aimants sont quelquefois alimentés par une machine spéciale séparée, à courants continus, qui prend le nom d'*excitatrice*.

Dans un modèle construit par M. Gramme la *machine excitatrice* est placée sur le même arbre que la machine à courants alternatifs et tourne avec la même vitesse.

Dans la machine de M. Lontin, au lieu

de l'anneau Gramme, on fait usage d'une sorte de pignon de fer portant des dents : les fils conducteurs sont enroulés sur ces dents.

Si l'on veut se faire l'idée d'un générateur quelconque d'électricité résultant du mouvement, il suffit de se reporter au dessin que nous avons donné page 121 (fig. 70) de la machine *magnéto-électrique* de la *C^e l'Alliance* ; et à supposer qu'au lieu des aimants naturels qui existent dans ces machines, on ait des électro-aimants, rendus tels grâce à la dérivation d'une partie d'un courant électrique emprunté lui-même à la source principale, et l'on aura l'idée générale de l'une quelconque des innombrables machines dynamo-électriques que chaque constructeur fabrique et prône de son mieux, s'efforçant d'élever un simple tour de main d'atelier à la hauteur d'un principe.

Les machines dynamo-électriques transforment en électricité 80 à 90 pour 100 du travail mécanique développé sur l'arbre moteur. Elles sont donc supérieures au meilleur appareil hydraulique, pompe, roue, turbine ou autre, qui transformerait en travail l'énergie d'une chute d'eau.

CHAPITRE XIII

REVUE DES PRINCIPALES APPLICATIONS DE LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE. — ÉCLAIRAGE DES PLACES PUBLIQUES ET DES RUES. — EXPÉRIENCES FAITES A PARIS, A L'AVENUE DE L'OPÉRA ET A LA PLACE DU CARROUSEL EN 1878. — L'ÉCLAIRAGE DES PLACES PUBLIQUES ET DES RUES EN ANGLETERRE, EN SUÈDE, EN ALLEMAGNE. — DIVERS SYSTÈMES DE RÉFLECTEURS APPLICABLES A LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE. — LES RÉFLECTEURS DE LA COMPAGNIE LYONNAISE. — LE RÉFLECTEUR MILLION ESSAYÉ A PARIS, EN 1881. — LE RÉFLECTEUR AMÉRICAIN PARTZ. — SYSTÈME DE RÉFLECTEUR EMPLOYÉ A SAN-JOSÉ (CALIFORNIE).

C'est la création de la bougie Jablochhoff qui détermina la rapide adoption de la lumière électrique pour "l'éclairage public,

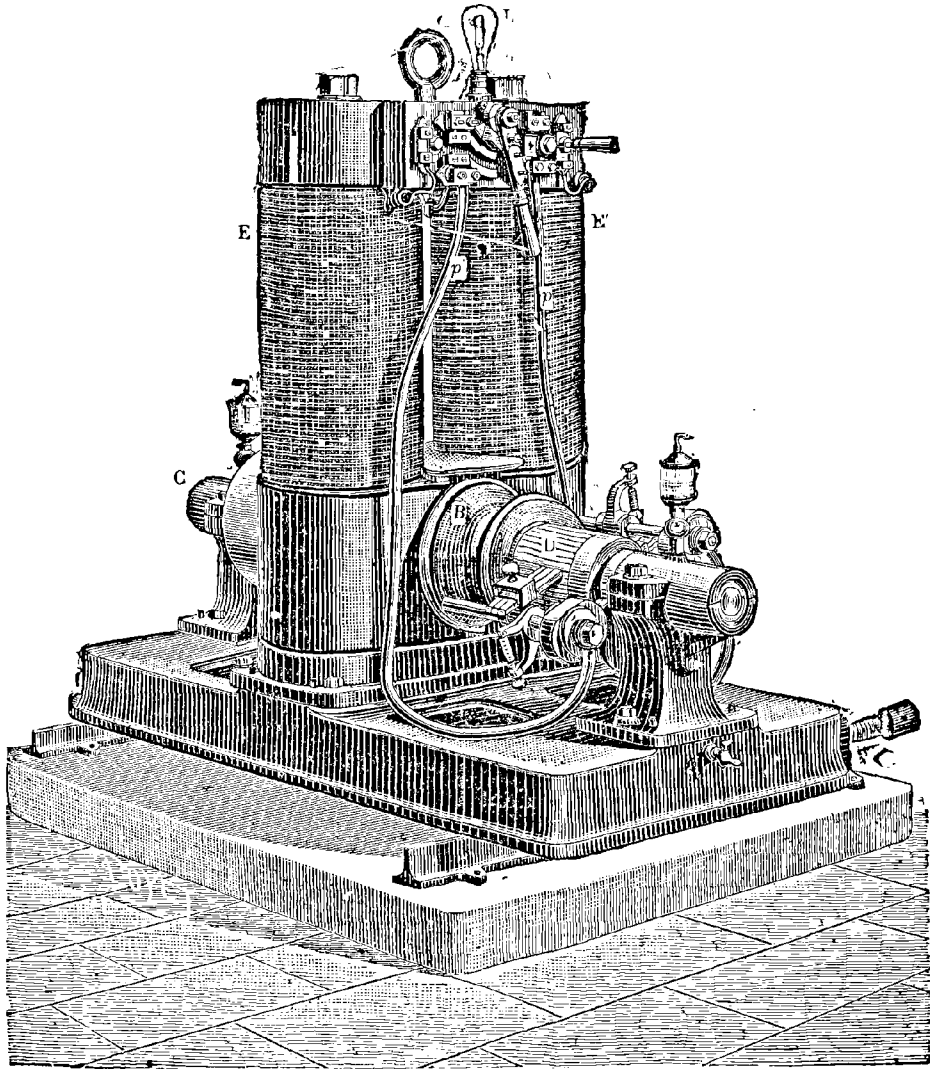


Fig. 77. — Machine dynamo-electrique d'Edison (type ordinaire).

c'est-à-dire pour l'éclairage des places et des rues.

Le 3 mai 1878 marque, sous ce rapport, une date intéressante. Vers huit heures du soir, trente-deux globes de verre émaillé, placés le long de l'avenue de l'Opéra, s'allumèrent à la fois, projetant autour d'eux leur clarté puissante, mais blanche et douce, qui rappelait un beau clair de lune. Les impressions et les jugements des promeneurs et des curieux étaient unanimes. On ne pouvait s'empêcher de constater qu'auprès des nouveaux luminaires les becs de gaz produisaient l'effet d'une lampe rougeâtre et fumeuse, et

que les rues voisines de l'avenue de l'Opéra ainsi éclairée, semblaient plongées dans l'ombre.

Pareille impression s'était produite à Paris, soixante années auparavant, lorsque, le 1^{er} janvier 1819, les premiers réverbères à gaz firent soudainement leur apparition sur la place du Carrousel. On inaugura, pendant cette soirée, l'emploi du gaz hydrogène bicarboné extrait de la houille, pour l'éclairage des rues de la capitale. La nouveauté de ce procédé, emprunté aux opérations de la chimie, charmait les amateurs de science ; et le gros du public aimait à

droclamer que l'éclat du gaz faisait pâlir la lumière des antiques réverbères, dansant au bout de leur poulie rouillée. Maintenant, c'était le gaz qui produisait, auprès du resplendissant éclairage Jablochhoff, l'effet de la lampe rougeâtre et fumeuse. Le vainqueur de 1819 était le vaincu de 1878. Tel est, d'ailleurs, le sort commun des inventions humaines. Elles apparaissent aux contemporains comme le dernier mot de l'art; et, par la suite des temps, il se trouve qu'elles n'ont fait que marquer une simple étape sur la route éternelle du progrès.

Les trente-deux candélabres électriques étaient disposés, seize de chaque côté de l'avenue de l'Opéra. Chaque lanterne contenait six bougies, qui brûlaient l'une après l'autre, grâce à un *commutateur* à six contacts, logé dans le piédestal, qu'un gardien venait pousser au moment convenable. Une machine dynamo-électrique était placée dans les caves de deux maisons situées de chaque côté de la rue. Les fils se divisaient en deux faisceaux, allant les uns en amont, les autres à l'aval, pour fermer le circuit qui embrassait les seize candélabres. Ces conducteurs enfouis en terre, sous les trottoirs, étaient protégés, outre leur enveloppe solante de toile et de gutta-percha, par des tuyaux en terre, emboîtés les uns dans les autres. A chaque candélabre sept fils conducteurs de petit diamètre allaient se distribuer aux six bougies, avec retour au courant principal (fig. 78).

Chaque machine dynamo-électrique produisant la lumière pour les seize candélabres, absorbait une force de trois chevaux-vapeur.

L'éclairage de l'avenue de l'Opéra par les bougies Jablochhoff fut maintenu trois ans et demi. Pendant la première année, le Conseil municipal avait autorisé cette expérience en payant à la C^{ie} Jablochhoff 1 franc 15 centimes par heure et par lampe. Mais la deuxième année, à la suite de comparai-

sons, plus ou moins exactes, faites entre l'intensité de la lumière électrique et celle du gaz, la ville de Paris ne voulut payer que 30 centimes ce qu'elle avait payé 1 franc 45 centimes l'année précédente. Aussi, en 1882, la C^{ie} Jablochhoff demanda-t-elle une augmentation de prix, avec un local gratuit pour y installer ses machines. Le tout lui fut refusé. La Compagnie qui, à ces conditions, ne réalisait que des pertes, ne voulut pas continuer l'éclairage de l'avenue de l'Opéra, et les appareils furent enlevés.

D'autres candélabres Jablochhoff avaient été dressés, en 1879, sur la place du Théâtre-Français, à la place de la Bastille, au Carrousel et aux Halles centrales. Mais ce système ne fut pas le seul employé. La place du Carrousel, par exemple, fut éclairée, et elle l'est encore, par le système Lontin, exploité par la C^{ie} *Lyonnaise*. Afin de se passer des globes de verre opalins, qui entourent les lampes Jablochhoff, et absorbent 40 pour 100 de la lumière, on fait ici usage de réflecteurs placés par-dessus l'arc voltaïque, à l'aide de mâts qui portent la lumière à une grande élévation.

Le journal *la Lumière électrique*, du 16 novembre 1881, a donné les détails suivants, concernant l'installation du système Lontin, sur la place du Carrousel.

« On a établi, dit *la Lumière électrique*, au bord des trottoirs, tout autour de la place, douze candélabres en métal galvanisé, comme ceux du gaz, mais beaucoup plus élevés et terminés à la partie supérieure par une courbure, dont l'extrémité porte une poulie, sur laquelle s'engage la corde qui soutient l'appareil éclairant.

« La corde de soutien et les câbles conducteurs viennent s'enrouler sur un treuil disposé dans le cylindre de la base; et, au moyen d'une manivelle qu'on y adapte, il est facile de faire descendre ou de remonter le foyer, qui reste ensuite fixé à 8 mètres au-dessus du sol.

« En entrant sur la place du Carrousel par la rue de Rivoli, on trouve trois foyers de chaque côté de la partie rétrécie de cette place; six autres sont placés dans l'espace élargi et presque circulaire au côté du pavillon Lesdiguières. Mais comme cette

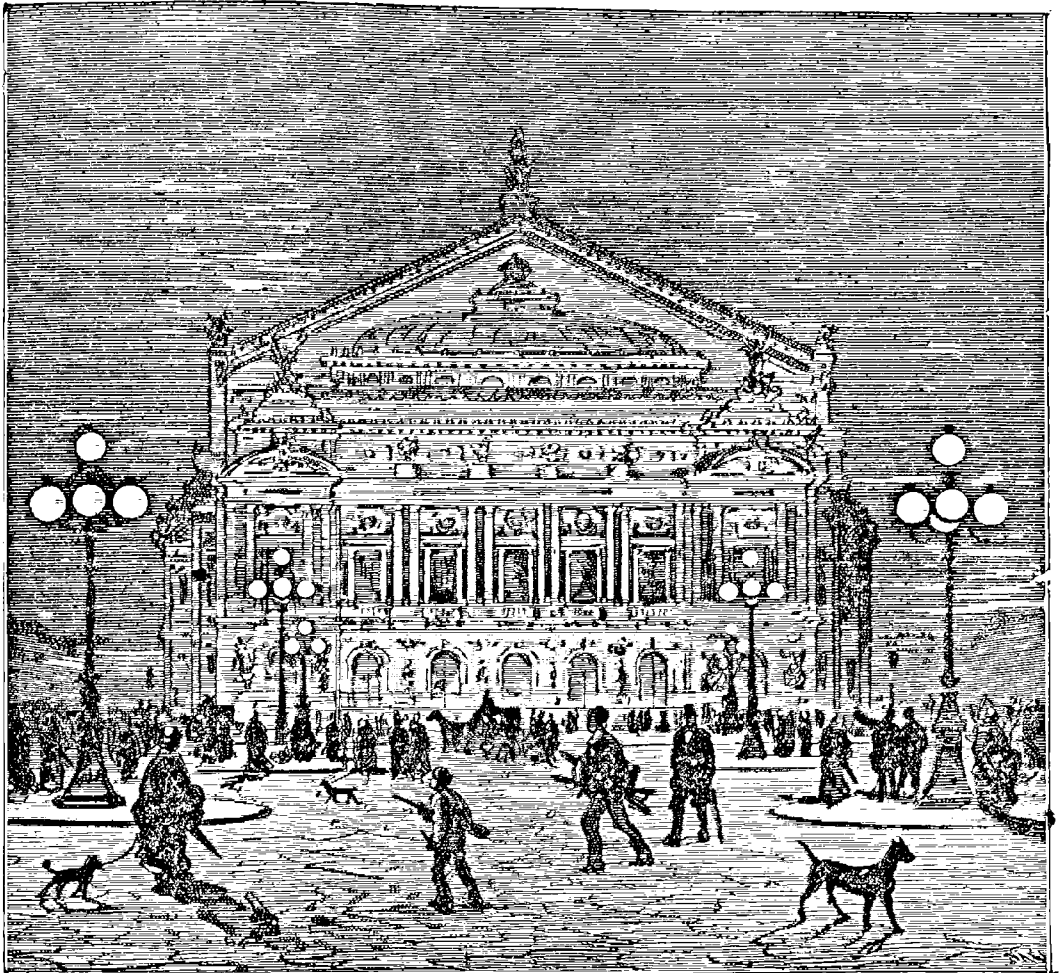


Fig. 78. — La place de l'Opéra éclairée par les globes Jablochkof.

seconde portion de l'espace à éclairer est plus considérable, on a construit en son milieu un abri, au centre duquel s'élève une colonne de 20 mètres de hauteur, portant à son sommet deux foyers intenses, peu éloignés l'un de l'autre.

« Cette colonne est quadrangulaire et construite à jour, avec des lames de fer rivées, dans le genre de celles qui sont employées dans la Cité, à Londres, pour les grands foyers Siemens.

« La lumière est produite par des régulateurs à charbons horizontaux de M. de Mensanne, et l'ensemble de la lampe comprend un réflecteur sidéral, au-dessus duquel se trouve le mécanisme. Le foyer disposé au-dessous est entouré d'une série de lames de verre horizontales et circulaires. Enfin, à la partie inférieure on voit un globe à peu près ovoïde et légèrement dépoli.

« M. Mensanne a complété ses régulateurs en imaginant une boîte de sûreté composée d'un électromagnétique, afin d'assurer le fonctionnement

certain de l'ensemble de l'éclairage, même dans le cas où un accident viendrait à se produire.

« Pour placer les moteurs à vapeur et les générateurs électriques, on a construit, en dedans de la grille des Tuileries, non loin de l'Arc de Triomphe, entre les bâtiments provisoires des Postes et ceux de la Préfecture de la Seine, un pavillon en similibriques, qui contient deux machines à vapeur, de la force de 35 chevaux chacune, et des machines dynamo-électriques Lontin-Bertin.

« La place du Carroussel ainsi éclairée produit un très bon effet. Il est possible de lire, quel que soit l'endroit où l'on se trouve, et le sol reçoit partout une lumière suffisante; mais les façades des constructions environnantes sont malheureusement un peu laissées dans l'ombre, par suite de la disposition des réflecteurs qui renvoient toute la lumière en bas.

« Les deux foyers intenses, placés à 20 mètres de hauteur du côté de la Seine, sont trop éloignés

pour pouvoir projeter leur lumière sur les pavilions, et tout autour de la place l'éclairage s'arrête à peu près au niveau du premier étage. »

A l'étranger, la lumière électrique sert à l'éclairage public dans un grand nombre de villes. Citons, en Italie, Milan ; en Angleterre, Londres ; en Allemagne, Berlin et Munich ; en Russie, Saint-Petersbourg ; en Suède Stockholm ; en Hollande, Amsterdam. Un grand nombre de villes d'Amérique ont suivi cet exemple. Bien plus, une ville tout entière, Akronn, dans l'État de l'Ohio, a choisi ce moyen d'éclairage, à l'exclusion de tout autre.

A San Francisco, le tiers de la ville est éclairé par le même moyen.

A Londres, trois compagnies, représentant l'exploitation des systèmes Brush, Lontin et Siemens, se partagent la ville, et se chargent de dissiper l'opacité des brouillards de la noire Albion.

« L'éclairage public, dit *la Lumière électrique*, commencé le 1^{er} avril 1881. Trois districts sont affectés, dans la Cité, à cet essai d'éclairage. Le premier, de la longueur de 1508 mètres, a été concédé à la *Anglo American Electric Light Comp.* (système Brush) ; — le second, de 1558 mètres, d'abord à la *Electric and Magnetic Comp.* (système Jablochhoff), et ensuite, celle-ci s'étant retirée, à la *Electric Light and Power Generator Comp.* (système Lontin) ; — enfin le troisième district, 1391 mètres, a MM. Siemens frères.

« Le premier et le troisième district entrèrent en service régulier dès le 1^{er} avril 1881. Dans le second district, l'éclairage aurait dû commencer le 1^{er} juin 1881, et les lampes furent, en effet, allumées dans les premières heures de la soirée durant la plus grande circulation mais la société ne voulut pas assumer la responsabilité de l'éclairage conformément à son contrat, et les becs de gaz restèrent en même temps en activité.

« Le nombre des lampes électriques fut, dans le premier district, de 33 contre 156 becs de gaz, dans le second, de 32 contre 157 becs de gaz, et dans le troisième, de 34 lampes contre 139 becs de gaz. »

On se sert le plus souvent, en Allemagne et en Russie, des lampes Siemens, dont quatre ou cinq sont toujours alimentées

par un seul courant, et dont le pouvoir éclairant est d'environ vingt flammes à gaz.

A Munich, depuis l'automne 1879, la gare centrale des Chemins de fer est éclairée par les lampes Siemens.

A Berlin, on a éclairé à la lumière électrique la rue de Leipsig et la place de Potsdam, avec 36 lampes Siemens, remplaçant les 97 becs de gaz employés jusque-là. Les lampes sont alimentées par trois courants séparés : les fils, ou câbles, sont placés sous les trottoirs et couverts de briques, pour éviter les dégâts. Quatre moteurs à gaz, chacun de la force de 12 chevaux, mettent en mouvement les machines productrices de la lumière. Nous n'en finirions pas si nous voulions énumérer toutes les villes de l'étranger qui ont adopté l'éclairage électrique.

Ainsi, à l'étranger comme en France, ce mode d'éclairage a pris possession des places et des rues, dans les capitales. Nul doute qu'il ne se propage bientôt à beaucoup d'autres villes de moindre importance, et arrive, sinon à supplanter l'éclairage par le gaz, du moins à se poser envers lui en rival avec lequel il faut compter.

Nous n'avons pas besoin de dire que c'est le procédé par l'arc voltaïque qui est à peu près exclusivement en usage pour l'éclairage des places publiques et des rues. Les bougies Jablochhoff, les lampes Siemens, le système Brush, le système Lontin, etc., tous fondés sur les mêmes principes, sont en possession de subvenir à l'éclairage public des villes, en France et à l'étranger.

Beaucoup de lampes destinées à l'éclairage des places et des rues, sont pourvues de réflecteurs, et la forme de ces réflecteurs, la hauteur à laquelle on les place, sont à considérer. A Paris, sur la place du Carrousel, que la Compagnie Lyonnaise éclaire par les lampes Lontin, il y a, comme nous l'avons déjà dit, des réflecteurs haut perchés, qui n'ont pas donné tout ce que l'on

en attendait, et dont le résultat est médiocre.

Pendant l'Exposition internationale d'électricité, en 1881, le soir du 14 juillet et pendant les deux soirées suivantes, on fit, sur le boulevard des Italiens, l'essai d'un système qui nous parut remarquable, mais qui, malheureusement, ne fut pas continué assez longtemps pour qu'on pût suffisamment l'apprécier.

Il y avait dans ce système, imaginé par un constructeur français, M. Million, une particularité intéressante. Nous voulons parler de la disposition des charbons formant l'arc voltaïque, lesquels, au lieu d'être verticaux, comme ils le sont presque toujours, étaient disposés horizontalement, ce qui donnait lieu à un mode de régulation spécial.

Dans toutes les lampes à arc voltaïque, la disposition verticale des charbons a des inconvénients, que l'on a réussi à faire disparaître, sans pouvoir s'en affranchir en entier. Le point lumineux n'est jamais absolument fixe, parce que le charbon positif s'use deux fois plus vite que le charbon négatif. Sans doute, les régulateurs sont institués pour parer à cette inégalité d'usure, mais ils n'y réussissent pas toujours complètement. Le mécanisme employé doit faire marcher le charbon positif deux fois plus vite que son congénère; mais cette proportion n'est pas exactement réalisée par l'instrument, auquel il faut toucher quelquefois. En plaçant les deux charbons horizontalement, on n'a pas cet inconvénient.

Dans la lampe de M. Million, les deux charbons sont disposés de cette manière, c'est-à-dire sont horizontaux. Les quatre lampes qui furent essayées, en 1881, sur le boulevard des Italiens, étaient actionnées par une machine magnéto-électrique de la C^{ie} l'*Alliance*. La lumière jaillissait entre les pointes de deux longues baguettes de charbon, placées horizontalement en regard l'une de l'autre. Les charbons étaient attachés à deux fils, qui par un mécanisme spécial ayant pour base

un électro-aimant, les rapprochaient au fur et à mesure de leur usure par la combustion.

Ce système se complétait par un *modérateur du mouvement* et un mécanisme pour l'allumage automatique de l'arc.

Le réflecteur au-dessous duquel brûlaient les charbons, avait la forme parabolique que l'on voit sur la figure 80, que nous consacrons à représenter cet intéressant essai d'éclairage public.

Dans les lampes Million, le réflecteur ne constituait pas une innovation. Au contraire, une disposition très originale pour la réflexion de la lumière, se voyait dans un appareil qui figurait à l'Exposition d'électricité de 1881, et que nous représentons dans la figure 79.

Nous emprunterons au journal *la Lumière électrique* la description de ce système particulier.

« M. Partz, dit *la Lumière électrique*, dans son numéro du 5 août 1882, avait exposé en 1881, au Palais de l'industrie, dans la section américaine, le plan d'un nouveau mode d'éclairage des rues et des places publiques. Ce plan avait attiré l'attention de nombreux visiteurs par l'originalité de la combinaison qu'il représentait; mais le projet de l'inventeur ne constitue pas, à proprement parler, un système nouveau: il serait seulement une application des puissants foyers lumineux que l'électricité peut produire aujourd'hui, faite dans des conditions toutes particulières et devant donner, d'après nous, des résultats très discutables. Comme ce projet n'a jamais été soumis à une expérience quelconque, nous ne pouvons parler de ses avantages ou de ses inconvénients que d'une façon tout à fait théorique.

« Il nous a paru pourtant intéressant d'indiquer les dispositions imaginées par M. Partz pour éclairer un quartier de ville par de grands foyers électriques placés au-dessous du niveau du sol et dont la lumière est largement diffusée par des réflecteurs très élevés.

On place au-dessous du sol, dans une petite construction disposée à cet effet, un régulateur électrique, dont les rayons, lancés par un projecteur, traversent un cylindre creux émaillé à l'intérieur et d'une hauteur de 3 mètres environ. Le faisceau lumineux qui émerge de ce cylindre, s'élève en formant un cône renversé très allongé, et vient frapper la surface d'un réflecteur, placé à une hauteur de 40 à 50 mètres, d'où les rayons sont diffusés

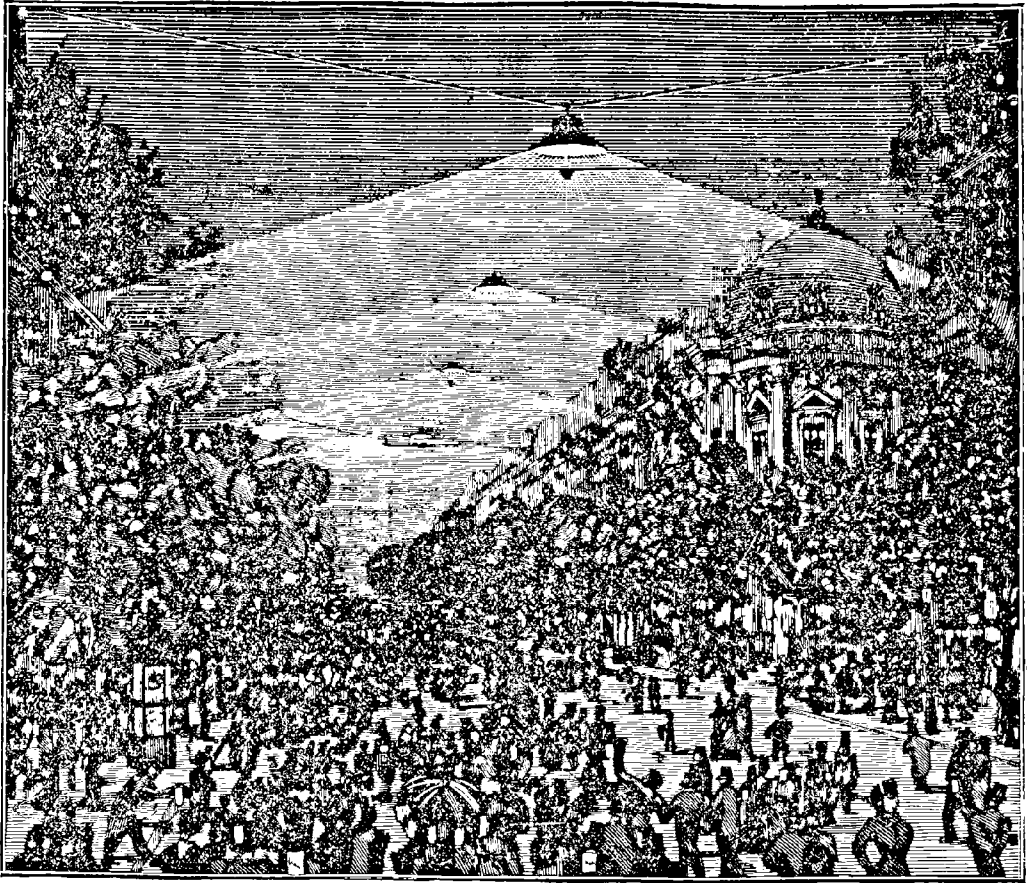


Fig. 79. — Éclairage électrique par le réflecteur Million.

sur la surface qu'il s'agit d'éclairer. Suivant l'étendue et la disposition des lieux, les courbes du réflecteur seront plus ou moins prononcées et tracées selon les lois déterminées par les théories de l'optique, en tenant compte, bien entendu, des modifications que l'expérience pourrait indiquer.

« La charpente en fer, destinée à supporter le réflecteur à son sommet, devra être aussi peu massive que possible, pour être élégante et ne pas encombrer la voie publique, mais pourtant capable de résister aux coups de vent qui auraient une prise sérieuse sur un appareil placé à une aussi grande hauteur.

« Nous laissons à l'inventeur la responsabilité des appréciations suivantes sur cette nouvelle manière d'éclairer les villes.

« D'après M. Partz, on peut employer, avec sa combinaison, de très grands foyers électriques, en évitant ainsi la perte inévitable qui résulte de la division plus ou moins multipliée du courant.

« La lumière est également diffusée, et malgré la puissance énorme du foyer initial, l'œil ne risque pas d'être atteint par son éclat éblouissant

puisque l'appareil producteur est complètement caché ;

« La perte de lumière par réflexion est moindre que celle qui résulte de l'emploi des globes translucides ;

« L'appareil électrique est toujours accessible et sa manœuvre, son réglage et sa surveillance deviennent d'une extrême facilité ;

« Les épais brouillards, si difficilement pénétrés par les lampes électriques suspendues à des hauteurs plus ou moins considérables, seront naturellement illuminés dans les parties inférieures par l'énorme faisceau lumineux jaillissant du sol.

« Nous aurions de nombreuses réserves à faire au sujet de ces affirmations de l'inventeur, et M. Partz en comprendra lui-même toute l'importance lorsque son système, purement théorique jusqu'ici, aura été mis en expérience. Nous attendrons donc ce moment pour discuter plus sérieusement ce projet qui ne manque pas d'une certaine originalité et dont la réalisation pourrait produire, dans une ville élégante comme Paris, les plus brillants effets de pittoresque. »

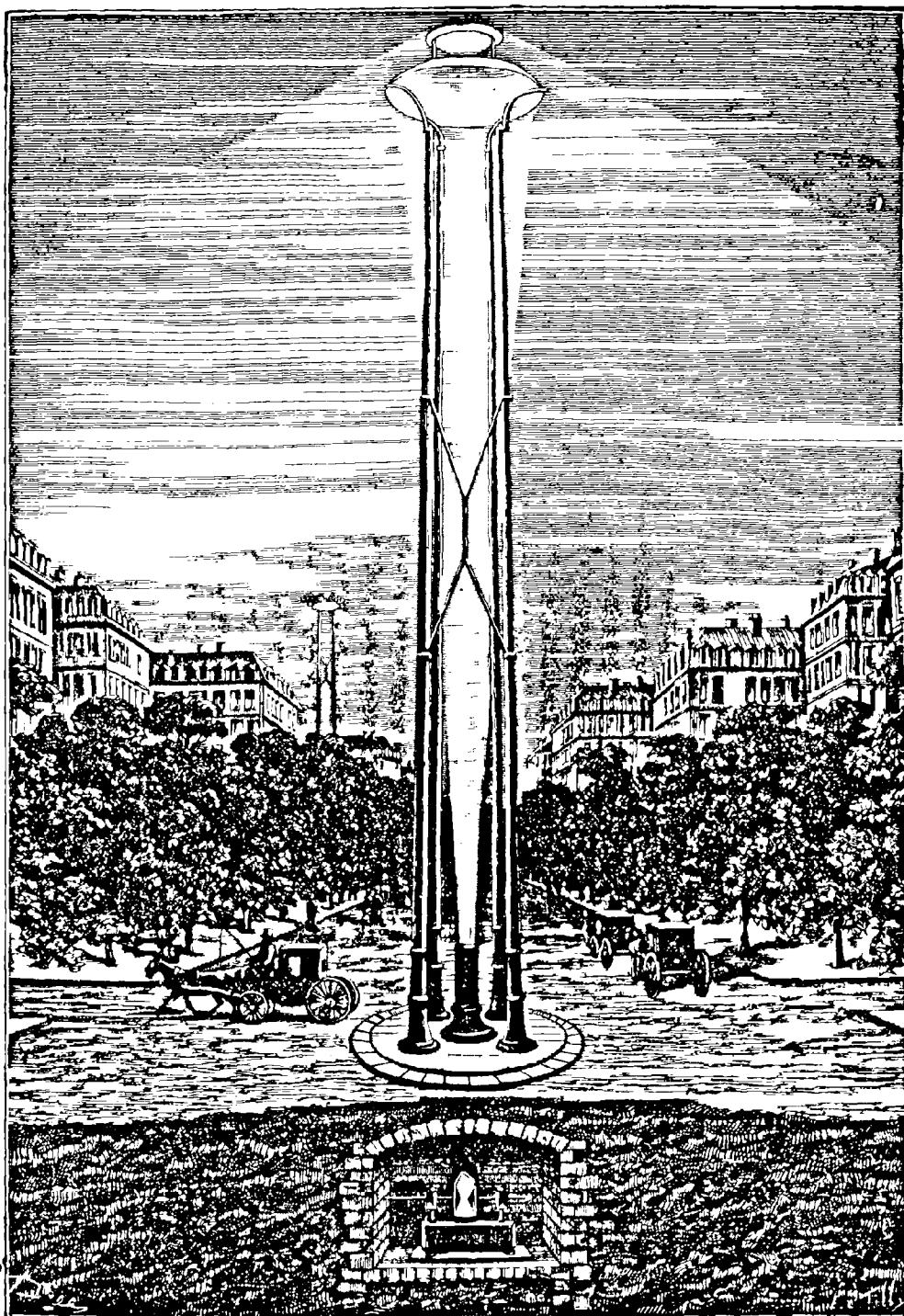


Fig. 80. — Le réflecteur l'art.

A San-José, petite ville de la Californie, | primé, pour faire place à plusieurs grands
l'éclairage au gaz a été complètement sup- | foyers tr's élevés, portés sur des espèces

de tours, et munis de réflecteurs, qui se montrent très efficaces dans leur fonction. La figure 81 représente ce système de réflecteur.

La première *tour électrique* qui fut élevée était une pyramide quadrangulaire, toute en fer. Comme il s'agissait de construire sans trop de frais un échafaudage assez élevé pour supporter de grands foyers, éclairant, par leur rayonnement, un très grand espace, on prit tout simplement les tubes en fer destinés aux conduites de gaz.

La partie de la ville de San-José qui fut choisie pour la première expérience, était un vaste carrefour, situé à l'intersection des deux rues Santa-Clara et Market-Street. On aura l'idée des dimensions de cet échafaudage si nous disons que le quadrilatère de la base a 25 mètres environ de côté, tandis que la pyramide n'a plus, à son sommet tronqué, que 1^m,25. Les quatre montants, qui prennent pied aux angles des rues, sont formés par des tubes qui ont 10 centimètres de diamètre jusqu'à la hauteur de 30 mètres, tandis que les 15 mètres qui suivent n'ont que 7 centimètres et la dernière portion 5 centimètres seulement de diamètre. La hauteur totale de la tour est de 60 mètres et toutes les branches obliques ou circulaires se trouvent formées de tubes plus minces.

Les foyers lumineux placés au sommet de l'échafaudage sont au nombre de six. Ils sont surmontés d'un grand plateau circulaire, qui protège les lampes et remplit en même temps l'office de réflecteur pour diffuser la lumière.

Ces foyers, qui ont un pouvoir éclairant considérable, sont alimentés par une machine dynamo-électrique de Brush, actionnée par une machine à vapeur de la force de 9 chevaux.

Ce système de réflecteur produit l'effet d'un brillant clair de lune. Placés à une grande hauteur, les rayons directs des

foyers ne peuvent jamais causer sur les yeux d'impression pénible. La clarté se répand dans toutes les directions, à partir du pied de la tour. Jusqu'à 800 mètres elle est plus intense que celle qui serait produite par des becs de gaz ordinaires placés à une distance de 25 mètres les uns des autres. Le long des deux rues à l'intersection desquelles se trouvent les foyers électriques, on peut voir suffisamment jusqu'à une distance de 3 kilomètres, ce qui a dépassé toutes les espérances de l'auteur du projet.

L'administration et les habitants de San-José ont été si satisfaits des résultats obtenus par cette première tour électrique, qu'ils en ont fait construire cinq nouvelles. La ville est maintenant éclairée d'une manière irréprochable.

Nous disions plus haut qu'aux États-Unis, une ville, Akron, dans l'État de l'Ohio, est éclairée en entier par l'électricité. L'essai de l'éclairage fut fait au mois d'avril 1884.

La ville est aujourd'hui éclairée par deux groupes-foyers, installés, l'un sur une tour en fer, à une hauteur de 62 mètres au-dessus du sol, l'autre sur un mât au-dessus de l'Observatoire du collège Butchel, à 12 mètres plus haut que les foyers de la tour. Chaque groupe comprend quatre lampes, dont le pouvoir éclairant, pour chacune d'elles, est de 4,000 bougies, soit, en tout, un pouvoir lumineux de 32.000 bougies.

Ce qu'il y a de nouveau dans ce système, c'est la tour. Elle est construite en tôle, et formée de 55 sections, de 1^m,25 chacune. Son diamètre est, au bas, de 90 centimètres, et, au sommet, de 20 centimètres. Elle est maintenue par six tirants en fer forgé, reliés à la couronne supérieure. Au-dessus des lampes se trouve un réflecteur en cuivre, de 1^m,50. A 9 mètres au-dessus du sol règne une galerie en fer forgé, sur laquelle on descend chaque matin les lampes, pour les entretenir ou les réparer.

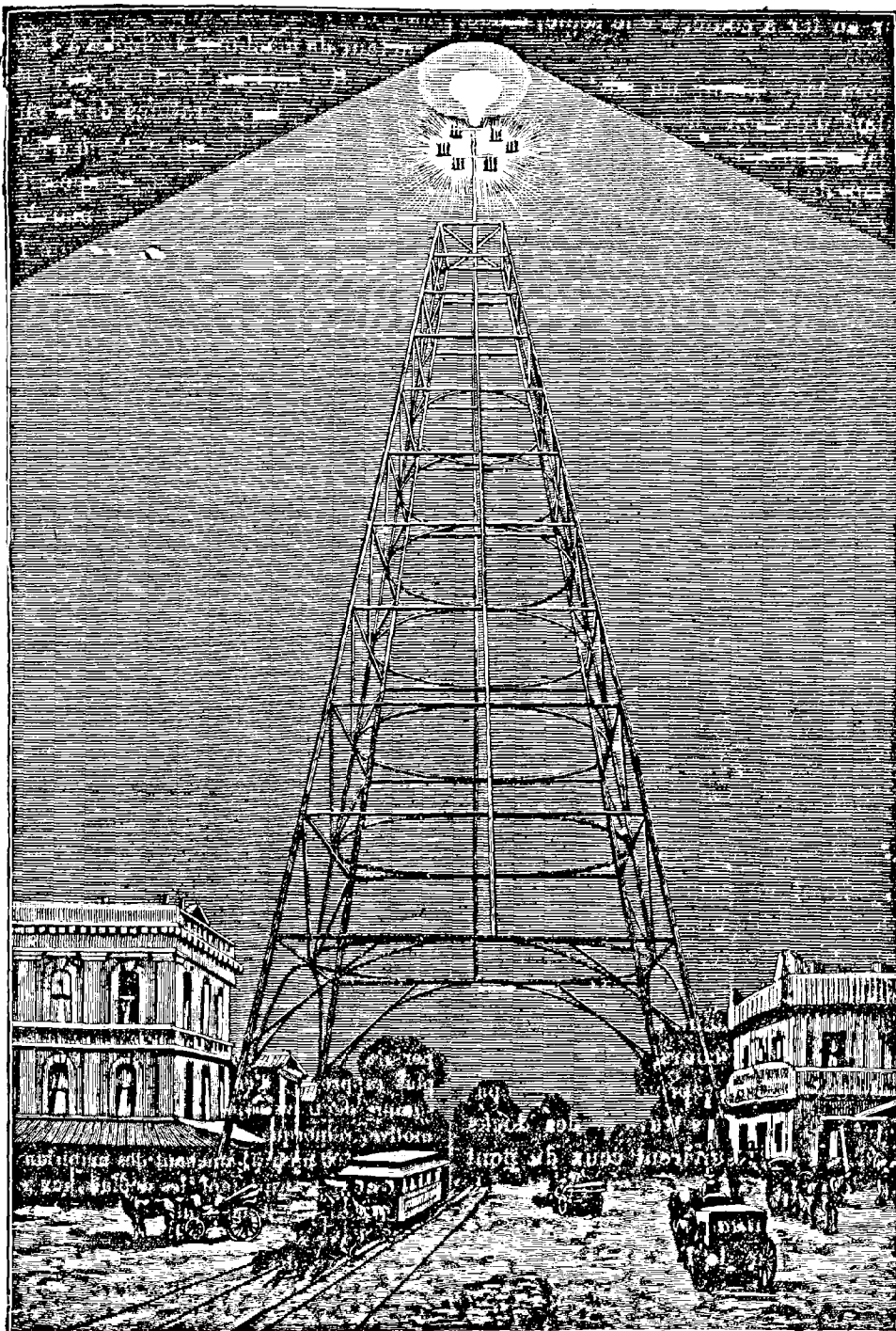


Fig. 81. — Réflecteur électrique de San-José (Californie).

Le circuit électrique a un développement de 2,730 mètres environ. La dépense totale d'établissement, y compris chaudières, ma-

chines, etc., s'est élevée à 56.585 francs, et les dépenses d'exploitation sont évaluées à 7,900 francs par an pour les huit foyers

La tour en fer a coûté, à elle seule, 8,000 francs.

On comptait obtenir un effet lumineux équivalant dans son ensemble à celui d'un beau clair de lune, dans un rayon de 800 mètres autour de chaque poste; mais ce résultat n'a pas été atteint, et il a fallu créer quatre nouveaux centres d'éclairage, pour assurer l'éclairage de la ville entière. Grâce à ce supplément de phares voltaïques, la ville d'Akron a pu supprimer entièrement le gaz pour son éclairage, et a donné la première l'exemple d'une ville uniquement éclairée par l'électricité.

CHAPITRE XIV

LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE APPLIQUÉE A L'ÉCLAIRAGE DES CHANTIERS DE NUIT. — SON EMPLOI POUR L'ÉCLAIRAGE DES ATELIERS ET DES MANUFACTURES. — L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DES ATELIERS DE FILATURE ET DE TISSAGE. — L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DANS LES IMPRIMERIES. — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE DANS LES MUSÉES. — L'ÉCLAIRAGE DES GARES DE CHEMINS DE FER.

Les premières applications de l'éclairage électrique ont eu pour objet les travaux urgents exécutés de nuit. La reconstruction du pont Notre-Dame, à Paris, en 1853, inaugura cette manière d'accélérer les constructions. Depuis, aucun travail de nuit ne s'est opéré sans ce secours, qui a tourné en habitude chez les entrepreneurs. Les réparations du Louvre, les travaux des docks du Nord, à Paris, suivirent ceux du pont Notre-Dame. La machine magnéto-électrique de la C^{ie} *l'Alliance*, actionnée par la machine à vapeur de l'usine, était l'agent producteur de l'électricité. Un long poteau de bois supportait le fanal électrique, muni d'un réflecteur, que l'on disposait selon l'état du chantier.

Une application très intéressante de la lumière électrique à l'accélération des travaux agricoles, fut réalisée en 1878, à Mor-

nant et à Petit-Bourg, par M. Albaret, constructeur de machines agricoles à Liancourt (Oise). Il s'agissait d'activer, en les exécutant de nuit, les opérations de la moisson. M. Albaret établit un système d'éclairage en plein champ, qui se composait d'une locomobile à vapeur, faisant marcher une machine magnéto-électrique, pour fournir l'arc voltaïque éclairant. Le fanal était placé sur une potence à tringles de fer, disposée comme le montre la figure 82. On pouvait élever ou abaisser la potence au moyen d'un treuil.

Une autre application remarquable de l'éclairage électrique pour les travaux de nuit, fut faite pour l'agrandissement de l'avant-port du Havre. On ne pouvait travailler avantageusement à l'enfonçage des pieux et à la maçonnerie qu'à la marée basse, et il importait d'utiliser les marées basses, de nuit comme de jour. Deux machines Gramme furent installées pour servir cet éclairage.

M. H. Fontaine, dans son ouvrage *l'Éclairage à l'électricité*, donne en ces termes les résultats de cette installation :

« En visitant en détail les travaux en cours d'exécution par une nuit sombre, dépourvue d'étoiles, nous avons constaté que des hommes, placés à des distances variant de 20 à 120 mètres des lampes, pouvaient se livrer à tous les travaux ordinaires, sans le moindre inconvénient. Les mineurs perforaient l'ancien mur à 115 mètres du foyer le plus rapproché d'eux, et produisaient la même somme de travail que pendant le jour. Une locomotive, remorquant 10 wagons, circulait sur une voie de 1500 mètres, amenant des matériaux à pied d'œuvre et transportant les déblais aux emplacements désignés. Une équipe battait des pieux à l'aide d'une sonnette à vapeur. Des maçons, des charpentiers, des terrassiers, etc., exécutaient, çà et là, des travaux de toute nature. Plus de 150 ouvriers, sur un espace d'environ 30,000 mètres carrés, travaillaient sans autre éclairage que celui produit par les deux machines Gramme. Les foyers, placés dans des lanternes, sur un terre-plein, à 5 mètres de hauteur, se trouvaient en réalité à 15 mètres d'élévation de la plupart des parties en construction ou en démolition. A 115 mètres, nous lisions distinctement un journal mieux que nous ne

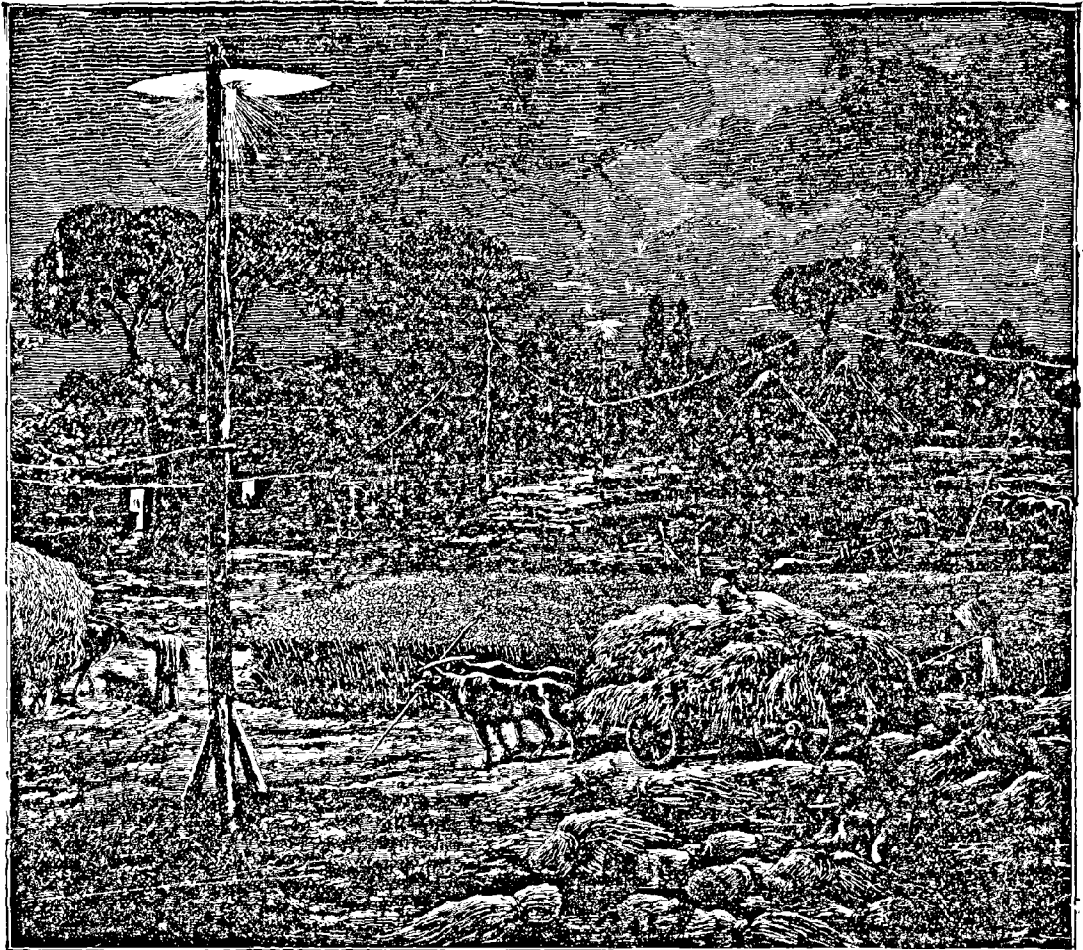


Fig. 82. — Les travaux de la moisson éclairés, la nuit, par la lumière électrique.

teussions fait, éclairé par un bec de gaz placé à 5 mètres. Chaque lampe répandait une lumière de plus de 500 becs Carcel¹.

Depuis cette époque, l'éclairage électrique des chantiers travaillant la nuit, est entré dans les habitudes générales de l'art des constructions.

Quand la machine Gramme, en 1873, vint donner le moyen d'éclairer avec plus d'économie qu'avec la machine de la C^{ie} l'*Aliance* (machine magnéto-électrique), au lieu d'avoir recours à la lampe électrique dans les cas exceptionnels des travaux de nuit, on éclaira purement et simplement

¹ *L'éclairage à l'électricité*, 2^e édition, in-8^e, Paris, 1879, pages 213-214.

les ateliers par ce système, en remplacement du gaz ou de l'huile.

M. H. Fontaine, dans l'ouvrage que nous venons de citer, donne le relevé des premières usines qui aient eu recours à la machine, pour leur éclairage. Il cite, à ce propos, les établissements de : M. Ducommun, à Mulhouse; — les ateliers pour la construction des phares de MM. Sautter et Lemonnier, à Paris; — les filatures de madame veuve Dieu-Obry, à (Somme); — de M. Ricard fils, à Manresa (Espagne); — de MM. Buxeda Daours frères, à Sabadill (Espagne); — de MM. David Trouillet et Adhémar, à Épinal; — de

MM. Harroch et Miller, à Preston; — de M. Bourcard (Doubs); — les ateliers de tissage de M. Manchon, à Rouen; — de M. Isaac Holden, à Reims; — les usines de MM. Coron et Vignat, à Saint-Étienne; — de M. Maës, à Clichy; — de M. Descat-Leleu, à Lille; — de MM. Pullur et Sous, à Pesth; — de MM. Carel, à Gand; — les chantiers de M. Jeanne-Deslandes, au Havre; — les usines de MM. Mignon, Rouart et Delinières, à Montluçon; — la gare des marchandises à la Chapelle-Paris, etc¹.

Ne voulant pas étendre davantage cette liste, car de pareilles citations n'auraient ni intérêt, ni utilité, nous ferons remarquer seulement qu'il est des usines dans lesquelles la lumière électrique s'impose presque forcément. Tel est le cas des filatures et des autres ateliers dans lesquels on est obligé d'assortir les couleurs des fils ou des tissus. La plupart des luminaires employés, particulièrement le gaz, altèrent les couleurs naturelles des fils et des tissus. Au contraire, la lumière électrique leur laisse toute leur valeur relative, et permet d'apprécier avec exactitude les teintes et les nuances. De là l'utilité de l'éclairage par l'électricité dans la plupart des filatures et des ateliers de tissage.

Nous représentons, dans la figure 83, un atelier de tissage éclairé par les lampes Jablochhoff.

Quelques industries retirent des avantages particuliers de la lumière électrique. Nous citerons en exemple l'imprimerie. La lumière joue dans le travail du typographe un rôle important. Depuis longtemps la lumière du gaz est reconnue très incommode pour les travaux de la composition : la chaleur résultant de la combustion de gaz gêne beaucoup l'ouvrier, qui a le bec du gaz presque sur sa tête. La viciation de l'air est un autre inconvénient de ce mode d'éclairage,

qui oblige à ventiler les locaux, pour éviter autant l'excès de la chaleur que la formation des produits nuisibles à la respiration provenant de la combustion du gaz.

Différents essais ont été tentés en vue de remplacer le gaz par les lampes à arc voltaïque; mais les résultats obtenus n'ont pas été satisfaisants, à cause des fortes ombres que projette cette lumière. La lumière électrique par incandescence paraît, au contraire, remplir toutes les conditions désirables pour ce genre d'éclairage.

Plusieurs imprimeries importantes l'ont déjà adoptée. Telle est l'imprimerie municipale de la ville de Paris, dans laquelle chaque compositeur a, au-dessus de son rang, une lampe Edison, munie d'un abat-jour, qui projette la lumière sur les casses et les éclaire d'une façon uniforme. Les *marbres* sont éclairés de la même façon.

L'imprimerie des billets de la Banque de France est également éclairée par des lampes Edison. Les machines pour le tirage en blanc, ont chacune deux lampes : l'une, montée sur un chandelier portatif, sert au margeur; l'autre, montée sur le dessous de la table qui reçoit la feuille à marger, éclaire le receveur. Cette disposition donne les meilleurs résultats quand les feuilles doivent être vérifiées tout de suite, comme pour un tirage de luxe ou pour un numérotage.

L'imprimerie Lahure a également adopté le système Edison. Les machines pour le tirage des journaux, sont éclairées, chacune, par deux lampes, montées sur une tige à genouillère, dont la forme varie avec chaque machine. Des lampes, placées le long du mur, fournissent l'éclairage général. Les salles de pliage sont également éclairées par ces lampes; les appareils descendent du plafond et répartissent la lumière sur les tables de pliage.

La librairie Hachette a fait installer le même éclairage dans ses ateliers de reliure,

¹ L'Éclairage à l'électricité pages 191-225.

ainsi que dans ses magasins de feuilles imprimées de la rue Stanislas. Des lampes de toutes formes éclairent les ateliers où s'exécutent la dorure sur tranche, la dorure au balancier, etc.

Dans les magasins de livres et de feuilles imprimées, où les papiers s'empilent jusqu'au plafond, on a placé les lampes directement contre le plafond même. La saillie totale ne dépasse pas 15 centimètres. Cette disposition, en même temps qu'elle permet d'éclairer toutes les étiquettes des rames de papier, donne aux hommes qui portent les charges, la facilité de circuler sans craindre d'accrocher les appareils d'éclairage.

La faculté de conserver exactement les valeurs des teintes, et même de faire ressortir leurs plus délicates nuances, était précieuse dans un cas particulier. Nous voulons parler de l'éclairage des tableaux et statues. La lumière du gaz n'altère pas sensiblement, il est vrai, les couleurs et leurs combinaisons, mais l'éclairage électrique l'emporte encore, à ce point de vue, sur le gaz. On fit, dès l'apparition de la bougie Jablochhoff, en 1879, des essais pour l'éclairage du Salon de peinture, au Palais de l'Industrie, pendant les soirées. Les résultats de cet essai furent alors très contestés, et finalement, on n'a pas renouvelé l'épreuve. A tort, selon nous, car le demi-échec que l'on éprouva, dans l'essai d'éclairage du Salon de peinture de 1879, tenait aux mauvaises conditions dans lesquelles on produisait l'électricité, à une époque où les machines dynamo-électriques étaient encore à leur début. Nous sommes convaincu que cette intéressante tentative artistique, reprise aujourd'hui, serait couronnée d'un meilleur succès.

Quoi qu'il en soit, on put apprécier, à l'Exposition d'électricité de 1881, toute l'utilité de la lumière électrique pour l'éclairage

des musées pendant la nuit. Une salle garnie de tableaux était éclairée par les *lampes-soleil*, et le résultat, en ce qui concerne la beauté, l'utilité de cet éclairage, éclatait à tous les yeux.

L'éclairage des gares de chemins de fer retire aussi des avantages particuliers de l'emploi de l'électricité. Dans les salles d'attente et dans celles des bagages, il fallait, autrefois, malgré les becs de gaz, donner aux hommes d'équipe des lanternes mobiles, pour se diriger dans ces vastes espaces, comme aussi pour faciliter l'enregistrement, le chargement, la reconnaissance et la délivrance des bagages. Aujourd'hui, on a supprimé la moitié des hommes employés à ce service, et il s'exécute beaucoup mieux. Dans des salles bien éclairées, un ouvrier circule à son aise; il cherche et découvre facilement un outil ou un petit objet. Les voyageurs eux-mêmes se trouvent bien de ce bel éclairage, qui leur permet de se reconnaître et de s'orienter mieux que dans les pièces obscures des anciennes gares.

A la gare des marchandises du chemin de fer du Nord, on éclaire les différentes parties de la salle avec des rayons presque verticaux, ce qui fait disparaître les ombres données par les colis; ces ombres étant elles-mêmes éclairées par des rayons qui se diffusent de toutes parts.

Autour de chaque fanal électrique on a placé un réflecteur, à peu près parabolique, en verre dépoli; si bien que le foyer lumineux n'est aperçu d'aucun point. La lumière est renvoyée au plafond, qui est peint en blanc, et qui, formant comme un énorme abat-jour, retombe dans toutes les parties de la salle, et dissipe les ombres qui pourraient être données par les colis ou autres objets volumineux.

Le même système de réflecteur qui existe à la gare de marchandises du chemin de fer du Nord, à Paris, a été employé à Vienne,

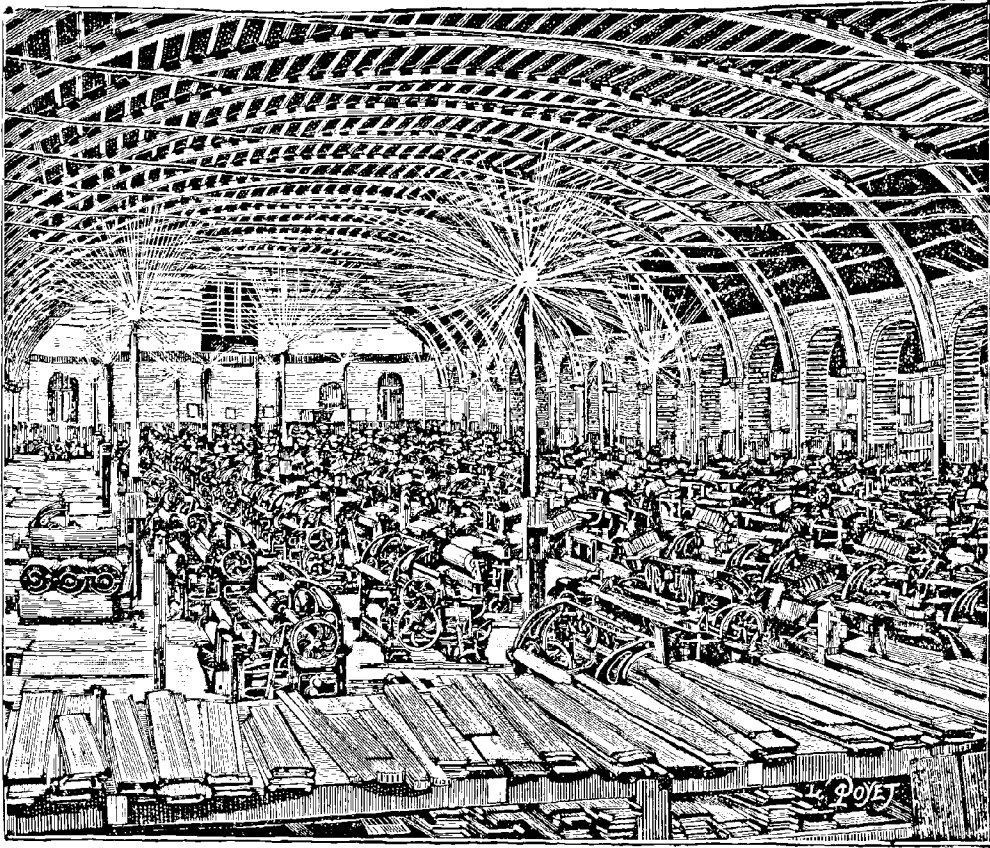


Fig. 83. — Atelier de tissage éclairé par les lampes Jablochhoff.

en Autriche, pour éclairer une piste de *Skating-ring* (patinage) qui n'avait pas moins de 133 mètres de longueur. Deux machines dynamo-électriques Gramme, deux régulateurs Serrin, au-dessus desquels sont posés deux vastes abat-jour, de forme ellipsoïdale, suffisent pour éclairer parfaitement cet énorme espace, sans laisser subsister aucune ombre.

L'éclairage par l'arc voltaïque a d'abord eu le privilège de desservir les gares de chemins de fer, mais depuis 1882 le système par incandescence s'y est introduit. Aujourd'hui les lampes Edison éclairent la gare Saint-Lazare, à Paris. La première installation a eu lieu le 9 septembre 1882.

Cette installation comporte deux parties distinctes : premièrement, les rotondes de

la ligne de Saint-Germain et des lignes de Normandie, qui sont éclairées par 50 lampes ; secondement, les quais de la grande vitesse, situés à l'intérieur de la gare, près de la rue d'Amsterdam, et qui sont éclairés par 55 lampes.

Dans la rotonde, les lampes sont placées sur des lustres à trois branches. Il y a également deux appliques à une seule lampe fixées au mur et 9 lustres à une seule lampe. Chaque lampe éclaire une superficie de 17 mètres carrés (fig. 84).

Sur les quais de la grande vitesse, les lampes sont fixées sur des lustres très simples, d'une seule lampe chacun. La superficie éclairée par chaque lampe est ici de 57 mètres.

Deux machines dynamo-électriques, pla-

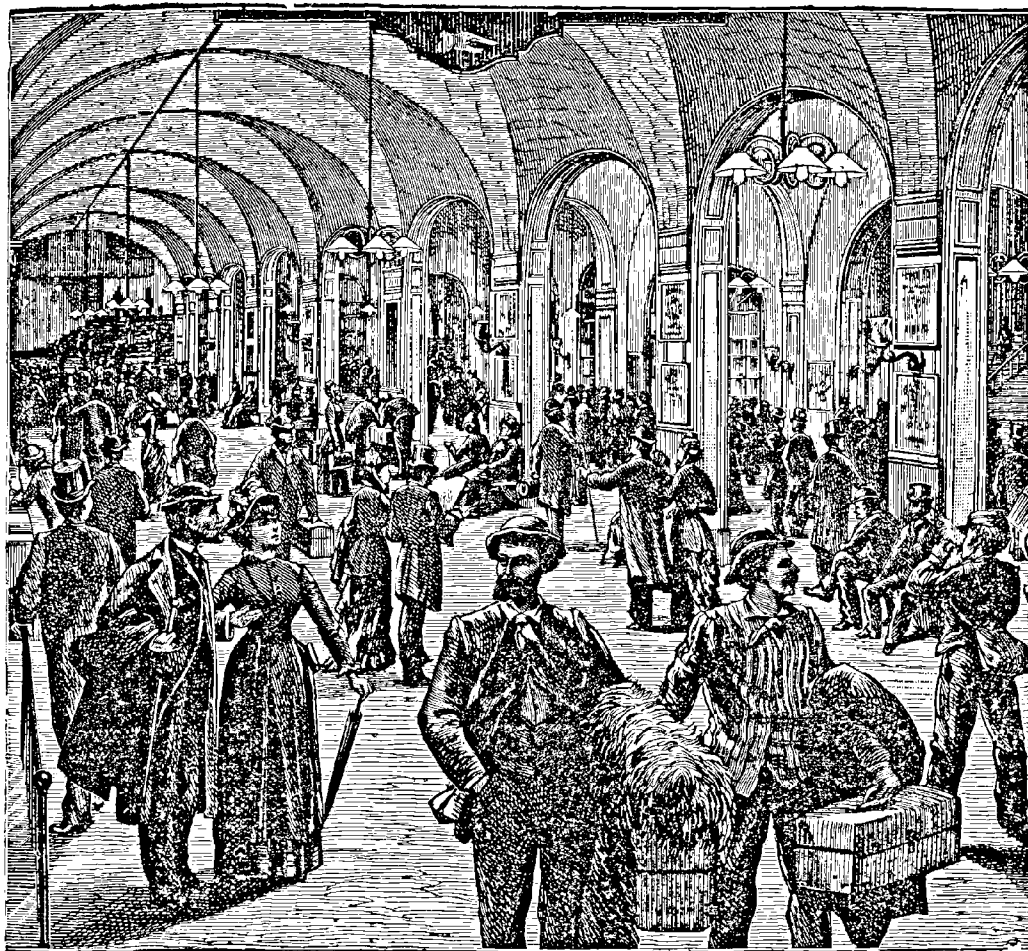


Fig. 84. — La salle d'attente du chemin de fer de l'Ouest (gare Saint-Lazare), éclairée par l'électricité.

cées près de la rue de Rome, et actionnées par un moteur à vapeur, fournissent le courant électrique aux deux parties de l'installation. Le hangar où elles sont placées se trouve à 275 mètres environ de la rotonde de la ligne de Saint-Germain et à 350 mètres des quais de grande vitesse. Malgré ces distances considérables, la perte de force électromotrice est insensible.

La gare du chemin de fer de Paris à Strasbourg est également éclairée depuis l'année 1882, par des lampes à incandescence du système Edison.

CHAPITRE XV

LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE DANS LES PHARES. — SUBSTITUTION DE LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE AUX LAMPES À HUILE ET À ESSENCE MINÉRALE, DANS LES DEUX PHARES DE LA CÔTE DU HAVRE, EN 1863 — L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE AU PHARE DU CAP GRIS-NEZ, EN 1868. — EMPLOI GÉNÉRAL DE L'ÉLECTRICITÉ POUR L'ÉCLAIRAGE DES PHARES FRANÇAIS, ARRÊTÉ EN PRINCIPLE EN 1882. — LE PHARE DE PLANIER, À MARSEILLE. — DESCRIPTION DE SON APPAREIL D'ÉCLAIRAGE ET DU SYSTÈME À FEUX ÉCLIPSÉS. — LES PHARES ÉLECTRIQUES ANGLAIS. — AUTRES TOURS MARITIMES À SIGNAUX ÉCLAIRÉS PAR L'ÉLECTRICITÉ DANS LES DIVERSES PARTIES DU MONDE.

Dès l'apparition de la lumière électrique on s'occupa de l'appliquer à l'illumination des phares. En effet, le rôle d'un phare n'est pas, à proprement parler, d'éclairer, mais

CONQUÊTE. — 2

de porter très loin la lumière, afin qu'elle soit aperçue à de grandes distances par les navigateurs qui passent au large. Or, la lumière électrique a la propriété, plus que toute autre source lumineuse, de percer les brouillards. Aussi, dès l'année 1860, fit-on en Angleterre, à South-Foreland, des essais pour cette application spéciale de l'électricité¹. Mais les expériences ne furent pas dirigées avec intelligence. Au contraire, l'administration des phares français s'attacha à cette question avec une rare compétence, scientifique et pratique. Il fallait disposer de bons régulateurs de la lumière, pour ne pas s'exposer à des extinctions de feu, qui auraient été funestes, et choisir la source d'électricité la plus avantageuse dans la pratique. Léonce Raynaud, directeur du service des phares français (mort en 1880), rechercha les meilleures dispositions à adopter pour substituer l'éclairage électrique à l'éclairage par l'huile ou par les essences minérales, et le résultat de ses expériences fut l'établissement, en 1863, de l'éclairage électrique dans les deux phares du cap de la Hève, sur la côte du Havre.

La machine qui fut adoptée par Léonce Raynaud pour l'éclairage des deux phares de la côte du Havre, était la machine *magnéto-électrique* de la C^{ie} *l'Alliance*. Deux de ces machines étaient mises en mouvement par une locomobile à vapeur, de la force de 8 à 10 chevaux. Le régulateur employé pour l'arc voltaïque, était celui de M. Serrin.

Des expériences répétées prouvèrent que la lumière produite par ces machines était cinq fois supérieure, en intensité, à celle que donnaient les lampes à huile, et que le prix de revient était sept fois moindre. Si l'on pouvait disposer, comme cela arrive quelquefois, d'une machine à vapeur qui fût utilisée pendant d'autres heures pour des travaux mécaniques, la dépense deviendrait presque nulle.

Voix notre *Année scientifique* (6^e année), page 54-56.

La machine *magnéto-électrique*, c'est-à-dire une réunion d'aimants permanents en mouvement, servant à produire le courant d'induction, est encore employée dans les deux phares du cap de la Hève. C'est, en effet, la machine de M. de Méritens qui fonctionne aujourd'hui dans ces deux phares. Or, cette machine n'est, ainsi que nous l'avons dit, en décrivant les machines qui servent à produire la lumière, que la machine de la C^{ie} *l'Alliance*, perfectionnée dans quelques parties par M. de Méritens, qui a acquis le privilège de cet appareil.

Dans son ouvrage sur *l'Éclairage électrique*, Th. du Moncel donne les renseignements suivants sur la manière dont la lumière, fournie par la machine magnéto-électrique, fonctionne dans les phares.

« Comme les régulateurs de lumière électrique, dit Th. du Moncel, sont quelquefois sujets à des extinctions, et qu'une extinction prolongée pourrait causer de graves sinistres, les régulateurs de lumière électrique (qui sont le plus souvent du système Serrin ou du système Siemens) sont disposés en double pour chaque appareil lenticulaire. Ils y entrent en glissant sur de petits rails, ménagés à la surface d'une table en fonte. Un arrêt les fixe au foyer de l'appareil. Ils s'y allument d'eux-mêmes instantanément, et c'est là un des grands avantages que présente la lumière électrique, surtout avec les régulateurs. La communication électrique s'établit, d'une part, au moyen de la table de fonte, de l'autre par l'intermédiaire d'un ressort métallique, qui vient presser sur le dessus de la lampe en un point convenablement disposé. La substitution d'une lampe à une autre n'exige pas plus de deux secondes : celle que l'on retire s'en allant par un des chemins de fer, tandis que celle qui doit la remplacer arrive par le second. On peut encore faire passer plus instantanément la lumière d'un appareil dans l'autre au moyen d'un commutateur qui leur transmet successivement le courant, mais il y a plus de difficultés pour bien centrer les deux foyers.

« Les charbons employés pour les phares ont 7 millimètres de côté et 27 centimètres de longueur, et leur consommation peut être évaluée à 5 centimètres par pôle et par heure, du moins avec les machines à courants alternatifs. Malgré cette usure égale, il y a pourtant une petite différence, et le charbon du haut s'use un peu plus vite que le charbon du bas, dans le rapport de 108 à 100. On a bien réglé en conséquence les régulateurs ; mais

comme il faut que la variation du point lumineux soit au-dessous de 8 millimètres, sans quoi aucun rayon ne serait renvoyé à la limite de l'horizon, il importe que cette lumière soit toujours l'objet d'une surveillance attentive. Pour permettre aux gardiens de suivre sans fatigue la marche des charbons, on projette sur le mur, au moyen d'une petite lentille à court foyer, l'image des charbons; un trait horizontal est tracé sur le mur, et les charbons doivent se trouver à égale distance de ce trait. Comme une déviation de 1 millimètre est représentée par une déviation de 22 millimètres sur le mur, on aperçoit aisément les défauts de réglage.

« Cette installation commença à fonctionner au cap de la Hève le 26 décembre 1863, et c'est après quinze mois d'expériences qu'on a décidé d'appliquer le même système d'éclairage au second phare. Depuis cette époque, l'éclairage électrique y a été définitivement établi.

« Quant aux machines qui, comme les régulateurs, sont installées en double, elles sont généralement placées au bas de la tour du phare, avec les machines à vapeur destinées à les faire marcher, et ce sont des câbles bien isolés et d'un assez fort diamètre qui conduisent le courant électrique aux régulateurs¹. »

L'expérience ayant prononcé en faveur de ce nouveau système d'éclairage, un autre phare, celui du cap Gris-Nez, en reçut l'application, en 1868.

Un nouveau phare, celui de Planier, près de Marseille, est également éclairé par l'électricité.

Ce phare (fig. 85) est le plus haut de France, car son élévation au-dessus de l'eau est de 67 mètres. Il dépasse de 10 mètres le phare de Dunkerque et de 4 mètres la tour de Cordouan, le célèbre fanal de la Gironde. Les travaux commencés en 1876, interrompus pendant un an et repris en 1879, furent achevés en 1880.

La base du phare de Planier a 18 mètres de diamètre. Elle est soudée dans le calcaire, à 2 mètres de profondeur, et se trouve à 4^m,50 au-dessus du niveau de la mer. Elle est protégée, du côté de l'eau, par des brise-lames, formant une grande enceinte à ciel découvert.

¹ *L'Éclairage électrique*, 2^e édition, in-18. Paris, 1880, pages 297-298.

L'escalier compte 254 marches; 16 machicolis ont été percés dans la muraille, dont l'épaisseur va en diminuant de 2^m,40 à 1^m,30.

La lanterne est une vaste chambre de 4^m,30 de hauteur; le feu est à éclipses.

Le phare de la côte de Marseille a apporté la solution du grand problème depuis longtemps posé à l'administration française. Jusqu'en 1881, on n'avait appliqué l'électricité qu'à l'éclairage des phares à feu fixe. On n'avait pas réussi à l'appliquer aux phares à éclipses, qui sont pourtant les plus nombreux et les plus utiles, puisque par la durée ou la disposition et la couleur de leurs feux, ils servent à la reconnaissance des côtes. C'est au phare de Planier que l'on a vu, pour la première fois, ce problème résolu. Les visiteurs de l'Exposition d'électricité de 1881 se rappellent le magnifique modèle de phare qui était placé à l'entrée de l'Exposition, au milieu de la grande nef, et qui projetait dans cette superbe enceinte des feux colorés à intervalles réguliers. C'était la reproduction du phare électrique de la côte de Marseille.

Nous donnons plus loin (fig. 86) la coupe verticale des étages supérieurs et de la lanterne du phare de Planier, qui fournit un feu à éclipses de 5 en 5 secondes, faisant succéder un éclat rouge à trois éclats blancs. La portée de sa visibilité en mer, n'est pas moindre, dit-on, de 49 kilomètres.

Le plancher en fer qui supporte l'appareil éclairant, est soutenu par une colonne verticale en fonte. Cette colonne est creuse, et laisse passer une corde qui, au moyen d'une poulie, supporte le poids moteur d'un mécanisme d'horlogerie. Ces rouages d'horlogerie font tourner le tambour sur lequel sont fixées les lentilles, dont le passage au-dessus du foyer produit, chaque 5 secondes, les éclipses de l'éclairage.

Nous représentons sur une plus grande échelle (fig. 87) l'assemblage des lentilles fixées sur le tambour. Au milieu des ten-

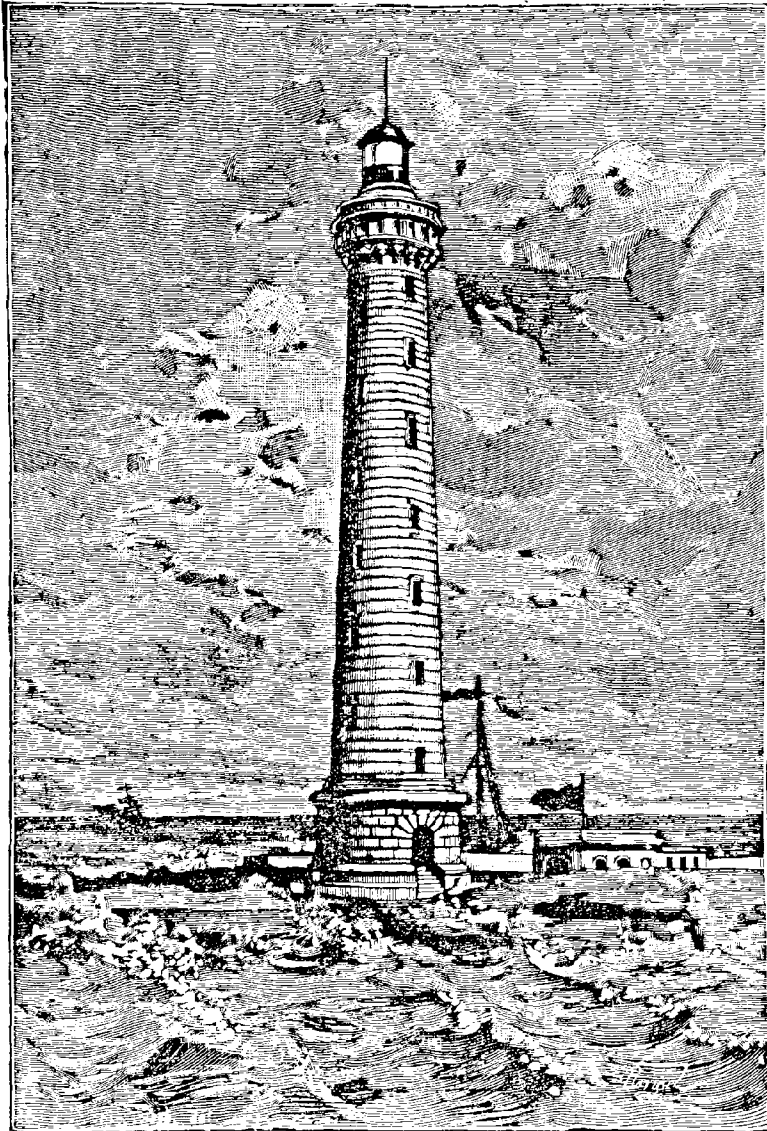


Fig. 85. — Le phare de Planier, près de Marseille..

tilles, on aperçoit les deux charbons entre lesquels s'élançe l'arc voltaïque.

Le mécanisme qui fournit les *éclats*, se compose d'un feu fixe produit par le courant électrique et d'un tambour mobile enveloppant ce feu, et composé lui-même de lentilles verticales, c'est-à-dire de *lentilles à échelons de Fresnel*, qui servent à renvoyer horizontalement tous les rayons de lumière. Cette réunion de lentilles à échelons comporte six

groupes de 4 lentilles, dont un groupe est rouge et les trois autres groupes sont blancs. Il tourne sur des galets, au moyen de rouages d'horlogerie. La régularité du mouvement d'horlogerie est assurée par un volant à ailettes, que l'on voit au-dessous de l'assemblage des lentilles.

L'éclairage des phares à éclipses, qui n'est encore appliqué qu'au phare de la côte de Marseille, sera, dans un avenir peu

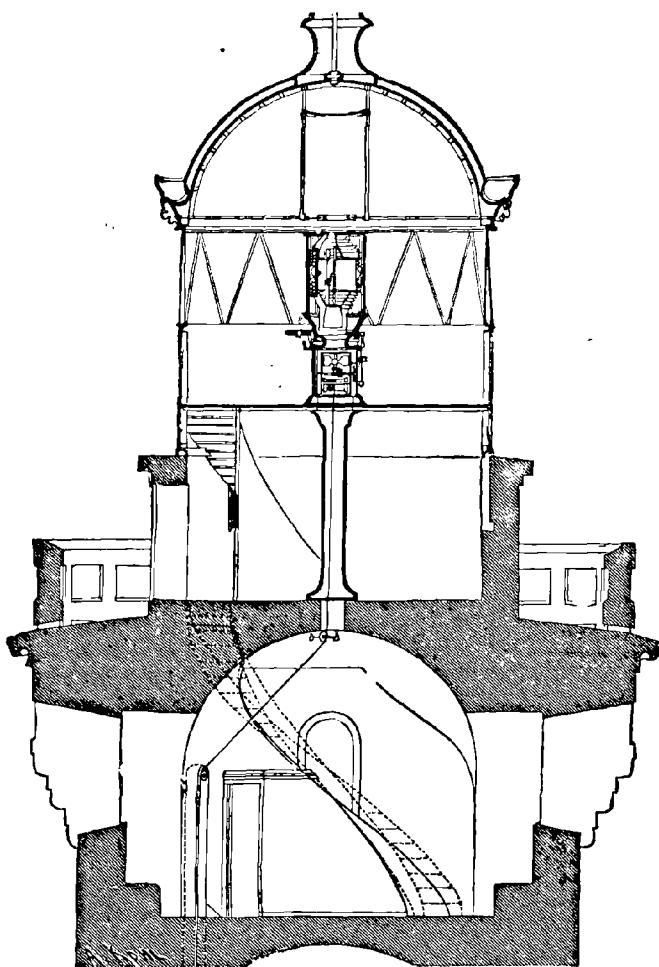


Fig. 86. -- La lanterne et les étages supérieurs du phare de Planier.

éloigné, étendu à beaucoup d'autres tours à signaux de notre littoral. En effet, les difficultés pratiques qui ont arrêté jusqu'ici la généralisation de l'éclairage des phares par l'électricité, sont aujourd'hui complètement résolues.

D'après M. Allard, directeur du service des phares français, quarante-deux phares de notre littoral pourraient recevoir ce nouveau mode d'éclairage des lentilles à éclipses. Selon M. Allard, si l'on substituait l'éclairage électrique à l'éclairage à l'huile dans les quarante-deux phares qu'il indique, le résultat que l'on obtiendrait satisfierait, sur les côtes de la Manche et de l'Océan, à

peu près pendant les cinq sixièmes de l'année, aux conditions que le système des phares à l'huile ne remplit que pendant la moitié de l'année.

Dans la Méditerranée, l'amélioration serait plus grande encore. Il n'y aurait plus d'exception que pendant vingt-quatre nuits, soit un quinzième de l'année, c'est-à-dire sept fois et demie de moins qu'aujourd'hui.

L'organisation d'un système complet d'éclairage électrique sur nos côtes, implique l'installation de 46 phares électriques. Mais, comme nous l'avons dit, quatre : le phare du cap Gris-Nez, le phare double de la Hève et celui de Planier, sont déjà

rés à l'électricité. Il ne s'agit donc que de généraliser le même système.

La dépense moyenne à faire pour transformer un phare à l'huile en un phare électrique, est évaluée à 125,000 francs ; ce qui, pour les 42 phares appelés à recevoir cet

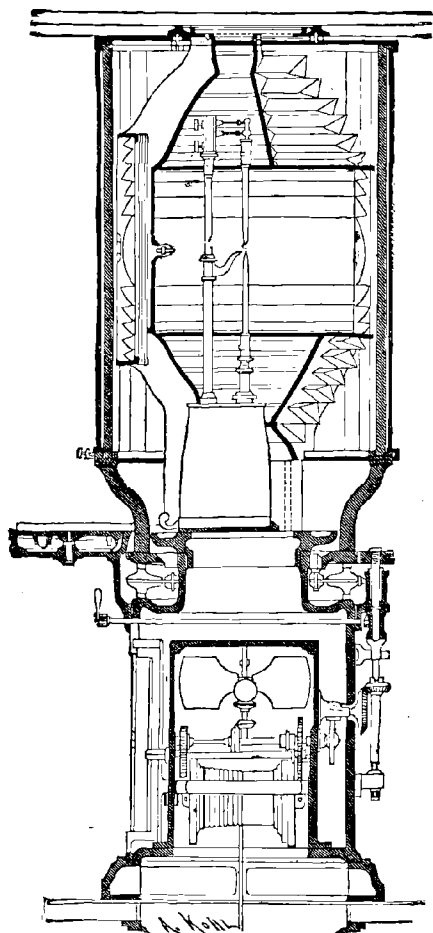


Fig. 87. — Coupe de l'appareil optique du phare de Planier.

éclairage, en sus de ceux qui l'ont déjà, donnerait un total de 5,250,000 francs.

L'Angleterre a profité des travaux exécutés en France pour installer l'éclairage électrique dans ses phares. Six phares électriques, copiés sur les nôtres, existent sur les côtes de la Grande-Bretagne, à savoir : à Bungerness, à Souter-Point, à South-Fore-

land (deux feux fixes) et au cap Lizard (deux feux fixes).

Les machines qui servent, en Angleterre, à alimenter les fanaux électriques, sont des machines dynamo-électriques Gramme et Siemens, et non les anciennes machines à aimants permanents, qui sont encore en usage dans nos phares.

Quelques phares éclairés par l'arc voltaïque, existent dans le reste du monde. On en trouve un à l'entrée du canal de Suez, à Port-Saïd, — un à Odessa, en Russie, — deux aux États-Unis, à White-Rock et au Border Flatts. On en trouve même un en Suède, sur la côte de l'Océan. La tendance à substituer l'éclairage électrique à l'éclairage par l'huile ou les essences minérales, est aujourd'hui universelle.

CHAPITRE XVI

LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE A BORD DES NAVIRES. — PREMIERS ESSAIS FAITS DE 1855 A 1871. — LE *Yacut* DU PRINCE JÉRÔME NAPOLEON. — EXPÉRIENCES DE LA COMPAGNIE TRANSATLANTIQUE FRANÇAISE SUR LE *Saint-Laurent*, LE *Coligny*, ETC. — MÊMES ESSAIS FAITS PAR LA MARINE AUTRICHIENNE ET LA MARINE RUSSE. — LA CONSTRUCTION DE LA MACHINE GRAMME DÉCIDE L'ADOPTION GÉNÉRALE DE LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE A BORD DES BATIMENTS TRANSATLANTIQUES FRANÇAIS. — LA MARINE MILITAIRE, EN FRANCE ET A L'ÉTRANGER, ADOPTE L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE. — SERVICES RENDUS PAR LES FANAUX ÉLECTRIQUES DES BATIMENTS CUIRASSÉS PENDANT LA GUERRE DE TUNISIE, EN 1882. — LES FANAUX ÉLECTRIQUES ET LES BATEAUX TORPILLEURS. — EMPLOI DE L'ILLUMINATION ÉLECTRIQUE POUR LES RECONNAISSANCES MILITAIRES PAR LES ARMÉES EN CAMPAGNE. — LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE AU SIÈGE DE PARIS, EN 1871.

Les dangers en mer ne résident pas seulement dans les assauts de la tempête. Un péril tout aussi grand résulte de la rencontre et du choc qui peut s'opérer entre deux navires, par suite de l'obscurité de la nuit. A l'entrée et à la sortie des ports, les chances de collision sont nombreuses, et quand on vogue sur une route maritime très fréquen-

tée, comme la Manche ou le pas de Calais, on reconnaît que la mer n'est pas aussi grande qu'on se l'imagine. Les collisions entre navires ne seraient pas rares sur les grandes voies de l'élément liquide si la surveillance ne s'exerçait pas à bord avec une extrême vigilance. La vitesse que l'on donne aujourd'hui aux paquebots et steamers, augmente encore les chances de rencontres. Un petit navire ou une embarcation qui ne sont pas aperçus par un de ces géants maritimes, peuvent être broyés par le colosse flottant. Les journaux nous apportent, chaque année, le récit de plusieurs sinistres occasionnés par cette cause. La plupart de ces terribles abordages arrivent par les temps brumeux, en raison de l'absence d'éclairage de l'un des navires, ou de son éclairage insuffisant. Souvent, en effet, au mépris de règlements maritimes, les matelots éteignent les feux du bord, pour économiser l'huile. S'il y eut jamais économie mal entendue, c'est assurément celle-là.

Dès la vulgarisation de la lumière électrique, on reconnut que l'éclairage puissant fourni par l'arc voltaïque est le meilleur moyen d'éviter ces fatales rencontres.

Sur les bâtiments à voiles, l'installation de l'éclairage électrique présente des difficultés, d'abord à cause des frais qu'il entraîne, ensuite par l'entretien qu'il exige. Il faudrait établir une petite machine à vapeur, de la force de 3 chevaux-vapeur environ pour faire agir la machine dynamo-électrique destinée à produire la lumière. Il faudrait, en outre, emporter du charbon et amener un mécanicien capable de conduire ces engins. Il y a là de grandes difficultés pratiques.

Mais sur les navires à vapeur ces difficultés disparaissent. Le bâtiment est porteur d'une machine puissante, dont on peut distraire la force de deux ou trois chevaux-vapeur, sans exercer une influence sensible sur sa marche. Les mécaniciens du bâtiment

à vapeur font vite l'apprentissage de la conduite de la machine dynamo-électrique et de la lampe électrique. Enfin, le prix de ces engins est insignifiant, comparé à la valeur du navire.

Quant aux avantages, ils sont évidents. La lumière électrique est visible à grande distance, malgré la brume la plus épaisse : le navire qui en est porteur peut donc être aperçu de très loin par les hommes postés en vigies sur les autres bâtiments. Cette lumière est même assez intense pour éclairer la mer dans un rayon fort étendu ; de sorte que les hommes-vigies du bâtiment à vapeur peuvent découvrir un navire non éclairé, dont on approcherait d'une manière inquiétante.

Il est facile de comprendre que les collisions avec les bâtiments à vapeur soient les plus périlleuses, à cause de la grande vitesse de ces derniers, et de leur masse considérable. Dans la grande majorité des cas, c'est un bâtiment à vapeur qui coule un voilier. Il est clair que pour que, deux navires ne s'abordent pas, il suffit que l'un des deux soit aperçu par l'autre.

D'où il résulte que l'éclairage des bâtiments à vapeur suffit pour assurer la sécurité de la navigation.

Dès l'année 1855, on s'occupa de cette application particulière de l'électricité. Les premiers essais furent faits avec la machine magnéto-électrique de la C^{ie} *Alliance*, sur le yacht du prince Napoléon, le *Jérôme-Napoléon*, par le commandant Dubuisson. En 1867, ce yacht, pourvu d'un fanal électrique, put entrer de nuit, aussi aisément qu'en plein jour, dans plusieurs ports de la Méditerranée réputés d'un accès dangereux.

Cette petite victoire de l'électricité ayant fait quelque bruit, la Compagnie Transatlantique s'empressa d'installer sur ses paquebots des appareils semblables. Le *Saint-Laurent*, bâtiment de la flottille, puis d'autres navires de la même compagnie, le *Parfait*,

le *d'Estrée*, le *Coligny*, l'*Héroïne*, enfin la *France*, furent pourvus d'un fanal électrique, actionné par une machine magnéto-électrique de la C^{ie} *Alliance*.

Le *Saint-Laurent* fut le bâtiment qui accomplit les plus longs voyages avec le fanal électrique. Il maintint, au moyen de ce fanal, les feux réglementaires à bâbord et à tribord. Le foyer lumineux était si étincelant que le navire était vu, en mer, aux plus grandes distances. Dans les parages de Terre-Neuve, il était aperçu par les autres bâtiments, malgré les brumes, et toute chance de collision était ainsi évitée.

M. de Beaucandé, commandant du *Saint-Laurent*, assure qu'à son retour à Brest, le sémaphore le signala à quatre heures du matin, tandis qu'il n'arrivait en rade qu'à sept heures et demie. Le *Saint-Laurent* avait donc été aperçu trois heures et demie avant son entrée dans la rade, et d'après la vitesse du navire, qui était de 12 nœuds, on peut conclure qu'il fut signalé à 38 ou 40 milles en mer.

En 1870, le *yacht* de l'empereur Napoléon III, l'*Hirondelle*, reçut une installation analogue; mais son début ne fut pas heureux. A l'entrée du port, à Cherbourg, le petit navire alla briser son taille-mer et démolir en partie son étrave contre le quai de la Grande-Douane.

Pendant la même année, l'électricité réussissait mieux sur le *yacht*, le *Greif*, appartenant à l'empereur d'Autriche. Ce *yacht* entra de nuit, dans le petit port de Villefranche, sur la côte de Nice, et dans plusieurs ports de la Méditerranée. Il traversait de nuit le canal de Suez, en éclairant merveilleusement ses bords.

La marine militaire russe munissait, en 1871, plusieurs de ses navires de fanal électriques, qui leur permettaient de traverser de nuit les passes étroites de la mer Baltique, et d'entrer, de la même manière, dans le port de Saint-Petersbourg.

Les marins n'avaient pas ajouté grande importance à ces premiers pas de l'éclairage électrique appliqué à la navigation, parce que les fanaux employés n'étaient pas d'un usage commode, et que la machine magnéto-électrique ne produisait pas toujours l'effet lumineux nécessaire. Mais la construction de la machine dynamo-électrique Gramme, en 1873, vint apporter les moyens de répondre à toutes les critiques des hommes de mer. La Compagnie Transatlantique française s'empressa donc de faire procéder à de nouvelles expériences avec la machine Gramme, à bord de l'un de ses meilleurs paquebots, l'*Amérique*, qui sortait à peine des chantiers. MM. Sautter et Lemonnier, les constructeurs bien connus de nos phares lenticulaires, firent l'installation de cette machine, sous la direction de M. H. Fontaine, qui en a publié les résultats.

C'est au mois d'avril 1876 que ces expériences furent faites, à bord du paquebot l'*Amérique*. Elles étaient dirigées par le commandant Pouzolz, pendant l'aller et le retour du premier voyage de ce paquebot.

La lumière électrique appliquée à la navigation n'a pas seulement pour objet d'augmenter la sécurité des voyageurs, en évitant les abordages et en facilitant l'entrée des ports; elle permet également d'opérer les chargements, les déchargements du navire, et les manœuvres de toute sorte, par une nuit sombre, aussi bien qu'en plein jour. L'installation faite à bord de l'*Amérique* comprenait donc: un fanal, un générateur d'électricité, une lampe portative et divers organes accessoires. Voici comment sont répartis ces divers appareils.

Le fanal est placé à la partie supérieure d'une tourelle en tôle, dans laquelle on monte par un escalier intérieur, sans qu'il soit nécessaire de passer sur le pont, disposition très avantageuse, surtout pendant les gros temps, où l'avant du navire est diffi-

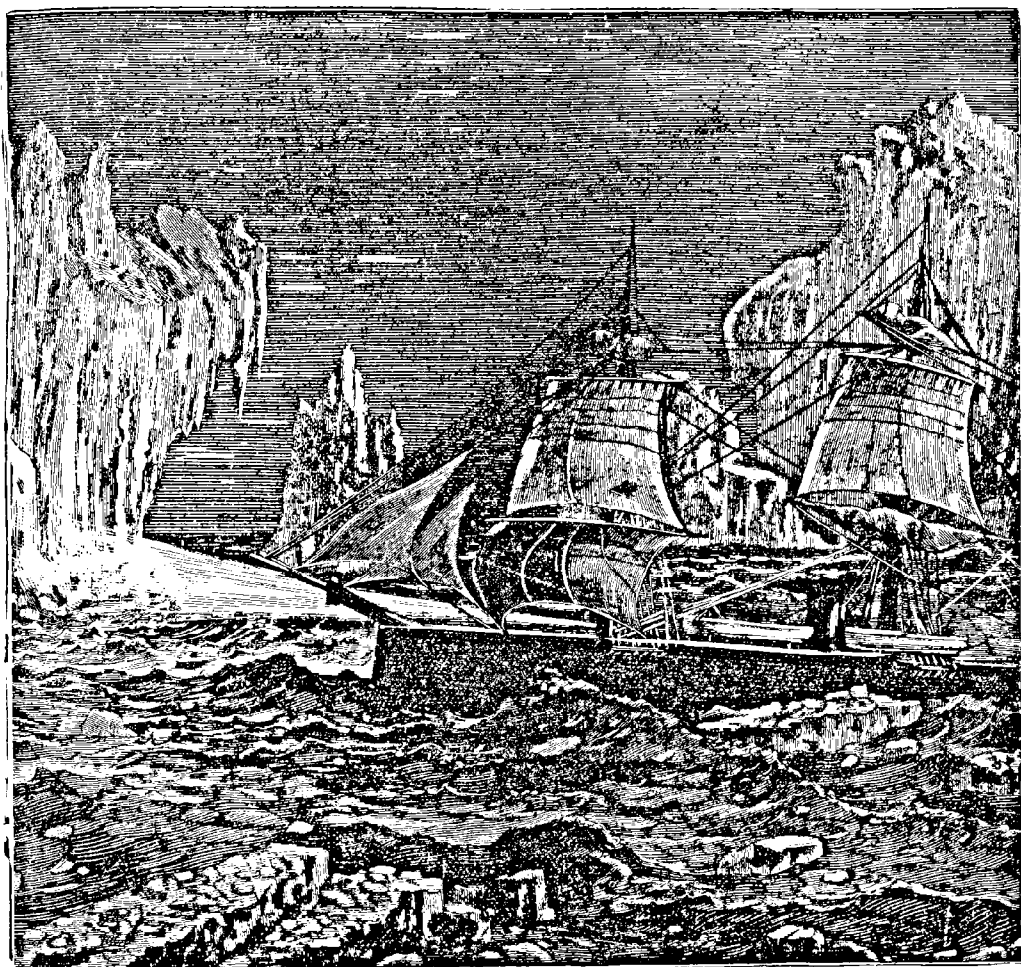


Fig. 88. — Navire éclairé par l'électricité, traversant les banquises de l'océan Septentrional.

lement accessible par le pont. La tourelle est à 5 mètres au-dessus du pont.

Le diamètre de la tourelle est de 1 mètre. Elle est fixée à l'avant du paquebot, à 15 mètres de l'étrave. Le fanal peut éclairer un arc de 225 degrés, en laissant le paquebot à peu près dans l'ombre. Le régulateur électrique est du système Foucault. L'appareil est suspendu à la Cardan ; un petit siège, ménagé dans le haut de la tourelle, permet au surveillant chargé du service de régler la lampe. La tranche lumineuse a environ 8 décimètres d'épaisseur. La puissance éclairante de la machine Gramme ou dyna-

mo-éctrique, est de 200 becs Carcel ; son poids est de 200 kilogrammes ; elle est mue par un moteur à vapeur à trois cylindres, du système Brotherhood.

L'emplacement occupé par l'appareil, ne dépasse pas 1^m,20 en longueur, et 0^m,65 en largeur, sur 0^m,60 de hauteur. Les câbles qui réunissent le fanal ou lampe mobile au générateur d'électricité, sont bien isolés. La section totale des fils qui constituent ces câbles n'est que d'un centième et demi de millimètre. La machine et son moteur sont placés sur un faux plancher, dans la chambre de la machine motrice, à 40 mètres environ

du fanal. Tous les fils passent par la cabine du commandant, lequel a sous la main des commutateurs qui lui permettent de faire naître ou d'interrompre la lumière dans chacune des lampes, alternativement ou simultanément, et sans que la machine Gramme s'arrête.

Ce qui caractérise l'appareil installé à bord de *l'Amérique*, c'est l'intermittence automatique du fanal. Cette intermittence est obtenue au moyen d'un mécanisme très simple, fixé à l'extrémité libre de l'arbre de la machine Gramme. Avec un fil spécial, le commandant peut faire briller une lumière fixe continue dans le fanal. Les éclats et les éclipses se succèdent sans cesse.

La machine dynamo-électrique fonctionne, pour engendrer l'électricité, pendant tout le temps de la marche des appareils; mais, pour produire les intermittences de lumière, l'électricité se rend tantôt dans la lampe du fanal, entre les deux pointes de charbon qui font jaillir la lumière, tantôt dans un faisceau métallique fermé, qui s'échauffe et se refroidit alternativement.

La hauteur du foyer lumineux est de 10 mètres au-dessus de l'eau. La portée possible de la lumière, eu égard à la dépression de l'horizon, est de 10 milles marins (18 kilomètres et demi) pour un observateur ayant l'œil à 6 mètres au-dessus de l'eau.

Pour éclairer les mâts de hune et les mâts de perroquet, tout en laissant les basses voiles dans l'obscurité, M. Pouzolz fit construire un tronc de cône en fer-blanc, et le plaça sur la lampe mobile, la large ouverture en l'air. De cette façon, *l'Amérique* était vue de très loin par les bâtiments et les sémaphores, quand il convenait au commandant de laisser la lumière électrique fonctionner d'une manière continue pendant toute la nuit.

On avait élevé, contre l'emploi de la lumière électrique à bord des navires, diverses objections. On avait dit que la lumière

électrique crée autour d'elle un nuage blanchâtre, qui fatigue la vue et nuit aux observations; — que le feu fixe électrique, par sa trop grande intensité, ferait disparaître les feux réglementaires vert et rouge, ce qui constituerait un véritable danger; — que, près des côtes, les bâtiments peuvent prendre le fanal électrique pour un phare et faire fausse route; — enfin, que les appareils sont encombrants, et que le prix en est trop considérable, eu égard aux services rendus.

Les expériences faites à bord de *l'Amérique* ont prouvé que la machine dynamo-électrique est très facile à manœuvrer, comme à installer, et qu'elle ne demande qu'un emplacement restreint. Les autres objections sont levées par l'emploi des feux intermittents. M. Pouzolz déclare que la lumière produite par de courts éclats n'a jamais gêné la vue d'aucun officier de quart, ni des hommes de veille, et que l'éclat des feux de côte vert et rouge n'est en rien diminué par l'usage du phare de l'avant.

Après des expériences aussi concluantes, rien ne pouvait plus s'opposer à l'adoption immédiate de la lumière électrique sur tous les navires. Il est, en effet, bien prouvé que la plupart des collisions en mer proviennent de la difficulté qu'éprouvent les capitaines à relever la position exacte du navire qui approche.

En moins de deux ans, des machines dynamo-électriques ont été installées à bord de plusieurs navires de guerre français, danois, russes, anglais et espagnols, parmi lesquels nous citerons la *Livadia* et le *Pierre-le-Grand*, de la marine russe; le *Richelieu* et le *Suffren*, de la marine française; la *Numancia* et la *Vitoria*, de la marine espagnole. Les expériences continuent sur les navires de ces différentes nationalités, et tout fait présumer que cet ensemble d'efforts amènera l'adoption générale de l'éclairage électrique des navires pendant la nuit pour éviter les collisions et les abordages

Les bâtiments transatlantiques français sont aujourd'hui tous éclairés par les machines à lumière électrique. On en vit bien l'effet, dans la soirée du 13 novembre 1886, alors que le nouveau transatlantique français, *la Bretagne*, quittait, de nuit, le port du Havre, au milieu d'une tempête à peine calmée, pour amener la délégation française à l'inauguration de la statue colossale de Bartholdi, la *Liberté éclairant le monde*, dans la rade de New York.

En Angleterre, les mêmes moyens d'éclairage sont adoptés sur les paquebots des grandes compagnies qui font le service transatlantique.

Une application intéressante de l'éclairage électrique sur les navires, fut faite, en 1875, pendant une expédition anglaise au Groenland. Un navire envoyé dans ces parages fut pourvu de fanaux électriques, ainsi que le représente la figure 88. Ce navire parvint éviter la rencontre des glaces flottantes, banquises et *icebergs*, et effectua avec une complète sécurité sa route à travers les écueils de glace qui ont englouti tant de bâtiments de tout tonnage, depuis que les campagnes maritimes à la conquête du pôle Nord se sont si singulièrement et si inutilement multipliées dans la marine anglaise.

Il importerait de munir de ces fanaux puissants les navires qui, à l'époque du printemps, ont à naviguer dans les parties septentrionales de l'océan Atlantique. A cette époque, en effet, la température, se radoucissant, amène la débâcle des glaces polaires. Les immenses plaines de glaces qui occupent les régions arctiques sont poussées par les courants vers le cap Farwel, à l'extrémité méridionale du Groenland. Après avoir doublé ce cap, elles sont entraînées par un grand courant qui, occupant toute la largeur du détroit de Davis, descend à travers l'Atlantique, emportant avec lui les glaces disloquées, masses flottantes.

hautes comme des montagnes, et qui plongent à moitié dans la mer. Ces glaces flottantes, obéissant à l'impulsion du courant, suivent la voie que parcourent les vaisseaux qui vont de nos ports à ceux des États-Unis. Rien n'est terrifiant comme le spectacle de ces énormes corps flottants venant se briser les uns contre les autres, et se réduire en blocs plus petits, mais toujours menaçants par leurs dimensions et la vitesse qui les anime. Ces amas d'eau solidifiée occupent sur la mer des espaces immenses : ils s'étendent sur tout l'espace que la vue peut embrasser. Malheur au navire qui se serait engagé au milieu de ce chaos mouvant ! Il faut qu'il se tienne à distance, ou qu'il arrête sa marche, pour éviter de dangereuses collisions. Pendant le jour, cette manœuvre est facile ; mais le navire peut être surpris la nuit, et être brisé entre deux *icebergs*, ou endommagé par la rencontre d'une seule de ces terribles épaves flottantes des régions polaires.

Les steamers qui se rendent à New York au mois d'avril, reçoivent souvent d'immenses champs de glace par 45° 48' de latitude nord et 47° 48' de longitude ouest. Il est évident qu'un fanal électrique, dont seraient munis les navires qui parcourent au printemps ces régions de l'Atlantique, serait un préservatif infaillible contre ces dangereuses collisions.

La marine cuirassée ne pouvait manquer d'adopter l'éclairage électrique, autant pour permettre à un de ces colosses de bois et de fer de signaler sa présence aux autres navires, que pour faciliter les opérations qu'il a lui-même à accomplir. La puissance des machines à vapeur qui actionnent nos grands cuirassés permet d'en distraire facilement la force nécessaire pour faire marcher une machine dynamo-électrique. Aussi, la plupart de nos cuirassés ont-ils maintenant deux projecteurs de lumière électrique.

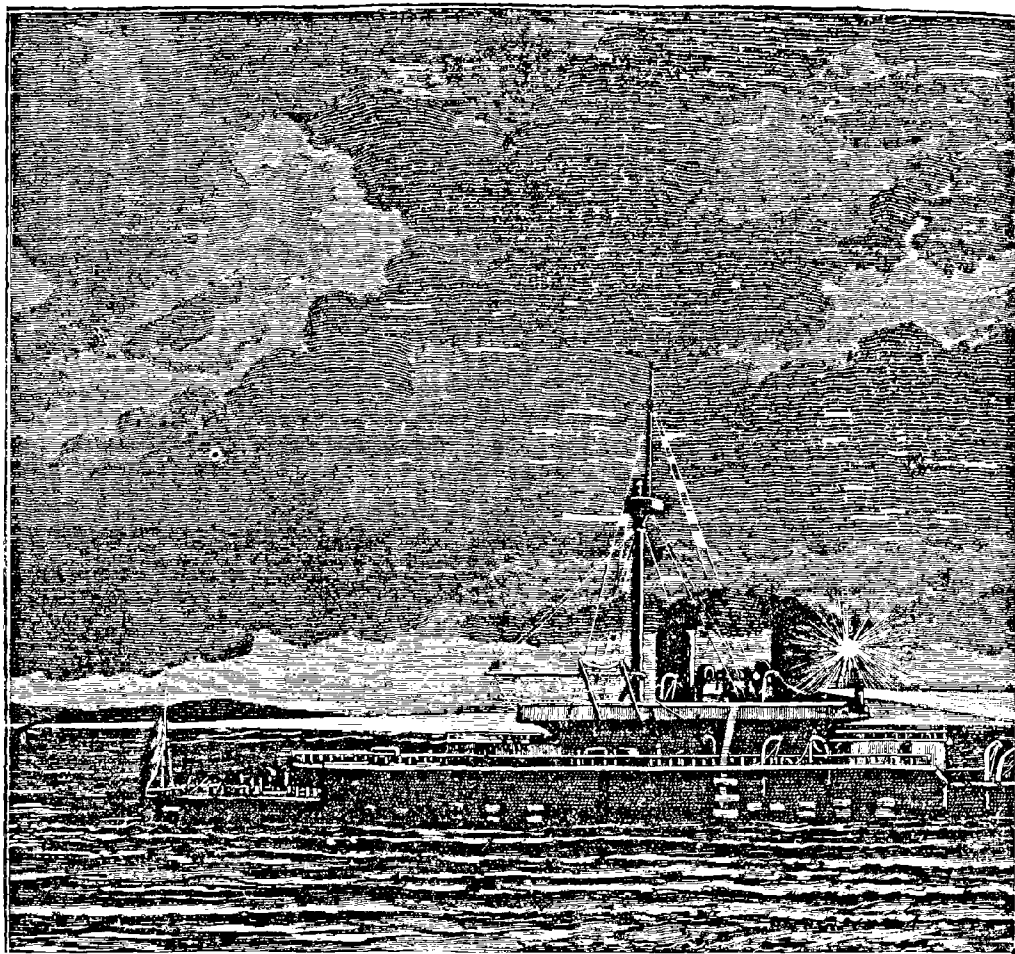


Fig. 89. — Les fanaux électriques d'un vaisseau cuirassé.

installés, l'un à bâbord, l'autre à tribord, aux extrémités de la passerelle du commandant ou un peu au-dessus.

La figure 80 représente, le vaisseau cuirassé de la marine anglaise, *the Thunderer*, avec ses feux électriques en activité. L'un de ses foyers est muni d'un puissant réflecteur, et le faisceau lumineux lancé par ce réflecteur peut être promené dans un champ assez vaste pour éclairer l'horizon à de grandes distances. Un second foyer, de moindre portée, placé à l'avant du navire, éclaire dans un certain rayon autour de lui.

Les marines militaires de l'Angleterre, de l'Autriche du Danemark et de l'Italie, ont

adopté les mêmes dispositions pour leurs cuirassés.

Pour reconnaître la portée de la lumière et s'édifier sur l'efficacité de ces nouveaux moyens de protection, on a fait un grand nombre d'expériences : les vaisseaux français dans le golfe Jouan, à Toulon et à Cherbourg; les vaisseaux anglais à Chatham, les autrichiens à Pola, et les russes à Cronstadt.

Ces expériences ont appris que l'on peut distinguer, avec une lorgnette, pourvu qu'il ne soit pas peint de couleurs sombres, un bâtiment placé à 7 kilomètres de distance. On peut éclairer un fort ou un navire cui

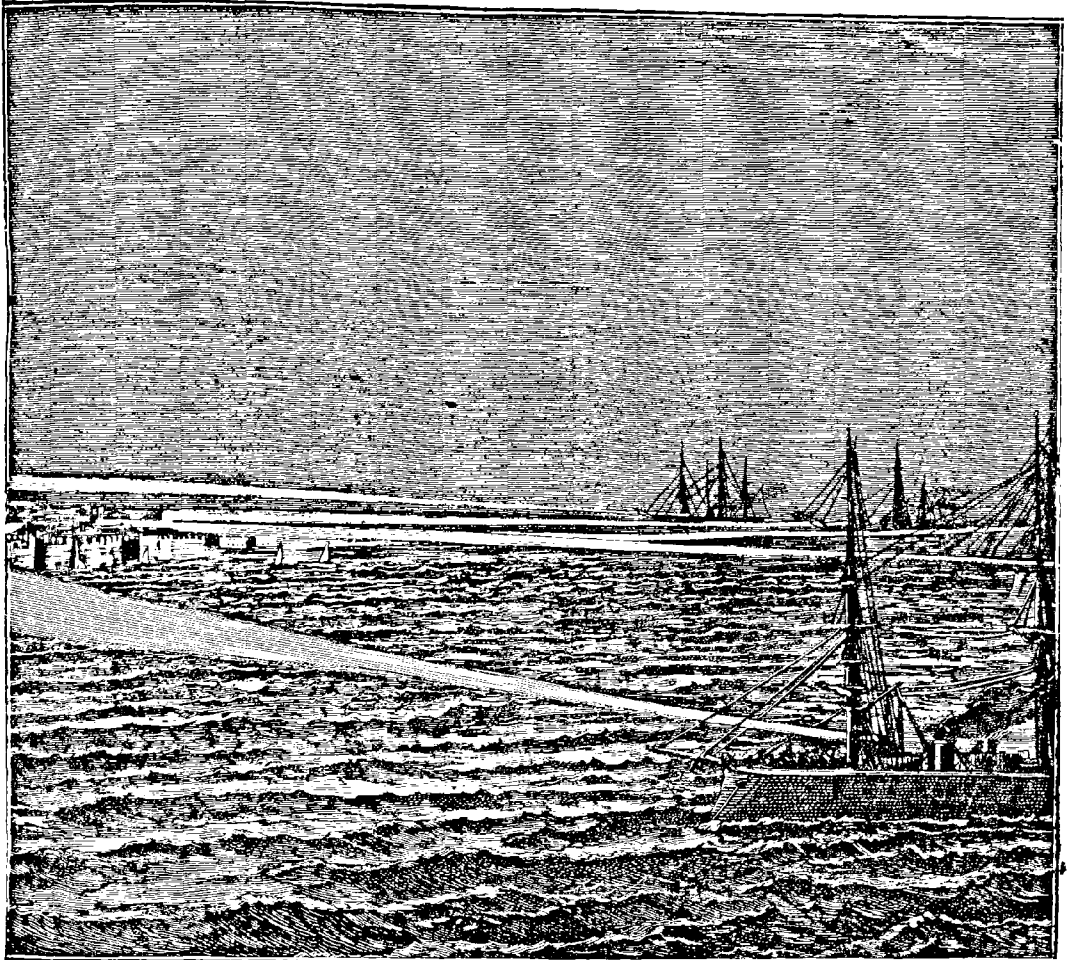


Fig. 90. — La ville de Sousse (Tunisie) éclairée, pendant son occupation, par les fanaux électriques des navires français

rassé placé à 3 kilomètres, en y projetant un faisceau lumineux de 300 mètres de largeur, ce qui permet de viser assez sûrement les embrasures des canons du fort ou du navire. On peut aussi rendre visibles à 3 kilomètres, les bouées rouges qui signalent une passe.

L'expérience a encore appris que, lorsque l'éloignement n'est pas très considérable, la plus sûre manière d'apercevoir une embarcation suspecte n'est pas de l'éclairer directement. Il vaut mieux commencer par lancer le faisceau un peu au-dessus, parce que les matières solides en suspension dans l'air réfléchissent les rayons lumineux sur le

bateau que l'on recherche et le rendent visible.

Indépendamment des ressources qu'elle présente pour signaler la position des navires dans les cas habituels de la navigation, la lumière électrique doit particulièrement favoriser les opérations de la marine militaire. Par une nuit noire, un jet de lumière électrique dirigé sur un navire, situé à 3 ou 4 kilomètres de distance, l'éclaire assez pour qu'on puisse apercevoir nettement ses détails et ses mouvements; tandis que le bâtiment d'où part le jet lumineux reste, pour l'ennemi, dans l'obscurité la plus profonde, à l'exception du seul point

qui est le foyer lumineux de l'appareil. On conçoit le parti qu'on peut tirer, au profit de la manœuvre du navire ou de son artillerie, de ces indications précises et sans réciprocité, sur la position, les mouvements et les intentions d'un bâtiment ennemi.

Quand il s'agit d'éclairer un objet, pour faciliter le travail des hommes qui doivent effectuer une opération quelconque du service, telle que débarquement, manœuvre à terre, etc., accomplie au dehors du bâtiment qui porte l'appareil, la lumière électrique lancée du bâtiment, à l'aide du *projecteur*, rend d'admirables services. On peut, tout en se tenant à une distance de 2 kilomètres au moins, éclairer l'entrée d'un port, ou les abords d'une plage, pour faciliter des mouvements d'embarquement ou de débarquement de troupes, pour effectuer la reconnaissance exacte des points fortifiés, dont l'approche serait jugée trop délicate pendant le jour, et même pour les attaquer.

En temps de paix, comme en temps de guerre, cet appareil peut être utile au commandant d'une escadre, pour transmettre, sans indécision, des ordres importants, et pour s'assurer ensuite de leur exécution.

L'éclairage électrique établi à bord des vaisseaux cuirassés, fit, pour la première fois, ses preuves, en 1877, pendant la guerre turco-russe. C'est par son secours que les ports d'Odessa, de Sébastopol, d'Orchakow furent préservés de toute surprise de la part des vaisseaux turcs. Le port d'Odessa était pourvu de lampes électriques et d'un projecteur de lumière. On put, la nuit, apercevoir à 4 ou 5 kilomètres de distance, les gros navires qui se présentaient pour l'attaquer. On reconnaissait à 2 kilomètres les embarcations

On fit, en 1879 sur le navire cuirassé *le Richelieu*, des expériences sur les meilleures dispositions à prendre pour installer l'appareil de projection de façon à bien illuminer les eaux voisines. Ces expériences

amenèrent l'adoption de lampes à projection de dispositions pratiques très commodes mais dans le détail desquelles nous n'entrons pas, vu leur caractère trop technique. Disons seulement que la machine dynamo-électrique pour la production de la lumière, est la machine Gramme; que le *régulateur* pour l'arc voltaïque est le régulateur Serrin, et que deux types de lampes construites par MM. Sautter et Lemonnier sont employés: l'une extrêmement simple, dite *lampe à main*, l'autre s'allumant automatiquement par le mouvement seul de la machine à vapeur et dont le mécanisme est assez compliqué. Mais la *lampe à main*, c'est-à-dire celle dans laquelle tout régulateur est supprimé, et où le rapprochement des charbons s'opère par une vis, manœuvrée par la personne qui dirige la lumière, a été reconnue le moyen le plus simple et le plus efficace. On en est donc tout simplement revenu à la lampe que Deleuil et Foucault employèrent au début de l'éclairage électrique, dans leur célèbre expérience de la place de la Concorde, à Paris.

Pendant la guerre de Tunisie, en 1882, les fanaux électriques dont sont munis nos bâtiments cuirassés, rendirent de véritables services. L'amiral Garnaut les fit fonctionner plusieurs fois, pour opérer des débarquements ou pour éclairer l'entrée des ports.

C'est ainsi que la frégate *la Surveillante* fut chargée d'éclairer, la nuit, l'île de Tabarka, dans les points qui paraissaient suspects, ou dans ceux que l'on avait choisis pour opérer le débarquement de nos troupes.

Quand la ville de Souse fut prise, l'éclairage de cette ville étant insuffisant, on trouva commode, dans les premiers jours de l'occupation, d'éclairer les abords du port et des quais avec les lampes électriques et les projecteurs de lumière des navires cuirassés. C'est ce que représente la figure 90.

Les Anglais eurent recours à l'éclairage

électrique fourni par leurs vaisseaux cuirassés, pour préparer le terrible bombardement d'Alexandrie, qui les rendit maîtres de l'Égypte, en 1882.

L'Amirauté anglaise a pris, en 1885, une décision qui montre quels rapides progrès la question de l'éclairage électrique a faits depuis quelques années, tant dans l'esprit du public, que dans celui des autorités officielles d'un ordre élevé.

L'Amirauté a mis en adjudication la fourniture de machines dynamo-électriques, de moteurs à vapeur, de lampes et appareillages, pour l'éclairage électrique de trente-deux navires de guerre et de vingt-deux bateaux-torpilleurs du nouveau modèle actuellement en construction.

Les vingt torpilleurs, ainsi que trois grandes canonnières et deux remorqueurs marins, auront des machines Brush, actionnées par des moteurs Willans. Sept grands navires seront éclairés avec des machines dynamo-électriques Crompton, actionnées par des moteurs Willans. Trois canonnières du type *River* auront des moteurs de MM. Goodfellow et Matthews, et les dix-sept navires qui complètent le chiffre des cinquante-deux bâtiments, recevront des appareils Siemens, dont les machines dynamo-électriques seront actionnées par des moteurs des types Brotherhood, Goodfellow et Matthews.

Une des applications les plus utiles de l'éclairage électrique sur les navires cuirassés, se rapporte à la découverte des *bateaux torpilleurs*. On sait que les vaisseaux cuirassés, malgré leur imposante masse, leur personnel nombreux et les moyens d'attaque formidables que leur fournit la nouvelle artillerie, ont un ennemi invisible et implacable, qui les menace d'une destruction instantanée. Cet ennemi, c'est la torpille ; c'est l'obus sous-marin, chargé de fulmi-coton, qui, placé près du navire cuirassé, et enflammé, à distance, par un fil électrique, éclate et

pratique à la coque du navire une ouverture énorme, qui peut le faire couler en un court espace de temps. Mais, pour que la torpille éclate, il faut la poser contre les flancs du navire cuirassé. C'est pour opérer ce transport silencieux et rapide des torpilles que l'on a créé, dans les marines des deux mondes, les *bateaux torpilleurs*.

Malgré leurs proportions restreintes, les *bateaux torpilleurs* ont une machine à vapeur d'une grande vitesse, qui fonctionne sans bruit. On place à l'avant la torpille chargée et amorcée, et on se lance vers le navire ennemi. Quand ils ont réussi à l'atteindre, sans éveiller son attention, les quelques hommes déterminés qui montent cette frêle embarcation, laissent tomber la torpille et s'éloignent à toute vitesse.

Les bateaux torpilleurs doivent attaquer en même temps chaque flanc du bâtiment cuirassé à faire sauter, tandis que d'autres attaquent son avant et son arrière. Il importe que chaque bateau torpilleur se précipite, sans dévier aucunement, sur le point qui lui a été assigné pour l'attaque.

Les nombreux insuccès que les Russes éprouvèrent dans les manœuvres de leurs torpilles, pendant la guerre de 1877, ont été attribués à l'absence de tout système combiné à l'avance, et à ce que les bateaux torpilleurs russes attaquaient en des moments inopportuns.

Pour se mettre à l'abri des attaques des *bateaux torpilleurs*, nos vaisseaux cuirassés ont les moyens suivants :

1° Un système de filets suspendus à une distance de quatre ou cinq mètres autour du vaisseau ;

2° Un réseau de fils de cuivre ou de fer, ou bien de chaînes de fer, que l'on fixe contre les flancs du navire, et qui peut être élevé au-dessus de l'eau si cela est nécessaire ;

3° Des canots de garde ou un cordon d'embarcations ;

4° Une série de bateaux de garde, éloignés

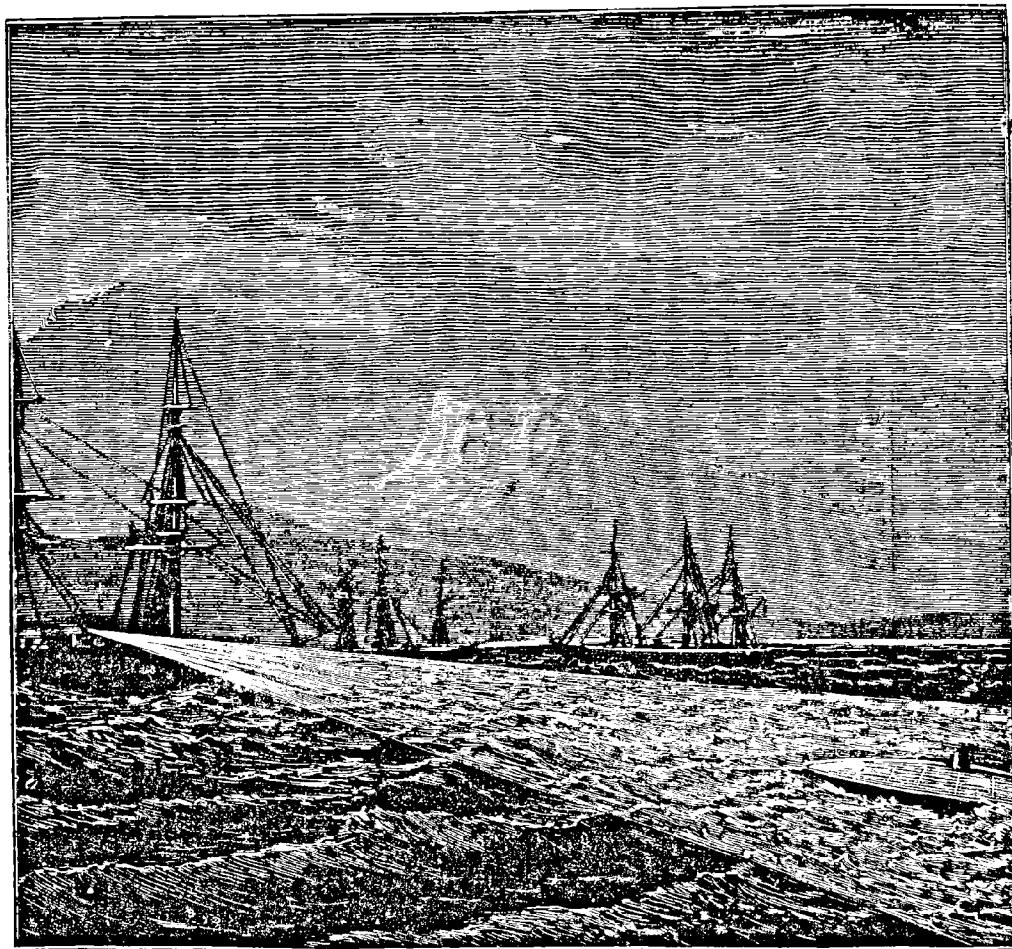


Fig. 91. — Bâtiment cuirassé découvrant un bateau torpilleur.

de 60 ou 80 mètres du vaisseau cuirassé, reliés entre eux, et à une certaine distance l'un de l'autre ;

5° Des canons à courte portée, mais qui peuvent pivoter et tirer à angle très aigu pour démolir les bateaux torpilleurs ;

6° Enfin, un fanal électrique, tel que le représente la figure 91.

De tous ces moyens de défense, le fanal électrique est le plus efficace contre une attaque, épouvantable dans ses résultats. Il permet d'explorer tout l'horizon, et de reconnaître à grande distance l'approche d'un de ces terribles agents de destruction et de mort.

A bord des navires de guerre la lumière

électrique a surtout pour effet d'illuminer l'espace à grande distance, de bien désigner le but à l'artillerie, de reconnaître et de déjouer les tentatives de l'ennemi. Les mêmes indications existent évidemment pour les opérations militaires sur terre ferme. Aussi a-t-on, de bonne heure, songé à appliquer la lumière électrique aux opérations des armées en campagne.

Ces tentatives, toutefois, furent longtemps incertaines dans leur résultat. Il fallut l'installation, sur les navires, des fanaux électriques et des appareils projecteurs, pour donner aux troupes de terre les moyens d'exécuter à coup sûr ce genre d'exploration nocturne. La machine magnéto-électrique

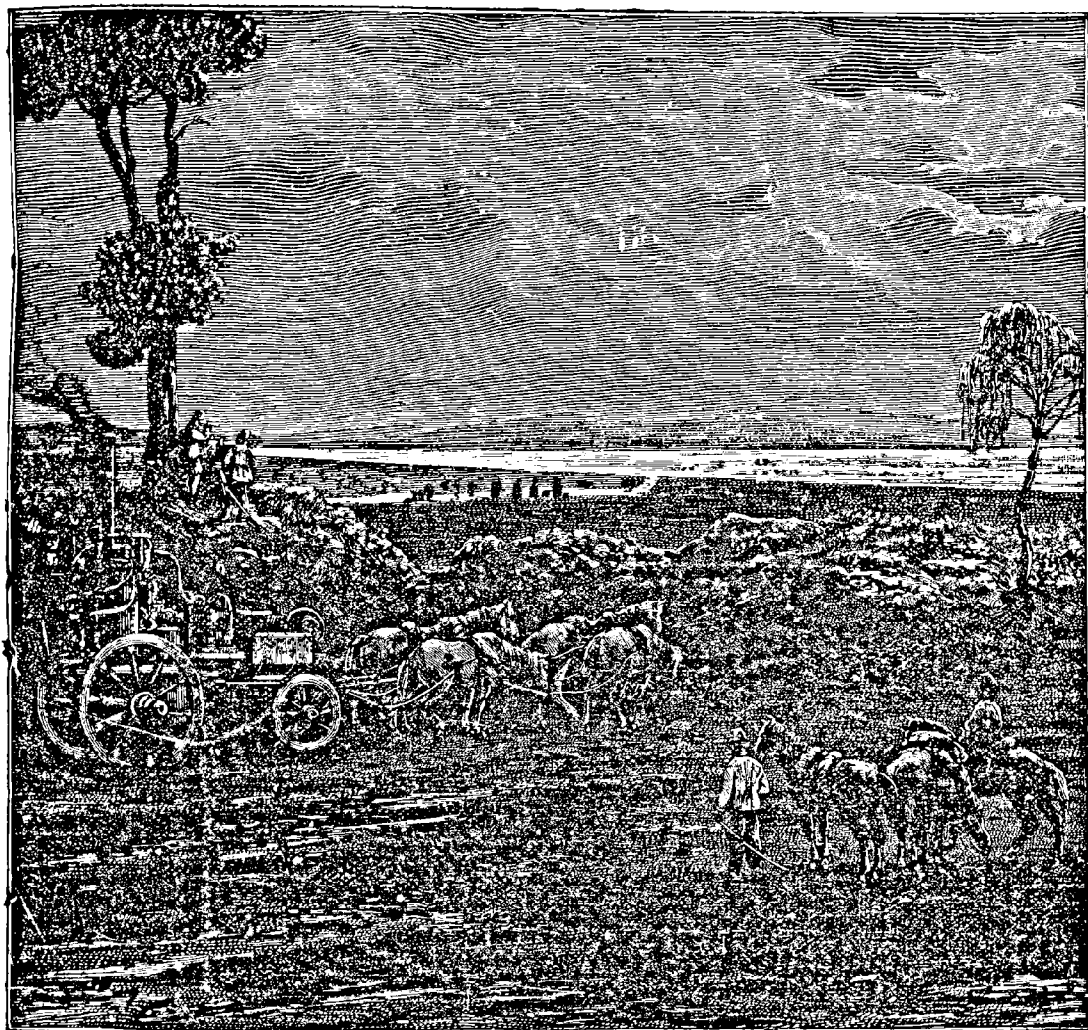


Fig. 92. — Une reconnaissance militaire faite au moyen d'un fanal électrique.

de la *C^{ie} l'Alliance*, et les *projecteurs de lumière du colonel Mangin*, permirent de créer un service militaire régulier pour l'éclairage électrique à l'usage des troupes.

Le blocus de Paris, en 1870-71, donna la première occasion d'inaugurer la lumière électrique dans la défense des places.

Les assiégés firent des projections de lumière électrique, d'abord comme moyen d'éclairer les travaux de fortification et les tranchées de l'ennemi, ensuite pour former des signaux optiques, qui composaient une sorte de télégraphie. On faisait usage des

régulateurs de Foucault et de Serrin ; l'électricité était fournie par des piles de Bunsen de cinquante éléments tout au plus. Les appareils étaient placés près des remparts dans les postes d'octroi. Sur un point seulement, près de Montmartre, on installa une machine magnéto-électrique de la *C^{ie} l'Alliance*, qui fournissait une lumière beaucoup plus intense.

Dans les forts, il y avait également des lampes électriques, alimentées par des piles de Bunsen.

Cependant, en raison de l'insuffisance des

régulateurs et du défaut d'intensité des foyers lumineux alimentés par de simples piles, la lumière ne portait pas jusqu'aux travaux des Prussiens. La lampe électrique placée sur les hauteurs de Montmartre, et actionnée par la machine magnéto-électrique de la C^o *l'Alliance*, jouissait seule d'une grande portée. Elle envoyait ses rayons jusqu'à la colline d'Argenteuil.

Mais les Prussiens avaient à leur disposition des appareils bien supérieurs aux nôtres. Ils s'en servirent pour diriger à coup sûr le tir de leurs batteries, et pour observer nos travaux de nuit. Ils n'employaient pas les piles voltaïques, mais bien des machines magnéto-électriques au puissant foyer

Après la guerre de France, les Allemands se sont occupés de perfectionner leur système d'éclairage électrique militaire. La machine dynamo-électrique de Siemens pour la production de l'électricité, fut promptement adoptée par eux. A l'Exposition universelle de Vienne, en 1875, on vit de grands appareils de projection avec foyer électrique, alimentés par la première machine dynamo-électrique qu'avaient construite MM. Sautter et Lemonnier, à l'usage de la marine ou des armées de terre.

Nous n'entreprendrons pas la description complète du *projecteur* employé dans notre armée : le *projecteur du colonel Mangin*. Il nous suffira de dire qu'une lunette à échelons, semblable à celle des phares, placée au foyer du réflecteur, est installée sur un chariot, et que la lumière est fournie par une machine Gramme, actionnée par une locomobile à vapeur, du système Brotherhood, qui donne la rotation de l'arbre moteur sans nécessiter aucune transmission. Le tout est disposé sur un chariot solidement établi, mais assez facile à manœuvrer.

Le *projecteur Mangin*, qui complète l'appareil, se compose d'un miroir sphérique concave en verre, dont les deux surfaces ne

sont point de même rayon : la surface antérieure, qui est transparente, servant à corriger l'aberration de sphéricité de la surface postérieure, qui est réfléchissante. Ces appareils ont une puissance de projection considérable ; on aperçoit des édifices à 9,500 mètres de distance.

La figure 92 donne une vue pittoresque d'une reconnaissance faite, de nuit, en rase campagne.

Le détachement de cavalerie, spécialement chargé de la manœuvre des chariots, vient de conduire l'appareil d'éclairage électrique au lieu désigné pour la reconnaissance. On a chauffé, avant le départ, la chaudière de la locomobile, qui est prête à fournir sa vapeur, pour mettre en action la machine Gramme. Le projecteur est disposé sur un point un peu élevé. On l'a établi sur un support à quatre roues, et placé sur une plateforme pivotante. Les fils conducteurs étant fixés de manière à relier le projecteur à la machine productrice de la lumière, un puissant faisceau lumineux ne tarde pas à s'élaner au milieu des ténèbres environnantes. Les soldats chargés de manœuvrer le projecteur, promènent le faisceau de lumière tout autour de l'horizon, s'il s'agit d'une reconnaissance, ou le maintiennent dans un point déterminé, s'il s'agit d'éclairer des travaux de défense ou de fortification comme le représente l'arrière-plan de la figure 92, que nous décrivons.

Cet appareil d'illumination électrique, qui rendra les plus grands services aux armées en rase campagne ou dans des pays peu accidentés, perdrait toute son utilité dans des régions montagneuses, à cause de son poids. Aussi, de même qu'il existe une artillerie de montagne, a-t-on disposé de petits appareils d'éclairage électrique qui peuvent être utilisés dans les pays d'un accès difficile.

La lumière électrique n'a pas encore eu l'occasion de faire ses preuves sur un champ de bataille ; car dans la guerre de Tunisie,

en 1882, ce sont les navires cuirassés qui eurent mission d'éclairer les places et les côtes à explorer, et qui facilitèrent ainsi le débarquement de nos troupes. Il n'y eut point d'éclairage électrique en rase campagne.

CHAPITRE XVII

LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE SUR LES TRAINS DE CHEMINS DE FER. — DISPOSITION DU FANAL ÉLECTRIQUE SUR UNE LOCOMOTIVE. — L'ÉCLAIRAGE DE L'INTÉRIEUR DES WAGONS PAR L'ÉLECTRICITÉ.

Une énorme lampe à huile, posée devant la locomotive et munie d'un réflecteur, est, comme on le sait, le seul moyen d'éclairage des trains de nos chemins de fer. Mais ce luminaire est d'une faible intensité, et une courbe de la voie, une tranchée, un rideau d'arbres, le cachent à chaque instant. Il ne serait pourtant pas indifférent qu'une forte illumination de la tête du train annonçât au loin sa venue. La lumière électrique fournie par une machine dynamo-électrique, actionnée elle-même par une partie de la puissance de la vapeur de la locomotive, est toute désignée pour remplir un tel office. En ajoutant un réflecteur qui réunit les rayons en un faisceau parallèle et qui les projette au-devant de la voie, on éclaire avec une grande puissance la route à parcourir.

Nous avons dit qu'en Russie, en 1875. M. Paul Jablochkoff éclairait déjà de cette manière la voie du chemin de fer de Moscou à Koursk, lors des voyages du czar Alexandre II sur cette ligne.

Ce système a été proposé, tant en France qu'à l'étranger, aux principales Compagnies de chemins de fer, qui, jusqu'à ce jour, ne l'ont pas accueilli d'une manière très favorable. D'après les ingénieurs de chemins de fer, la dépense d'une installation de ce système ne se justifierait point par des services proportionnés. Il n'est pas absolu-

ment nécessaire, disent-ils, que le mécanicien voie très au loin la route devant lui. Il serait préférable que le train eût un fanal puissant, placé, non à l'avant, mais à l'arrière; car le plus grand danger, sur les voies ferrées, c'est un train en détresse ou en retard. Il faudrait donc installer la lumière électrique à l'arrière du train, pour signaler sa présence anormale au convoi qui vient après lui; et c'est à quoi l'on n'a pas songé.

Quoi qu'il en soit de ces remarques, l'éclairage de la voie par l'électricité n'a encore été expérimenté sérieusement, en France, qu'au chemin de fer du Nord, en 1879. Voici le système qui fut mis en pratique par un mécanicien, M. Girouard.

Une machine dynamo-électrique destinée à produire la lumière, est installée sur le tender et reçoit son mouvement de l'essieu de ce wagon.

L'appareil d'éclairage se compose (fig. 94) d'une lampe Jablochkoff, munie d'un fort réflecteur parabolique. Une glace argentée, ou plutôt platinée, placée sous une inclinaison de 45°, reçoit le faisceau lumineux, et peut être dirigée à volonté, parce qu'elle est ajustée dans un cadre mobile, qui permet au mécanicien de l'incliner un peu à droite ou à gauche, tout en restant toujours sur le même angle. Comme la glace platinée est demi-transparente, une partie seulement du faisceau lumineux est renvoyée parallèlement à la voie; le reste est rejeté verticalement, vers le ciel, en formant un faisceau conique, qui permet d'apercevoir le train de fort loin, même quand il est engagé dans une tranchée, ou masqué par un rideau d'arbres, un pont ou d'autres obstacles.

La figure 94 (page 465) montre la voie d'un chemin de fer éclairée par cet appareil.

On a fait en Amérique, en 1885, usage des lampes à incandescence électrique pour ser-

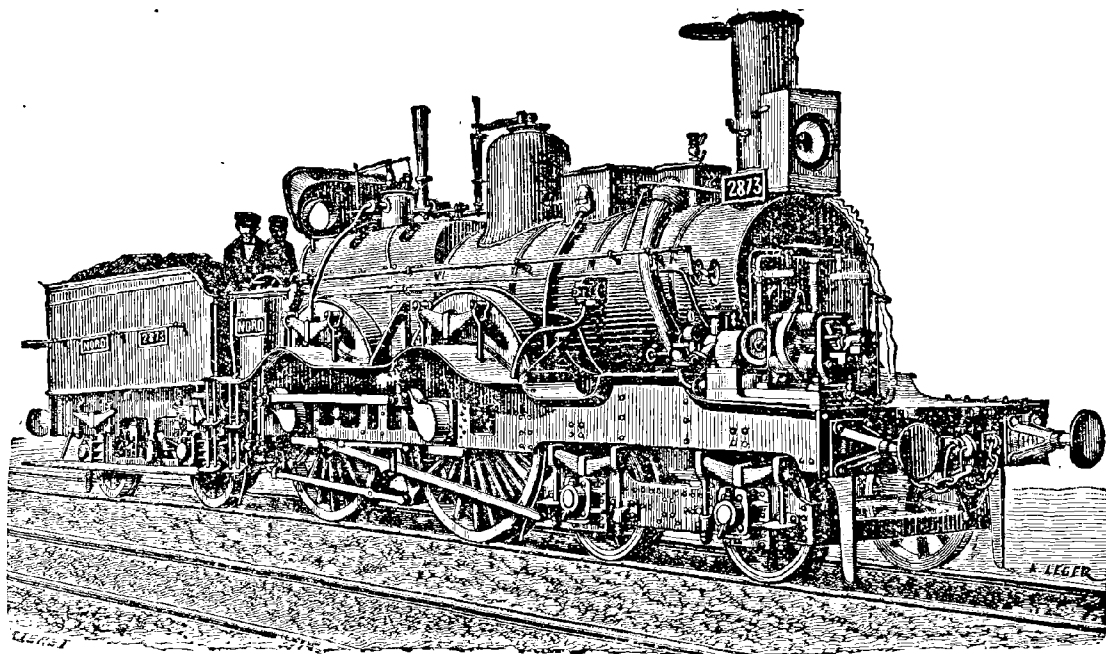


Fig. 93. — Locomotive munie, à l'avant, d'un système d'éclairage électrique.

vir de fanal de locomotive. M. Woolley, à la suite d'essais répétés, a prouvé que les foyers électriques à arc ne convenaient pas dans ce cas particulier, à cause de la complication de leur mécanisme et il s'est arrêté à une lampe à incandescence équivalant à 350 bougies (35 à 40 becs Carcel), que sa construction met à l'abri de toutes les influences extérieures.

L'appareil a été étudié de manière à obtenir une mise au foyer parfaite et une grande intensité lumineuse; la durée moyenne de ces lampes serait de 600 heures. Une machine dynamo-électrique du type Gramme est actionnée par un moteur à vapeur à trois cylindres : le tout est placé sur le côté gauche de la chaudière, et occupe un volume de $0^m,70 \times 0,35 \times 0,25$ pour un poids de 410 kilogrammes environ. Le courant est amené par un câble flexible à la lampe, placée dans une monture convenable, à la place de la lampe à huile ordi-

naire, qui sert à l'éclairage des locomotives

Qui peut le plus, peut le moins. Ce vulgaire dicton s'applique fort bien à l'éclairage électrique des convois de chemins de fer. Après s'être occupé d'éclairer la voie par un fanal électrique établi à l'avant de la locomotive, on a fait des essais pour éclairer de la même manière l'intérieur des wagons.

On sait combien est piteux le luminaire que beaucoup de Compagnies de chemins de fer conservent encore pour éclairer les voitures pendant la nuit, ou au passage des tunnels. Il est vrai que, depuis quelques années, la petite lampe à huile suspendue à l'intérieur des wagons, est remplacée par un bec de gaz qu'alimente un réservoir de gaz comprimé. Mais la distribution du gaz dans les différentes voitures, aux dépens d'un réservoir général, est très difficile à établir, sur des trains qui sont fréquemment rompus, dont on détache ou auxquels on ajoute souvent d'autres wagons, pendant le trajet.

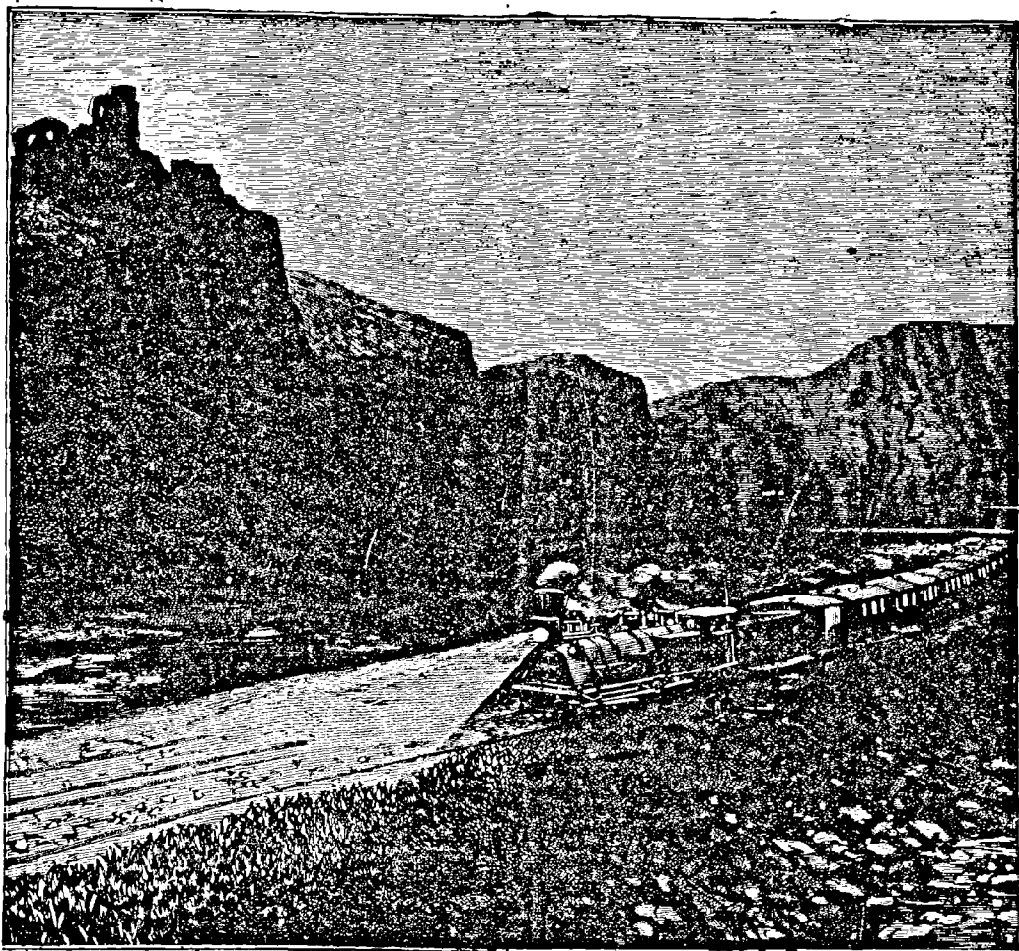


Fig. 94. — Voie de chemin de fer éclairée par un fana électrique.

On a renoncé au système d'un réservoir général de gaz, et aujourd'hui on installe, sur la toiture de chaque wagon, une boîte contenant du gaz très fortement comprimé, qui alimente la lampe pendant de longues nuits. Sur nos grandes lignes de chemins de fer le gaz sert assez généralement aujourd'hui, à éclairer l'intérieur des wagons.

Il est évident qu'une lampe électrique à incandescence, placée dans chaque compartiment, entretenue par une machine dynamo-électrique qui serait établie dans le tender, remplacerait très avantageusement le gaz comprimé contenu dans la petite boîte que l'on pose sur le toit du wagon. Les fils conducteurs de l'électricité ne donneraient

lieu à aucun embarras pour amener le courant électrique aux petites lampes.

Pour remplacer la machine dynamo-électrique, on a essayé, en Angleterre, les *accumulateurs*, qui simplifieraient beaucoup la production de la lumière, puisqu'on ne demanderait rien au moteur du train. Ce système est celui qui nous paraît le plus rationnel.

En France, sur le chemin de fer de l'Est, on a essayé, en 1879, d'éclairer les compartiments des voitures par 30 lampes Maxim, alimentées par une machine dynamo-électrique, placée elle-même dans le premier fourgon, et commandée par une liaison mé-

canique avec l'essieu de ce fourgon (fig. 96). Nous ferons seulement remarquer que, quand le train s'arrête, la machine dynamo-électrique ne reçoit plus de mouvement. Par conséquent, résultat bizarre, la lumière doit s'éteindre dans les wagons à chaque arrêt du train. Si, par aventure, le train venait à stationner au beau milieu d'un tunnel, noir comme un four, aussitôt la lumière s'éclip-

CHAPITRE XVIII

ÉCLAIRAGE DES TRAVAUX SOUS-MARINS PAR L'ÉLECTRICITÉ. — ÉCLAIRAGE GÉNÉRAL DE L'EAU PROFONDE ET ÉCLAIRAGE PARTICULIER DE L'OUVRIER SCAPHANDRIER. — L'ÉLECTRICITÉ APPLIQUÉE À LA PÊCHE DE NUIT. — INCERTITUDE DE LA QUESTION. — LA PÊCHE PAR L'ÉLECTRICITÉ EST-ELLE LICITE ?

Une des plus intéressantes applications de l'éclairage électrique, consiste à éclairer

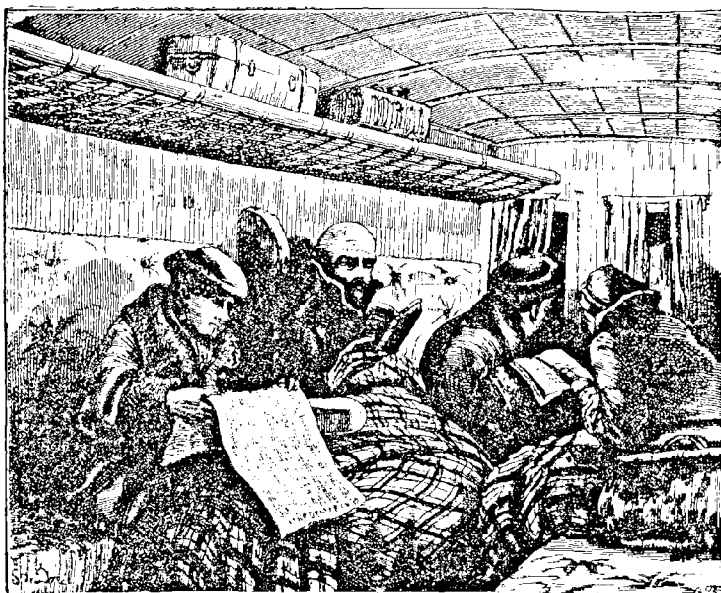


Fig. 95. — Eclairage de l'intérieur des wagons par une lampe électrique.

serait dans tous les wagons. Elle refuserait son service, juste au moment où il est utile !

Pour prévenir ces singulières absences du luminaire, outre la machine dynamo-électrique alimentant les lampes Maxim, on a fait usage, au chemin de fer de l'Est, d'*accumulateurs* qui se chargent d'électricité pendant le mouvement du convoi, et par ce mouvement même.

On voit, cependant, par cette dernière particularité, que l'installation de l'éclairage électrique à l'intérieur des wagons, n'est pas, dans la pratique, aussi simple qu'on le supposerait d'abord, et que la petite lampe à huile ou le gaz qui éclairent l'intérieur des wagons, ne sont pas encore au moment d'être dépossédés de leur office.

l'intérieur des eaux. Quand la profondeur de l'eau n'est pas considérable, la lumière du jour traverse faiblement la couche liquide, et elle suffit pour éclairer les hommes qui, enveloppés du scaphandre, travaillent sous l'eau, en respirant l'air du dehors, injecté par un tube. C'est ainsi que l'on procède chaque jour, dans nos ports et nos rades, pour exécuter les travaux de construction ou de réparation des digues et jetées. C'est ainsi que l'on a pu effectuer le sauvetage et le renflouement de centaines de navires engloutis dans la mer, et qu'on a pu se livrer à l'examen des parties immergées de leurs quilles. Mais quand on arrive à une certaine profondeur d'eau, c'est-à-dire à partir de 8 à 10 mètres, le jour manque et le plongeur

et ses travaux deviennent impossibles.

On est bien parvenu à entretenir, par des injections d'air lancé par une pompe, la combustion d'une lampe sous-marine, comme on entretient, par une semblable injection d'air, la respiration des ouvriers travaillant au fond de l'eau avec le scaphandre. Mais le courant d'air injecté éteint souvent la lumière, et il est de toute évidence que l'éclairage électrique doit résoudre infiniment mieux le problème.

Les expériences faites à Dunkerque, avec la machine de la C^{ie} *l'Alliance*, ont donné les meilleurs résultats. A 58 mètres de profondeur, la lumière s'étendait dans un très grand rayon. Cependant, la machine magnéto-électrique qui fournissait la lumière sous-marine, était installée à plus de 100 mètres du niveau de l'eau. Les parois du globe de verre entourant le foyer, restaient complètement transparentes, et l'usure des charbons était bien moins rapide que dans l'éclairage à l'air libre.

Dans plusieurs de nos ports, des bougies Jablochhoff, enfermées dans un globe de verre descendu sous l'eau, et alimentées par une machine dynamo-électrique, ont servi à éclairer les ouvriers pendant les travaux sous-marins.

La figure 97 (page 169) représente les dispositions qui permettent d'éclairer par l'électricité la profondeur des eaux, pendant les travaux des scaphandriers.

On a proposé un autre moyen, de fournir au plongeur travaillant sous l'eau un jour artificiel. Une petite lampe à incandescence serait fixée sur le sommet du casque du scaphandrier, ou bien serait tenue à la main par cet ouvrier (fig. 96, page 168). Pour cela, les deux fils conducteurs partant de la machine magnéto-électrique fonctionnant sur terre, suivraient le tube respiratoire et aboutiraient à la lampe à incandescence placée sur le casque du scaphandrier, ou bien ils se pro-

longeraient le long de son bras, jusqu'à la main supportant la lampe. Mais on immobiliserait ainsi un des bras de l'ouvrier. Ce moyen serait donc moins pratique que celui qui consiste à illuminer le chantier sous-marin par une lampe électrique suffisamment forte.

Que dire de l'emploi de l'éclairage électrique pour la pêche ? On a plusieurs fois essayé d'immérer sous l'eau un foyer lumineux, dans le but d'éclairer le royaume des poissons. Mais il est impossible de se prononcer sur la valeur d'un tel procédé. On ne sait pas au juste, en effet, si la lumière électrique attire ou éloigne la gent aquatique. Nous pensons, nous, qu'elle leur fait peur, et qu'à la vue de ce soleil noyé dans son humide empire, le poisson s'enfuit, à tire-de-nageoire.

Nous avons déjà dit que la pêche au moyen de la lumière électrique, était la marotte de Jobard. En 1863, le docte abbé Moigno rendit compte, dans son journal, *Les Mondes*, avec de grands élans d'enthousiasme et d'admiration, de plusieurs pêches à la lumière électrique, faites, soit sur des pièces d'eau, soit en mer ; et les mânes de Jobard en tressaillirent d'aise. Selon l'abbé Moigno, en Angleterre, M. Faushawe aurait réussi à prendre, de cette manière, beaucoup de merlans et de maquereaux.

« L'aspect de la mer, durant cet essai, écrivait l'abbé Moigno, était splendide. La lumière réfléchie portait la teinte vert bleuâtre de l'eau, depuis le fond jusqu'au sommet de chaque vague. Les voiles et les cordages étaient aussi éclairés, et l'on aurait dit que le vaisseau flottait sur une mer d'or. Les poissons argentés s'élançaient à l'entour, et montaient à chaque instant vers la surface de l'eau illuminée, offrant l'aspect de bijoux polis dans une mer d'or et d'azur. »

Mais bientôt, le même docte abbé, dans son même journal, chantait une autre antienne. Il ne parlait plus ni de « mer d'or » ni de « poissons argentés » ni de « vagues »

d'azur », et l'ombre de Jobard essayait une larme.

L'abbé Moigno rapportait des expériences faites à Dunkerque, avec une lampe électrique sous-marine, expériences qui auraient laissé beaucoup d'incertitude sur l'effet de la lumière auprès de messieurs les poissons, lesquels, au lieu d'accourir, auraient opéré une prudente retraite, de-

riences du même genre. On attira assez bien le poisson une première fois, mais d'autres fois le fanal électrique revint bredouille.

L'application de l'électricité à la pêche est, en résumé, une question non résolue. En supposant, du reste, qu'on arrivât à surmonter les difficultés qui s'y rapportent, il resterait à décider si c'est là un moyen de pêche loyal et licite. La législation de la

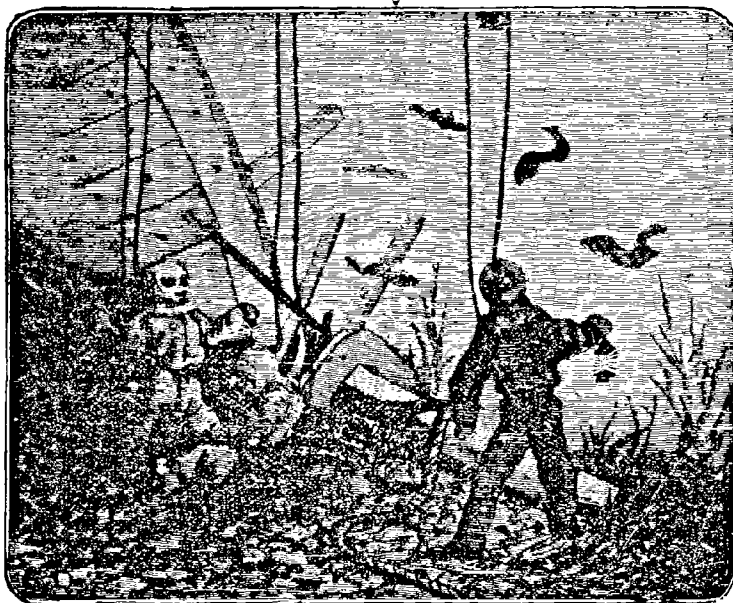


Fig. 96. — La lampe électrique de l'ouvrier scaphandrier.

vant ce feu d'artifice tiré sous l'eau. Enfin, dans un dernier article, M. l'abbé Moigno racontait la déconvenue d'un nabab anglais, M. Hoppe, qui avait voulu se donner le spectacle d'une pêche miraculeuse. Par un beau soir d'été, un grand foyer de lumière électrique fut immergé au milieu du lac d'Enghien. L'intérieur du lac était parfaitement éclairé; seulement, la lumière effraya les poissons, qui s'enfuyaient à qui mieux mieux. Pas un ne montra sa queue, et la pêche finit faute de poissons!

A Douarnenez, près de Brest, en 1875, en présence du commissaire d'inspection maritime et de l'officier commandant la *barque garde-côtes*, M. Chauvin fit des expé-

riences du même genre. On attira assez bien le poisson une première fois, mais d'autres fois le fanal électrique revint bredouille. L'application de l'électricité à la pêche est, en résumé, une question non résolue. En supposant, du reste, qu'on arrivât à surmonter les difficultés qui s'y rapportent, il resterait à décider si c'est là un moyen de pêche loyal et licite. La législation de la

CHAPITRE XIX

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DES THÉÂTRES. — DANGERS ET INCONVÉNIENTS DU GAZ, DANS LES THÉÂTRES. — L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE A L'OPÉRA DE PARIS, A L'HIPPODROME, AU THÉÂTRE DU CHATELET, AU THÉÂTRE DES VARIÉTÉS, A CELUI DU PALAIS-ROYAL ET A L'ÉDEN-THÉÂTRE.

En 1873, le théâtre des Célestins, à Lyon, nouvellement construit, brûlait en entier,

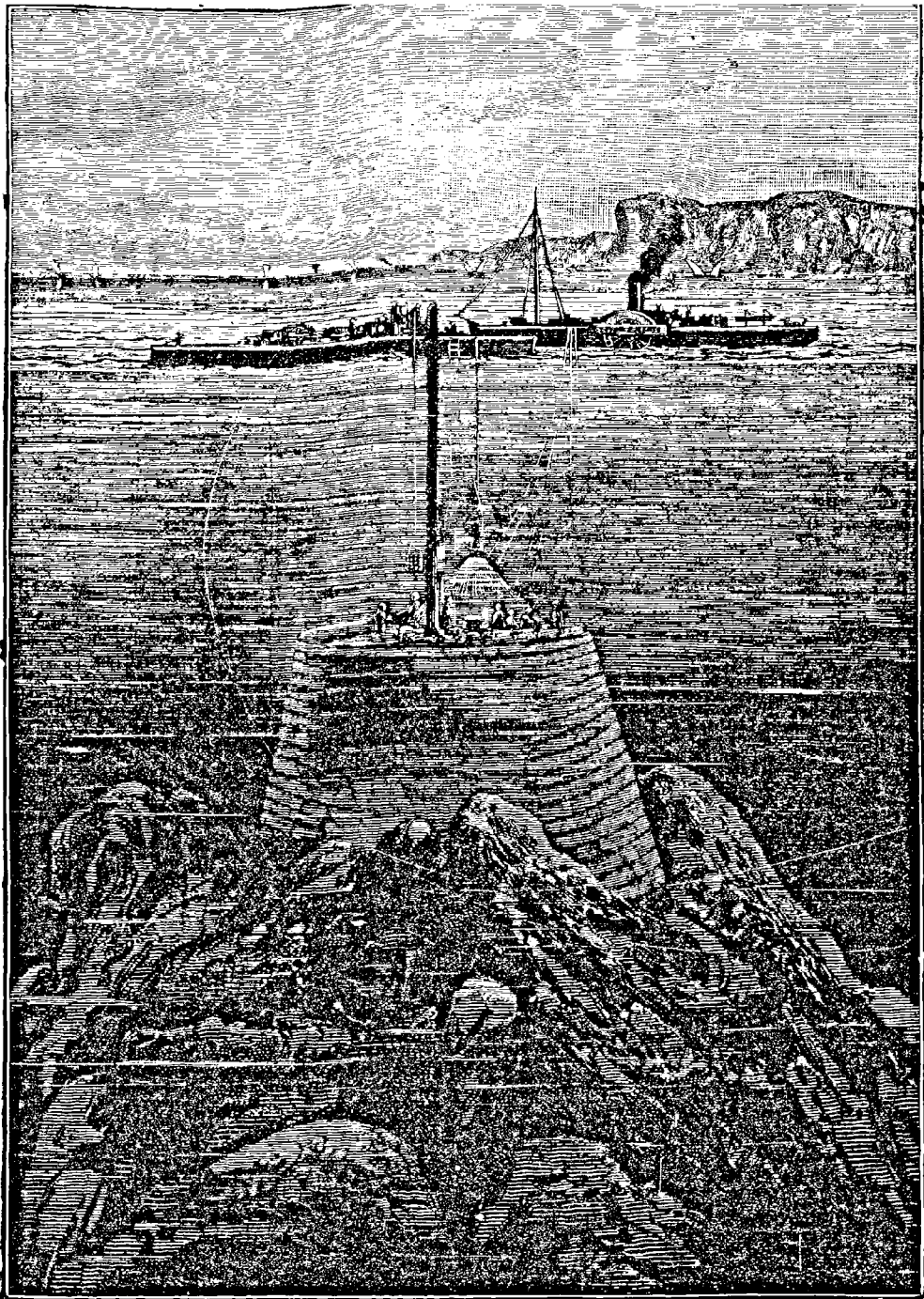


Fig. 97. — Eclairage des travaux sous-marins par l'électricité.

dans l'espace d'une nuit, occasionnant la mort de plusieurs personnes, et il fallait un espace de six années pour l'édifier à nouveau.

Au mois de janvier 1874, le grand Opéra de Paris prenait feu, à la suite d'une représentation d'*Hamlet*, et, en quelques heures, cet immense bâtiment, enclavé au milieu d'un quartier populeux, s'effondrait de fond en comble, après avoir menacé de communiquer l'incendie aux maisons avoisinantes.

En 1876, le théâtre de Brooklyn, faubourg de New York, prenait feu, en pleine représentation : vingt-trois personnes périsaient dans la fournaise, et on en retirait trois cents blessés.

Pendant la même année, le théâtre des Arts, à Rouen, subissait un sort semblable. La représentation d'*Hamlet* allait commencer, quand on vit les flammes s'élaner au haut de l'édifice. Les employés, les musiciens, les artistes, déjà revêtus de leurs costumes, sautèrent par les fenêtres, pour échapper à la mort, qui fit, toutefois, 7 à 8 victimes. Ce théâtre ne fut réédifié qu'en 1882.

En 1879, après la représentation, le théâtre de Montpellier fut la proie d'un violent incendie, qui, dans la nuit, le détruisit de fond en comble, ne laissant subsister que les quatre murs extérieurs. La reconstruction de ce théâtre n'a été terminée qu'en 1887.

Au printemps de 1881, le théâtre Italien de Nice brûlait, au commencement d'une représentation. Le compteur de gaz ayant été éteint, une obscurité totale régna tout aussitôt dans la salle. C'est à tâtons que la foule, terrifiée, dut chercher son chemin à travers les corridors étroits et des escaliers multipliés. 70 personnes succombèrent à l'asphyxie.

Six mois après, une catastrophe plus terrible encore vint épouvanter la ville de Vienne, en Autriche

Le 8 décembre 1881, au moment où la salle était remplie de spectateurs, accourus pour voir représenter l'opéra-comique de *Contes d'Hoffmann*, l'incendie éclate au théâtre de Vienne qui porte le nom de *Ring Theater* (c'est-à-dire *Théâtre du chemin de fer de ceinture*.) C'est sur la scène, comme à Nice, que le feu prend à un décor ou à une frise, pendant qu'un machiniste, quelques instants avant le lever du rideau, allume le gaz, avec un allumoir à alcool. Et la propagation du feu de la scène à la salle est tellement rapide, que dans cinq minutes la fumée remplit tout, et commence à asphyxier les spectateurs. Alors, une personne malavisée a l'idée de fermer le compteur à gaz ; et voilà, comme à Nice, la salle subitement plongée dans une obscurité totale.

On comprend, mieux qu'on ne les décrit, les scènes d'horreur qui s'ensuivirent. Au milieu de l'obscurité, les spectateurs cherchent à gagner les issues ; mais ils ne les trouvent pas, et s'écrasent, s'étouffent, aux portes des couloirs. Bientôt, les piétinements des malheureux affolés, leurs mouvements désordonnés, font écrouler la galerie supérieure, qui tombe dans l'orchestre, avec des centaines de spectateurs, qui sont jetés dans le brasier. Les flammes gagnent partout, ne trouvant nulle part le plus faible obstacle ; car les pompiers, chose inouïe, n'étaient pas au théâtre. Le rideau de fer, qui existait pourtant, n'avait pas été abaissé, et, d'ailleurs, il n'eût pas arrêté la fumée ; enfin, de grandes réserves d'eau, qui étaient tenues en réserve, en haut du théâtre, pour être déversées, en cas d'incendie, ne furent pas utilisées. Tout le personnel de la scène, ne songeant qu'à son salut, avait fui précipitamment.

Cinq cents victimes humaines périrent dans cette catastrophe, la plus terrible peut-être dont on ait conservé le souvenir ; car on pourrait citer bien peu de catastres

de ce genre ayant occasionné la mort de cinq cents personnes¹.

Quelle est la cause de toutes ces catastrophes? La même : le gaz.

M. Charles Garnier, l'architecte de l'Opéra, a dit un mot terrible : « Tout théâtre est fatalement voué à l'incendie. » Il aurait dû ajouter : « s'il est éclairé au gaz. »

Un théâtre est un amas de matières prodigieusement sèches et prodigieusement combustibles. Les décors onduits de peinture résinifiée, les toiles peintes à l'huile ou à la colle, les châssis de bois léger, les portants de bois découpé, des tentures et des rideaux flottants, tout cela représente une immense et multiple allumette, qui ne demande qu'à s'enflammer, une poudrière toujours prête à sauter. Et c'est à travers cet amas de combustibles, dans ce véritable magasin à poudre, que l'on dissémine à profusion des languettes de feu ! Qu'un coup de vent, sur la scène, dans les frises, dans les coulisses, ou dans les loges d'artistes, vienne à pousser un rideau contre une flamme de gaz, et aussitôt, tout s'em-

1. Voici la statistique du nombre de personnes qui ont été tuées ou blessées dans les principaux incendies qui ont détruit des théâtres depuis environ un siècle :

	Morts.	Blessés.
1772. Incendie du théâtre d'Amsterdam.	17	»
1778. Colisée de Saragosse	137	»
1781. Opéra du Palais-Royal.	21	»
1796. Théâtre de Capo d'Istria.	1.006	»
1794. Grand Théâtre de Nantes.	7	»
1814. Théâtre de Richmond.	78	»
1836. Lehmann-Théâtre, à Saint-Petersbourg.	800	»
1838. Théâtre de Sinigaglia (Apécône).	2	»
1845. Théâtre de Canton (Chine).	1.670	1.700
1845. Théâtre de Québec (Canada).	200	»
1847. Théâtre de Carlsruhe.	63	200
1853. Opéra de Moscou	»	11
1857. Théâtre de Livourne	»	100
1872. Théâtre de Tien-tsin (Chine).	600	»
1873. Théâtre des Célestins, de Lyon.	»	3
1874. Opéra de Paris	»	4
1876. Théâtre Brooklyn (États-Unis).	233	300
1876. Théâtre des Arts, à Rouen.	»	8
1879. Théâtre de Montpellier	»	2
1880. Théâtre de Nice.	70	»
1881. Ring-Theater de Vienne.	500	»

brase; le feu voyageant avec une rapidité prodigieuse dans cette forêt de matières inflammables accumulées comme à plaisir.

La vie de l'homme est de soixante ans dit la Bible; la vie des théâtres est beaucoup plus courte. La statistique montre que la durée moyenne des théâtres est de trente ans, et les faits sembleraient prouver que ce chiffre est encore au-dessous de la vérité. Le nombre de théâtres qui disparaissent chaque année, est effrayant. Presque tous sont détruits par le feu, et, dans quatre-vingt-dix cas sur cent, le gaz est la cause première du sinistre.

J'ai vécu, trois mois consécutifs, dans un théâtre, lorsque, pendant l'été de 1882, je fis représenter à Paris, au théâtre de la Gaîté, le drame historique et scientifique de *Denis Papin ou l'Invention de la vapeur*, et j'ai pu voir alors par moi-même le danger incessant auquel expose l'éclairage par le gaz. C'est dans la partie non réservée au public que le danger est, pour ainsi dire, en permanence, parce que le gaz est perpétuellement à deux doigts des matières les plus combustibles. On appelle *herse* une trainée de gaz destinée à éclairer le bas ou le haut de la *toile de fond*. Or, cette *toile de fond* vient presque toucher la trainée de gaz. La *herse* qui, placée dans les frises, illumine le haut de la même *toile de fond*, est à peu près hors de toute surveillance, n'étant sous la garde que de quelques machinistes, presque toujours endormis. Un souffle, un coup de vent, une porte qui s'ouvre, et la *toile prend feu*.

Dans les coulisses, vous ne voyez que conduites de gaz et longs boyaux de caoutchouc rampant sur le parquet, auxquels vous trébuchez, ou que vous écrasez du pied, si vous n'y prenez garde. Pendant les entr'actes, pour peu que la pièce soit à spectacle, on n'est occupé qu'à tirer des dessous et à raccorder les conduites de gaz, pour éclairer

les portants, pour simuler des lustres, pour préparer des effets d'éclairage, tantôt du bas, tantôt du haut d'un décor.

Aujourd'hui que le nombre des pièces à féerie s'accroît tous les jours, par suite de l'abaissement du goût du public, par l'effet de la décadence et de la dégénérescence des théâtres, les représentations deviennent un danger permanent. A certains tableaux de féerie, la scène ne peut être regardée sans frémir. De tous les côtés apparaissent des flammes de gaz, en ligne verticale le long des portants, en ligne horizontale le long des hersees. Des tuyaux flexibles sillonnent le plancher de *trainées* laissant jaillir des languettes de feu sous les pas des acteurs et actrices, qui, au milieu de ces flammes sans protection, vont et viennent, avec leurs manteaux, leurs robes traînantes, leurs jupons de gaze et de mousseline. Une étincelle, un tuyau crevé, et tout cela s'embrase.

Ajoutez que, de six heures du soir à minuit, la gaz brûle dans toutes les loges d'artistes, grands et petits. Dans la loge du premier sujet, comme dans celle du chef choriste, quand elle n'est pas occupée, le gaz brûle à *bleu*, c'est-à-dire avec une flamme imperceptible. Mais dans les manœuvres continues du robinet pour baisser le gaz au *bleu* ou lui donner son plein, on est exposé à produire des fuites. C'est ce qui arriva à Paris, le 25 avril 1883, dans la loge du chef des figurants de l'Ambigu, où une épouvantable explosion brûla et blessa 18 malheureux comparses, qui arrivaient pour s'habiller. Un robinet de gaz non fermé avait formé un mélange détonant, qui s'enflamma et mit tout en morceaux dans la loge, au moment où l'on frottait une allumette, pour allumer le gaz.

Considérez enfin qu'il existe des kilomètres de tuyaux de gaz dans les différentes parties de l'édifice, et que ces tuyaux sont continuellement exposés à être rompus, brisés, par les manœuvres des machinistes,

et vous comprendrez combien il existe, dans un théâtre éclairé au gaz, de causes d'incendie.

Mais à ce compte, me direz-vous, comment se fait-il que, chaque soir, il n'arrive point d'accidents de feu dans un théâtre ? Les accidents sont fréquents, n'en doutez pas. Seulement, le service de surveillance est parfaitement organisé, et les pompiers font admirablement leur office. Ils sont présents partout, et ils n'ont que trop souvent à déployer leur zèle. Que d'incendies partiels ainsi arrêtés, et dont le public ne se doute pas ! S'il s'en aperçoit quelquefois, il n'en soupçonne pas la gravité.

Pendant la première représentation de la *Fille de Madame Angot*, au théâtre des Folies dramatiques, au commencement du deuxième acte, à la scène des conjurés en collet noir, le gaz mit le feu à une tenture posée devant la porte du fond, et une longue flamme sillonna le fond de la scène. On vit alors le régisseur, M. Charles Huber, s'empresser de monter sur une chaise, et de tirer fortement à lui le rideau enflammé, qui, heureusement, se déchira par le haut, ce qui empêcha la flamme d'aller plus loin. Et aussitôt, dans la coulisse, les pompiers d'accourir, et d'arroser le haut du décor. Il y avait là un danger immense. Quelques secondes de retard pour arracher la tenture enflammée, et le feu gagnait partout. Mais personne, dans la salle, ne se douta de rien. Bien plus, comme on prétend, dans les théâtres, qu'un commencement d'incendie, le jour d'une première représentation, est d'un bon augure, tout le monde était enchanté. Et, de fait, l'augure se vérifia : vous savez le succès légendaire de la *Fille de Madame Angot*.

Voilà le bilan de l'éclairage au gaz dans les théâtres, en ce qui concerne le côté incendie. Mais il y a une autre face à cette triste médaille. L'autre côté des méfaits du gaz, c'est la chaleur qu'il occasionne dans la salle, et la viciation de l'air qu'il pro-

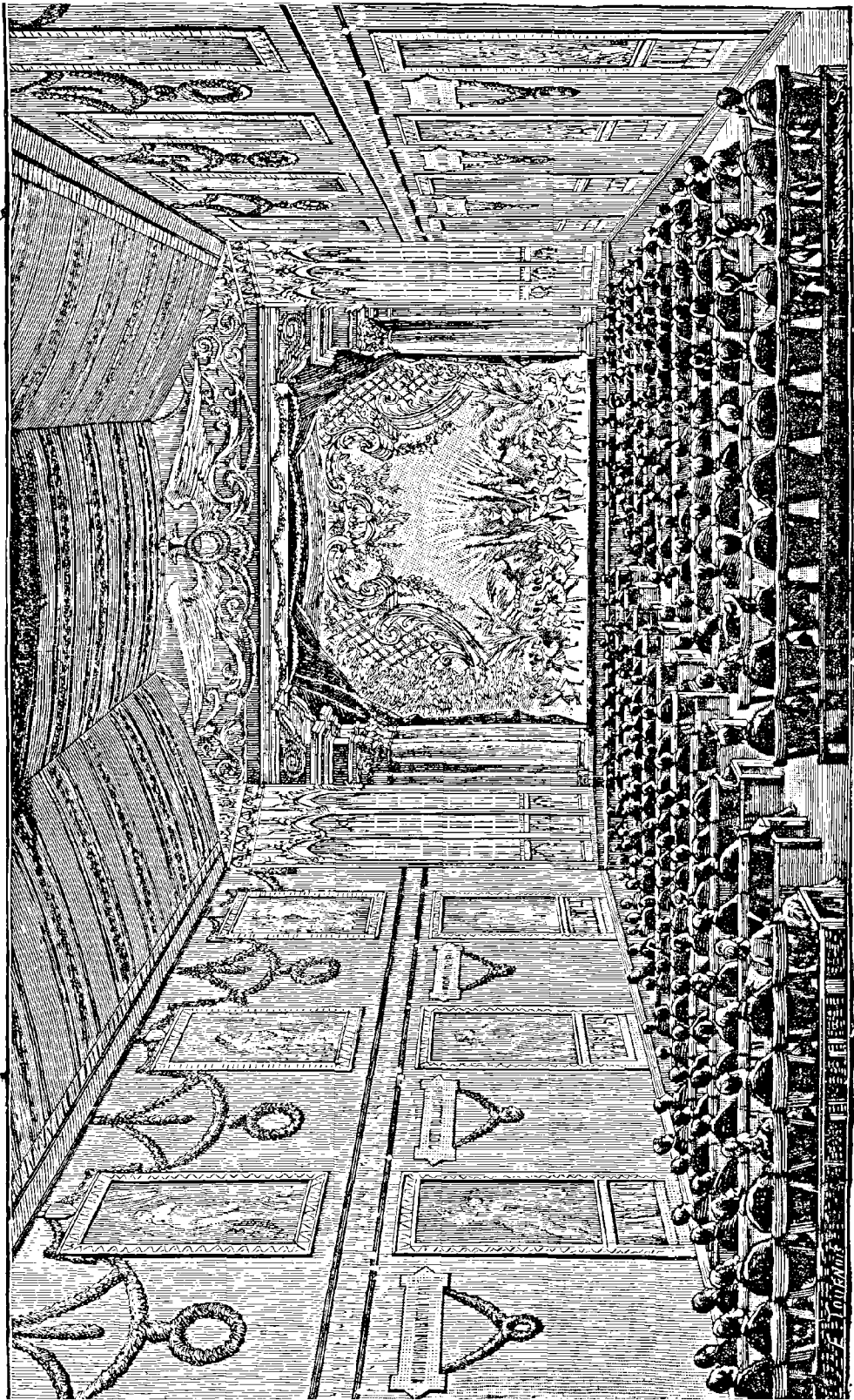


Fig. 98. — In érieur de la salle de théâtre à l'Exposition de Munich.

voque nécessairement, en usant l'oxygène de l'air.

Un bec de gaz vicie l'air atmosphérique autant que deux personnes, et la chaleur qu'il développe, en brûlant, échappe à toute mesure. C'est le gaz qui transforme, en été, nos salles de théâtre en fournaise, et qui, pendant l'hiver, en fait un lieu méphitique. Supprimez le gaz, remplacez-le par un mode d'éclairage qui laisse intact l'oxygène de l'air, qui ne le charge ni d'acide carbonique ni de vapeur d'eau, et qui, en même temps, ne dégage aucune chaleur, et l'enceinte d'un théâtre sera, en hiver comme en été, un séjour très salubre.

Sans doute, une bonne ventilation obvierrait à la vicieation et à l'échauffement de l'air. Mais la ventilation des salles de spectacle est un mythe, qui n'a jamais été réalisé que sur le papier. En pratique, le problème est insoluble, attendu qu'il faudrait satisfaire tout le monde, ce qui est impossible : le bonheur de plaire à tout le monde n'étant donné, comme on dit, qu'au louis d'or. Aucun procédé de ventilation n'a pu jamais être accepté et reconnu bon par le public. S'il y a des bouches de ventilation, les spectateurs se plaignent des courants d'air. S'il existe une ouverture au plafond, ils erient contre l'air glacé qui leur tombe sur la tête. A peine un moyen de ventilation quelconque est-il installé dans un théâtre, que tout le monde s'insurge. Dès lors, le directeur supprime tout système de ventilation, et l'on ne saurait l'en blâmer.

Voilà pourquoi nos salles de spectacle sont empoisonnées par les produits insalubres provenant de la combustion du gaz et des émanations organiques des spectateurs, en même temps qu'elles sont chauffées à blanc par des centaines de petits foyers intérieurs.

Toutes ces considérations sont d'une telle évidence que, dès l'apparition de la lumière électrique, chacun comprit, comme d'ins-

tinct, que là était le salut pour l'éclairage des théâtres. Tant que l'on ne disposa que de l'arc voltaïque, ne produisant qu'un seul et trop puissant foyer lumineux, comme la bougie Jablochhoff ou la lampe Siemens, la difficulté ne fut pas résolue ; mais dès l'apparition des lampes à incandescence, c'est-à-dire des petits luminaires Edison, Swan, Maxim, etc., la cause fut gagnée. Chacun aurait voulu que l'éclairage électrique prit immédiatement possession de toutes les salles de spectacle. Mais les perfectionnements, même les mieux indiqués, ne se réalisent pas aussi vite. Toute mère qu'elle paraisse, une invention a besoin d'être profondément étudiée, pour entrer dans la pratique. Tel a été le cas de l'application de la lumière électrique à l'éclairage des théâtres.

Il y a dans un théâtre différents arts à éclairer, et toutes ne s'accrochent pas du même système. La scène ne peut s'éclairer comme la salle, la salle comme le foyer de public, comme les couloirs et les escaliers. Il faut un certain rapport entre le degré d'éclairage de ces divers locaux. Une même lumière serait trop forte pour les uns, trop faible pour les autres. Dans les essais faits à l'Opéra, en 1884, le seul foyer du public demanda deux systèmes différents : une lumière douce, pour le public qui se promène dans le foyer, une lumière puissante au plafond, pour rendre visibles les peintures qui ornent ses magnifiques voûtes.

Sur la scène, il faut une autre disposition des lampes électriques pour la rampe, où il s'agit d'éclairer convenablement les artistes, que pour les coulisses, où il faut largement éclairer les décors. Si la salle est trop lumineuse, la scène pâlit. Le vestibule, les couloirs, ne doivent pas être éclairés avec les mêmes luminaires que la scène.

C'est à Munich, pendant l'Exposition d'électricité qui se tint dans cette ville, en 1882, que la question de l'emploi de la lumière électrique dans les théâtres fut

soumise à des études pratiques, longues et consciencieuses, qui amenèrent l'adoption des procédés et des appareils actuellement en usage pour cette application spéciale de l'électricité.

Les organisateurs de l'Exposition de Munich, pour étudier la question de l'éclairage des théâtres par l'électricité, avaient fait élever dans la nef une salle de théâtre dont l'intérieur est représenté dans la figure 98

Le théâtre de l'Exposition pouvait contenir six cents spectateurs, en dehors de l'espace réservé aux musiciens. Son éclairage était fait, d'une part au moyen d'un plafond transparent, au-dessus duquel se trouvaient six lampes Schuckart. L'intensité de la lumière projetée pouvait être modifiée, au besoin, en excluant plusieurs lampes du circuit, et les remplaçant par des résistances équivalentes.

Outre cette lumière tamisée, la salle recevait encore celle de guirlandes de lampes d'Edison, disposées le long des murs ; et ces deux luminaires combinés produisaient un effet fort agréable

La scène était éclairée uniquement, mais d'une façon complète, avec des lampes Edison, c'est-à-dire, des lampes à incandescence. La rampe, les portants, les herses, en étaient munis.

Les lampes étaient disposées de manière à pouvoir éclairer avec leur lumière naturelle, ou à projeter sur les objets environnants, pour la production de certains effets spéciaux, des rayons rouges ou bleus. Ce dernier résultat était obtenu en faisant passer la lumière de chaque lampe à travers un écran de gélatine colorée, qu'il était facile de faire arriver devant la lampe, au moment voulu.

Pour la rampe, chaque lampe était entourée, à sa base, d'une poulie horizontale, dont la circonférence pouvait être considérée comme divisée en trois parties. Un

premier tiers restait libre. le second portait verticalement un écran de gélatine rouge, à courbure cylindrique ; le troisième était muni d'un semblable écran, en gélatine bleue. Une corde passait alternativement devant et derrière toutes les lampes consécutives ; de sorte que, si l'on tirait cette corde, elle imprimait à deux lampes voisines des mouvements inverses. Mais les écrans étaient placés de façon que, toutes les lampes se trouvant d'abord à nu, un seul et même mouvement de la corde amenait devant elles tous les écrans rouges ou tous les écrans bleus.

Pour les lampes des herses, la disposition des écrans était inverse : les lampes étant renversées. En outre, la corde de commande agissait d'une façon différente. Le mouvement de l'un des écrans entraînait de proche en proche celui de tous les autres, et de chaque écran partaient deux cordes, qui permettaient d'amener devant la lampe la gélatine bleue ou la gélatine rouge, suivant le côté que l'on tirait.

Pour les portants les écrans de gélatine, au lieu d'être parallèles l'un à l'autre, dans le sens vertical, étaient superposés et glissaient sur deux tiges verticales. Une corde, passant sur une poulie, les entraînait tous, d'un même mouvement. En tirant plus ou moins la corde, on amenait devant elles les écrans rouges ou les écrans bleus.

Dans ces écrans, pour les trois installations, la gélatine était soutenue par un quadrillé de fils.

L'éclairage de la scène comportait encore des appareils destinés à projeter sur certains points, sur la toile de fond par exemple, une plus vive lumière. Ces appareils consistaient en trois rangées de quatre lampes Edison, montées dans une sorte de caisse inclinée, faisant fonction de réflecteur.

Le système était enfin complété par des lampes à arc voltaïque, munies de réflecteurs.

Pour le réglage des lampes à incandes-

cence, on avait recours à un jeu de résistances fort bien disposé, que représente la figure 99. Les fils de résistance, placés dans une grande caisse à jour, pouvaient être introduits progressivement dans chaque circuit, à l'aide d'une série de poignées, placées sur une table, CD, au-dessus de la caisse. Sur la table, des inscriptions indiquaient à quel circuit correspondait chaque poignée. En outre, les extrémités de toutes les poignées s'appuyaient sur une même barre, EF, à l'aide de laquelle on pouvait

« L'éclairage par incandescence, dit à ce sujet le rapport officiel de l'Exposition de Munich, en dehors de la sécurité qu'il présente, au point de vue du danger d'incendie, possède toute une série d'avantages qui sautent aux yeux. Ainsi, avant tout, la chaleur produite par les lampes à incandescence, relativement à celle que dégagent les becs de gaz, est excessivement faible. D'autre part, elles ne consomment pas d'oxygène, et ne fument pas, et ce sont là des avantages qu'apprécieront particulièrement les artistes qui ont à produire des effets à l'aide des poumons et de la gorge. Un fait très important est que l'allumage des lampes à incandescence et leur réglage soit pour l'ensemble, soit pour les diverses parties, peuvent être faits

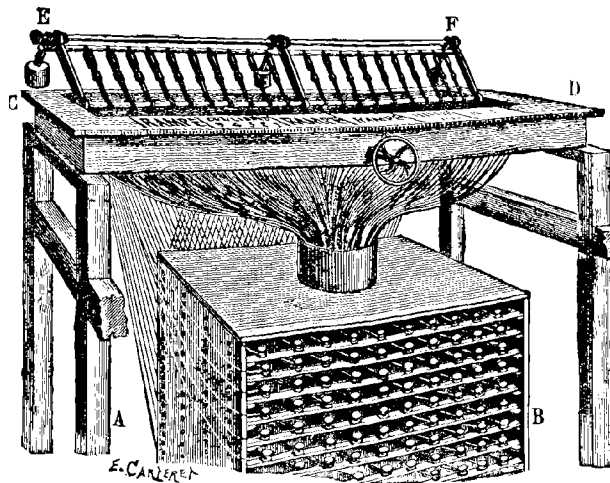


Fig. 99. — Appareil pour le réglage des lampes électriques, au théâtre de l'Exposition de Munich.

les manœuvrer toutes ensemble, soit à la main, et d'un seul coup, soit progressivement, à l'aide d'une vis fixée sur le bord de la table.

La figure 100 montre comment étaient placés les différents appareils que nous venons de passer en revue; elle représente une coupe verticale de la scène et la salle.

Pendant la durée de l'Exposition de Munich, des représentations de ballet eurent lieu tous les soirs, dans ce théâtre, et le 26 septembre 1882, après de nombreuses expériences, le Congrès émit une opinion favorable à l'éclairage des salles de spectacle par l'électricité, surtout en ce qui concerne l'absence de danger d'incendie.

d'un point unique par un seul homme, sans présenter les dangers qui résultent de l'allumage des herbes de gaz. En outre, l'éclairage par incandescence a certaines propriétés infiniment précieuses au point de vue décoratif, si important pour les scènes de théâtres. On peut le disposer partout sans aucun danger, il donne une teinte plus chaude et plus ensoleillée que l'éclairage au gaz, ce qui est important pour la peinture des décors; il est particulièrement fixe, ce qui fait que le ton des décors reste toujours le même; il n'exerce pas d'influence, comme cela a lieu avec les lampes à arc, sur la couleur des costumes et des décors, exécutés pour l'éclairage au gaz. Combiné avec des projecteurs à arc voltaïque, l'éclairage par incandescence permet d'atteindre à une intensité inconnue jusqu'ici, et il permet aussi d'aller jusqu'à l'obscurité complète, que l'on n'obtient jamais avec le gaz. On pourra ainsi, grâce à son emploi, dans un lever de soleil, obtenir par des gradations insensibles toutes les teintes de la nuit, de l'aurore et du plein soleil, ou

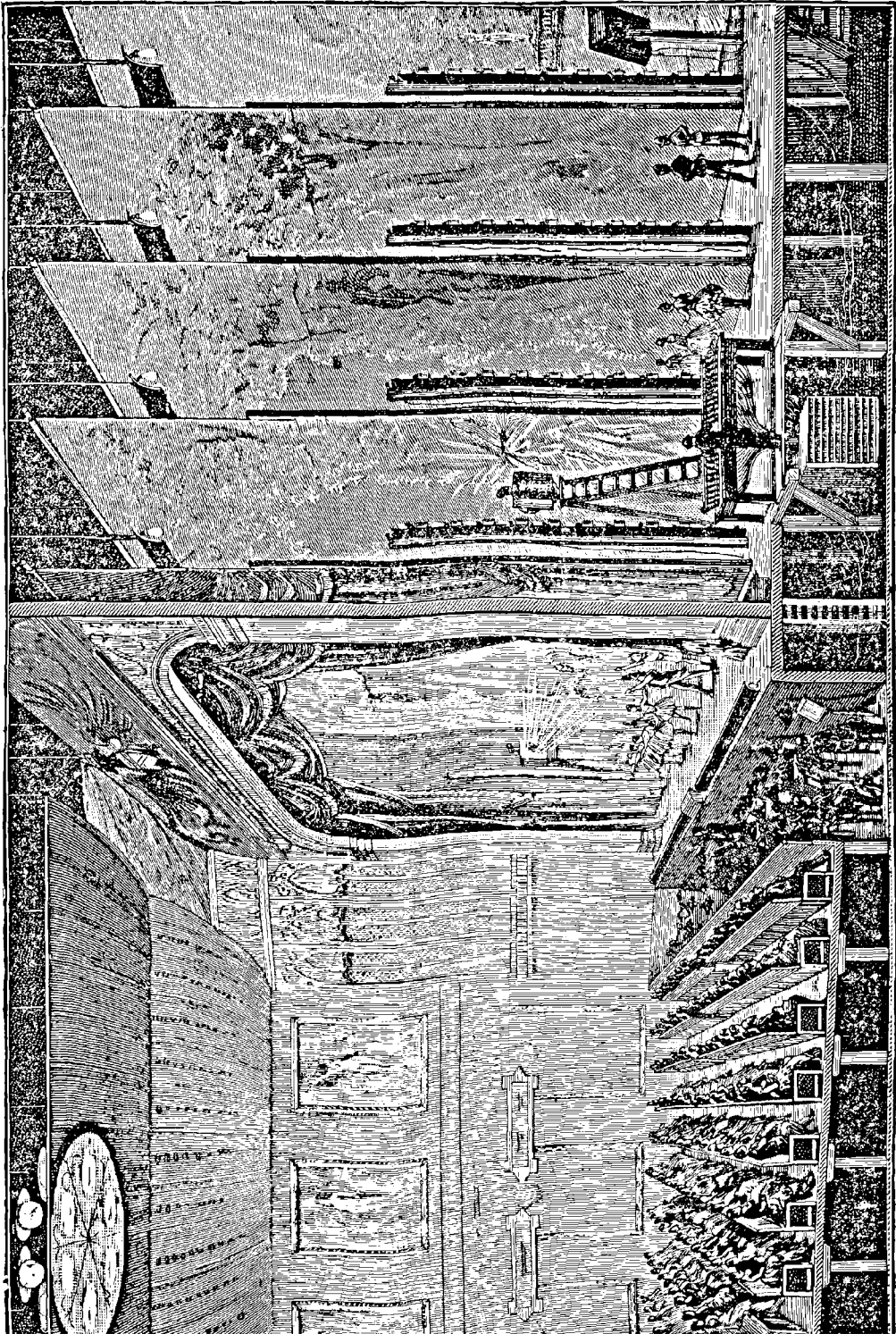


Fig 160. -- Coupe du théâtre (salle et sceno) de l'Exposition de Munich,

ien, dans un orage, produire des effets subits de mière, comme ceux des éclairs. »

En somme, le théâtre installé dans le Palais de Cristal de Munich, montra la possibilité d'employer dans les théâtres les lampes à incandescence, en les combinant, pour l'éclairage de la salle et pour certains effets de scène, avec quelques grands foyers à arc voltaïque.

Depuis l'année 1882, où se firent à Munich les expériences des meilleurs procédés d'éclairage des théâtres par l'électricité, cette application particulière du courant voltaïque s'est répandue avec une rapidité merveilleuse. Nous allons faire connaître ce qui a été réalisé jusqu'ici pour l'éclairage électrique des théâtres et cet exposé vaudra mieux que toutes les considérations générales ou les raisonnements *à priori*.

Nous passerons en revue les théâtres qui ont adopté, à l'heure qu'il est, l'éclairage électrique en distinguant les théâtres de Paris et ceux de l'étranger.

La lumière électrique a été adoptée dans les théâtres de Paris dont les noms suivent : l'Hippodrome, — le théâtre du Châtelet, — le théâtre des Variétés, — le théâtre de l'Ambigu, — le théâtre du Palais-Royal, — l'Éden-Théâtre, — enfin le Grand-Opéra.

Nous commencerons par l'Hippodrome ; l'installation de l'éclairage électrique à l'Hippodrome devant nous donner tout de suite de précieux renseignements.

L'Hippodrome de Paris renferme une installation d'éclairage par l'électricité tout à fait remarquable. La salle est immense. Elle a la forme d'un rectangle, terminé par deux demi-circonférences. Quatre colonnes en fonte, distantes de 36 mètres dans un sens, de 17 mètres dans l'autre, sont les seuls points d'appui placés à l'intérieur de cette construction colossale. La longueur de l'édifice est de 105 mètres ; sa largeur de

70 mètres ; sa hauteur de 25 mètres ; sa surface de 6,300 mètres. Huit mille spectateurs peuvent y trouver place.

Quand la salle de l'Hippodrome est entièrement éclairée, son aspect est féérique. La piste est pourvue de 20 lampes voltaïques, à régulateur Serrain, munies de puissants réflecteurs, et la salle de 60 bougies Jablochhoff, disposées en deux lignes sur le pourtour, avec quatre corbeilles couronnant les colonnes centrales. Les bougies Jablochhoff sont munies d'un *système automoteur*, c'est-à-dire du remplacement opéré mécaniquement d'une bougie par une autre, après son extinction.

Pour produire l'électricité, on fait usage de deux machines à vapeur, de la force de 100 chevaux-vapeur chacune, qui actionnent les machines dynamo-électriques. On ne développe que la force de 140 chevaux, mais on a pris 200 chevaux-vapeur de force, en prévision d'un supplément de lumière pour les fêtes de nuit.

L'éclairage de l'Hippodrome exige un développement lumineux équivalent à plus de 12,000 becs Carcel. Quand il était éclairé par le gaz, la dépense était de 1,300 francs par soirée. L'éclairage électrique ne coûte aujourd'hui que 320 francs, et il donne une quantité de lumière au moins égale.

Il est intéressant de connaître la disposition des machines de l'Hippodrome, qui constituent une véritable usine à lumière. Entrons, en conséquence, dans la salle des machines, que représente la figure 101. Dans cette figure, on a supprimé les chaudières des machines à vapeur. On s'est borné à représenter, sur la gauche, le volant et la courroie qui sont mis en action par la vapeur. Les machines à vapeur, de la force de 100 chevaux chacune, et qui sont, comme nous l'avons dit, au nombre de deux, sont du système *Compound*. Elles sont alimentées par trois vastes chaudières, à retour de feu.

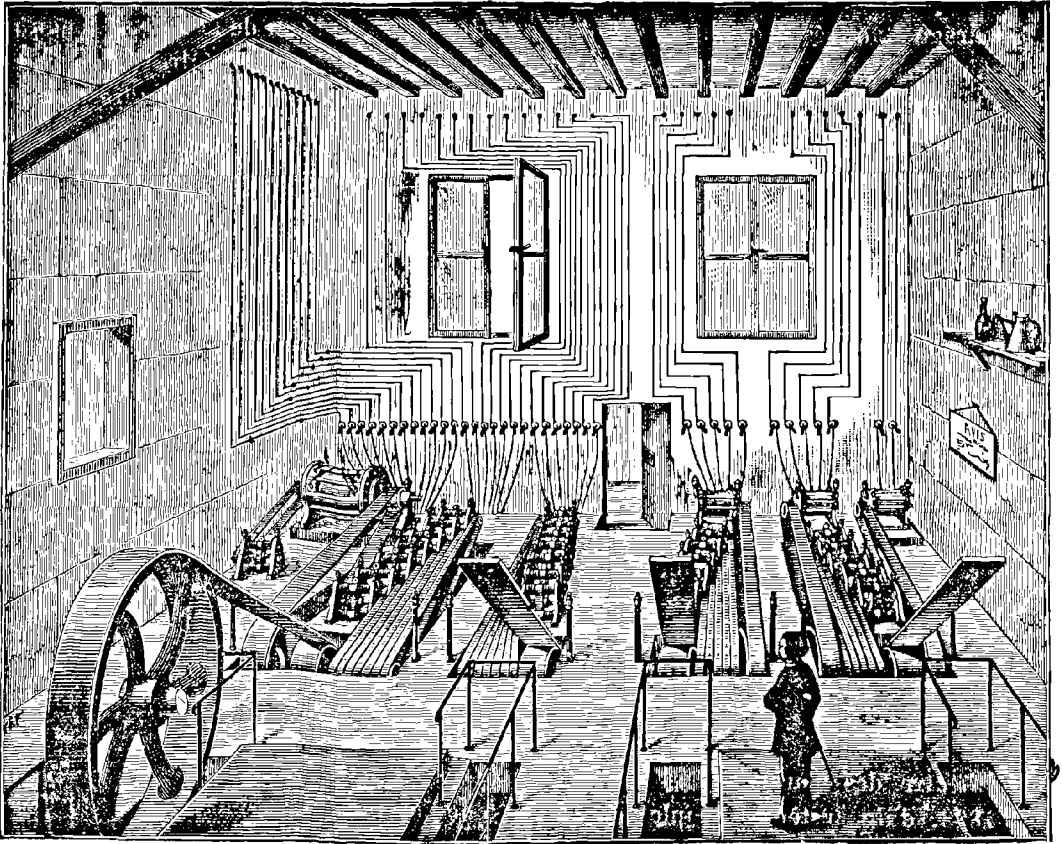


Fig. 101. — L'atelier de production de lumière à l'Hippodrome de Paris.

Le volant de la machine à vapeur met en mouvement quatre rangées de machines dynamo-électriques Gramme, chaque rangée contenant sept machines Gramme, comme on le voit sur la figure 101. Chaque machine a une courroie spéciale, mais ces sept courroies aboutissent à un même tambour.

Sur la paroi du fond de la salle sont fixés les fils conducteurs qui amènent l'électricité aux différents brûleurs disséminés dans la salle. Ils sont rattachés à 50 commutateurs.

Les bougies Jablochhoff sont placées dans la salle, à raison de cinq par circuit, sur les colonnes de fonte, quatre dans le pourtour. Il y a un circuit électrique pour chaque régulateur Serrain. Les foyers du pourtour sont à feu nu, munis de réflecteurs paraboliques et hyperboliques. Les foyers distribués dans

le reste de la salle, sont contenus dans des lanternes à réflecteurs hémisphériques, fermés au devant par des laines diffusantes.

L'éclairage de l'Hippodrome par les bougies Jablochhoff est une des applications de ce système les mieux réussies qui aient encore été faites. La beauté de l'éclairage et l'économie considérable que l'on en retire sont des résultats positivement acquis. On peut seulement faire remarquer que l'Hippodrome n'étant pas un théâtre proprement dit, ce que l'on y a réalisé ne peut s'appliquer aux théâtres ordinaires, dont les dispositions intérieures sont toutes différentes et beaucoup plus compliquées.

Le théâtre du Châtelet, à Paris, est éclairé par les bougies Jablochhoff, mais il n'y en a

qu'un très petit nombre; la majeure partie de l'éclairage étant réservée au gaz. Ce n'est donc qu'un essai fort timide. Il y a quatre foyers Jablochhoff sur la terrasse qui surmonte la grande entrée du théâtre, huit dans la salle et quatre sur la scène. Quand cela est nécessaire, des portants mobiles, munis de lampes Jablochhoff, sont mis en place et allumés par un commutateur.

Aucun globe n'enveloppe la bougie, qui brûle à feu découvert, au-devant d'un réflecteur cylindrique, en métal blanc, chargé de disséminer la lumière. La clarté électrique, se mélangeant à celle du gaz, fournit dans la salle une lueur éclatante et blanche, d'un très heureux effet.

L'électricité est fournie par une machine Gramme, que met en mouvement une locomobile à vapeur. Le tout est placé dans une cour intérieure, située au-dessous de la scène.

Le théâtre des Variétés fit l'essai, en 1882-1883, d'un système complet d'éclairage électrique. On faisait usage uniquement de lampes à incandescence, du type Swan, de la valeur de 3 becs Carcel chacune.

Le courant électrique était engendré par une machine dynamo-électrique Siemens. Mais il aurait été impossible, dans l'espace étroit du théâtre des Variétés, d'installer une machine à vapeur. La pile accumulatrice de M. Gaston Planté, rendue industrielle par M. Faure, intervint ici avec un grand bonheur. Une pile accumulatrice se charge d'électricité pendant le jour, et dépense cette électricité, le soir, pour entretenir l'éclairage. Elle joue à peu près le rôle d'un réservoir, qui se remplirait pendant 12 à 15 heures, et se viderait pendant 8 heures. C'est une espèce de caisse d'épargne électrique.

Ne pouvant, comme il vient d'être dit, par suite de l'insuffisance d'espace, employer une machine à vapeur, on chercha

un autre moteur. Il y avait bien la force hydraulique de l'eau de la ville, et l'eau ne manque pas dans un théâtre: mais cette force n'aurait pas suffi. On s'adressa alors au moteur à gaz.

Le moteur à gaz qui fonctionnait au théâtre des Variétés, pour mettre en mouvement les électro-aimants de la machine dynamo-électrique Siemens, était de la force de 10 chevaux-vapeur.

Nous venons de dire que les accumulateurs étaient chargés d'électricité pendant le jour et pendant la soirée. Comment étaient disposés et comment se chargeaient les accumulateurs, au théâtre du boulevard Montmartre? Ce genre d'appareil se compose, comme nous l'avons dit dans un chapitre précédent, de la simple réunion d'un grand nombre de lames de plomb posées les unes à la suite des autres, dans une caisse contenant de l'eau acidulée par de l'acide sulfurique. On peut donner à ces lames de plomb les dimensions que l'on veut, et naturellement, au théâtre des Variétés, on leur avait donné des proportions correspondantes à l'importance de l'éclairage à produire. Les caisses contenant les lames de plomb n'avaient pas moins de 43 centimètres de long, 30 centimètres de hauteur et 18 centimètres de largeur; et elles pesaient 60 kilogrammes. On formait des groupes de 33 caisses. Le liquide qui les remplissait était de l'acide sulfurique, étendu de dix fois son poids d'eau. Un des bouts de l'accumulateur était peint en rouge: il répondait au pôle devant se recouvrir de peroxyde de plomb, sous l'influence du courant primitif. L'autre bout était peint en noir: c'était le pôle où le gaz hydrogène se condensait sur le plomb. A l'un des bouts, une tringle de cuivre réunissait toutes les plaques paires; à l'autre bout, une autre tringle réunissait toutes les plaques impaires.

Nous représentons, dans la figure 132.

un des éléments de la pile accumulatrice employée au théâtre des Variétés. Ces éléments étaient groupés, par série de 24, dans une caisse, et les caisses étaient placées sur une étagère, dans le sous-sol du théâtre.

C'est à travers cette série de lames de plomb, convenablement reliées entre elles, que l'on faisait passer le courant électrique produit par la machine dynamo-électrique Siemens, actionnée elle-même par un moteur à gaz. L'oxygène provenant de la décomposition de l'eau, se fixait sur les lames de plomb représentant le pôle positif,

utilisé pour la production de la lumière.

Les lampes Swan employées au théâtre des Variétés, ne différaient point de celles que nous avons décrites et figurées en parlant des lampes à incandescence du système Swan. L'éclairage de la salle se composait de 20 *appliques*, portant chacune 3 lampes. Il y avait 4 de ces appliques aux premières galeries, 12 aux secondes, et 4 aux troisièmes, représentant un total de 60 lampes.

Chacune de ces lampes était construite de manière à donner, comme nous l'avons dit, une lumière de trois becs Carcel; de sorte que la quantité de lumière qu'elles

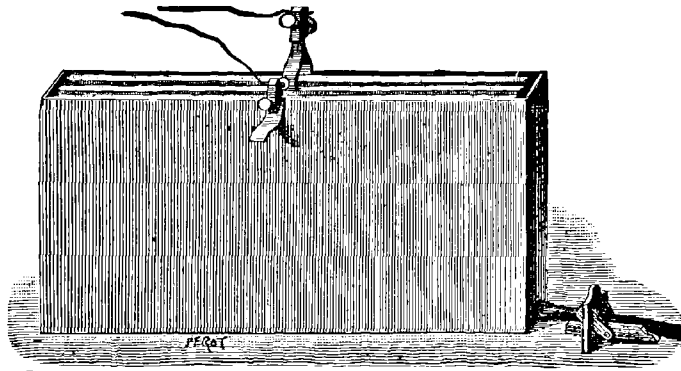


Fig. 102. — Un élément de l'accumulateur.

en formant une forte couche de peroxyde de plomb. L'hydrogène était absorbé, retenu, et condensé, à la surface des lames de plomb, représentant le pôle négatif. Au bout de 15 à 16 heures, cet assemblage de lames de plomb, inerte en apparence, constituait une puissante batterie voltaïque, capable de verser peu à peu, et, pour ainsi dire, goutte à goutte, un fleuve d'électricité. Quand on réunissait, en effet, les deux pôles opposés de cette batterie, l'hydrogène du pôle négatif allant réduire le peroxyde d'hydrogène du pôle positif, pour reformer de l'eau, suivant le principe découvert par M. Gaston Planté, donnait lieu à un courant électrique *secondaire*, courant d'une grande puissance. et qui était

fournissaient égalait celle que produiraient 180 becs de gaz, brûlant 125 litres chacun, c'est-à-dire en tout environ 25 mètres cubes à l'heure, qui, au prix actuel du gaz, auraient coûté 6 francs 25 centimes et auraient occasionné une chaleur insupportable.

Il avait fallu beaucoup de tâtonnements pour arriver à éclairer la rampe au gré des artistes, et en vue de l'effet à produire dans la salle. Après beaucoup d'essais, on forma la traînée lumineuse qui compose la rampe, de petites languettes, dont on multiplia le nombre, en le portant à 60.

Inutile de dire que, grâce à un régulateur, on pouvait, ainsi qu'on le fait avec le gaz, augmenter l'effet lumineux de la

rampe, ou le réduire à la lueur d'une veilleuse, et qu'on pouvait même l'éteindre complètement.

Le régulateur de la lumière était placé dans une cabine, à gauche du spectateur. Fondé sur le même principe que celui que nous avons représenté figure 99, page 176, il se composait, comme le régulateur Edison, de barres métalliques, de différentes grosseurs, à travers lesquelles on faisait passer le courant, quand on voulait réduire sa puissance.

Les hersees étaient également pourvues de lampes Swan, que l'on avait portées à 60, et qui avaient la même force que les lampes de la salle.

Il y avait, en outre, 18 lampes dans le foyer, 24 au vestibule d'entrée, et un certain nombre dans les couloirs.

En résumé, le théâtre des Variétés était éclairé par près de 400 lampes Swan.

Nous sommes entré dans tous ces détails au sujet de l'essai d'éclairage électrique qui a été fait en 1882-1883, au théâtre des Variétés, à Paris, parce qu'il constitue la première application sérieuse que l'on ait réalisée, en France, de la lumière électrique pour l'éclairage de toutes les parties d'un théâtre, et parce qu'il n'a donné que de bons résultats.

Nous devons pourtant ajouter que cet éclairage ne fut pas maintenu longtemps au théâtre des Variétés. Inauguré au mois d'octobre 1882, il fut supprimé brusquement, le 1^{er} mai 1883, par suite du mauvais état des affaires du directeur de l'entreprise, le sieur Philippart.

L'éclairage électrique a été repris, au théâtre des Variétés, le 1^{er} septembre 1886, à l'ouverture de la saison théâtrale. Les frères Liepman ont installé cet éclairage, qui est parfaitement réussi sous le rapport mécanique, et qui produit un admirable effet de la salle par la beauté de la lumière et son abondance.

La machine dynamo-électrique qui engendre l'électricité, sert, à la fois, à éclairer le théâtre des Variétés et quelques boutiques du passage des Panoramas, qui lui est contigu.

Cet ensemble d'éclairage se compose actuellement de près de 600 lampes à incandescence de Wood-House et Rawson de 98 *volts*, montées en dérivation. La salle du théâtre comprend 90 lampes de 16 bougies ; la rampe, 44 lampes de 20 bougies ; les 5 hersees, 23 lampes chacune, de 12 bougies, les portants, 3 lampes chacun, de 20 bougies. Le reste des lampes se trouve réparti dans les couloirs, foyer, façade et loges d'artistes. Une fois l'installation du passage achevée, les cafés et magasins, comprenant, jusqu'à ce jour, environ 1200 lampes, seront éclairées par des lampes de 10 bougies.

Le courant électrique est produit par des générateurs de vapeur du système Collet (Belleville) produisant 1000 kilogrammes de vapeur chacun, par 24 heures. L'alimentation d'eau de ces chaudières est faite par une petite machine à vapeur.

Les chaudières envoient leur vapeur dans deux machines à vapeur à condensation, du système Compound, de la force de 75 chevaux-vapeur chacune.

Chaque machine à vapeur actionne directement, par une courroie, une machine dynamo-électrique Gramme, de 400 *ampères* et 110 *volts*, tournant à 625 tours par minute.

Une batterie d'accumulateurs, pour servir de secours, et pouvant alimenter 1200 lampes, est toujours prête à agir.

Une pompe sert à élever l'eau d'un puits, pour alimenter les condenseurs.

Toutes ces machines à vapeur et à électricité sont installées dans les caves d'une maison de la rue Montmartre (n° 161), qui n'est séparée du théâtre des Variétés que par un gros mur.

Nous avons dit que les machines de

MM. Liepmann éclairent, en même temps que le théâtre des Variétés, un petit nombre de boutiques du passage des Panoramas; nous devons ajouter qu'elles servent aussi à éclairer la piscine et les bains établis, dans la même maison. L'eau de condensation des machines à vapeur, au lieu d'être perdue, est envoyée dans le bassin de la piscine, qu'elle porte à la température de $+ 28^{\circ}$ à $+ 30^{\circ}$.

Cette idée ingénieuse de tirer parti de la vapeur des machines pour chauffer des bains, a été réalisée avec beaucoup de bonheur par M. Edmond Philippe, le propriétaire de la *piscine de natation*.

Passons à l'éclairage du théâtre du Palais-Royal.

Au mois de septembre 1886, au moment de sa réouverture, ce théâtre inaugura une illumination électrique qui donnait à cette petite salle un éclat jusqu'alors inconnu.

Plus que tout autre, le théâtre du Palais-Royal devait trouver des avantages à l'adoption du nouvel éclairage. Les faibles dimensions de la salle en faisaient autrefois, c'est-à-dire avec l'éclairage par le gaz, une véritable étuve, dont le public parisien n'osait pas toujours affronter la température. En raison de l'étroitesse excessive de ses couloirs et de ses dégagements, on y redoutait, plus que dans aucun autre théâtre, les conséquences d'un incendie. Pour ces deux raisons, la direction du théâtre du Palais-Royal s'est imposé les sacrifices nécessaires pour l'installation des machines à vapeur et des luminaires électriques. C'est la *Société Edison* qui a fait cette installation.

L'éclairage du théâtre du Palais-Royal est entièrement produit par l'électricité. On a conservé la canalisation du gaz, à titre de simple précaution. Le gaz ne doit servir, en effet, que si les machines subissaient quelque accident, qui en empêchât le fonctionne-

ment. Or, cette circonstance est à peu près impossible à prévoir, étant donné que tous les appareils, machines à vapeur, chaudières et machines dynamo-électriques, sont en double, et que la moitié d'entre elles est toujours gardée en réserve, prête à remplacer l'autre, le cas échéant.

L'installation comporte 550 lampes à incandescence, dont 380 de 10 bougies et 170 de 20 bougies. Ces lampes sont réparties sur cinq circuits différents, dont les extrémités aboutissent sur un tableau de distribution, placé dans la salle des machines. Ces circuits desservent : le premier le lustre de la salle, avec 165 lampes de 10 bougies; le second la scène, avec 32 lampes de 20 bougies en verre dépoli sur la rampe, 100 lampes de 10 bougies sur les herbes et 24 lampes de 20 bougies sur les portants; le troisième les loges d'artistes et le magasin des costumes, et le quatrième le vestibule d'entrée, l'escalier et les loges de la première galerie. Le cinquième circuit renferme une batterie de 27 accumulateurs et est destiné à fournir la lumière en cas d'arrêt accidentel des machines.

La salle des machines est placée dans le sous-sol, au-dessous du péristyle. Elle comporte, comme nous l'avons dit, une double installation. Deux machines dynamo-électriques Edison, marchant à 900 tours et produisant chacune 55 volts et 450 ampères, sont respectivement actionnées par deux machines à vapeur à condensation, du système Compound, Weyher et Richmond, d'une force de 35 chevaux; elles font 300 tours par minute, et sont elles-mêmes alimentées par des chaudières inexplosibles Belleville.

Nous avons énuméré plus haut les avantages que le public du théâtre du Palais-Royal devait trouver à la lumière électrique; il faut ajouter qu'en outre de l'affluence plus considérable des spectateurs, la direction du Palais-Royal a réalisé dans l'opération un bénéfice important. Elle ne

paye, en effet, son nouvel éclairage qu'à un prix égal à celui du gaz, et elle a, néanmoins, une quantité de lumière beaucoup plus considérable, sans courir aucun risque d'incendie, et sans être, par suite, astreinte à payer une prime assez forte aux compagnies d'assurance.

En résumé, tout le monde s'est applaudi de l'installation de la lumière électrique au théâtre du Palais-Royal : le public, les artistes, qui n'ont plus à souffrir de la chaleur, et la direction, qui voit ses dépenses diminuer.

Nous arrivons à l'éclairage électrique du grand Opéra, qui est venu ajouter aux merveilles de notre édifice national une valeur nouvelle.

Tous les spectateurs des représentations actuelles du théâtre de l'Opéra, peuvent apprécier, par leurs yeux, l'éclat extraordinaire que donne au grand escalier et à la salle, la lumière, si blanche, si éclatante et si pure, des petits globes Edison. M. Garnier a été, dans cette occurrence, plus heureux qu'il ne pouvait s'y attendre. On sait que la peinture de la salle, avec sa teinte chocolat, donnait un caractère de tristesse au monument intérieur, et ne faisait aucunement valoir les toilettes des dames. Le lustre électrique et les petits globes à incandescence, avec leur lumière scintillante et diamantée, sont venus combattre ces fâcheuses conditions; de sorte qu'aujourd'hui l'aspect de la salle et surtout celui de l'escalier, sont réellement féériques.

Aujourd'hui, l'Opéra tout entier, c'est-à-dire la partie réservée au public, et la seconde moitié de l'édifice consacrée à l'administration, sont entièrement éclairés par l'électricité. Le gaz en est, pour ainsi dire, banni.

Ce n'est qu'après des années de tâtonnement et d'essais, que l'on est parvenu à réaliser cette magnifique installation

De 1880 à 1883, on fit, à l'Opéra de Paris, des essais multipliés d'éclairage par l'électricité, nous en avons parlé dans un des précédents chapitres. Mais les résultats de ces essais sont restés longtemps sans caractère tranché. Tout était subordonné aux locaux à éclairer. Les grands foyers Jablochhoff illuminaient les vestibules; la rampe était éclairée par des lampes Swan; le foyer des abonnés recevait des lampes Swan; le foyer du public des lampes-soleil, des becs Edison et des lampes Maxim. Le résultat définitif fut long à se dégager. Jusqu'en 1883 l'Opéra de Paris a réuni, comme pour une sorte d'enquête comparative, les systèmes d'éclairage les plus opposés. On y trouvait l'éclairage au gaz, les lampes à l'huile, exigées par la Préfecture de police, enfin l'électricité, et l'électricité empruntée à toutes sortes de systèmes.

Il fut décidé, en définitive, en 1884, qu'on emploierait la lumière Edison. 1,800 lampes Edison devaient éclairer la salle, la scène et les couloirs. Le foyer devait recevoir des lampes-soleil. Dans le grand lustre de la salle, on voulait combiner la lumière par incandescence avec les lampes à arc voltaïque. Ces dispositions ont encore été modifiées.

Aujourd'hui, l'éclairage électrique par incandescence Edison a conquis sa place dans toutes les parties de l'Opéra. Les célèbres peintures de Baudry, qui ont été si longtemps menacées de destruction par l'épaisse couche de fumée provenant du gaz, qui les recouvrait de plus en plus, sont enfin préservées de toute altération, et le plus bel édifice théâtral de l'Europe est à l'abri de toute chance d'incendie, grâce à ce nouvel éclairage.

Arrivons à la description de l'installation actuelle de l'éclairage électrique à l'Opéra.

Les sous-sols gigantesques de ce vaste édifice, avec leurs sombres profondeurs, et leurs piliers énormes, se prêtaient merveilleusement à l'installation des machines à

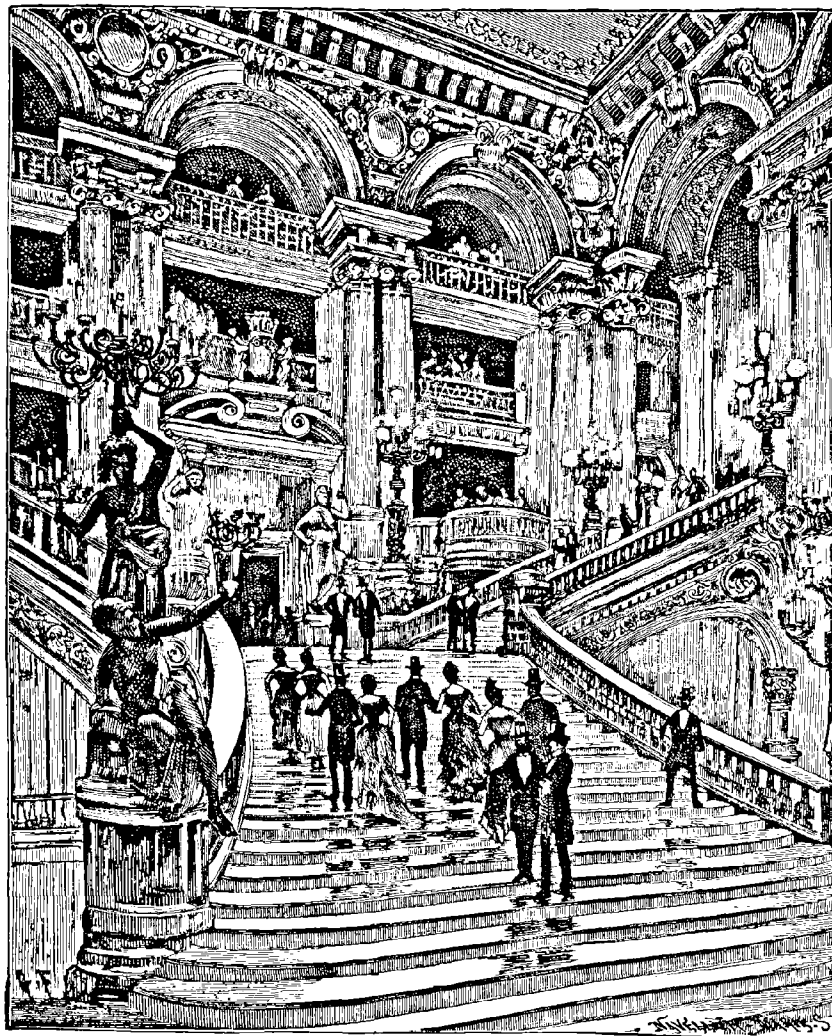


Fig. 103. — L'escalier du Grand-Opéra de Paris éclairé par les globes à incandescence électrique.

vapeur et chaudières devant servir à la production de l'électricité. Sous ces voûtes immenses, il y aurait place pour des milliers de chevaux-vapeur. L'espace occupé par les machines à vapeur, est pourtant relativement restreint. Trois chaudières inexplosibles, du système Belleville, fournissant, par heures, 450 kilogrammes de vapeur chacune, sont réunies, du côté de la rue Halévy, dans une salle mesurant $6^m \times 8^m70$. La cheminée, de $4^m,300$ de diamètre, et 39 mètres de hauteur, passe dans une cour intérieure;

elle est invisible du dehors, et ne nuit pas ainsi à l'aspect monumental de l'édifice. Cette cheminée, en tôle galvanisée, a été très ingénieusement combinée, de façon à servir de gaine de ventilation pour les chaufferies.

Les machines à vapeur et les machines dynamo-électriques sont placées plus loin, en partie du côté de la place de l'Opéra, en partie sous le grand escalier et l'avant-foyer.

Le service d'éclairage journalier est

assuré par deux machines à vapeur, système Corliss, jumelles, de 150 chevaux-vapeur chacune, et à condensation. Ces machines font 65 tours par minute, actionnent, à 200 tours, une transmission principale, commandant cinq machines dynamo-électriques Edison, de 500 lampes, dont une de rechange. Une machine Gramme, à courants alternatifs, alimente les foyers Jablochhoff de la façade.

Le service de secours est assuré par une machine à vapeur Armington, de 100 chevaux-vapeur, tournant à 280 tours, et commandant deux machines dynamo-électriques Edison, de 400 lampes.

En mettant en marche, à la fois, toutes les machines dynamo-électriques, on disposerait de 300,000 volts-ampères, en courants continus, à 100 volts de potentiel, et de 10,000 volts-ampères, en courants alternatifs à 350 volts de potentiel; ce qui représente probablement la source d'électricité la plus importante qui existe en France.

Au lieu d'emprunter aux conduites de la ville de Paris, l'eau destinée aux chaudières à vapeur, on a préféré creuser un puits. Ce puits, qui n'a pas moins de 37 mètres de profondeur, a été foré par M. Léon Dru, qui a pris toutes les précautions nécessaires, pour isoler, par des tubages concentriques et cimentés, les nappes supérieures, très abondantes, qu'on a été obligé de négliger, afin d'éviter toute chance possible d'affouillement dans les fondations de l'Opéra. En cas d'avarie aux condenseurs, les machines à vapeur peuvent fonctionner à échappement libre de vapeur.

Le courant fourni par les machines dynamo-électriques, est amené à un tableau général de distribution, où viennent aboutir les différents services d'éclairage. Voici ce tableau :

Façade-péristyle.....	10 foyers voltaïques Jablochhoff.
Façade-loggia.....	8 arcs voltaïques Picpeps
Grand foyer.....	524 lampes à incandescence Edison.
Avant-foyer.....	90 —
Grand escalier.....	338 —
Rampe.....	120 —
Girandoles.....	99 —
Lustre.....	510 —

Le service de la salle, comprenant, à lui seul, 720 lampes, a demandé une étude très soignée, afin de rendre les effets de lumière aussi faciles que possible, vu le peu d'espace dont on disposait pour le jeu d'orgues aboutissant à la scène. On a pu réunir sur un panneau, mesurant seulement 1^m,30 × 1^m,40, les trois cadrans des régulateurs du lustre, des girandoles et de la rampe, qui sont ainsi sous la main d'une seule personne.

Les effets de réduction et d'augmentation de la lumière, sont, comme on le sait, obtenus, dans les théâtres éclairés au gaz, par un jeu de robinets, que l'on nomme le jeu d'orgues, qui permet de faire, à volonté, la lumière ou la nuit. Avec l'éclairage électrique, cet effet d'augmentation ou de réduction de la lumière s'obtient en interposant des résistances au passage du courant, pour en affaiblir l'éclat.

Comme il était impossible de loger dans la même salle les résistances nécessaires pour produire les effets de nuit du lustre, celles-ci ont été placées dans un deuxième dessous, et, afin d'éviter de ramener au jeu d'orgues tous les fils de dérivation, qui étaient d'une forte section, les connexions ont été faites directement sur un grand cadran, dans le deuxième dessous, dont la touche mobile est mise en mouvement au moyen d'une chaîne Gall, manœuvrée du jeu d'orgues.

Ce régulateur du lustre demanderait une description détaillée, en raison de l'emploi ingénieux de toiles métalliques, qui a été proposé par M. Vernes, ingénieur en chef de la société Edison, et appliqué par M. V. Picou, directeur des usines Edison, d'Ivry. Des

lampes-étalon indiquent, au-dessus de chaque cadran, l'intensité lumineuse des lampes dans un circuit; ce qui rend le service des effets de scène très facile.

En principe, toutes les lampes Edison ont été montées sur des bras spéciaux, raccordés aux appareils existants, et venant se brancher à cheval entre les becs de gaz. La disposition de ces lampes, légèrement inclinées, rayonnant ainsi au milieu des verrières, est très heureuse.

Mener à bonne fin un éclairage de cette importance, sans entraver le service des représentations, et substituer, du jour au lendemain, l'électricité au gaz, n'étaient point chose facile.

Les circuits, entièrement protégés par des moulures en bois ou des gaines de plomb, sont parfaitement équilibrés. Le tableau de la page précédente donne le détail de ces circuits.

Le service du lustre comprend un câble conducteur, de la section de 200 millimètres carrés, et de 270 mètres de longueur. Un système très simple de poulies permet au câble de suivre les mouvements de montée et de descente du lustre, sur une course de 21 mètres, sans qu'on ait à s'en occuper.

Comme on a pu s'en convaincre, l'éclairage électrique a parfaitement répondu au programme arrêté, et l'effet obtenu est, en général, excellent. D'ailleurs, l'expérience apprendra promptement ce qu'il pourrait y avoir de défectueux dans l'installation, et on y remédierait aussitôt. Ce n'est plus qu'une affaire de détail.

Tout ce qui précède concerne l'éclairage de la partie de l'édifice réservée au public. Cette première installation était terminée en 1886. En 1887, a été réalisé le complément de l'éclairage de l'édifice, c'est-à-dire la partie des bâtiments occupés par l'administration.

Quatre machines à vapeur, du système Compound, type Pilon, de la force de 140 che-

vaux-vapeur, construites spécialement pour l'Opéra, par MM. Weyher et Richemond, de Pantin, ont été installées dans les sous-sols, par la *Société Edison*. Les machines à vapeur sont à condensation; mais elles sont disposées de façon à pouvoir, à l'occasion, marcher à libre échappement de vapeur. Deux condenseurs, actionnés séparément par deux moteurs, reçoivent la vapeur qui s'échappe de ces quatre machines.

Quant aux machines dynamo-électriques, elles ont une capacité double de celles qui sont en service dans la première partie de l'installation, c'est-à-dire dans la partie réservée au public, et qui alimentent 500 lampes de 16 bougies. Les machines qui fonctionnent depuis le mois de janvier 1887, alimentent 1000 lampes. Des perfectionnements importants réalisés dans les ateliers d'Edison, à Ivry, ont permis d'établir ces nouvelles machines dynamo-électriques de 1000 lampes sur des modèles beaucoup plus économiques que sur les anciens types créés en Amérique.

Chaque machine dynamo-électrique est actionnée par une courroie, venant directement du moteur. Le moteur faisant 160 tours par minute, les hobines de la machine dynamo-électrique font 300 tours.

Pour compléter le service des générateurs, on a installé deux nouvelles chaudières inexplosibles, du système Belleville, fournissant 1,250 kilogrammes de vapeur par heure. Elles sont placées dans le prolongement des trois premières, qui ont chacune une capacité double, c'est-à-dire qui fournissent 2,450 kilogrammes de vapeur chacune.

De chaque extrémité de la batterie des générateurs à vapeur, part une double conduite de vapeur, desservant les différents moteurs, et venant se rejoindre au centre, de façon à former un véritable cercle, aboutissant aux chaudières. On peut ainsi envoyer la vapeur par la conduite de droite ou de gauche, ou dans les deux à la fois.

En résumé, le matériel mécanique et électrique de l'éclairage de l'Opéra comprend :

Chaudières à vapeur.

Générateurs Belleville de 2,450 kilogrammes de vapeur.....	5
Générateurs Belleville de 1,250 kilogrammes de vapeur.....	2
Générateur Weyher et Richemond (service de jour), de 500 kilogrammes de vapeur.....	1

Machines à vapeur.

Machine à vapeur Corliss, de 250 chevaux-vapeur à condensation, tournant à 60 tours....	1
Machine Armington de 100 chevaux-vapeur, à échappement libre, tournant à 300 tours....	1
Machines Weyher et Richemond de 140 chevaux-vapeur à condensation, tournant à 160 tours	4
Machines Weyher et Richemond de 20 chevaux-vapeur, pour actionner les condenseurs....	2
Machines Weyher et Richemond de 40 chevaux-vapeur à échappement libre (service de jour), tournant à 85 tours	1

Machines dynamo-électriques.

Dynamo en dérivation Edison de 375 ampères..	5
— — — 800 —	4
— — — 300 —	2
— — — 300 —	1
Dynamo en dérivation Edison de 40 ampères (transmission de force, pompe centrifuge)...	1
Dynamo à courants alternatifs Gramme, 24 foyers ablochhoff	1

En admettant que toutes les machines fonctionnent en même temps, à leur force nominale, on disposerait d'une force de 950 chevaux-vapeur, les machines dynamo-électriques ayant une capacité suffisante pour alimenter 7,700 lampes (A, 16, de 0,75 ampères). Mais pour le service d'éclairage usuel, on allume seulement 5,000 lampes, de 10 bougies et 1,000 lampes, de 16 bougies chacune.

On voit sur quelles proportions colossales l'éclairage électrique est établi à l'Opéra de Paris. On comprendra aisément que ce n'est pas sans de grandes difficultés que M. Vernes, ingénieur en chef de la *Société Edison*, a pu mener à bonne fin, dans un théâtre en pleine activité, une installation, dont il suffit de dire, pour en faire comprendre toute l'importance, qu'il s'agissait

de remplacer 8,000 becs de gaz, représentant autrefois l'éclairage total.

Nous représentons, dans la figure 104, la façade de l'*Éden-Théâtre*, à Paris, éclairée par l'électricité. Cette façade, dont le style est assez difficile à définir, mais qui semble prétendre au style indien, prend un très grand aspect quand elle est illuminée par les lampes Siemens. Les hautes fenêtres, aux baies largement ouvertes, les longues colonnes, les riches mosaïques, les têtes d'éléphant, les pinacles des pagodes, éclairés par transparence à travers des vitraux diversement colorés, produisent des feux multicolores, qui réjouissent les yeux; tandis que les neuf portes surbaissées, donnant accès dans l'édifice, envoient une lumière blanche et crue vers tout le rez-de-chaussée, le sol de la rue et les maisons voisines, qui contraste avec le bariolage des parties supérieures.

La façade est construite en pierre d'un blanc crémeux, avec des colonnes en grès d'Écosse, des épis en zinc doré et des pyramides indiennes. Six grandes lanternes en fer forgé, garnies de verres de couleur, sont suspendues à la hauteur de la corniche, et lancent des feux colorés, d'un très heureux effet.

La façade est la partie de l'*Éden-Théâtre* où l'on a fait le plus grand usage de la lumière électrique. Dans les autres parties on en a été beaucoup plus parcimonieux.

Le vestibule, une des dépendances les mieux réussies du monument, conduit, par deux larges escaliers, au premier étage, où se trouve la salle de spectacle. Cette salle, qui peut contenir 1200 personnes assises, a 25 mètres de diamètre, et est formée d'une série d'arcades, au style pseudo-indien. Ses murs sont couverts de toutes sortes de peintures, plus ou moins heureuses, de cariatides et de statues peintes, qui donnent lieu à une véritable orgie de couleur. Elle est ée d'un

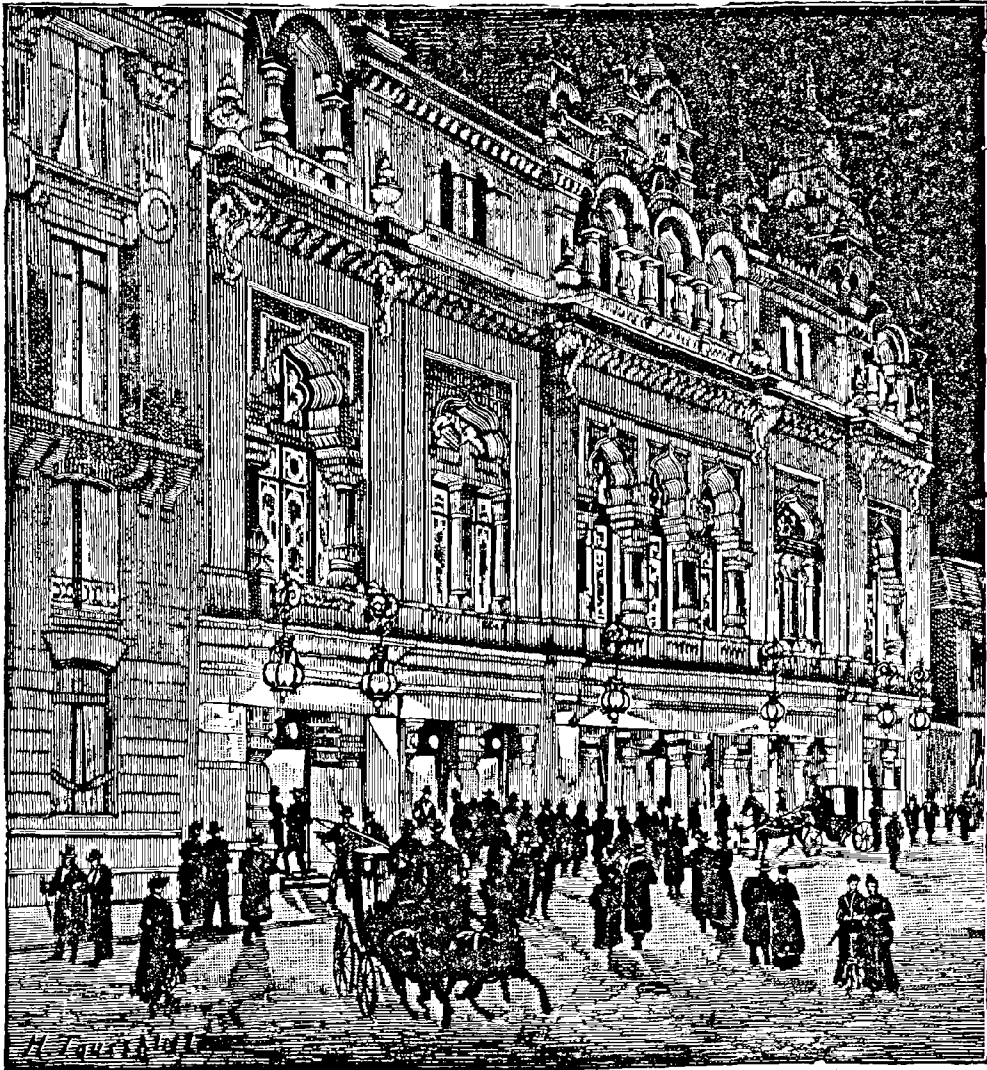


Fig. 104. — La façade de l'Eden-Théâtre, à Paris, éclairée par les lampes Siemens.

promenoir circulaire, qui permet de suivre debout la représentation, et de changer de place, si l'on veut varier les points de vue de la salle et de la scène.

Le promenoir aboutit, à droite, à une cour couverte, dite *cour indienne*; à gauche, à un grand jardin d'hiver, composé d'un entourage de verres de couleur, qui est d'un merveilleux effet.

Dans l'éclairage de la salle, le gaz se marie, mais dans une proportion beaucoup trop forte, à l'électricité. Quelques becs

Siemens sont distribués dans une partie de son enceinte, tandis que le lustre central est entièrement éclairé par le gaz. Ce lustre est une immense lanterne, composée de la réunion de 24 couronnes de gaz.

Dans quelques autres pièces, les becs Siemens contribuent à l'éclairage, mais, nous le répétons, dans une trop faible proportion. Il semble que l'on aurait pu tirer un meilleur parti de la lumière électrique par incandescence ou de l'arc voltaïque, pour éclairer ce vaste édifice.

CHAPITRE XX

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DANS LES THÉÂTRES ÉTRANGERS.
— LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE DANS LES JARDINS PUBLIQUES.

Londres vit, en 1881, l'inauguration de l'éclairage d'un théâtre par l'électricité. Nous voulons parler du théâtre Savoy. Ce n'est point, bien entendu, le système Jablochhoff, qui donnerait des foyers trop puissants pour un édifice de petites dimensions, qui fonctionne au théâtre Savoy : c'est le système par incandescence, effectué par les lampes Swan.

Le théâtre est éclairé par 1158 lampes Swan. Sur ces 1158 lampes, 114 sont placées dans la salle. Elles sont disposées en groupes de trois, et supportées par des appliques très élégantes, le long des différentes galeries. Chaque lampe est renfermée dans un globe de verre dépoli, disposition qui produit une lumière douce et agréable.

220 lampes sont employées pour l'éclairage des nombreux corridors, passages et loges appartenant au théâtre, tandis que 824 lampes Swan sont placées sur la scène.

Nous représentons sur la figure 105 une des appliques à trois globes, et sur la figure 106 la lampe servant à l'éclairage du théâtre Savoy.

Une vis, V, qui se trouve à la partie inférieure de la lampe, permet de la fixer dans une monture quelconque. Les fils conducteurs sont attachés à deux bornes de platine, A, B, et leur contact est maintenu fortement serré par un ressort de cuivre en spirale, R, entourant l'enveloppe du verre de la lampe.

Deux cents lampes forment six groupes, alimentés chacun par un courant particulier. Ce courant est produit par une machine dynamo-électrique Siemens, actionnée par trois machines à vapeur, dont la force totale est de 120 à 130 chevaux. Machines Siemens et moteurs à vapeur sont placés

sous un hangar, au milieu d'un terrain vague, contigu au quai Victoria. Le courant est amené au théâtre par des câbles isolés, posés sous le sol.

Ce qu'il y a d'intéressant dans cette installation, c'est la manière dont on fait varier l'intensité des foyers, dans toute les parties du théâtre. En tournant une petite tige, qui correspond aux différents circuits électriques, on peut porter la lumière jusqu'à sa pleine puissance, ou l'abaisser jusqu'à une teinte rouge faible, aussi facilement que s'il s'agissait du gaz. Les tiges, ou *manettes régulatrices*, au nombre de six, sont rangées contre le mur d'un cabinet, placé à gauche de la scène, qui représente assez bien la cabine des chefs gaziers de nos théâtres. Ces *manettes régulatrices* agissent sur un commutateur à six voies, à l'aide duquel on peut introduire dans le circuit électrique correspondant, une résistance de une à six fois plus forte. L'intensité du courant électrique qui traverse les lampes, est accrue ou diminuée dans les mêmes proportions.

Les résistances que l'on introduit dans le circuit pour le modérer, et dans lesquelles les quatre commutateurs font passer le courant, sont de longues spirales de fil de fer, ou des bandes de fer en zigzag, portées sur un cadre et ayant une libre circulation d'air autour d'elles, afin de diminuer l'échauffement produit par le courant.

L'adoption de l'éclairage électrique au théâtre Savoy popularisa ce système en Angleterre. Pour montrer à tous les yeux que la chaleur de ces globes éclairants est nulle, le directeur avait eu l'idée d'entourer un certain nombre de lampes, de dentelles, qui n'étaient jamais ni altérées ni roussies. Dans les premiers temps de l'installation, on voyait, pendant un entr'acte, un machiniste paraître sur la scène, armé d'un marteau, et écraser, d'un coup de ce marteau, une lampe entourée de dentelles. Le verre

se brisait, la lampe s'écrasait; mais rien de particulier ne se produisait, et la dentelle était retirée intacte. C'était une manière,

de gaz. Un pareil exemple était alors unique.

C'est à une distance de 315 mètres du théâtre que se trouve situé le bâtiment des

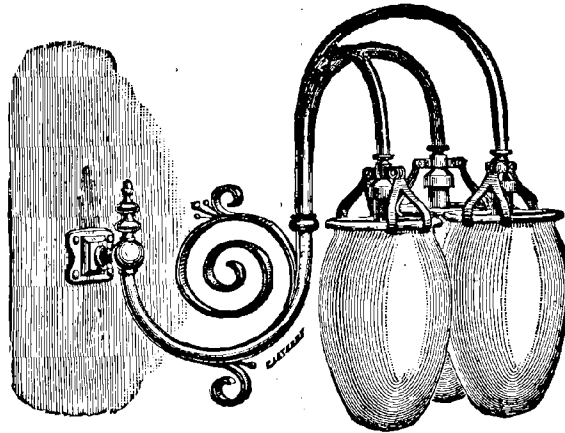


Fig. 105. — Globes des lampes Swan employées au théâtre Savoy, à Londres (applique à trois branches).

comme une autre de montrer qu'un accident quelconque arrivé à cet appareil d'éclairage, ne saurait entraîner rien de fâ-

machines, occupant une superficie de 249 mètres carrés, et comprenant : 1° la chambre de chauffe à vapeur, 2° la salle des machines...

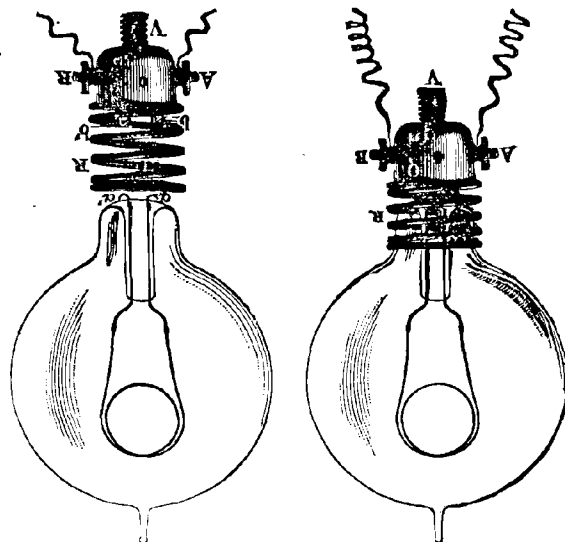


Fig. 106. — La lampe Swan du théâtre Savoy, à Londres.

cheux pour la sécurité des spectateurs.

Le 14 novembre 1882, le théâtre municipal de la ville de Brünn, capitale de la Moravie, fut éclairé par le système Edison. Ce théâtre n'emprunte sa lumière qu'à l'électricité; il n'y eut aucune installation

Les chaudières sont au nombre de trois. Chaque chaudière est composée d'un bouilleur horizontal, et d'un corps tubulaire, adapté au précédent.

Comme deux chaudières sont suffisantes pour l'exploitation normale de la machine

à vapeur, il y a toujours une chaudière en réserve.

La pression, dans ce générateur, est de 7 atmosphères. La force développée par la vapeur, est de 110 chevaux.

Quatre machines dynamo-électriques Edison, produisent la lumière. Un noyau de fer tournant dans le champ magnétique, grâce à la force de la vapeur, se change en électricité, et le courant électrique, au moyen d'un câble principal, d'une longueur de 315 mètres, est dirigé vers le théâtre où s'opère sa distribution.

Chaque machine dynamo-électrique Edison peut alimenter 250 lampes à incandescence, de la valeur de 16 bougies.

Le câble qui relie les machines au théâtre, se compose de deux barres de cuivre, de forme demi-ronde, entourées de matière isolante, et contenues dans un tube de fer forgé, qui les préserve de toute influence extérieure. En raison de la tension minime du courant, on peut, sans aucun danger, toucher les conducteurs.

L'intérieur du théâtre est éclairé par 820 lampes, réparties dans la cage du grand escalier, le foyer, les couloirs, les loges des artistes et la scène.

L'éclairage de la scène comprend les herse, les rampes et les portants.

Chaque herse supporte 99 lampes, dont un tiers est destiné aux effets de lumière blanche. Un tiers est composé de lampes rouges, le dernier tiers de lampes vertes. Tous les effets de lumière peuvent être ainsi facilement obtenus en allumant tout ou partie des lampes de chaque couleur. La rampe supporte 120 lampes, établies dans les mêmes conditions.

Le régulateur est placé dans un coin de la scène. Là se rassemblent une véritable forêt de fils conducteurs. Le tout, symétriquement arrangé, n'occupe qu'une place relativement insignifiante.

Grâce à ce régulateur, il est possible d'ob-

tenir, tant dans la salle que sur la scène, depuis la plus éclatante clarté jusqu'à la nuit en passant par toutes les transitions voulues.

La salle est éclairée par un lustre principal, ayant deux rangées de lampes à incandescence.

Le long du pourtour des loges sont installées des appliques, portant, chacune, une lampe enfermée dans un globe dépoli.

C'est également la lumière Edison qui a été adoptée pour l'éclairage du théâtre du Parc, à Bruxelles. Ce système, qui n'est qu'une réduction de celui qui est installé au grand théâtre de Brünn, en Moravie, fonctionnait à la Chambre des représentants de Belgique, depuis le mois de février 1883. Le 5 mars 1883, il fut inauguré au théâtre du Parc.

305 lampes Edison sont réparties dans le grand escalier, le foyer, les couloirs, la salle, les loges d'artistes et la scène.

Le régulateur, destiné à graduer la lumière dans toutes les parties du théâtre, se trouve sur la scène, dans une cabine à la droite du spectateur.

Emprisonnée dans un petit globe de cristal, la lumière n'éblouit pas plus que le gaz, dont elle a la couleur, et, grâce au régulateur, on obtient, comme avec le gaz, la lumière la plus vive ou la plus faible, en passant par tous les degrés intermédiaires.

Les machines destinées à produire l'électricité, c'est-à-dire la machine à vapeur qui est de la force de 25 chevaux, et la machine dynamo-électrique Edison, sont installées à 20 mètres de l'édifice, dans le parc. Un câble posé sous le sol dirige l'électricité vers le théâtre, où s'opère sa distribution.

C'est M. Octave Patin, qui s'était déjà occupé des travaux d'éclairage électrique à la Chambre des représentants, qui a dirigé l'installation de la lumière électrique au théâtre du Parc, de Bruxelles.

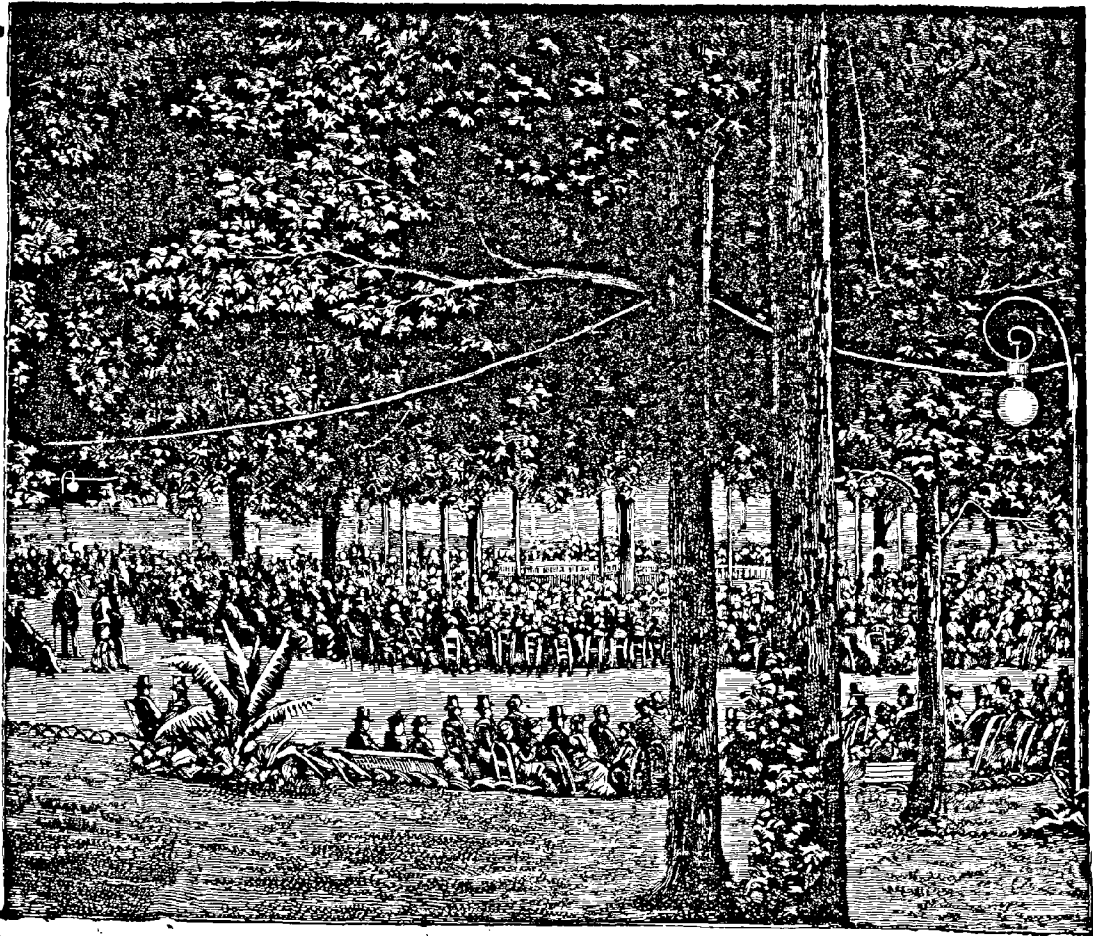


Fig. 107. — Le concert des Champs-Élysées, à Paris, éclairé par la lumière électrique.

Le théâtre de la Scala, à Milan, a été éclairé, en 1884, par la *Société électrique italienne*, qui fait usage des globes Edison, à incandescence.

Le théâtre de la Scala, qui fut inauguré en 1778, est le plus vaste théâtre d'opéra de l'Europe (sans en excepter ceux de Paris et de Vienne), pour les dimensions de la salle et de la scène. En effet, la scène a 46 mètres de profondeur, sur 37 mètres de largeur; la salle a 25 mètres sur 22 mètres, avec une hauteur de 20 mètres. On compte 194 loggias, distribuées en 5 étages, sans compter les paradis (*loggiane*). Il n'est inférieur à l'Opéra de Paris, à celui de Vienne

et à celui de Naples, que par le moindre développement des bâtiments de service, qui est très restreint à la Scala, par défaut de terrain.

Le problème posé par la municipalité de la ville, à la *Société électrique italienne*, dont l'usine est située à Sainte-Radegonde, à Milan, d'éclairer la Scala complètement par l'électricité, avec exclusion absolue du gaz, présentait de grandes difficultés. Heureusement, on venait alors de terminer, à Milan, l'installation du théâtre Manzoni (théâtre de comédie), ce qui a eu l'occasion d'étudier sur une petite échelle tous les appareils d'éclairage qu'on allait introduire

sur une échelle presque décuple à la Scala. Ce précédent était d'autant plus heureux, qu'il n'y avait pas alors à l'étranger d'installations semblables à imiter ; le petit théâtre de Brünn ne pouvant fournir aucun élément applicable aux grandes proportions et aux exigences de la Scala. On dut inventer, pièce par pièce, tous les appareils mobiles pour l'éclairage de la scène si vaste, où l'on monte, avec un luxe extraordinaire de personnel et de décors, l'opéra et les grands ballets. Tous les anciens appareils à gaz furent mis de côté, et on refit tout, sauf quelques appareils secondaires et le lustre, auquel on fit subir toutefois une modification radicale, pour mieux utiliser sa lumière.

L'installation de la Scala a été terminée en 1884. Voici les données les plus importantes sur cette installation.

Le nombre total des lampes montées dans le théâtre et ses annexes, est de 2,890 de 32, 16, 10 et 8 bougies. Elles sont distribuées de la façon suivante :

LAMPES RÉGLÉES :

Herses, portants, projecteurs, rampe.....	4094
Grand lustre de la salle.....	352

LAMPES NON RÉGLÉES :

Éclairage supplémentaire de la salle pour soirées de gala.....	353
Éclairage de la scène, pour bals masqués... ..	240
Salles de chant et de danse, loges des artistes, ateliers des peintres, ateliers des tailleurs et autres locaux de service.....	494
Loges, corridors, orchestre, foyer, café, vestibules, bureaux.....	460
Total.....	2890

Le réglage des lampes de la scène et du lustre est fait par 16 régulateurs à bobines de fil de fer galvanisé, avec interrupteur, commandés à 20 touches et mécanismes pour les manœuvrer séparément ou ensemble. On peut régler séparément chacune des 9 herses, les portants en 2 groupes de 15 chacun, la rampe en deux moitiés de 49 lampes chacune, etc. Il y a aussi de petits régulateurs

portatifs, pour les projecteurs de toute force.

Les prises de courant électrique sont au nombre de quatre, branchées sur le réseau.

Le courant est fourni au théâtre, nuit et jour. Cela est nécessaire, non seulement pour les répétitions, mais aussi pour éclairer toute la nuée des locaux de service. Le maximum des lampes qui peuvent être allumées pendant un spectacle de gala, est de 2,400 environ, équivalentes à 2,000 lampes normales de 16 bougies. Le nombre total de lampes-heures dans une saison (carnaval et carême), répétitions comprises, s'élève, en chiffres ronds, à 900,000.

Il ne s'est pas produit le plus petit accident, ni la moindre interruption, dans le service de l'éclairage électrique de la Scala, depuis novembre 1883, époque à laquelle on commença le service, jusqu'à présent.

Une autre installation théâtrale a été faite à Milan. C'est celle du théâtre Manzoni, de laquelle le gaz est aussi absolument exclu. Il y a 391 lampes montées, dont 184 pour la scène, et ses annexes, et le reste pour la salle, le vestibule, les loges, le café, etc.

Beaucoup d'autres théâtres, à l'étranger, ont adopté, depuis l'année 1887, l'éclairage électrique. Nous n'entreprendrons pas la description de ces dernières installations, pour ne pas entrer dans des détails fastidieux. Qu'il nous suffise de dire que l'éclairage électrique, qui assure une sécurité absolue contre les chances d'incendie, qui, en été, donne un éclairage sans chaleur, et en toute saison, laisse l'air inaltéré, est destiné à conquérir un jour toutes les salles de théâtre du monde entier : ce n'est qu'une question de temps.

Ce fait, que la plupart des salles de spectacle sont aujourd'hui munies d'une installation de gaz fort complète et très bien entendue, retardera peut-être un peu ce progrès ; mais il sera, d'un autre côté, favorisé par deux autres circonstances : la

certitude d'écarter, avec l'éclairage électrique, tout danger d'incendie, et le besoin croissant de lumière, besoin qui se fait sentir dans les théâtres, aussi bien que dans tous les endroits publics, et même dans nos habitations.

Cette dernière circonstance est aujourd'hui un fait incontestable. Elle est, d'ailleurs, une conséquence de la progression toujours croissante qui suit le luxe de la décoration, en général. Si l'on augmente les dorures, les peintures, les ornements de toutes sortes, il faut nécessairement plus de lumière pour les faire valoir, et les théâtres subiront forcément cette loi. Mais, dans ces établissements, si l'accroissement de l'éclairage était obtenu au moyen du gaz, on verrait s'augmenter et croître dans une fâcheuse proportion tous les inconvénients de ce dernier. En adoptant l'éclairage électrique, au contraire, on augmentera la lumière en supprimant les inconvénients du gaz.

Une question importante se pose au sujet de l'éclairage électrique dans les théâtres : c'est celle de la dépense. L'électricité est-elle plus chère que le gaz, pour un même éclairage ? On ne possède à ce sujet aucun renseignement précis. Mais on estime, en général, que le prix de l'éclairage d'un théâtre par l'électricité est le même que par le gaz, une fois l'installation des machines et des becs terminée. La redevance quotidienne à payer à la Compagnie qui a installé l'éclairage électrique à l'Opéra de Paris est, dit-on, à peu près la même que celle du gaz, et elle est quelquefois inférieure. L'Opéra payait 1,200 fr. de gaz par soirée ; il ne paye pas davantage pour l'éclairage électrique. Mais il ne faut pas oublier que le gaz varie de prix selon les localités. Il est donc difficile de se prononcer sur la question de la dépense comparée des deux procédés d'éclairage, question qui ne préoccupe, d'ailleurs, que les intéressés, et reste indifférente au public.

Si les théâtres sont les seuls lieux de distraction offerts, pendant l'hiver, au public des grandes villes, dans la saison d'été, les jardins s'ouvrent aux promeneurs désireux de respirer l'air et de ressentir un peu de fraîcheur. Ces vastes espaces où la foule se réunit le soir, jardins-concerts, cafés-concerts, etc., sont aujourd'hui presque tous éclairés par l'arc voltaïque. Le concert des Champs-Élysées à Paris fut l'un des premiers illuminés par ce procédé (fig. 107).

A Madrid, le *Prado* inaugura, en 1882, ce mode d'éclairage. (Voir page 209)

CHAPITRE XXI

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DES SALLES DE PEINTURE DES ÉCOLES DE DESSIN ET DES MUSÉES.

Après l'éclairage électrique des théâtres, nous devons parler de l'éclairage, par le même procédé, des musées et des salles de peinture.

C'est, avons-nous dit, pendant l'Exposition d'électricité, tenue à Munich, en 1882, que fut approfondie la question de l'application de la lumière électrique à l'éclairage des théâtres. C'est pendant la même Exposition que fut étudié l'éclairage des musées et des salles de peinture par l'électricité.

La ville de Munich est, on le sait, un grand centre artistique ; mais cette capitale ne se contente pas de donner l'hospitalité à de nombreux peintres et sculpteurs, et de recueillir, dans ses musées de peinture et de sculpture, les chefs-d'œuvre des maîtres anciens. Elle a, en outre, fait son industrie spéciale de la reproduction des objets d'art. Meubles, ustensiles, fers forgés du moyen âge, sont reproduits, avec beaucoup d'habileté et de goût, par les artisans bavares, qui ne manquent pas, d'ailleurs, pour cela, de modèles. Le Musée national de Bavière, sorte d'immense hôtel de Cluny, contient, non pas entassées, mais classées, de

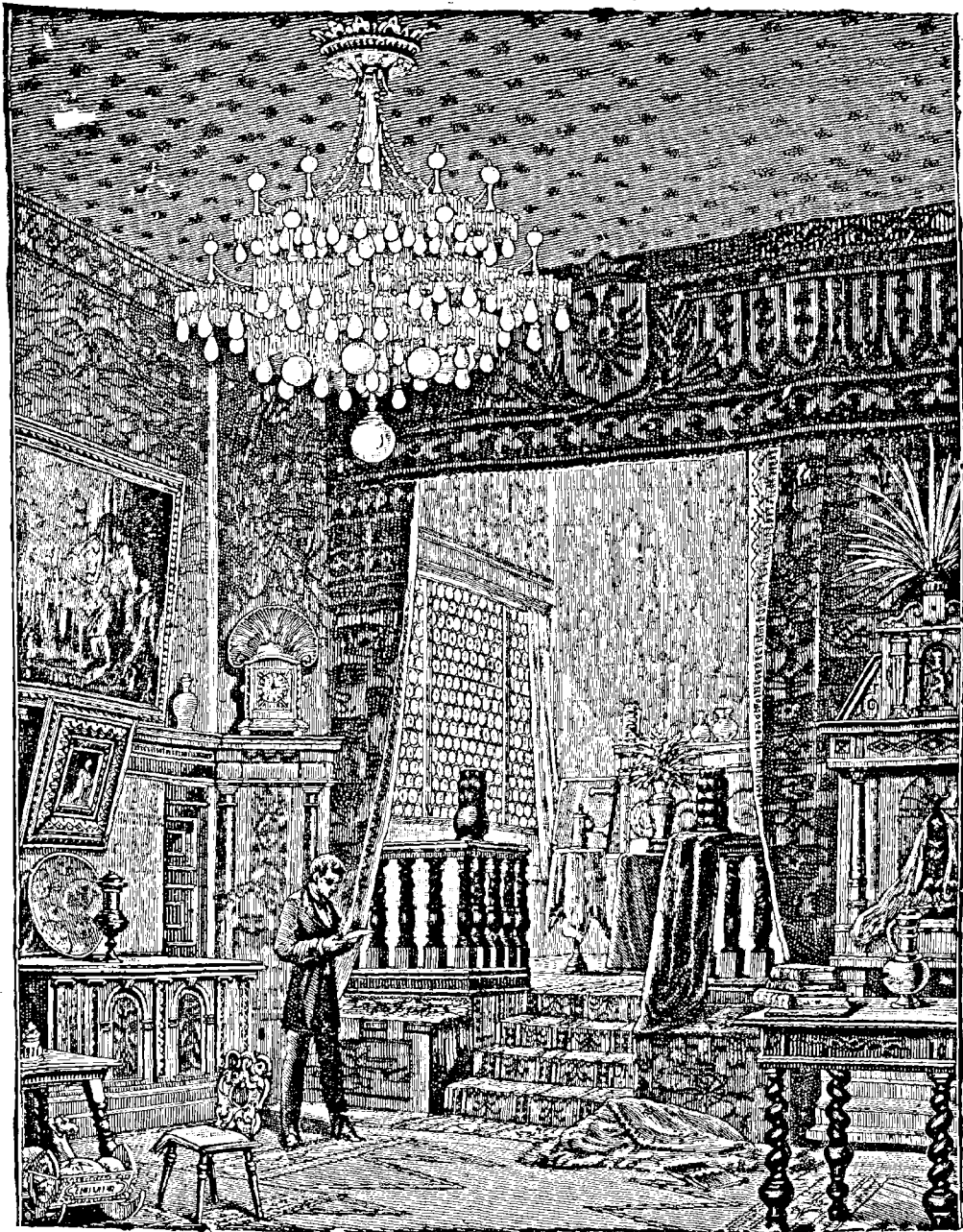


Fig. 168. — Salon d'objets d'art éclairé par un lustre de lampes à incandescence électrique.

la manière la plus méthodique, d'innombrables richesses artistiques, qui sont pour l'ouvrier autant de modèles à consulter.

On conçoit que dans un pareil milieu et avec de telles ressources, les fabricants qui avaient envoyé leurs appareils à l'Exposition d'électricité de Munich aient pu allier

à l'éclat de la lumière électrique l'élégance de leurs lustres. On pouvait s'en faire une idée en examinant la grande variété de dispositions données par les fabricants, aux appareils d'éclairage électrique.

Cet examen suffisait pour comprendre l'artiste peut tirer des appareils d'éclairage

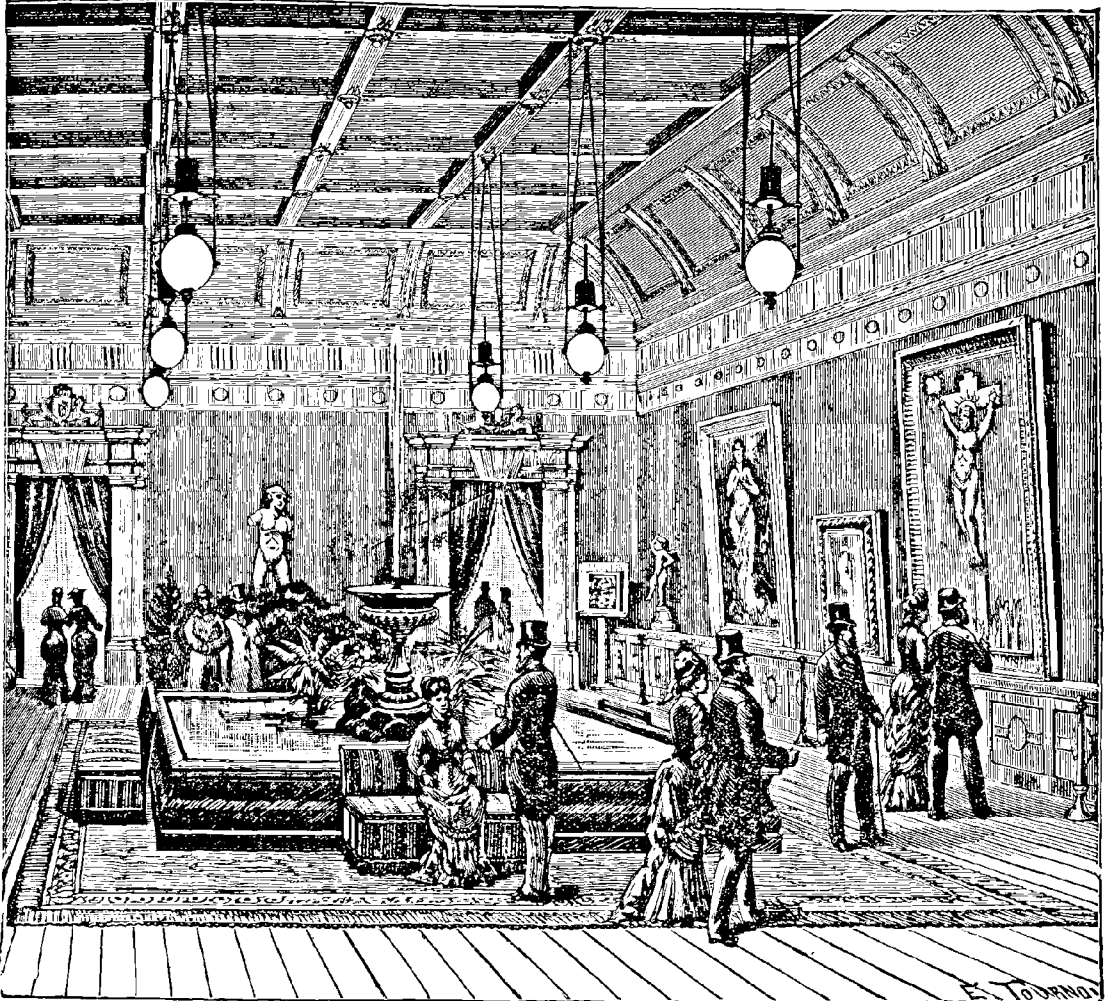


Fig. 109. — Un salon de peinture éclairé par l'électricité.

par incandescence un excellent parti. Moins lourdes que les becs de gaz, les lampes électriques par incandescence peuvent s'adapter à des lustres d'une grande légèreté, et comme elles ne dégagent qu'une quantité de chaleur très faible, on peut les disposer de toutes les façons possibles, sans avoir à craindre, comme cela a lieu pour le gaz, que les ornements placés directement au-dessus des foyers, soient endommagés par les émanations et les produits provenant de la combustion de l'hydrogène carboné.

C'est là un des avantages de l'éclairage

électrique, et un des éléments qui militent pour lui dans sa lutte contre le gaz. L'éclairage électrique, lorsqu'on se sert des lampes à arc voltaïque, est, pour la plupart des installations, bien supérieur au gaz, au point de vue du prix de revient, à intensité égale s'entend.

En revanche, les effets ornementaux sont plus difficiles à obtenir avec les foyers à arc voltaïque; mais on doit considérer que ces grands foyers sont surtout destinés à éclairer de grands espaces, soit des ateliers, pour lesquels la question artistique disparaît, sous

de vastes salles, comme celles des théâtres ou autres lieux de plaisir, et là, l'espace dont on dispose permet de résoudre plus aisément la question d'ornement.

Mais c'est surtout avec les lampes à incandescence, comme on vient de le voir, que cette dernière difficulté est aisément résolue; et cette facilité d'ornementation vient s'ajouter aux résultats déjà obtenus du côté du faible prix de l'éclairage électrique.

La lampe à incandescence avait paru, dès l'abord, devoir être d'un prix de revient fort élevé. Le peu de renseignements que l'on possédait sur ce sujet, l'indécision relative à la durée que l'on doit assigner à une lampe, avaient contribué à affermir le public dans cette opinion. Peu à peu, cependant, les installations se sont multipliées, les renseignements ont été obtenus progressivement, et l'on est arrivé à se rendre compte de ce fait, qu'il n'est pas difficile aujourd'hui d'installer un éclairage à incandescence revenant sensiblement au prix que coûte actuellement le gaz. On peut même dire qu'avec une fabrication soignée, la vie des lampes à incandescence peut être prolongée, et que, lorsqu'il s'agira d'installations un peu considérables, leur prix de revient sera certainement inférieur à celui du gaz. La nouvelle lumière aura, de plus, ses avantages bien connus, relativement à sa fixité et au peu de chaleur dégagée; et puisqu'elle se prête admirablement à des dispositions décoratives, elle est dès à présent prête, sous tous les rapports, à entrer en lutte avec le gaz.

Une des particularités que présente la lampe à incandescence, c'est la grande facilité avec laquelle on peut modifier la dimension des foyers. Les constructeurs ont généralement deux types de ces lampes, doubles l'un de l'autre, et l'on a pu, dans ces derniers temps, faire des lampes à incandescence presque microscopiques, de

véritables petits joujoux lumineux, qui se prêtent admirablement à différents effets décoratifs. C'est ainsi que, dans un des théâtres de Londres, on a vu de ces petites lampes alimentées par des accumulateurs portatifs, orner la tête des danseuses, dans un ballet, disposition des plus curieuses, que M. Trouvé, à Paris, en 1883, a su réaliser, de son côté, de la manière la plus charmante, dans des espèces de diadèmes lumineux, destinés à briller au front des danseuses des ballets et féeries. A l'Exposition de Munich, quelques vitrines d'objets d'art étaient éclairées à l'intérieur, de la façon la plus agréable, par des lampes à incandescence de très faibles dimensions, et l'on a vu des lampes à incandescence supportées par une statuette en bronze.

Mais arrivons à l'éclairage des musées et des salons de peinture et de sculpture.

Munich, depuis sa fondation en 1168, vit successivement s'élever ses divers monuments, qui semblent construits pour une immense cité, quoiqu'elle ne possède pas aujourd'hui deux cent mille habitants, en comptant la population des faubourgs. C'est surtout vers le dix-septième siècle, pendant le règne de Maximilien I^{er}, que commença sa réputation artistique. Ce prince ayant passé plusieurs années de sa jeunesse en Italie, en avait rapporté un goût très prononcé pour les arts. Il s'empressa, dès le commencement de son règne, de donner à sa capitale un aspect de grandeur et d'élégance, qui faisait déjà l'admiration des étrangers. Les souverains du siècle dernier, et le roi Louis, en particulier, ont continué avec ardeur les constructions de cathédrales, de palais et de musées, et c'est déjà sous Joseph-Maximilien IV que fut tracé le plan du faubourg Maximilien, qui est devenu la ville nouvelle, et où sont réunies à peu près toutes les grandes constructions modernes. C'est de 1825 à 1848,

sous le règne du roi Louis, que la plupart de ces édifices ont été construits. On peut admirer, à divers points de vue, le nouveau Palais, l'église de Saint-Louis, la Basilique, la Glyptothèque, la Pinacothèque, l'Odéon, la Bibliothèque, l'Université, la Manufacture de peinture sur verre, la Duhmeshalle, la Nouvelle Pinacothèque, la Siégistor, l'Isarthor, la Feldhernhalle, la maison d'éducation pour les demoiselles nobles, etc., etc. Presque tous ces monuments renferment des collections, uniques au monde, qui ont attiré, dans ce milieu si bien fait pour alimenter le feu sacré de l'art, une multitude de travailleurs, dont quelques-uns ont acquis une grande célébrité.

Les antécédents de la ville de Munich et le culte des beaux-arts, qu'elle entretient avec tant d'empressement, étaient de sûres garanties des efforts qui seraient tentés, pendant l'Exposition de 1882, pour étudier l'application de l'éclairage électrique, soit aux classes de dessin, le soir, soit pour les cours de peinture, soit enfin pour permettre d'étudier les chefs-d'œuvre des maîtres à des heures beaucoup plus commodes, et sans être limité, comme on l'a été jusqu'ici, par la durée, si variable, de la lumière du jour.

Aussi, dès que l'on commença à installer les diverses parties du Palais de Cristal de Munich pour l'ouverture de l'Exposition d'électricité, quelques salles furent-elles spécialement réservées, pour montrer aux visiteurs les applications de la lumière aux productions artistiques. Une galerie de tableaux, un modèle d'école de dessin, une chapelle, avec ses effets de boiseries sculptées, ses ornements gothiques et ses accessoires de toute sorte, avaient été disposés par le comité d'organisation.

La galerie de peinture, dont nous donnons, dans la figure 109 (page 197), une vue d'ensemble, devait au peintre Gedon l'heureuse disposition qu'elle présentait. Des tentures

rouges couvraient tous les panneaux de la grande salle, et formaient un fond très bien compris pour faire ressortir les larges bordures dorées des tableaux, et surtout les œuvres peintes qu'elles entouraient.

Il y avait, pour les communications avec les salles voisines, trois riches portes en simili-marbre, d'une architecture grandiose et sévère, qui s'harmonisait on ne peut mieux avec la décoration générale, un peu sombre. Au centre de la pièce, un large bassin rectangulaire portait, en son milieu, une vasque, de laquelle s'échappait un jet d'eau, des plantes vertes et des arbustes. Des figures décoratives, empruntées à la collection des plâtres de l'Université, complétaient cet ensemble, que les rayons intenses des lampes électriques à arc animaient et faisaient valoir, avec un éclat incomparable. Du reste, ce n'étaient là que les parties accessoires, car dans cette galerie on avait pu réunir une série de toiles des premiers artistes de Munich, parmi lesquels nous citerons : Gabriel Max, Franz von Lenbach, Fritz Aug. Kaulbach, Pighelm, Hermann Schneider, Albert Keller, Joseph Brandt, Gedon, Neubert, V. Miller, V. Cramer, qui avaient gracieusement envoyé leurs œuvres. Les maisons Eumpel-Mayret Fleischmanne, de Munich, Lehmann, de Prague, avaient aussi mis des tableaux fort intéressants à la disposition du Comité.

Quoique des expériences bien suivies n'aient pu être organisées pour apprécier les effets de lumière, dans le salon de peinture, on a pourtant pu se rendre compte des services que rendrait le nouvel éclairage, pour remplacer la lumière du jour, et il a été démontré que les grands foyers à arc voltaïque pouvaient parfaitement suppléer la clarté solaire. M. Franz Van Langbach s'était mis, dans son atelier, à la disposition du Comité, pour prouver qu'il était possible de peindre à la lumière électrique. Le célèbre peintre, chez lequel on avait à

tallé une lampe à arc voltaïque, fit des séances de peinture, et montra qu'en dirigeant les rayons lumineux directement sur la toile par la gauche et en arrière, on peut travailler comme en plein jour. Il exécuta un portrait, pendant ces intéressantes expériences, et on put se convaincre que les modelés avaient la même finesse de tons que dans les œuvres du même artiste accomplies pendant la journée.

Le Comité put ainsi acquérir la certitude que l'on peut, avec la lampe à arc voltaïque de M. Schukart, qui fut employée dans cet essai, distinguer, sur la palette, les plus délicates nuances et exécuter un mélange de couleurs quelconques, pour produire tous les tons des carnations les plus tendres. Dans l'atelier, de dimensions relativement restreintes et tout rempli d'ébauches et d'études, aux couleurs encore fortement accentuées, la lumière électrique ne paraissait pas, comme on aurait pu s'y attendre, d'un ton bleuâtre et froid : elle était chaude, comme la lumière solaire, surtout quand on était resté dans la pièce pendant un certain temps.

Ces résultats montrent nettement qu'il serait possible de rendre accessibles, le soir, les galeries et les musées ; ce qui constituerait un immense avantage pour ceux qui se livrent aux études du dessin et de la peinture, et activerait encore la production artistique.

D'après le rapport officiel de l'Exposition de Munich, les meilleures méthodes pour obtenir un éclairage électrique convenant aux galeries d'art, seraient les suivantes.

« La première méthode, dit ce rapport, était celle qu'avait mise en avant M. l'ingénieur Oscar von Miller suivant le système de Jaspar ; elle ne put être employée, parce qu'on n'avait pas à sa disposition assez de lumière.

Il proposait d'éclairer le salon de peinture au moyen d'une lampe à arc voltaïque d'au moins 10,000 bougies, placée de telle façon que le foyer restât caché aux yeux

à la

tableaux par double réflexion. Une fontaine avec bassins, élevée au milieu de la salle, aurait servi à supporter cette lampe et sa partie supérieure aurait été construite en forme de réflecteur. La lumière émise par cette lampe et celle renvoyée par le réflecteur auraient été reçues et réfléchies par un plafond blanc et or auquel, pour donner un ton plus chaud à la lumière, on aurait pu mêler une pointe de jaune. C'est par ce plafond que la lumière aurait été renvoyée sur les murs et les parties basses de la salle. On aurait obtenu par ce mode d'éclairage une lumière très régulière, impressionnant agréablement l'œil, et qui, vraisemblablement, comme la lumière diffuse en général, aurait fait un très bon effet sur les tableaux. On pouvait craindre cependant que cet éclairage n'eût pas assez d'éclat pour donner aux tableaux toute leur valeur. Des essais préliminaires, faits avant l'Exposition par la maison Riédinger, en présence de plusieurs artistes, dans la grande salle des Trois Maures d'Augsbourg, ont montré, comme cela avait été reconnu dans l'atelier de Lenbach, que la lumière électrique directe augmente essentiellement l'effet des tableaux.

Une autre méthode d'éclairage de la galerie de peinture eût été de construire dans cette salle un double plafond et de disposer dans l'intervalle un certain nombre de réflecteurs dans l'intérieur desquels se trouveraient des lampes à arc. La forme de ces réflecteurs est très importante, car on sait que la lumière à arc envoie son cône de lumière surtout en arrière, et des réflecteurs placés au-dessus de ce cône seraient complètement inutiles. Si l'on veut donc éclairer d'une façon intense les murs d'une galerie de tableaux, il faut d'abord que la section transversale du réflecteur soit placée obliquement à la muraille, en outre le profil de la section doit être calculé de telle façon que la plus grande fraction possible du cône de lumière soit embrassée par lui.

Cette méthode aurait l'avantage que la lumière vive n'éclairerait directement que les murs destinés à être garnis de tableaux, tandis que, comme dans la première méthode, le spectateur est complètement à l'abri de la lumière intense directe de l'arc, de sorte qu'il peut se livrer sans trouble à l'examen des œuvres d'art. »

A côté de la galerie de peinture qui avait été aménagée pour montrer combien les œuvres d'art peuvent être appréciées à la lumière électrique, et quels services l'application des nouveaux procédés rendrait au public, en doublant la durée du temps pendant lequel les galeries et les musées resteraient ouverts, on avait aussi voulu dispenser un modèle d'école de dessin.

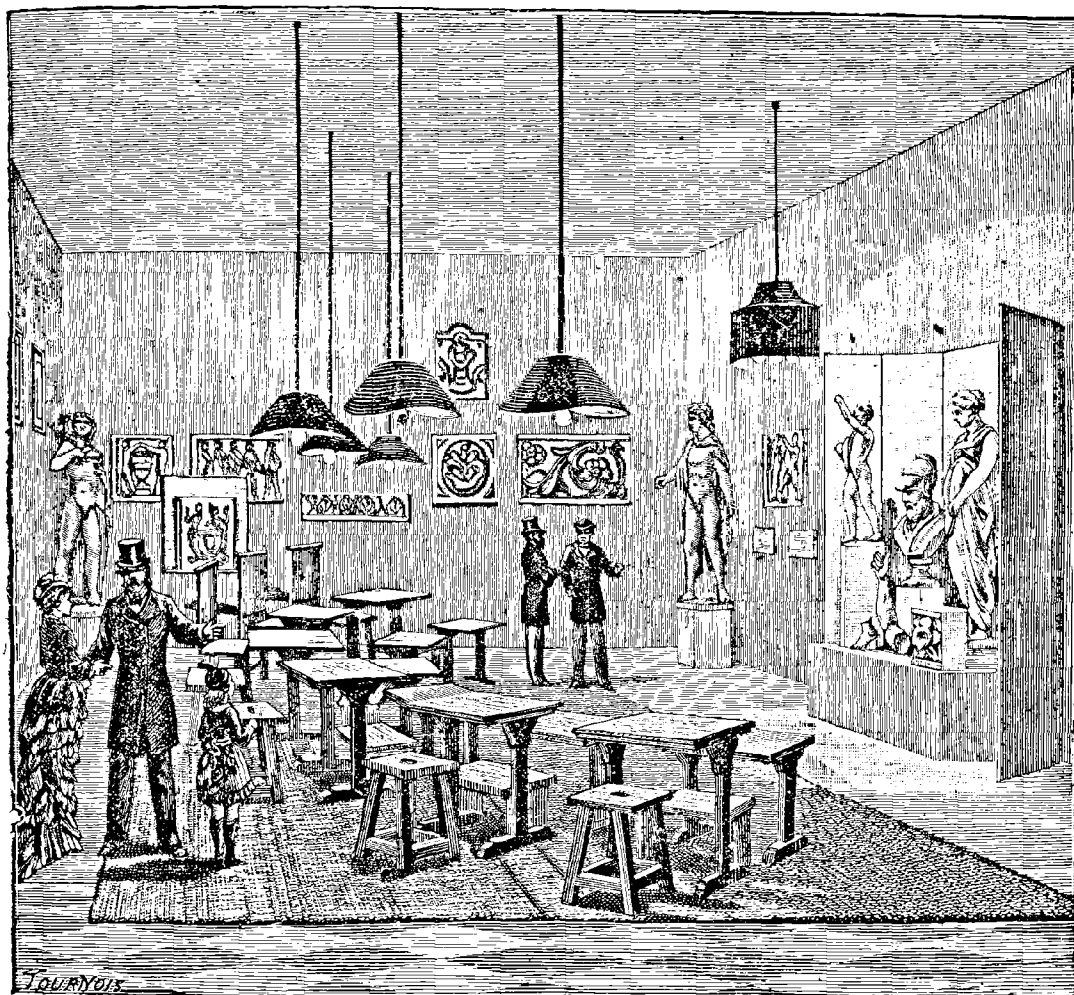


Fig. 110. — Ecole de dessin éclairée par l'électricité.

Le peintre Langbach fit, dans son atelier, un grand dessin, pour prouver que les dessinateurs n'auraient plus, à l'avenir, à compter avec les difficultés d'éclairage qui sont souvent si graves pour eux, lorsque des œuvres importantes, commencées dans la période des courtes journées, doivent être prêtes, comme chez nous, par exemple, pour le Salon annuel, dans le courant du mois de mars. Aujourd'hui que les procédés sont devenus suffisamment pratiques, les installations électriques ne tarderont pas à se multiplier dans les ateliers particuliers, et ces terribles journées d'hiver, pen-

dant lesquelles la nuit vient si vite, et qui ne permettent souvent que des séances très médiocres, par suite des brouillards ou des nuages obscurcissant le ciel, ne seront plus un obstacle à l'achèvement des travaux artistiques.

Comme l'Exposition de Munich avait été conçue dans un but tout à fait pratique, il était naturel que cette importante question de l'éclairage artistique fût étudiée avec soin, au point de vue expérimental; ce que n'a pas manqué de faire le Comité d'organisation. Nous donnons dans la figure 110 ci-dessus la vue perspective d'une salle dis-

posée en école de dessin, avec ses tables pour les élèves, ses modèles d'ornementation et divers spécimens de moulages de la statuaire antique ; tout cela éclairé par une série de lampes à incandescence et n'attendant que les artistes en herbe et leurs professeurs pour faire apprécier la valeur du nouvel éclairage.

Cette démonstration a, du reste, été complète, comme on peut le voir dans les lignes suivantes, que nous empruntons encore au Rapport officiel

« Les essais faits en prenant en considération l'importance de nos écoles du soir ont été particulièrement appuyés par la direction de l'École des beaux-arts et de l'industrie de Munich, et le professeur Strahuber a sacrifié une partie de ses vacances pour s'occuper de l'organisation de la salle de dessin. Les résultats obtenus furent très-satisfaisants, car on reconnut qu'avec la lumière Edison, employée après que la maison Siemens et Halske eut retiré son concours, on pouvait faire les dessins les plus délicats sans fatigue des yeux. Cela était dû en partie au faible dégagement de chaleur et à la fixité complète de la lumière. Des essais de dessin furent faits chaque soir par les élèves de l'École des beaux-arts et de l'industrie, et dans ce cas on put réunir un nombre d'expériences suivies qui, comme nous l'avons dit, sont on ne peut plus favorables aux projets d'établissement d'écoles de dessin du soir éclairées par les nouveaux procédés que fournit l'électricité. Des salles d'école et des amphithéâtres éclairés de cette façon constitueraient un véritable bienfait, et plus tard, quand les prix d'installation de la lumière électrique auront subi la réduction naturelle, qui ne peut manquer de se produire, et que l'application générale de cet éclairage aura fait son chemin, on ne pourra plus comprendre comment on a pu si longtemps laisser compromettre, dans des salles éclairées au gaz, la santé et la vue des enfants ainsi que celles des professeurs. A l'heure qu'il est, même, le prix du nouvel éclairage n'est pas trop élevé relativement à ses précieuses qualités, pour que l'on ne s'empresse de l'adopter dans tous les cours du soir où se réunit la jeunesse studieuse. »

Les considérations hygiéniques auxquelles se livre le rapporteur ne sont certainement pas à négliger, la vue des enfants devant s'altérer bien vite dans les études du dessin, si ces études sont continuées

avec le triste éclairage dont nous disposions jusqu'ici. C'est donc une amélioration capitale qui serait ainsi introduite dans tous les centres importants où se réunissent des élèves pour les écoles de dessin du soir, pour les classes de modèle vivant en peinture. Ce n'est plus même seulement une amélioration, c'est une vraie création, puisqu'on rendra ainsi possible ce qui ne pouvait avoir lieu dès que le soleil était descendu au-dessous de l'horizon

CHAPITRE XXII

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE A DOMICILE. — L'USINE CENTRALE CRÉÉE PAR M. EDISON POUR LA DISTRIBUTION DE L'ÉLECTRICITÉ DANS UN QUARTIER DE NEW YORK. — CRÉATION D'USINES CENTRALES EN D'AUTRES VILLES D'AMÉRIQUE. — L'USINE CENTRALE DE PADDINGTON, A LONDRES. — L'USINE CENTRALE DE MILAN, DE BERLIN ET DE ROME. — TABLEAU DES AVANTAGES DE L'ÉLECTRICITÉ COMME AGENT D'ÉCLAIRAGE A DOMICILE. — CONCLUSION GÉNÉRALE CONCERNANT LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE COMPARÉE AUX AUTRES MODES D'ÉCLAIRAGE.

Le succès pratique obtenu par l'éclairage par incandescence, a fait naître l'idée d'établir ce genre d'éclairage à domicile. Mais il était indispensable, pour réussir, de pouvoir créer une usine centrale, produisant l'électricité, et grâce à une canalisation, analogue à celle du gaz, de distribuer le courant électrique à différents brûleurs répartis dans les pièces d'une maison, dans les salons, les chambres, etc.

Edison est parvenu à réaliser ce curieux programme pour un quartier de New York.

On voyait à l'Exposition d'électricité de Paris, de 1881, le plan d'ensemble qui avait été arrêté par l'ingénieur américain, pour l'éclairage du quartier situé entre Wall-street, la grande artère commerciale de New York, et le quai du Sud, qui fait face au port. Ce quadrilatère a environ un kilomètre carré de superficie. Vers le centre du quartier se trouve la station cen-



Fig. 111. — Plan du quartier de Wall-street, à New York, éclairé par l'usine centrale d'électricité d'Edison.

trale d'électricité. On avait noté, sur ce plan, 12 chaudières, capables de fournir la vapeur nécessaire pour faire marcher 12 machines dynamo-électriques, actionnant 12,000 lampes, ce qui représente une source d'environ 15,000 chevaux vapeur.

Le plan conçu par Edison a été mis à exécution, en 1884.

De l'usine centrale rayonnent en tous sens, de gros conducteurs en cuivre, appelés *conducteurs principaux*, se bifurquant à

droite et à gauche, comme des conduites d'eau et de gaz, pour longer toutes les rues. La maison de chaque abonné, est reliée aux conducteurs principaux par une conduite, dite *conduite d'immeuble*, dont la grosseur est proportionnée aux besoins de la maison.

La figure ci-dessus donne le plan du quartier de New York desservi par l'usine centrale d'Edison, qui, construite d'abord pour desservir 12,000 lampes, en alimente aujourd'hui plus de 16,000.

Les abonnements à la lumière sont établis sur la base de l'intensité du courant qui traverse le compteur; rarement une contestation s'est élevée à ce sujet.

Tous les jours il est procédé au relevé de la dépense d'un certain nombre de compteurs, dans les différents districts.

La totalité du courant fourni est enregistrée dans la station, par un compteur mécanique à cadran, dont l'exactitude a été constatée. Les compteurs particuliers et le compteur général, sont ainsi contrôlés l'un par l'autre.

La lumière est fournie à peu près au même prix que le gaz : 4 1/5 cent. (6 centimes français).

Il faut noter que le district éclairé par la station n'est entièrement composé que de bureaux, de magasins, de banques, etc., qu'il n'y a ni maisons particulières, ni théâtres, ni restaurants, ni cafés, et que, néanmoins, le rendement est avantageux. Ce fait démontre que la première station de New York a pu être établie avec un bénéfice suffisant, tout en acceptant les conditions de l'éclairage au gaz, quant à la livraison, au mesurage et au prix.

En résumé, la station centrale de New York fonctionne dans les meilleures conditions.

La station centrale de New York n'est pas la seule qui ait été établie aux États-Unis. Des capitalistes, des groupes de citoyens, ont, avec l'initiative qui caractérise les Américains, créé des stations d'éclairage dans quelques villes secondaires, comme Boston, et dans un certain nombre de petites villes manufacturières, ayant une population de 20 à 50 mille habitants.

Plus d'une vingtaine de ces usines centrales, qui n'ont commencé qu'avec quelques centaines de lampes, en alimentent aujourd'hui plusieurs milliers chacune, et donnent une bonne rémunération aux capitaux engagés.

A titre de renseignement et pour permettre au lecteur de se faire une idée plus complète des usines centrales d'électricité existant aux États-Unis, nous donnons ci-dessous la traduction d'un article de l'*Evening-Standard*, de New Bedford (État de Massachusetts), qui publiait le rapport fait à une assemblée générale, par un comité nommé par des capitalistes, pour examiner sur place les conditions d'établissement et d'exploitation des diverses stations centrales de lumière Edison fonctionnant dans les villes voisines de New Bedford. Ce rapport eut pour résultat immédiat la constitution à New Bedford d'une société de station centrale d'éclairage électrique Edison, au capital provisoire de 80,000 dollars.

Ce rapport est ainsi conçu :

« On a inspecté d'abord la station de la Compagnie à Falt-River, État de Massachusetts. C'est un bâtiment de 80 pieds de long sur 40 de large, contenant deux chaudières de la force de 75 chevaux-vapeur; deux moteurs, un de 125 chevaux-vapeur et l'autre de 35; deux dynamos, un de 450 lampes et 2 carcels et un de 300, ayant une capacité totale de 1600 lampes de 10 bougies ainsi que tous les appareils nécessaires pour l'exploitation d'une station centrale tels que : bobines de résistance, indicateurs de pression et de courant, balances, instruments de mesures, etc.

La station, y compris trois milles de conducteurs, les boîtes de jonction, les connexions, coûte 45,000 dollars environ.

Avant la prise de possession par la Société, la station a été exploitée avec succès pendant un mois par la Compagnie de construction Edison de New York sous la direction du personnel de M. Edison.

Les tubes des principaux conducteurs de cette station sont assez gros pour que la capacité de la station soit portée à 4,800 lampes. Le devis est basé sur l'emploi de lampes de 16 bougies de 140 ohms de résistance et de 8 à 9 lampes par cheval-vapeur.

Pour produire de la lumière, il y a plus d'économie à se servir de lampes à haute résistance.

Le Comité fut informé que M. Edison était en train de faire des essais pour établir une lampe ayant une résistance de 500 ohms. S'il réussit, la capacité d'une installation comme celle dont nous parlons peut être doublée moyennant une dépense relativement faible.

Les dynamos qui ont commencé à fonctionner au mois de janvier dernier, alimentent maintenant 4,000 lampes; ils fonctionnent jusqu'à minuit, et,

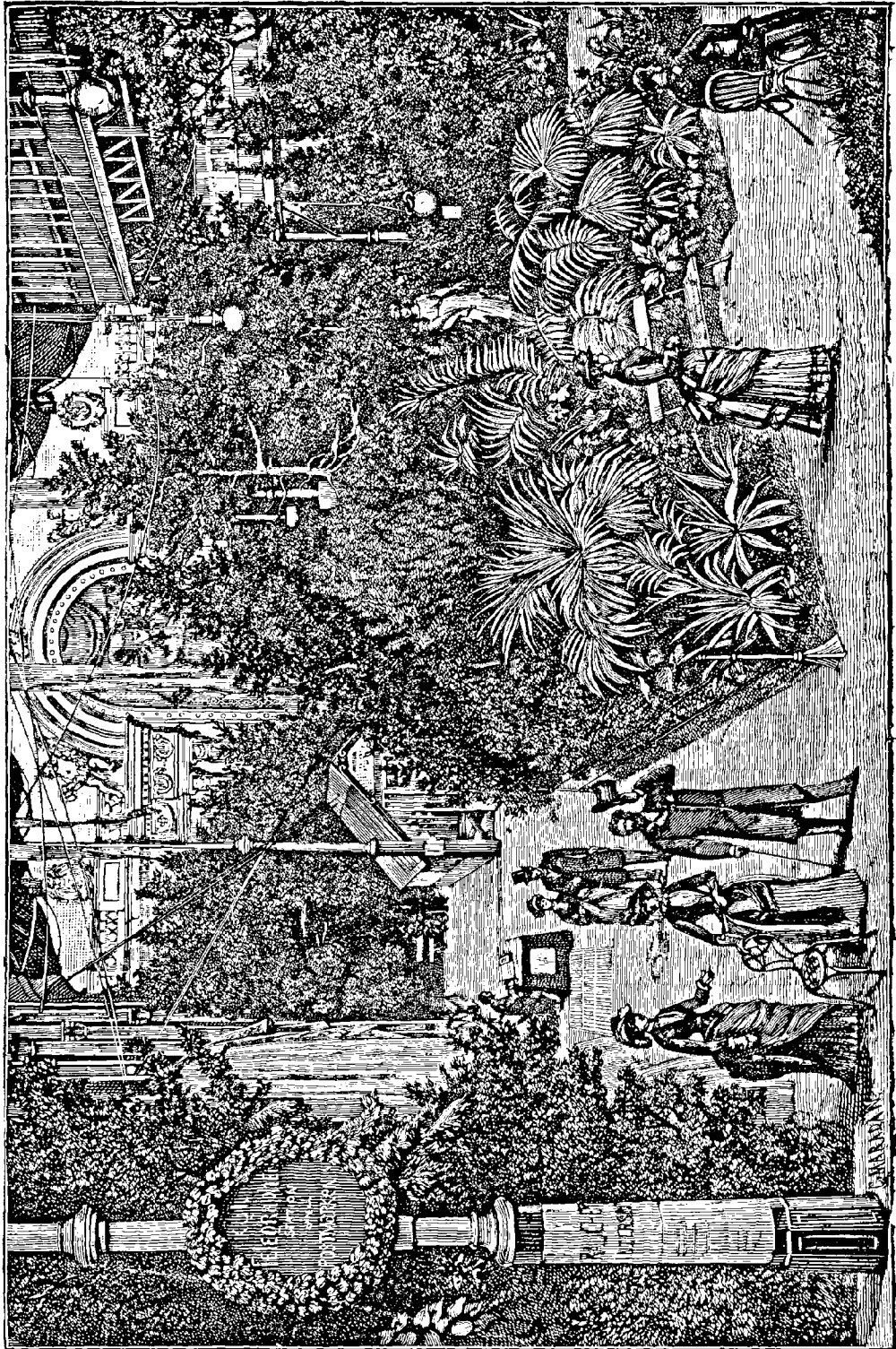


Fig. 412. — Jardin public, à New-York, éclairé par l'électricité.

sous peu, quand un plus grand nombre de maisons seront reliées, ils fonctionneront toute la nuit.

La lumière est vendue à un prix à peu près identique à celui du gaz, c'est-à-dire deux dollars par mille pieds cubes, soit 30 centimes par mètre cube. Depuis l'introduction de cette nouvelle lumière dans la cité, le prix du gaz a été sensiblement réduit.

Tous les jours de nouvelles lampes sont ajoutées et, dans son enquête, le Comité a constaté que les clients avaient une préférence marquée pour la lumière Edison. Quelques-uns ont déclaré qu'ils la payeraient même plus cher que le gaz à cause de sa sécurité, de sa fixité et autres avantages qu'elle a sur le gaz.

Le 16 avril, le Comité, accompagné de MM. Lemuel, T. Terry et George F. Kingman, membres associés, ont visité Brockton. C'est la première ville dans laquelle le nouveau système de conducteur à trois fils a été employé.

L'installation a été créée par quelques capitalistes de Boston, qui savaient que Brockton était une ville d'avenir; plus de 200 lampes ont été ajoutées et la Société a des commandes pour en ajouter plus de 500 autres.

Le Comité n'a pas cru nécessaire de visiter la ville de Lawrence où il y a une station installée depuis décembre 1882 et qui compte actuellement 2,000 lampes de 10 bougies, quatre dynamos de 400 lampes, deux de 300, deux machines à vapeur de 136 chevaux et une de 35. On y installe en ce moment deux chaudières supplémentaires.

Cette station fonctionne sans interruption, car elle a à éclairer jour et nuit une usine qui emploie 200 lampes.

Ici comme partout ailleurs les clients sont satisfaits de la lumière; ils disent que, tout en payant le même montant, on leur donne plus de lumière qu'avec le gaz.

Les appareils pour la production de la lumière électrique sont continuellement perfectionnés et les Compagnies locales qui se forment bénéficient des avantages de ces perfectionnements sans avoir à payer des redevances supplémentaires.

En présence des faits ci-dessus le Comité ne peut qu'exprimer sa satisfaction de voir que la lumière électrique Edison est sortie de sa période d'essai et que sa qualité, sa fixité et l'absence de tout danger rendent son emploi des plus avantageux.

L'organisation de la Société de New Bedford n'est donc pas douteuse puisque sa création est devenue une nécessité. »

(*Suivent les signatures.*)

Par ce qui précède, on voit que l'éclairage des villes au moyen de stations centrales de lumière électrique, est devenu pratique aux États-Unis.

Plusieurs autres villes des États-Unis ont créé, disons-nous, des centres de distribution de lumière électrique, et leur nombre s'accroît chaque jour. Nous réunissons, dans le tableau suivant, les villes des États-Unis qui, en 1887, possédaient des usines centrales pour la production de l'électricité.

NOMS DES VILLES	SITUATION	NOMBRE DE LAMPES
Bellefaste.....	Pensylvanie.....	800
Middletown.....	Ohio.....	500
Williamsport.....	Pensylvanie.....	3200
Pique.....	Ohio.....	1000
Newburgh.....	New York.....	2400
Tiffin.....	Ohio.....	1000
Fall-River.....	Massachusetts.....	2500
Hazleton.....	Pensylvanie.....	1000
Lawrence.....	Massachusetts.....	3200
Shmokin.....	Pensylvanie.....	2400
Brockton.....	Massachusetts.....	2400
Cireleville.....	Ohio.....	1050
Cumberland.....	Maryland.....	1000
Des Moines.....	Iowa.....	1000
Appleton.....	Wisconsin.....	500
Harrisburg.....	Pensylvanie.....	4800
Westchester.....	Pensylvanie.....	1600
Johnstown.....	Pensylvanie.....	1000
Tamaqua.....	Pensylvanie.....	1600
Mekeesport.....	Pensylvanie.....	1600
Nouveau-Brunswick	Nouveau-Jersey.....	1600
Boone.....	Iowa.....	600

L'Europe n'a pas tardé à suivre l'exemple donné par l'Amérique. En Angleterre, Londres; en Italie, Milan et Rome; en Allemagne, Berlin, possèdent des usines centrales d'électricité. Nous en avons trois en France: à Saint-Étienne, à Dijon, à Tours.

La station centrale de Londres éclaire le quartier Paddington. Le district à éclairer a une superficie de 24 hectares et une longueur de 2,400 mètres environ. Il comprend la gare des voyageurs de Paddington, avec tous ses services; le Great Western Hotel; Goods station; Royal ock station; Locomotive Station; Westbourne station, et toutes leurs dépendances; les cours, les routes, et chemins d'accès aux diverses gares, et la ligne de Westbourne-Park à Paddington.

La lumière est répartie entre 4,115 lampes à incandescence, de 25 *candles* chacune;

98 lampes à arc, chacune de 3,500 *candles*, et 2 lampes à arc, de 12,000 *candles* chacune. La lumière totale fournie serait équivalente à 30,000 becs de gaz ordinaires.

Comme dans le cas du gaz, les lampes, affranchies du contrôle des entrepreneurs, sont entièrement placées sous la surveillance des consommateurs.

Les machines dynamo-électriques tournent jour et nuit. Toutefois, le courant est interrompu pendant trois heures, dans la journée du dimanche, en vue des essais.

Le service, commencé en avril 1886, a marché jusqu'à ce jour sans mécompte.

Les lieux à éclairer sont parcourus par un double système de conducteurs principaux : la moitié des lampes sont placées sur un circuit l'autre, moitié sur l'autre, et ces deux circuits sont reliés à des machines différentes. On évite ainsi les extinctions totales, en cas d'accident.

La salle des machines, située près du pont de Westbourne, occupe la position centrale du district.

Sur trois machines employées, l'une est en réserve. Le poids de chacune est de 45 tonnes, dont 22 pour les disques inducteurs mobiles. Le diamètre de ceux-ci est de 2^m,95 ; ils tournent 146 fois par minute.

Chaque machine fournit une intensité de courant de 2,000 *ampères*, lorsque toutes les lampes fonctionnent, sous une force électro-motrice de 150 *volts*.

Les grandes machines dynamo-électriques sont excitées séparément, par trois machines Crompton, à courant continu, mues directement par un moteur Willans. Suivant le nombre de lampes en fonction, la vitesse des petites machines varie de 200 à 300 tours.

La vapeur produite dans neuf grands générateurs du type des chaudières de locomotive, est amenée aux machines, par une double canalisation, afin de parer aux éventualités de réparations sans interrompre le service.

Jamais plus de cinq ou six chaudières ne sont utilisées à la fois.

Leur alimentation est assurée par de l'eau de trois provenances différentes. Elle peut être introduite dans les chaudières : 1° froide, par pression hydraulique des accumulateurs ; 2° par des injecteurs ; 3° chaude, par une pompe à vapeur et un béliet hydraulique spécial.

L'appareil distributeur est placé dans une galerie de la chambre des machines ; il consiste en un commutateur principal et en un appareil de division, dû à Gordon.

La table du commutateur est en ardoise ; elle a 5 mètres de longueur, sur 2 de hauteur. Elle permet de relier chaque dynamo à l'un des circuits ou à tous les deux, ou bien encore de mettre une excitatrice en connexion directe avec les circuits. La substitution d'une dynamo à une autre, peut s'opérer sans interrompre l'éclairage, et sans abaissement perceptible de la lumière. Une partie quelconque du réseau peut être séparée pour les essais.

Les centres d'alimentation consistent en des espèces de buffets, placés, chacun, au point central de son district, pourvus de tableaux commutateurs, qui distribuent le courant aux divers endroits à éclairer, et permettent la disjonction d'avec la branche principale du conducteur, pour localiser immédiatement un défaut quelconque. La galerie de la salle des machines dynamo-électriques est en relation téléphonique avec chacun des centres. Tous les conducteurs principaux sont souterrains.

Les lampes à incandescence sont en dérivation.

Les lampes à arc, réunies par deux en série, sont placées en dérivation sur les conducteurs des lampes à incandescence.

L'installation électrique est entourée des précautions de sécurité qui la garantissent contre tout risque d'incendie.

La chambre d'essais est munie de galvanomètres à réflexion et d'appareils nécessaires à l'examen permanent de l'état des conducteurs principaux.

Un défaut peut être décelé dans les limites de 4 à 5 mètres de distance.

En résumé, l'usine centrale de Paddington peut être considérée comme un très bon modèle du genre.

Milan possède l'usine centrale d'électricité la plus remarquable de l'Europe, et peut-être des deux mondes. La place nous manquerait pour décrire, avec les développements nécessaires, l'*usine de Sainte-Radegonde* : nous nous contenterons de quelques indications sommaires.

L'*usine de Sainte-Radegonde* a été créée par la *Société générale d'électricité*, résidant à Milan. La société a acheté l'immeuble de l'ancien théâtre, situé près de la place du Dôme; elle a démoli ce théâtre, et construit, à sa place, la nouvelle usine.

L'usine de Sainte-Radegonde, commença à fonctionner en 1883. En 1884, elle alimentait environ 5,500 lampes.

Les édifices ou maisons éclairés sont : le théâtre de la Scala, — le théâtre Manzoni, dont nous avons déjà parlé, — l'hôtel de ville, — l'hôtel de Milan; — le cercle de l'Union, — le café Cova, — le cercle des Artistes, — le cercle Industriel, — le cercle des Négociants, — le théâtre des Philodramatiques, — la Caisse d'épargne, — le magasin des Villes d'Italie, — la banque générale, — l'imprimerie du *Secolo*.

Le réseau des conducteurs est formé de fils de cuivre, de 93 millimètres carrés de section, qui s'étendent sous le pavé, de chaque côté des rues desservies par l'usine.

Le courant est distribué à ce réseau par des conducteurs, également souterrains, dont la section varie de 250 à 600 millimètres carrés. Ils partent de l'usine, en y recueillant le courant des machines dynamo-

électriques, après qu'il a passé par des régulateurs séparés de chaque conducteur, pour le porter à des points du réseau choisis de façon à égaliser, à 2 0/0 près, la force électro-motrice, chez tous les consommateurs.

Celle-ci peut être réglée à l'usine selon le besoin, autant au moyen des régulateurs du champ magnétique des machines dynamo-électriques que par les régulateurs des conducteurs d'alimentation.

Le tarif adopté à Milan par la *Société générale italienne d'électricité*, est de 4 centimes par heure, pour une lampe de 16 bougies, plus une somme constante de 35 francs par an, en proportion, pour les lampes de 8, 10 et 32 bougies.

Cependant on a récemment adopté le compteur Edison, de façon que plus de la moitié des consommateurs est au régime du compteur. Au fur et à mesure que les anciens contrats arrivent à leur terme, on les renouvelle, sur la base du compteur

Des essais faits pendant longtemps ont démontré la précision absolue du compteur Edison, et comme on a laissé aux consommateurs eux-mêmes le soin de vérifier ses résultats, il inspire à présent la plus grande confiance. C'est ce qui permettra l'abolition de la constante annuelle et la réduction du tarif à un tant par heure, une fois le compteur appliqué à tous les consommateurs.

Le développement de l'éclairage électrique, à Milan, a été très rapide. Au premier janvier 1885, le nombre des lampes installées était de 5,530; au premier janvier 1886, les lampes installées étaient de 7,596, et celles en cours d'installation de 325, ce qui fait un total de 7,921 lampes à incandescence, auxquelles il faut ajouter 71 lampes à arc voltaïque installées et 30 en cours d'installation : en tout 101 lampes à arc

Ces lampes sont distribuées dans les quartiers du centre de la ville.

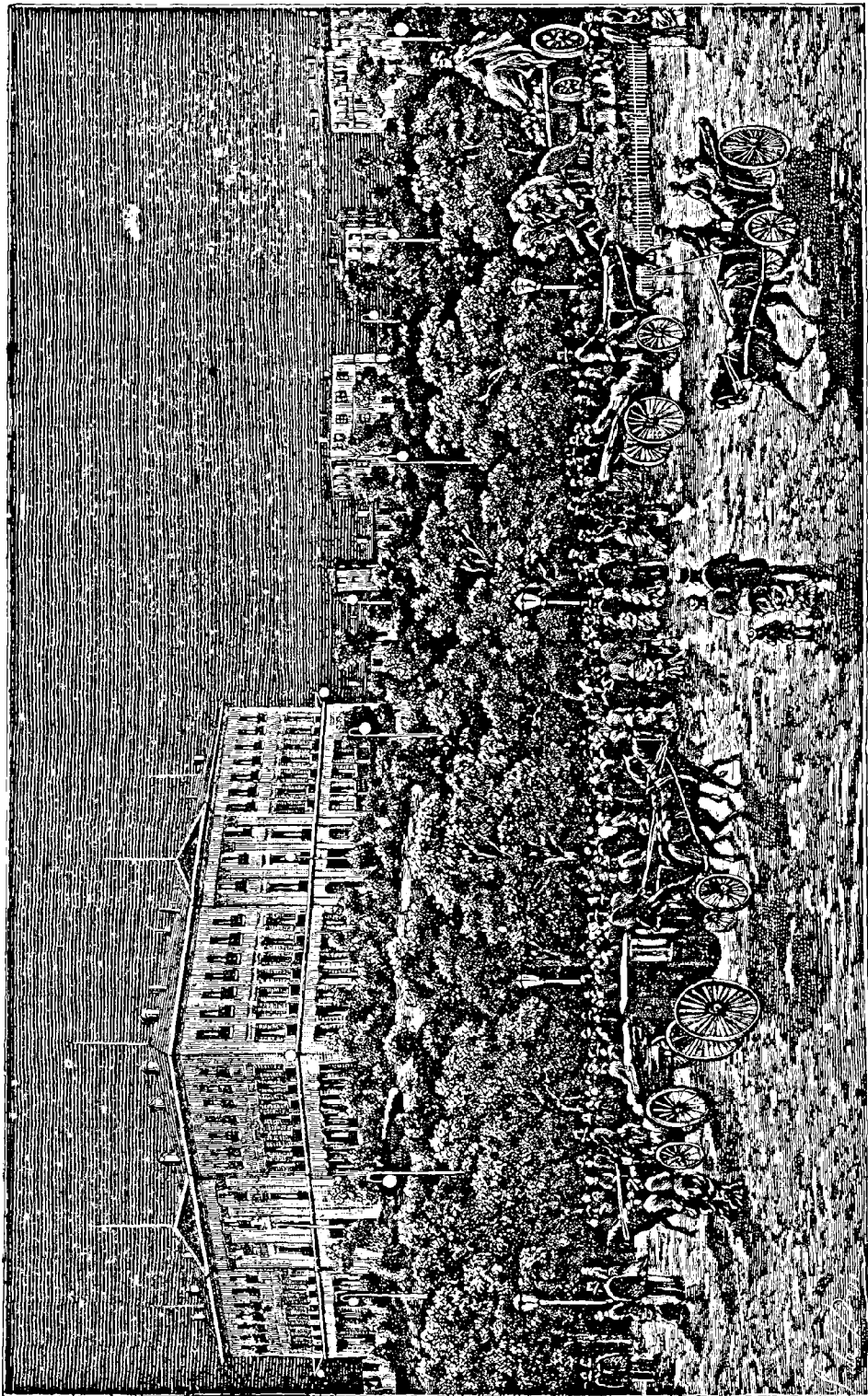


Fig. 113. — Promenade publique éclairée par la lumière électrique (le Prado de Madrid).

L'usine centrale d'éclairage électrique de Milan donne des résultats fort encourageants pour des entreprises de même nature, d'autant plus qu'elle a dû se constituer au milieu des mille difficultés qu'une installation de ce genre devait présenter à ses débuts. A l'époque où cette usine fut fondée, c'est-à-dire en 1883, il n'y avait d'autre exemple de modèle que celle de New York, et on ne songeait pas encore, en Europe, à créer des installations centrales de cette importance.

Il nous resterait à parler de l'usine centrale de Rome et de celle de Berlin ; mais nous ne pourrions que répéter à leur sujet ce que nous avons dit à propos de l'usine de Paddington, de Londres, qui donne une idée suffisante de ces deux dernières installations.

Même remarque pour les installations, encore plus modestes, que nous possédons, en France, à Saint-Étienne, Dijon et Tours.

En résumé, les usines centrales pour la production d'électricité sont aujourd'hui assez nombreuses pour que l'on puisse considérer comme résolu le problème d'éclairer tout un quartier de ville par l'électricité fournie par une seule usine.

Dans les villes comme Paris, qui sont encore à attendre un établissement pour la fabrication industrielle de l'électricité, on est forcé de faire usage d'une machine à vapeur, pour chaque immeuble, établissement ou édifice à éclairer. L'électricité est, ainsi, bien plus chère à produire que si elle était engendrée dans une usine centrale, d'où elle serait expédiée par des conducteurs souterrains.

Mais une machine à vapeur ne peut pas être établie partout. Les lois et règlements prescrivent, pour l'installation d'une machine à vapeur à l'intérieur des villes, une série de conditions, auxquelles il faut se conformer ; et les propriétaires consentent bien rarement à laisser installer chez eux une machine à vapeur. Alors, on a recours au

moteur à gaz, c'est-à-dire à la machine, dans laquelle la dilatation de l'air provoquée par la combustion d'un courant de gaz brûlant à l'intérieur, chasse un piston dans un cylindre, et développe un effort mécanique, qui peut remplacer, pour les petites forces, la machine à vapeur.

A Paris, beaucoup d'établissements publics, d'hôtels meublés, ou de maisons particulières, qui s'éclairent par l'électricité, font usage d'un moteur à gaz, pour actionner la machine dynamo-électrique.

Arrêtez un instant votre pensée, lecteur, sur ce moteur à gaz actionnant une machine à lumière, dans le sous-sol d'une maison ou d'un édifice, et pour peu que vous ayez l'esprit philosophique et méditatif, vous trouverez là, matière à de bien curieuses réflexions. Il s'agit de remplacer le gaz par l'électricité, et c'est le gaz lui-même que l'on prend, comme producteur de l'électricité. C'est le gaz qui est l'agent auxiliaire, et l'agent en sous-ordre, de cette révolution mécanique ! Cela ne vous rappelle-t-il pas la bonne plaisanterie du roi de Perse, Assuérus, ordonnant à Aman de promener par toute la ville son rival, le juif Mardochee, revêtu d'habits royaux et le diadème sur la tête, en tenant par la bride le cheval qui porte son ennemi triomphant ? Ou bien encore les captifs que l'on obligeait, au moyen âge, à travailler aux fortifications élevées contre leurs propres compagnons d'armes ?

Quel raffinement inouï dans ce triomphe de l'électricité sur le gaz ! Non seulement l'électricité chasse le gaz de la brillante enceinte où il trônait sans partage, mais il le relègue au fond du trou obscur ; et il le force à tourner, comme l'esclave antique, la meule à son profit, ou, comme le mercenaire de nos jours, à exécuter de ses mains l'œuvre mécanique destinée à opérer sa propre destruction !

Mais, nous dira-t-on, si le gaz suffit à produire le mouvement et la lumière.

pourquoi ne pas le conserver ? Pourquoi le reléguer à la cave ? Ne serait-il pas plus simple de le laisser où il est ? La réponse à cette objection est donnée par les chiffres. La dépense du gaz, dans un moteur à gaz employé à produire l'électricité, n'est que la dixième partie de ce qu'il faudrait en brûler pour distribuer dans toutes les parties de l'édifice ou de la maison à éclairer, l'équivalent de la lumière pure et salubre qu'y verse l'électricité. Et les dangers du gaz sont écartés, en le confinant dans le sous-sol.

Cependant, le moteur à gaz lui-même ne trouve pas toujours grâce devant les propriétaires de maisons ou établissements à éclairer par l'électricité. Plus d'un procès s'est engagé à ce propos, et les tribunaux ont diversement prononcé sur la question d'un moteur à gaz interdit par un propriétaire d'immeuble.

A défaut de machine à vapeur et de moteur à gaz, on parle de faire usage, à Paris, pour actionner les machines dynamo-électriques, de la force de l'air comprimé. M. Popp, directeur de la Compagnie autrichienne qui distribue, à Paris, l'heure, dans des horloges publiques et privées, mues par l'air comprimé, a créé une usine centrale pour la production de l'air comprimé, qu'il distribue dans les petits ateliers, au moyen d'une canalisation souterraine. M. Popp met cette force motrice à la disposition des particuliers, pour remplacer le moteur à gaz, dans la production de l'électricité éclairante.

C'est là évidemment une solution très élégante et très ingénieuse de la distribution de la force à domicile. Mais la puissance mécanique résidant dans l'air comprimé nous paraît bien insuffisante (au moins dans la généralité des cas), pour actionner une machine dynamo-électrique. Nous redouterions fort, pour les personnes qui adopteraient cette force motrice, des arrêts, des suspensions, des défaillances complètes dans l'éclairage.

Nous venons d'exposer impartialement les trois procédés qui servent à fournir la force motrice, quand il n'existe pas d'usine centrale, pour distribuer l'électricité par des conduits souterrains, à savoir : la machine à vapeur, le moteur à gaz et l'air comprimé. Mais, en définitive, ces trois modes de production de force sont bien insuffisants, au point de vue de l'économie. Ils ne sauraient suppléer à une usine centrale qui distribue l'électricité par un réseau de conduits souterrains, comme on distribue l'eau et le gaz. Engendrer l'électricité dans l'immeuble même à éclairer, c'est à peu près comme si l'on voulait installer une usine à gaz dans une maison à éclairer au gaz, ou une fabrique de stéarine pour s'éclairer à la bougie stéarique. C'est l'absence d'usines centrales d'électricité dans les grandes villes, qui explique la lenteur avec laquelle se répand encore l'éclairage électrique. Tant que l'on ne possédera pas, comme à New York, à Londres, à Berlin, à Milan, à Rome, et en France, à Saint-Étienne, Dijon et Tours, etc., d'usine centrale d'électricité, l'éclairage électrique restera à l'état d'exception et de curiosité. Il est donc très fâcheux que Paris en soit encore à attendre son usine centrale. C'est qu'en fait d'applications des inventions scientifiques récentes, Paris, la *ville-lumière*, est trop souvent la *ville-ténèbres* !

L'éclairage électrique à domicile est, résumé, une assez grosse affaire. Bien de difficultés pratiques sont encore à résoudre. Il ne faut pas, d'ailleurs, s'en étonner. L'éclairage à domicile par l'électricité aura à traverser la même période de tâtonnements et d'essais qu'a dû franchir l'éclairage au gaz. Il a fallu vingt années d'études, de la part des ingénieurs les plus habiles des deux mondes, pour amener la canalisation et la distribution du gaz à son degré actuel de perfection. C'est la même route, mêlée d'échecs et de victoires, la même carrière

de luttés et d'efforts, tantôt heureux, tantôt contraires, que l'électricité trouve devant elle. L'œuvre est commencée à Londres, à Milan, à Rome, à New York et dans plusieurs grandes villes d'Amérique, et on ne peut mettre en doute qu'elle finisse par réussir. Seulement, combien de temps exigera le succès définitif? Voilà ce qu'il est impossible de savoir. Tout ce que l'on peut dire, c'est que, dans un temps donné, la lumière électrique aura, sinon remplacé le gaz, dans nos demeures, du moins partagé avec lui la mission de nous éclairer.

Quant aux avantages généraux que présenterait la substitution de l'éclairage par incandescence à l'éclairage au gaz, dans les maisons ou dans les ateliers, on peut les résumer comme il suit :

Le gaz expose à des dangers réels : 1° si les conduites sont en mauvais état ; 2° si l'on néglige de fermer les robinets, quand le gaz s'écoule sans brûler ; 3° si un accident, ou un incendie, a rompu les conduites.

Rien à redouter de pareil avec l'éclairage par incandescence, introduit dans les maisons ou les ateliers. Au lieu d'une canalisation en plomb, métal très fusible, susceptible de se fondre, de s'ouvrir et de livrer passage au gaz ; au lieu d'un métal mou, que la malveillance peut détruire, la canalisation électrique se fait au moyen d'un simple fil de cuivre, enveloppé d'une substance isolante. Si le circuit électrique est détruit ou coupé, l'électricité ne circule plus, et aussitôt tous les foyers lumineux s'éteignent. A cela se borne le mal.

Quand une fuite de gaz a été produite, soit par malveillance, soit par accident, le gaz se répand à flots, et il forme, avec l'air, un mélange explosif, qu'une flamme quelconque fait détonner. Dans l'éclairage électrique, s'il y a interruption accidentelle du circuit, il n'arrive rien autre chose que l'extinction pure et simple des foyers lumineux.

Avec le gaz, les incendies se produisent par l'action directe de la flamme sur les objets combustibles : étoffes, gazes, tentures, rideaux, etc. Or, le foyer électrique donne une flamme de dimensions presque nulles ; et encore, comme elle est enfermée dans un globe de cristal, elle ne peut jamais porter le feu sur les substances inflammables.

Il importe de remarquer, d'ailleurs, que, la combustion du gaz dégageant une chaleur considérable, l'inflammation des matières combustibles est plus facile, par suite de l'élévation de température des locaux ainsi éclairés. La lumière électrique, au contraire, ne dégage presque point de chaleur. Il a été prouvé qu'un foyer Jablochhoff donnant une lumière égale à celle de plusieurs centaines de bougies stéariques, n'échauffe pas plus l'air qu'une seule bougie. C'est ce qu'il est facile de reconnaître dans les théâtres éclairés au gaz, où, pendant l'hiver, il faut chauffer les salles au moyen du calorifère, pour empêcher les spectateurs de se plaindre du froid.

En ce qui concerne les ateliers, il y a dans l'emploi de la lumière électrique, comparée à celle du gaz, quelques avantages spéciaux, qu'il n'est pas inutile de faire ressortir.

Il faut de grands efforts et une certaine dépense pour ventiler les ateliers où brûlent un grand nombre de becs de gaz. Avec l'électricité, point de chaleur communiquée à l'air des ateliers ; par conséquent, tout moyen de ventilation est superflu.

Dans les établissements industriels, la lumière électrique obtenue par les foyers Jablochhoff, facilite la surveillance, en même temps qu'elle simplifie les travaux de transports, de manutention, etc. Elle permet, par conséquent, de diminuer le nombre des ouvriers employés aux travaux pendant les soirées, et, par suite, elle amène à réduire l'étendue des locaux où s'effectue le travail de nuit. De là, en même temps qu'une éco-

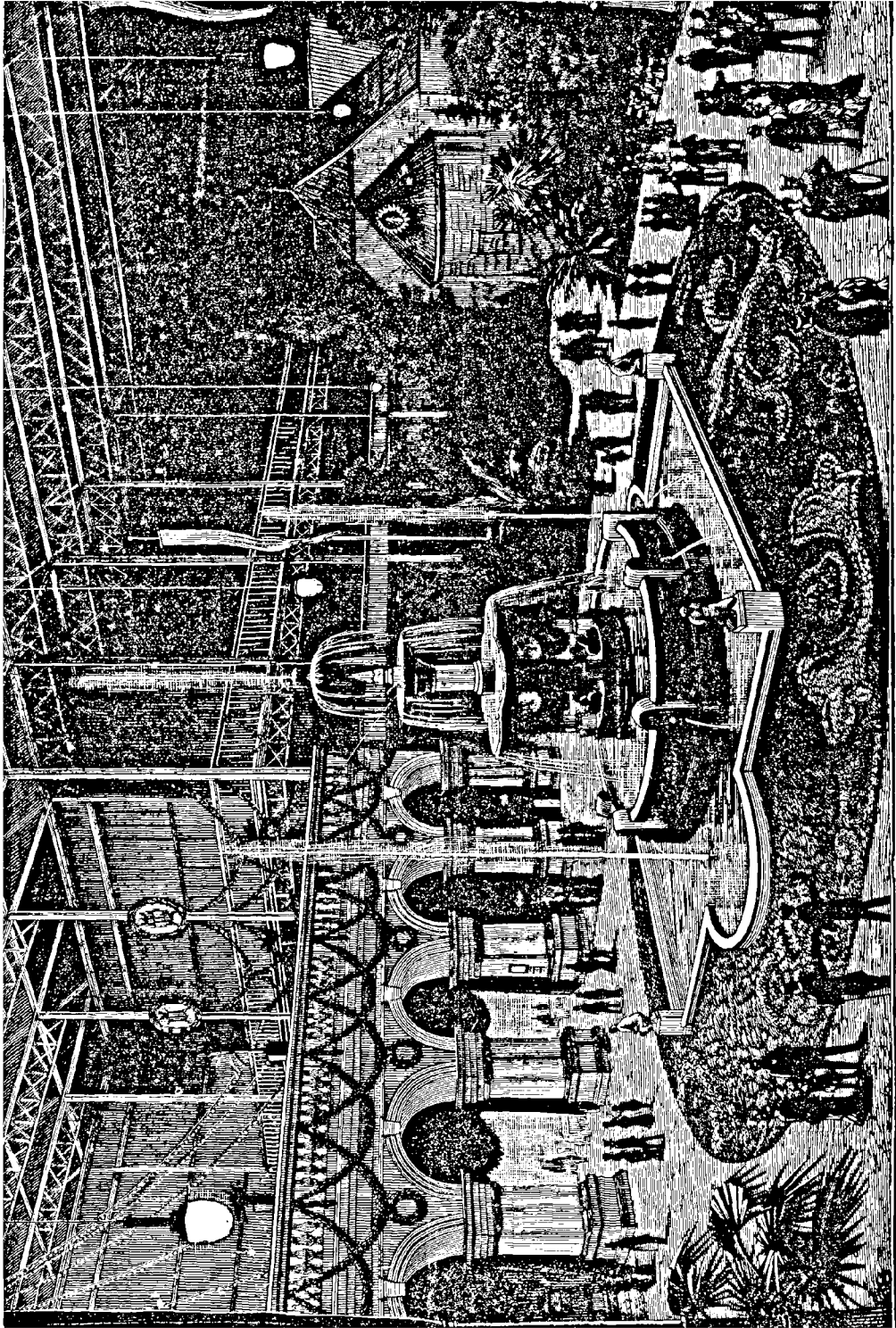


Fig. 114. — Éclairage électrique du jardin d'un palais, à Milan, en Italie. .

nomie de consommation, une économie de main-d'œuvre et de frais de premier établissement.

Voilà le tableau impartial des supériorités que l'éclairage électrique établi à domicile présenterait sur l'éclairage au gaz. Il faut cependant nous hâter d'ajouter que la lumière électrique ne saurait avoir la prétention de se substituer complètement au gaz d'éclairage. En effet, le gaz ne sert pas seulement à nous éclairer. C'est un agent précieux de chauffage, et plus on avance, plus on apprécie les avantages pratiques du chauffage par le gaz, dans différentes industries, et même pour le chauffage des appartements. On ne doit donc pas concevoir d'inquiétudes sérieuses sur l'avenir de cette branche importante de l'industrie moderne. Le gaz conservera toujours le privilège du chauffage industriel; et, d'autre part, l'extrême intensité de la lumière électrique habituant nos yeux à une plus forte clarté, on sera conduit à dépenser, pour s'éclairer, plus de gaz qu'on n'en brûle aujourd'hui. Dès lors, la consommation du gaz ne diminuera pas dans des proportions sensibles.

C'est ce qui est arrivé pour l'éclairage à l'huile. En 1830, quand le gaz apparut, pour la première fois, en France, les producteurs d'huile d'olive et de graines, les marchands d'huile, les épurateurs d'huile de colza, les lampistes, les fabricants de verres de lampe, s'arrachaient les cheveux. Cependant, l'huile est toujours consacrée à l'éclairage, et on en brûle tout autant aujourd'hui que l'on en brûlait avant l'emploi du gaz.

La même chose se produira pour l'électricité. L'usage qui tend à se répandre de plus en plus de la lumière électrique, a déjà amené une augmentation sensible dans la consommation du gaz. Stimulée par la concurrence, la *Compagnie parisienne du gaz* a créé un nouveau bec, le *bec intensif*, résultant de la réunion de 7 à 8 becs, dits

papillons, qui consomment, en moyenne, 1000 litres de gaz par heure, au lieu de 140 litres par heure qui suffisent à alimenter un bec ordinaire. Or, ces énormes flammes, qui valent presque une bougie Jablochhoff, se multiplient partout. D'après le compte rendu de la *Société parisienne du gaz* du 1^{er} décembre 1886, on a remplacé 564 anciens becs simples par le même nombre de *becs intensifs*. Ces magnifiques flammes se plaçant maintenant aux carrefours des rues, devant les édifices publics, dans de grandes avenues; et il est facile de reconnaître que dans Paris on trouve déjà un assez grand nombre de ces grosses flammes là où l'on se contentait autrefois d'un éclairage modeste.

Tout cela accroît la dépense de gaz. Aussi la consommation du gaz, à Paris, qui avait été en 1879, de 218,000,000 mètres cubes, en nombres ronds, a-t-elle été de 244,000,000 mètres cubes en 1880, et de 260,000,000 mètres cubes en 1881. Ainsi, de 1880 à 1881, la consommation du gaz augmenta de 20 pour 100.

Le même résultat a été constaté à Londres. Voici ce que nous lisons dans un rapport du docteur Schilling, le célèbre directeur des usines à gaz de Munich :

« La plus grande société de gaz de Londres, la *Gas light and cook Company*, dont la production annuelle s'élève à environ 360 millions de mètres cubes, a constaté, dans sa dernière réunion générale, que l'apparition de la lumière électrique a beaucoup contribué à l'augmentation de la consommation du gaz, même dans les localités où la lumière électrique a été introduite. Par exemple, dans les diverses gares, on a augmenté sensiblement la dépense du gaz¹. »

Donc, au lieu de se faire une guerre acharnée d'intérêts et d'amour-propre, que le gaz et l'électricité se tendent la main. Au lieu d'être rivaux déclarés, qu'ils soient alliés sincères. Qu'ils n'aient qu'un but

1. Rapport du docteur Schilling, lu à l'assemblée générale de la Société de l'éclairage au gaz.

Traduit et annoté par Daniel Colladon, professeur à l'Académie de Genève. Brochure in-8, Genève, page 22.

commun : l'intérêt du public, et la juste satisfaction de ses légitimes désirs. Donner au consommateur le choix entre différentes sources de lumière, pour qu'il puisse adopter celle qui se prête le mieux au but qu'il veut atteindre, tel est le résultat auquel il faut arriver. A l'éclairage électrique, les grands espaces, et, s'il peut y parvenir d'une manière régulière et plus générale qu'aujourd'hui, l'éclairage à domicile par une usine centrale d'électricité. Au gaz, le chauffage et l'éclairage à la fois; à l'huile, à la bougie, au pétrole, l'éclairage domestique.

Grâce à ce concours général des différents moyens d'éclairage, le consommateur pourra trouver : économie dans la dépense, —

degré de pouvoir lumineux exactement mesuré sur ses besoins, — certitude de sécurité contre l'incendie, — salubrité, — enfin, qualité spéciale de lumière, selon l'application qu'il a en vue.

C'est sur ce vœu conciliateur et cette pensée philanthropique que nous terminerons le tableau que nous venons de tracer des conquêtes récentes de la science, en ce qui concerne l'application de l'électricité à l'éclairage public et privé.

Ce vœu, du reste, est déjà à demi réalisé; car on signale, en différentes villes de la France et de l'étranger, des fusions, des associations, entre les Compagnies de gaz et celles d'éclairage électrique.

FIN DE L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

LE TÉLÉPHONE ET LE MICROPHONE

CHAPITRE PREMIER

M. GRAHAM BELL A L'INSTITUTION DES SOURDS-MUETS DE BOSTON. — SES PREMIERS ESSAIS POUR LA TRANSMISSION DE LA PAROLE A DISTANCE. — TRAVAUX DES PHYSIENS DES DEUX MONDES QUI ONT MIS M. GRAHAM BELL SUR LA VOIE DE LA CRÉATION DU TÉLÉPHONE. — HELMHOLTZ REPRODUIT LA VOIX PAR LES VIBRATIONS D'UN DIAPASON. — LE PROFESSEUR PAGE CRÉE LA « MUSIQUE GALVANIQUE ». — DÉCOUVERTE DU PREMIER TÉLÉPHONE MUSICAL PAR LE MAÎTRE D'ÉCOLE ALLEMAND PHILIPPE REISS. — LA VIE ET LES TRAVAUX DE PHILIPPE REISS.

On a vu, dans la Notice précédente, que l'éclairage électrique est sorti d'un hospice.

Le téléphone aussi.

Seulement, l'éclairage électrique a été créé dans un hospice de femmes en couches, tandis que le téléphone a été découvert dans un hospice de sourds-muets.

Objets d'une répulsion universelle, victimes de préjugés absurdes, les sourds de naissance étaient autrefois relégués par leurs propres familles dans les lieux les plus reculés, et le public ignorait jusqu'à leur existence. Aujourd'hui, grâce aux progrès de la science et des mœurs, on ne voit plus chez ces malheureux des preuves vivantes de la malédiction divine. Ils obtiennent de leur famille une juste part d'affection; on ne les soustrait plus aux yeux du monde, et l'autorité civile a pu s'assurer que la France compte dans sa population 30,000 de ces êtres disgraciés.

Mais si l'action du temps et les efforts de

la charité privée et publique, dissipant des préjugés séculaires, ont opéré la réhabilitation des sourds-muets dans la famille, ils n'ont pu les mettre en état de jamais s'affranchir de la tutelle paternelle; ils n'ont pu faire de tous ces malheureux des citoyens utiles; ils n'ont pu empêcher que l'ignorance, l'isolement, la misère, n'entraînaient un grand nombre d'entre eux à la plus triste dégradation.

Les hommes qui, poussant jusqu'au génie les inspirations de la charité, ont créé l'art d'instruire les sourds-muets, ont donc bien mérité de leur patrie et de l'humanité; et l'on doit inscrire au premier rang des bienfaiteurs de notre espèce: Rodriguez Pereira, l'abbé de l'Épée et l'abbé Sicard, qui ont créé les méthodes modernes d'enseignement des sourds-muets, et fondé les maisons hospitalières où sont aujourd'hui réunis et élevés ces tristes déshérités de la marâtre nature.

Je ne sais rien d'aussi intéressant pour le philosophe et l'observateur, qu'une visite à une institution de sourds-muets. Tout ce que l'âme reçoit, dans l'intervalle de quelques heures, d'impressions profondes, douces et douloureuses à la fois, est inimaginable. Si vous voulez, lecteur, vous en convaincre par vous-même, vous n'avez qu'à vous rendre à l'Institution nationale des sourds-muets de Paris, située au n° 25½ de la rue Saint-Jacques, dans l'ancien couvent Saint-Magloire, et dont l'accès, à

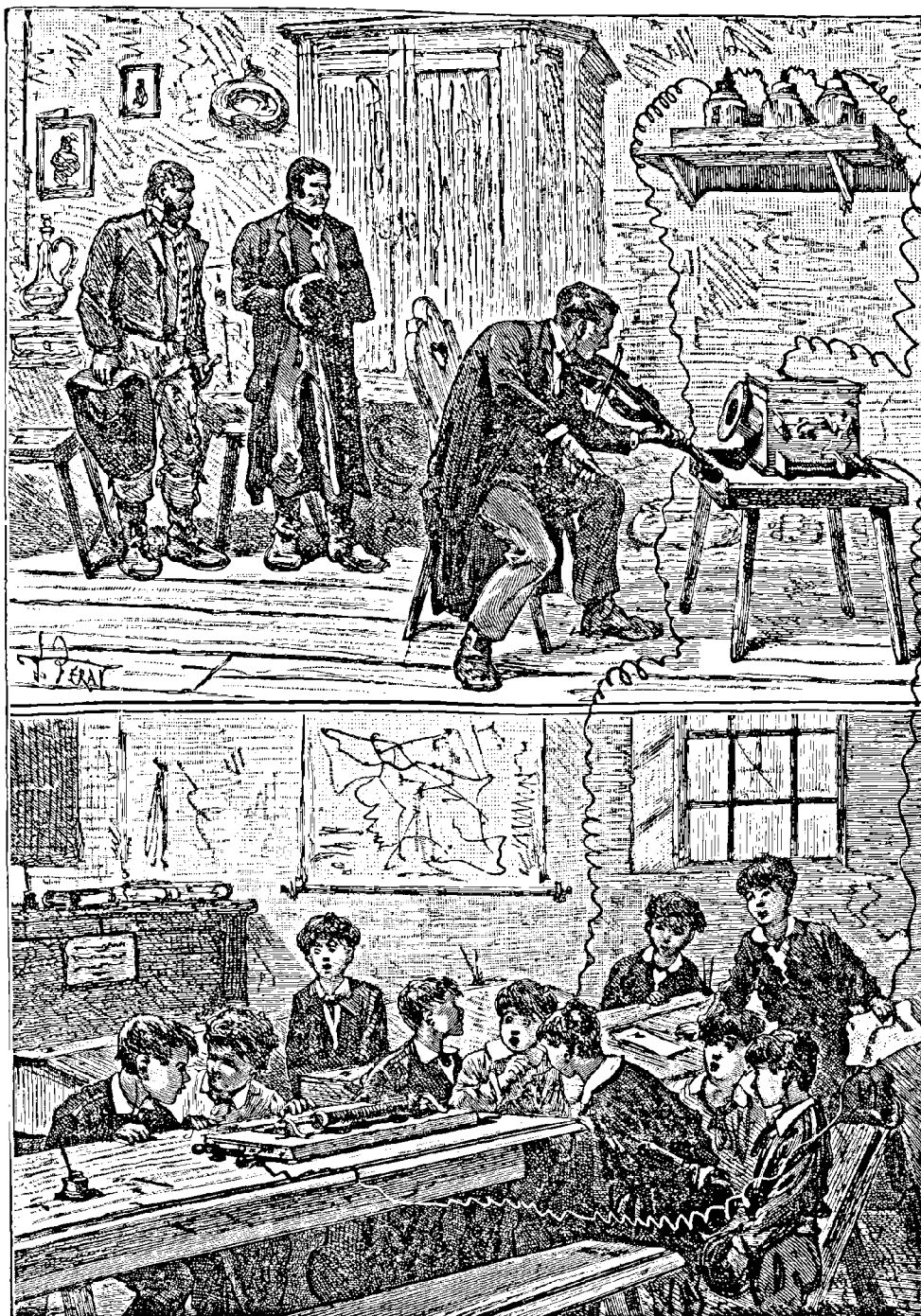


Fig 113. — Philippe Reis et son téléphone musical, à l'institut Garnier, de Friedrichsdorf (pages 220-223).

certain jours de la semaine, est permis à chacun, sans aucune formalité.

C'est ce que je fis, par un bel après-midi du printemps dernier.

L'Institution nationale des sourds-muets occupe un espace considérable, car sa façade forme un quadrilatère allongé, qui s'appuie sur les jardins de l'ancien hôtel de Chaulnes, sur la rue Denfert-Rochereau, et sur l'ancienne rue des Deux-Églises, aujourd'hui rue de l'Abbé de l'Épée. Quand on a franchi la porte de l'Institution, et traversé le petit vestibule, occupé par le concierge dans sa guérite vitrée, on se trouve dans une vaste cour, où deux objets également intéressants frappent d'abord la vue.

Le premier, c'est la statue en bronze de l'abbé de l'Épée, montrant, du doigt, le mot *Dieu* à un enfant agenouillé devant lui. Cette statue, qui fut érigée le 24 novembre 1878, est l'œuvre d'un sourd-muet, M. Félix Martin, élève de l'établissement de la rue Saint-Jacques. Le piédestal est orné de bas-reliefs en bronze, représentant les principaux épisodes de la vie de l'abbé de l'Épée.

Le second objet qui arrête les yeux, quand on entre dans l'établissement des sourds-muets de la rue Saint-Jacques, c'est l'arbre, célèbre dans la science et dans l'histoire, que l'on aperçoit de tout Paris; car sa tige, droite et ferme, élève jusqu'à la hauteur de 50 mètres la touffe verdoyante qui la termine. On fait remonter jusqu'à l'année 1600 cet orme géant. On prétend même que ce fut Sully qui le planta de ses propres mains, en allant faire ses dévotions au couvent de Saint-Magloire.

Au fond de la cour se développe le bâtiment qui renferme toutes les dépendances de l'Institution, et derrière ce bâtiment s'étend un jardin admirable, d'une immense étendue. Ses longues allées, ses plates-bandes et ses charmilles, remplies, pendant les jours d'été, de fleurs, de parfums et d'oiseaux, sont une heureuse distraction, et comme une compensation qu'un sourire de la nature offre aux pauvres pensionnaires de cet asile.

Ayant traversé la cour, je fus introduit dans l'appartement du directeur, qui se trouve au rez-de-chaussée, à droite, et donne sur le jardin. On me pria de l'attendre dans le vestibule de son cabinet.

Trois portraits qui ornent ce vestibule semblent retracer l'histoire de l'Institution et la vie de ses fondateurs. Ces trois portraits sont ceux de : Rodrigue Pereira, si étonnant par l'étendue de ses connaissances et l'élévation de son esprit, — l'abbé de l'Épée, si admirable par son ardente charité, son dévouement et la hardiesse de ses conceptions, — l'abbé Sicard, si remarquable par ses aptitudes philosophiques, et qui acheva l'œuvre de son maître, l'abbé de l'Épée.

Quant à ce dernier, le peintre, dans une composition pleine de mouvement, a retracé la curieuse et touchante anecdote qui a rendu populaire en France le nom de l'abbé de l'Épée, et de laquelle Bouilly tira son célèbre drame, *L'Abbé de l'Épée*, qui fut joué en 1800, au Théâtre-Français, et fit couler tant de larmes.

Je connais, du reste, peu de pièces de théâtre aussi attendrissantes, aussi bien conduites. On l'a jouée plusieurs fois de nos jours : au théâtre de l'Odéon, à la Gaîté et au théâtre Cluny; et, chaque fois, le public a été vivement impressionné, tant par l'action du drame que par le jeu de Talien, l'acteur qui a joué le rôle de l'abbé de l'Épée, aux trois théâtres que nous venons de nommer.

Le sujet de la pièce de Bouilly, c'est l'intéressante aventure du jeune comte de Solar, sourd-muet de naissance, qui, s'étant égaré dans Paris, fut remis par un officier de police à l'abbé de l'Épée; car ce digne prêtre commençait à être connu dans la capitale, comme se consacrant, avec un zèle sans égal, à l'éducation des sourds-muets. Les divers tableaux de la pièce de Bouilly reproduisent les pas et démarches que l'abbé

de l'Épée dut accomplir pour découvrir toutes les particularités de la vie du jeune comte de Solar, et lui rendre sa famille et ses biens.

On voit, dans la pièce de Bouilly, l'abbé de l'Épée promener dans tout Paris son jeune protégé, cherchant à saisir les indices de sa situation dans le monde. En passant devant le Palais de Justice, l'enfant est très ému à l'aspect d'un magistrat en robe rouge. L'abbé de l'Épée l'interroge, à sa manière, et il apprend que son père portait le même habit. Il conclut de là que Théodore (c'est le nom de l'enfant) est le fils d'un magistrat. Un autre jour, rencontrant un enterrement, l'abbé de l'Épée remarque que son élève est vivement impressionné à la vue des vêtements de deuil que portent les personnes du convoi. Il l'interroge encore, et l'enfant lui fait comprendre qu'il a vu des personnes ainsi vêtues marcher à la suite du corps de son père. Son père avait donc été magistrat, et il était mort! Mais dans quelle province? On mène l'enfant à différentes barrières de Paris. Il reconnaît la barrière d'Enfer, désigne la place où la voiture a été visitée par les douaniers, et où il est descendu. Son père était donc magistrat dans une ville du midi de la France! On conduit l'enfant, en chaise de poste, sur la route du Midi; on pousse jusqu'à Toulouse. Théodore reconnaît la ville, la rue, enfin l'hôtel de son père. On s'informe, et l'on apprend que cet hôtel est occupé par d'Arlemont, oncle du jeune sourd-muet.

L'abbé de l'Épée s'adresse alors à un avocat célèbre. Linval, ami de Saint-Alme, lequel est fils de d'Arlemont, et il reçoit de l'avocat Linval tous les renseignements possibles.

Bientôt d'Arlemont est interrogé; mais il nie tout. Pour le convaincre, on fait venir le jeune Théodore. Quelle scène émouvante que celle où ce jeune homme infortuné jette des cris et recule d'horreur à l'aspect

du parent dénaturé qui l'a, de ses propres mains, dépouillé de ses vêtements, pour le couvrir d'un costume sordide, le conduire à Paris et l'abandonner dans les rues! Quelle douce émotion, pour le jeune homme, lorsque, près de cet oncle cruel, il aperçoit Saint-Alme, et retrouve en lui son cher cousin, le tendre ami de son enfance!

Cependant, rien ne peut déterminer d'Arlemont à l'aveu de son crime. A la fin, son fils, le noble et courageux Saint-Alme, parvient à lui arracher un aveu écrit, et à lui faire signer la restitution des biens de Théodore. Mais le jeune sourd-muet, instruit de tout par l'abbé de l'Épée, ne veut accepter que la moitié des biens qui lui reviennent. Il remet l'autre moitié à son cousin Saint-Alme, et celui-ci épousera Clémence, sœur de l'avocat Linval, qui l'aime et dont il est aimé.

Pendant qu'absorbé par le tableau représentant l'abbé de l'Épée et le jeune comte de Solar, je me rappelais les touchantes scènes du drame de Bouilly, la porte du cabinet du directeur s'ouvrit. Informé du but de ma visite, le directeur voulut, lui-même, me faire les honneurs de la maison.

C'est que le directeur actuel de l'Institution de la rue Saint-Jacques, M. Peyron, frère de l'amiral Peyron, ancien ministre de la Marine, attache un amour-propre personnel à l'établissement, tel qu'il fonctionne aujourd'hui. C'est M. Peyron qui a introduit dans l'hospice de la rue Saint-Jacques et qui dirige, avec un zèle sans pareil, l'essai du système destiné à révolutionner l'enseignement dans les maisons de sourds-muets.

Nous voulons parler de l'éducation du sourd-muet, non plus par le geste, mais par la vue. Il s'agit d'apprendre à l'enfant privé des sens de l'ouïe et de la parole, à lire les mots sur les lèvres de la personne qui parle, et à les répéter lui-même, en reproduisant, avec ses lèvres, les mêmes mouvements.

On croit rêver quand on entend affirmer

qu'il est possible d'apprendre à parler à un sourd-muet, en l'initiant aux mouvements de la bouche, des lèvres et des dents qui produisent l'articulation de chaque mot. Et pourtant ce rêve est réalisé, cette apparente impossibilité est passée dans la pratique, et les services que rend cette méthode sont palpables et visibles.

La *méthode labiale* est, d'ailleurs, loin d'être nouvelle. Aux dix-septième et dix-huitième siècles, des livres composés par des hommes d'un grand savoir et d'un grand zèle ont été consacrés à la répandre. Amman, médecin suisse, établi à Amsterdam, écrivit; en 1692, son célèbre ouvrage *Surdus loquens*, qui fit le tour du monde civilisé. Mais ce système d'éducation du sourd-muet avait disparu, depuis le commencement de notre siècle, devant l'éducation *mimique*, fondée par l'abbé de l'Épée et ses successeurs. Une réaction contre le système mimique de l'abbé de l'Épée se produit aujourd'hui. Toute une génération d'hommes nouveaux tend à lui substituer la *méthode labiale*, en profitant des acquisitions faites de nos jours par la science et la pratique.

Parmi les hommes qui se consacrent avec le plus de zèle à faire revivre le système de l'enseignement de la parole, à l'exclusion du geste, M. Peyron, directeur de l'Institution des sourds-muets de Paris, se place au premier rang, et les résultats qu'il a obtenus sont des plus remarquables.

Conduit par M. Peyron dans les différentes classes, ainsi que dans les ateliers, tels que typographie, lithographie, peinture, dessin, horlogerie, cordonnerie, ébénisterie, etc., où l'on donne aux sourds-muets une instruction professionnelle, j'ai vu les élèves tant enfants qu'adultes, aussi bien les élèves de première année que ceux de troisième, de quatrième et de cinquième années, regarder attentivement le professeur, lui articulait bien nettement chaque mot, et

répéter les mots; puis répondre eux-mêmes, par d'autres mots, à l'interrogation du professeur. Je les ai vus lire dans un livre, écrire sur le tableau, exécuter les ordres qu'on leur donnait par la parole, et bien plus, converser entre eux, et cela non seulement dans les classes, mais dans les récréations et les exercices de gymnastique. L'enseignement du sourd-muet par la vue, à l'exclusion du geste, est donc un fait certain, indéniable. Le système est en plein exercice, à l'Institution de Paris, et nul doute qu'il ne s'étende bientôt dans la plupart des pays de l'Europe.

Du reste, à Bordeaux la même méthode est en vigueur, et donne d'excellents résultats.

A l'étranger, la parole enseignée aux sourds-muets est encore plus en faveur peut-être qu'en France. En Angleterre, par exemple, ce système est très généralement répandu. En Amérique il est exclusivement adopté.

C'est ainsi qu'à Boston, en 1860, on ne connaissait pas d'autre méthode, et qu'un jeune professeur de l'Institution des sourds-muets de cette ville, se distinguait entre tous par son zèle à la propager.

Ce jeune professeur s'appelait Graham Bell. Il était Écossais d'origine, mais il s'était fait naturaliser Américain. Son père, Alexandre Melville Bell, avait fait de longues études sur le mécanisme de la parole, et il était parvenu à représenter par le dessin, d'une manière très exacte, la position relative des organes vocaux, dans la formation des sons.

Molière, dans le *Bourgeois gentilhomme*, tourne en ridicule le maître de philosophie qui enseigne à M. Jourdain comment notre bouche forme les voyelles et les consonnes.

Relisons cette amusante scène.

LE MAÎTRE DE PHILOSOPHIE.

Il y a cinq voyelles. La voyelle A se forme en ouvrant fort la bouche: A.

M. JOURDAIN.

A, A, Oui.

LE MAÎTRE DE PHILOSOPHIE.

La voyelle E se forme en rapprochant la mâchoire d'en bas de celle d'en haut : A, E.

M. JOURDAIN.

A, E, A, E, ma foi oui... Ah! que cela est beau!

LE MAÎTRE DE PHILOSOPHIE.

Et la voyelle I, en rapprochant encore davantage les mâchoires l'une de l'autre, et écartant les deux coins de la bouche vers les oreilles : A, E, I.

M. JOURDAIN.

A, A, I, I, I... Cela est vrai. Vive la science!

LE MAÎTRE DE PHILOSOPHIE.

La voyelle O se forme en ouvrant les mâchoires, et rapprochant les lèvres par les deux coins, le haut et le bas : O.

M. JOURDAIN.

O, O. Il n'y a rien de plus juste : A, E, I, O, I, O. Cela est admirable! I, O; I, O.

LE MAÎTRE DE PHILOSOPHIE.

L'ouverture de la bouche fait justement comme un petit rond, qui représente un O.

M. JOURDAIN.

O, O, O. Vous avez raison, O. Ah! la belle chose que de savoir quelque chose!

LE MAÎTRE DE PHILOSOPHIE.

La voyelle U se forme en rapprochant les dents, sans les joindre entièrement, et allongeant les deux lèvres en dehors, les approchant aussi l'une de l'autre, sans les joindre tout à fait : U.

M. JOURDAIN.

U, U. Il n'y a rien de plus véritable : U.

LE MAÎTRE DE PHILOSOPHIE.

Vos deux lèvres s'allongent comme si vous faisiez la moue : d'où vient que si vous la voulez faire à quelqu'un et vous moquer de lui, vous ne sauriez lui dire que U.

M. JOURDAIN.

U, U. Cela est vrai! Ah! que n'ai-je étudié plus tôt pour savoir tout cela!

LE MAÎTRE DE PHILOSOPHIE.

Demain nous verrons les autres lettres, qui sont les consonnes.

M. JOURDAIN.

Est-ce qu'il y a des choses aussi curieuses qu'à celles-ci?

LE MAÎTRE DE PHILOSOPHIE.

Sans doute; la consonne D, par exemple, se prononce en donnant du bout de la langue au-dessus des dents d'en haut : DA.

M. JOURDAIN.

DA, DA. Oui. Ah! les belles choses! les belles choses!

LE MAÎTRE DE PHILOSOPHIE.

L'F en appuyant les dents d'en haut sur la lèvre de dessous FA.

M. JOURDAIN.

FA, FA. C'est la vérité. Ah! mon père et ma mère, que je vous veux de mal!

LE MAÎTRE DE PHILOSOPHIE.

Et l'R, en portant le bout de la langue jusqu'au bout du palais, de sorte qu'étant frôlée par l'air qui sort avec force, elle lui cède, et revient toujours au même endroit, faisant une manière de tremblement : R, RA.

M. JOURDAIN.

R, R, RA, R, R, R, R, RA. Cela est vrai! Ah! l'habile homme que vous êtes, et que j'ai perdu de temps! R, R, R, RA.

LE MAÎTRE DE PHILOSOPHIE.

Je vous expliquerai à fond toutes ces curiosités!..»

Molière était dans son rôle d'auteur dramatique en prenant par son côté ridicule (en apparence) une opération de la nature, comme Alexandre Melville Bell était dans son droit de savant en approfondissant le mécanisme organique de la phonation.

Le fait est qu'Alexandre Melville Bell avait parfaitement représenté l'aspect de nos organes dans la production de tous les sons de la voix humaine. Son fils, M. Graham Bell, s'étant joint à lui, il résulta de leurs études un travail complet sur la matière.

M. Graham Bell avait imaginé un moyen emprunté à la physique, pour déterminer la hauteur des sons. Ce moyen consistait à faire vibrer un diapason devant la bouche, pendant que la langue, les lèvres et les dents exécutaient les accommodations nécessaires à l'émission et à l'articulation de la voix. Il constata, en se servant du diapason, que chaque émission de voyelles renforçait tel ou tel diapason, ou plusieurs diapasons spécialement.

M. Graham Bell adressa une relation exacte de ses recherches à un physicien de Boston, le professeur J. Ellis. Celui-ci apprit alors au jeune observateur que les expériences qu'il avait entreprises avaient déjà été faites par le physicien allemand Helmholtz, au moyen de procédés beaucoup

1. Le Bourgeois gentilhomme, acte II, scène 12.

plus scientifiques. Helmholtz, en effet, avait non seulement analysé physiquement les sons des voyelles et leurs éléments musicaux constitutifs, mais il avait réalisé la synthèse de ces éléments. Helmholtz avait réussi à reproduire artificiellement certains sons de voyelles, en faisant vibrer simultanément, par un courant électrique ou par un électro-aimant, des diapasons de différentes hauteurs. Les diapasons, en rapport avec un courant d'électricité ou avec un électro-aimant, parlaient, chantaient, et reproduisaient exactement les syllabes des mots et les sons de la voix.

Le professeur Ellis eut avec M. Graham Bell de longues entrevues, dans lesquelles il lui expliqua la disposition des appareils électriques et des diapasons employés par Helmholtz pour produire ces curieux effets.

Partant de ce fait, que le physicien allemand Helmholtz était parvenu à faire vibrer un diapason par l'attraction intermittente d'un électro-aimant, M. Graham conçut l'idée que l'on pourrait, par un moyen analogue, reproduire et transmettre au loin des sons musicaux.

Il pensa que si deux électro-aimants, placés aux deux extrémités d'un circuit électrique, avaient pour armatures une série de tiges de fer de différentes longueurs, et placées exactement dans les mêmes conditions aux deux stations, les sons de la parole pourraient impressionner telles ou telles de ces tiges, suivant qu'elles s'accorderaient plus ou moins avec leur son fondamental, et qu'il pourrait résulter des vibrations de ces tiges, au *poste transmetteur*, des courants électriques d'induction, capables de faire reproduire de pareilles vibrations sur les tiges de longueur correspondante placées au *poste récepteur*.

Un philosophe grec disait : « Ce que je sais le mieux, c'est que je ne sais rien. » Dans ses conférences avec M. Ellis, M. Graham Bell reconnut que, comme le

philosophe grec, ce qu'il savait le mieux en physique, c'est qu'il ne savait rien. Il résolut donc d'étudier la physique ; et dans ce but il s'adressa au docteur Clarence Blake, de Boston, qui l'initia aux principes généraux de cette science.

C'est ainsi que le jeune professeur de l'Institution des sourds-muets de Boston fut mis au courant des travaux fort importants qui avaient été faits en Europe depuis ceux de M. Helmholtz, pour la transmission des sons à distance.

Et voici ce que le docteur Clarence Blake apprit à M. Graham Bell. Voici quel était, vers 1870, l'état de la science en ce qui concerne la transmission des sons.

Un des plus grands physiciens du nouveau monde, le professeur Page, avait créé, en 1837, une branche nouvelle de l'électricité, en découvrant ce qu'il avait appelé la *musique galvanique*.

On sait que les notes de musique dépendent du nombre de vibrations imprimées à l'air, et que les notes ne sont perceptibles par notre oreille que quand le nombre des vibrations sonores surpasse seize par seconde. Page reconnut que si les courants qui parcourent un électro-aimant sont établis et interrompus plus de seize fois en une seconde, les vibrations sonores transmises à l'atmosphère par le barreau aimanté engendrent des sons, en d'autres termes, produisent de véritables chants. C'est ce que Page appela la *musique galvanique*. Ce curieux résultat provient, sans doute, de ce que l'air est mis en vibration par le barreau de fer, qui se déforme chaque fois qu'il reçoit ou perd son aimantation.

Le physicien genevois Auguste de la Rive augmenta l'intensité des sons qu'avait su produire Page, en employant de longs fils métalliques qui étaient soumis à une certaine tension, et qui traversaient l'axe de bobines d'induction, c'est-à-dire de

bobines entourées d'un fil métallique isolé par de la soie.

Les *vibrateurs électriques*, construits en 1847 et en 1852, par MM. Froment et Petrina, d'après les idées de MM. Mac Gauley, Wagner, Neef, etc., reproduisaient fort bien les sons musicaux par les interruptions rapides d'un courant électrique.

Ces faits, assurément très curieux, étaient restés dans le domaine purement scientifique. Ce fut un simple instituteur, attaché à un pensionnat, dans une petite ville d'Allemagne, Philippe Reis, de Friedrichsdorf, près de Hambourg, qui réussit à transporter dans la pratique le fait découvert par le professeur Page.

En 1860, Philippe Reis, se fondant sur le phénomène découvert par le professeur Page, construisit un appareil qui donnait ce résultat de transmettre à distance des sons de flûte, de violon, ou d'autres instruments (fig. 115, page 217), et qui, dans certains cas, parvenait même, dit-on, à transmettre les sons de la parole articulée.

Ce n'était pas mal pour un maître d'école. Il est vrai que ce maître d'école était allemand. On a dit que le Danemark a été vaincu par les maîtres d'école allemands. Si tous les maîtres d'école allemands étaient de la force de Reis, cela n'aurait rien qui pût surprendre.

Quel était pourtant ce maître d'école? Comment fut-il conduit à construire un appareil de physique qui reproduisait les sons musicaux?

Philippe Reis, tout en dirigeant ses classes, s'occupait de musique, et ce fut la musique qui le prit par la main, pour l'emmener dans le domaine de l'acoustique savante.

Philippe Reis était né le 7 janvier 1834, à Gelnhausen, dans la principauté de Cassel. Ses parents, qui n'avaient que de médiocres ressources, le mirent, à l'âge de six ans, dans une petite école communale de leur ville. Mais ses maîtres ayant reconnu

en lui d'heureuses dispositions pour les travaux de l'esprit, sa famille se décida à le faire entrer dans une institution plus importante. On l'envoya dans un pensionnat de Friedrichsdorf, bourgade située aux environs de Hambourg.

La bourgade de Friedrichsdorf nous intéresse comme constituant une véritable colonie française au sein de l'Allemagne. Elle fut créée, pendant les dix-septième et dix-huitième siècles, par un certain nombre de protestants français qui avaient quitté le royaume, à l'époque de la révocation de l'Édit de Nantes. Aujourd'hui encore on parle une sorte de patois français dans toutes les maisons de ce hameau. Le chef du pensionnat de Friedrichsdorf était d'origine française : il s'appelait Garnier.

Dans l'institution Garnier, le jeune Philippe Reis avait pris quelque teinture de sciences physiques; mais ces études ne furent pas poussées très loin, et, au mois de mars 1850, sa famille le fit entrer à Francfort, comme apprenti, dans une fabrique de couleurs.

Il y avait alors à Francfort un physicien renommé, le professeur Bottger. Le jeune Philippe Reis, dans l'intervalle de ses occupations à la fabrique, suivit le cours du professeur Bottger à la *Société de physique*.

S'étant ainsi un peu perfectionné, pendant l'intervalle des années 1854 à 1858, dans la connaissance de la physique, Philippe Reis put prétendre à l'enseignement. La pension Garnier, dans laquelle il avait fait ses études, à Friedrichsdorf, ayant besoin d'un professeur pour les classes de physique et de sciences naturelles, il demanda et obtint cette place, en 1859.

Philippe Reis passa toute sa vie dans l'institution Garnier, uniquement occupé à faire les deux classes qui lui étaient confiées. Il épousa une jeune fille du pays et ne quitta jamais Friedrichsdorf.

Il avait été beaucoup frappé de l'expé-

rience de Page, c'est-à-dire de la reproduction à distance des sons d'un instrument par les interruptions d'un courant électrique, ou d'un électro-aimant fixé à un diapason. Comme il jouait facilement de divers instruments, il s'appliqua à répéter les expériences du physicien américain; et c'est ainsi qu'il lui vint à l'idée de transmettre à de grandes distances les sons mu-



Philippe Reis.

sicaux, au moyen des interruptions d'un courant électrique en rapport avec un fil conducteur, tel que le fil d'un télégraphe électrique.

C'est en 1860 qu'il commença, dans le modeste cabinet de physique dont il disposait à la pension Garnier, à construire un instrument qui transportait au loin le son des instruments de musique.

Dans un mémoire qu'il présenta, au mois d'octobre 1861, à la *Société de physique de Francfort*, Philippe Reis explique comment

il a été conduit à croire possible le transport physico-mécanique des sons à distance.

« Comment, dit-il, notre oreille perçoit-elle les sons? Par les vibrations de tous les organes de l'oreille, mis en action à la fois par les vibrations de l'air. La membrane du tympan peut vibrer d'accord avec toute espèce de sons, et les osselets de l'ouïe communiquent ces mêmes vibrations au nerf auditif. Mais puisqu'un son quelconque n'est qu'une série déterminée de condensations et de raréfactions de l'air, il n'est pas impossible de construire un autre tympan semblable à celui de notre oreille, et qui puisse vibrer par toute espèce de sons.

— En se fondant, continue Philippe Reis, sur ce principe essentiel et incontestable, j'ai réussi à construire un appareil avec lequel je peux reproduire les sons de divers instruments, et même, à un certain degré, ceux de la voix humaine.

« Comme on peut se servir pour transmettre ces sons du fil du télégraphe électrique, j'appelle cet instrument *téléphone*¹. »

Philippe Reis avoue, en terminant son mémoire, qu'il n'est pas parvenu à reproduire les sons de la voix humaine avec précision. Les consonnes étaient pour la plupart fort bien transmises, mais non les voyelles.

L'appareil au moyen duquel Philippe Reis reproduisait les sons d'un instrument de musique, était semblable à l'oreille humaine, par sa forme et par ses dimensions. Il avait taillé un morceau de bois, de manière à lui donner la forme de l'oreille, et il l'avait pourvu d'un tympan, fait d'un morceau de vessie. Un courant électrique aboutissait à un levier très léger, qui était presque en contact avec la membrane. Les interruptions du courant provoquées par la voix, quand on parlait devant ce tympan

1. C'est Philippe Reiss qui a le premier employé le mot *téléphone* (du grec *τηλε*, loin, et *φωνη*, voix), pour désigner l'instrument qui porte au loin le son. Mais le mot *téléphonie* avait été créé et employé par François Sudre, pour désigner le système de télégraphie acoustique qu'il avait imaginé, et qui consistait en un vocabulaire de signaux exécutés par le clairon, le tambour, et même le canon. On trouvera, dans notre première *Année scientifique* (1857, pages 282-296), un très long exposé des travaux et expériences publiques de François Sudre sur la *Téléphonie* ou *Télégraphie musicale*.

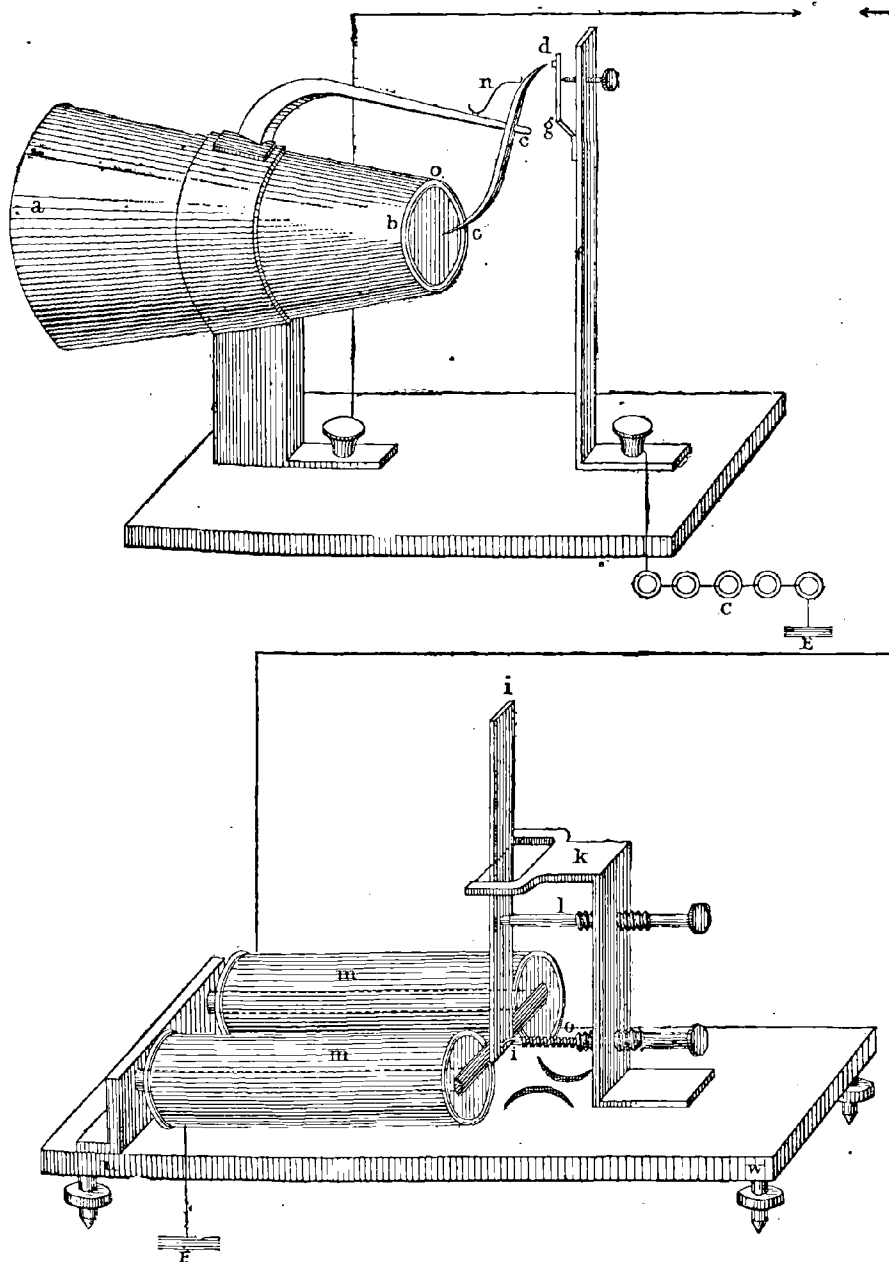


Fig. 117. — Fac-simile du dessin du téléphone de Philippe Reis publié dans un recueil allemand.

artificiel, déterminaient les mêmes interruptions dans une aiguille de fer, autour de laquelle circulait un courant électrique, grâce à une bobine de fils isolés.

Le curieux appareil du maître d'école de Friedrichsdorf était dessiné dans le

mémoire que l'auteur présenta, en octobre 1861, à la *Société de physique* de Francfort. M. Silvanus Thompson, professeur au Collège de l'Université de Bristol (Angleterre), a reproduit ce dessin dans le mémoire qu'il a fait paraître, sous ce titre,

CONQUÊTES. — I.

Le premier téléphone (The first telephon) dans le journal de la *Société des naturalistes de Bristol*, ainsi que dans son intéressant volume, publié en 1883, sous ce titre : *Philipp Reis, inventor of the telephon*¹. On y voit figurer une véritable oreille humaine en bois, avec son tympan en rapport avec une tige métallique très déliée, laquelle, par ses rapides oscillations, résultant des vibrations de la membrane, va interrompre ou rétablir un courant voltaïque.

Ce n'était là sans doute qu'une ébauche, qu'un appareil rudimentaire et grossier. On ne saurait, pourtant, trop admirer le génie de ce pauvre professeur de pension, qui, sans ressources, sans conseils, au fond d'un village, parvint à créer un instrument, imparfait assurément, mais qui reproduisait fidèlement les sons de la musique instrumentale.

Cet appareil primitif devait, d'ailleurs, être bientôt singulièrement perfectionné par l'inventeur.

A force de soins, de patience, de sacrifices, Philippe Reis réussit à construire un instrument qui reproduisait les sons musicaux avec la plus grande facilité. Quand il jouait d'un instrument au-devant du pavillon placé au milieu d'une caisse fermée à sa partie supérieure par un morceau de vessie, la membrane, vibrant sous l'influence des sons de l'instrument, interrompait, par ses rapides mouvements d'ondulations sonores, un courant électrique en rapport avec ce système. Les interruptions et rétablissements alternatifs du courant se répétaient à l'intérieur d'une longue et mince tige de fer aimantée, assez semblable à une aiguille à tricoter, placée à une grande distance au-dessus d'une boîte

en bois, aux parois aussi élastiques que les tables d'harmonie des pianos ; de sorte que cette aiguille aimantée répétait les sons de l'instrument. Une aiguille chantait !

Quel touchant et curieux spectacle devait offrir la pension Garnier, quand Philippe Reis, se plaçant devant l'appareil qu'il avait inventé, jouait du violon ou du cor, et que ses jeunes élèves, réunis dans une autre salle, quelquefois très éloignée, entendaient un air de violon ou de cor sortir d'une boîte, sans l'intervention d'aucun musicien ! C'était une boîte à musique qui jouait sans que personne en tournât la manivelle (fig. 113, page 217).

Il y avait là de quoi crier au sortilège, à la magie. Mais les élèves de l'institution de Friedrichsdorf recevaient de leur maître, Philippe Reis, de trop bonnes leçons de physique pour voir autre chose, dans cet effet extraordinaire, que la plus belle application que l'on puisse imaginer du principe découvert en Amérique, en 1837, par le professeur Page.

Après avoir montré son *téléphone*, comme il l'appelait déjà, à la *Société de physique* de Friedrichsdorf, Philippe Reis le présenta, en 1862, à la *Société libre allemande* de Francfort, dite l'*Institut libre allemand de Freis (Freies deutsches Hochstift)*. Cet institut libre, à l'exemple de notre *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, fait connaître et patronne les inventions nouvelles de la science et de l'industrie. Elle tient ses séances à Francfort, dans la maison même où naquit le poète Gœthe.

Deux ans plus tard, en 1864, Philippe Reis présenta son *téléphone* à la section de physique de l'*Association des naturalistes allemands*, qui tenait, cette année, sa session à Giessen.

M. Quincke, professeur de physique à l'Université d'Heidelberg, se trouvait au nombre des physiciens qui assistaient à cette réunion savante. Voici ce que

1. *Philipp Reis inventor of the telephon, a biographical sketch, with documents testimony, translations of the original papers of the inventor and contemporary publications, by Silvanus Thompson. London, Spon, 1883. in-8°, with illustrations.*

M. Quincque a écrit au sujet de l'appareil qui fut présenté, à la réunion des naturalistes à Giessen, par l'instituteur de Friedrichsdorf :

« J'assistais à la réunion de l'Association des naturalistes allemands à Giessen (année 1864), quand M. Philippe Reis, de Friedrichsdorf, près de Francfort, a montré et expliqué à l'assemblée le téléphone qu'il avait imaginé. J'ai vu l'instrument mis en action, et avec l'assistance du professeur Botger, je l'ai entendu par moi-même. En écoutant à l'appareil récepteur, j'ai entendu distinctement des chansons et des conversations. Je me rappelle avoir fort bien entendu les paroles du poète allemand :

Ach du lieber Augustin, alles ist hin.

« Les membres de l'Association étaient étonnés et enchantés. Ils félicitèrent vivement M. Philippe Reis du succès de ses recherches en téléphonie. »

L'appareil de Philippe Reis pour la production des sons musicaux au moyen de l'électro-magnétisme, a été dessiné dans un recueil télégraphique allemand, *Zeitschrift deutsch Oesterreichischen Telegraphen Vereins* (t. IX, octobre 1862, pl. VIII). Nous donnons (fig. 117, page 225) la reproduction exacte, le fac-simile de ce dessin.

Un pavillon *a* dans lequel on parle, ou au-devant duquel on fait résonner un instrument de musique, comme un violon, une trompette, une harpe, recueille les sons. Les vibrations de la membrane *boc*, qui est en contact avec le style recourbé, *cd*, interromp ou rétablit le circuit, en établissant ou suspendant le contact de ce style avec la tige verticale *dg*, en rapport elle-même avec la pile C, par un fil conducteur.

À la station du récepteur est un électro-aimant, *mm*, actionné par la pile C, qui reçoit les mêmes interruptions et rétablissements alternatifs du courant que la membrane du récepteur *boc*, et qui, d'après le principe de Page, reproduit par ses vibrations l'air de musique recueilli par le pavillon *a*.

Le téléphone de Philippe Reis transportait au loin des airs musicaux, et même des

mélodies chantées. Les sons étaient faibles et nasillards ; mais il y avait là évidemment une solution du problème de la transmission des sons à distance.

Un physicien allemand, Heisler, dans son *Traité de physique technique*, publié en 1866, a décrit et figuré l'appareil de Philippe Reis. Heisler dit que, quoique dans son enfance, cet appareil était susceptible de transmettre, non seulement des sons musicaux, mais encore des mélodies chantées.

Cet appareil fut ensuite perfectionné par M. Vander Weyde, qui, après avoir lu la description publiée par M. Heisler, chercha à rendre la boîte de transmission de l'appareil plus sonore et les sons produits par le récepteur plus forts.

Voici ce que dit ce dernier physicien, dans le *Scientific american Journal* :

« Ayant fait construire, en 1868, deux téléphones de Ph. Reis, je les montrai à la réunion du *Club polytechnique* de l'*Institut américain*. Les sons transmis étaient produits à l'extrémité la plus éloignée du *Cooper Institut*, et tout à fait en dehors de la salle où se trouvaient les auditeurs de l'association. L'appareil récepteur était placé sur une table, dans la salle même des séances. Il reproduisait fidèlement les airs chantés, mais les sons étaient un peu faibles et un peu nasillards. Je songai alors à perfectionner cet appareil, et je cherchai d'abord à obtenir dans la boîte des vibrations plus puissantes en les faisant répercuter par les côtés de cette boîte au moyen de parois creuses. Je renforçai ensuite les sons produits par le récepteur, en introduisant dans la bobine plusieurs fil de fer, au lieu d'un seul.

Ces perfectionnements ayant été soumis à la réunion de l'*Association américaine pour l'avancement des sciences* qui eut lieu en 1869, on exprima l'opinion que cette invention renfermait en elle le germe d'une nouvelle méthode de transmission télégraphique qui pourrait conduire à des résultats importants. »

L'appareil de Reis ainsi modifié prit une forme plus correcte, que nous représentons dans la figure 118 (page 229).

Il se compose de deux instruments distincts : le *transmetteur* des sons, et le *récepteur*.

Le *transmetteur* est destiné à vibrer par

l'effet des sons. Un courant électrique qui le traverse, subit de rapides modifications, sous l'influence de ses vibrations.

Le *transmetteur* se compose d'une boîte, A; présentant, à sa partie supérieure, une large ouverture circulaire, formée par un morceau de vessie tendue, *aa*. Cette membrane vibre sous l'influence de sons, et par ses vibrations établit ou interrompt le contact avec la tige métallique à deux branches *ie*, et consécutivement, établit ou interrompt le circuit électrique que forme la pile P, laquelle est en rapport avec un électro-aimant D et avec le fil partant de la pile.

Le *récepteur* est basé sur ce phénomène découvert par le physicien Page, qu'une tige aimantée, ou un électro-aimant, lorsqu'elle éprouve des aimantations et des désaimantations successives, émet des sons en rapport avec le nombre des passages de courants qui produisent ces effets magnétiques. Ce *récepteur* se compose d'une mince tige d'acier, espèce d'aiguille à tricoter, d'environ 2 millimètres de diamètre, entourée d'une bobine de fils conducteurs, G, portée sur deux chevalets, *g h*, fixés sur une caisse sonore, E. Un couvercle, F, aide à amplifier les sons.

Le transmetteur et le récepteur, placés à une distance quelconque, sont réunis par le fil de ligne allant du récepteur au transmetteur. Ce fil est continué par les fils des bobines de ces deux appareils. Il revient à la pile, ainsi que nous le représentons, ou bien par la terre servant de conducteur de retour, comme dans les circuits télégraphiques.

Quand on émet des sons auprès de l'embouchure B, les vibrations qu'éprouve la membrane *aa*, par l'effet des mouvements de l'air contenu dans la caisse sonore et vide A, agissent sur l'interrupteur *c*. Il se produit entre la double tige *ei* et la pointe *c*, une série de contacts et de disjonctions

qui, fermant ou rompant le courant de la pile, causent les aimantations et les désaimantations successives de la tige du récepteur G, et lui impriment des vibrations correspondantes à celles de la membrane du transmetteur.

Le mémoire dans lequel Ph. Reis décrivait son appareil, aurait dû paraître dans le recueil classique des travaux des physiciens allemands. Nous voulons parler des *Annals de physique de Poggendorff*, qui sont consacrées à faire connaître les découvertes les plus importantes des physiciens d'outre-Rhin. Mais le pauvre professeur de la pension de Friedrichsdorf ne put jamais parvenir à faire accepter son mémoire par Poggendorff, qui jugeait sans doute son travail avec une défaveur imméritée. Il arriva donc à l'instituteur de Friedrichsdorf, pour son téléphone, ce qui était arrivé en France, en 1858, à M. de Changy, pour sa lampe électrique à incandescence. Le recueil national officiel se ferma devant lui.

L'injustice et le dédain des savants attitrés pour les travailleurs obscurs, est de tous les temps et de tous les pays ! En deçà comme au delà du Rhin, le mérite sans appui est condamné à l'oubli.

C'est en raison de l'incomplète publicité qu'il reçut, que le mémoire de l'instituteur de Friedrichsdorf resta à peu près entièrement ignoré dans son propre pays. Peu de personnes pouvant connaître les dispositions de cet appareil, on se fit une idée inexacte de son rôle et de ses effets. On n'y vit qu'une application sans importance à l'art de la télégraphie, un essai de *musique galvanique*, ou un perfectionnement de l'appareil qu'avait imaginé antérieurement le professeur Page, aux États-Unis ; et tous ceux qui ont écrit depuis sur le téléphone, sont restés dans cette idée.

Selon M. Silvanus Tompson, la transmission de la voix n'aurait été qu'une conséquence accessoire des expériences de Reis.

Si Philippe Reis commença par construire un instrument imitant l'oreille humaine, c'est, dit M. Silvanus Thompson, parce qu'il voulait arriver à construire un appareil capable de recevoir et de transmettre tout ce que l'oreille humaine peut entendre.

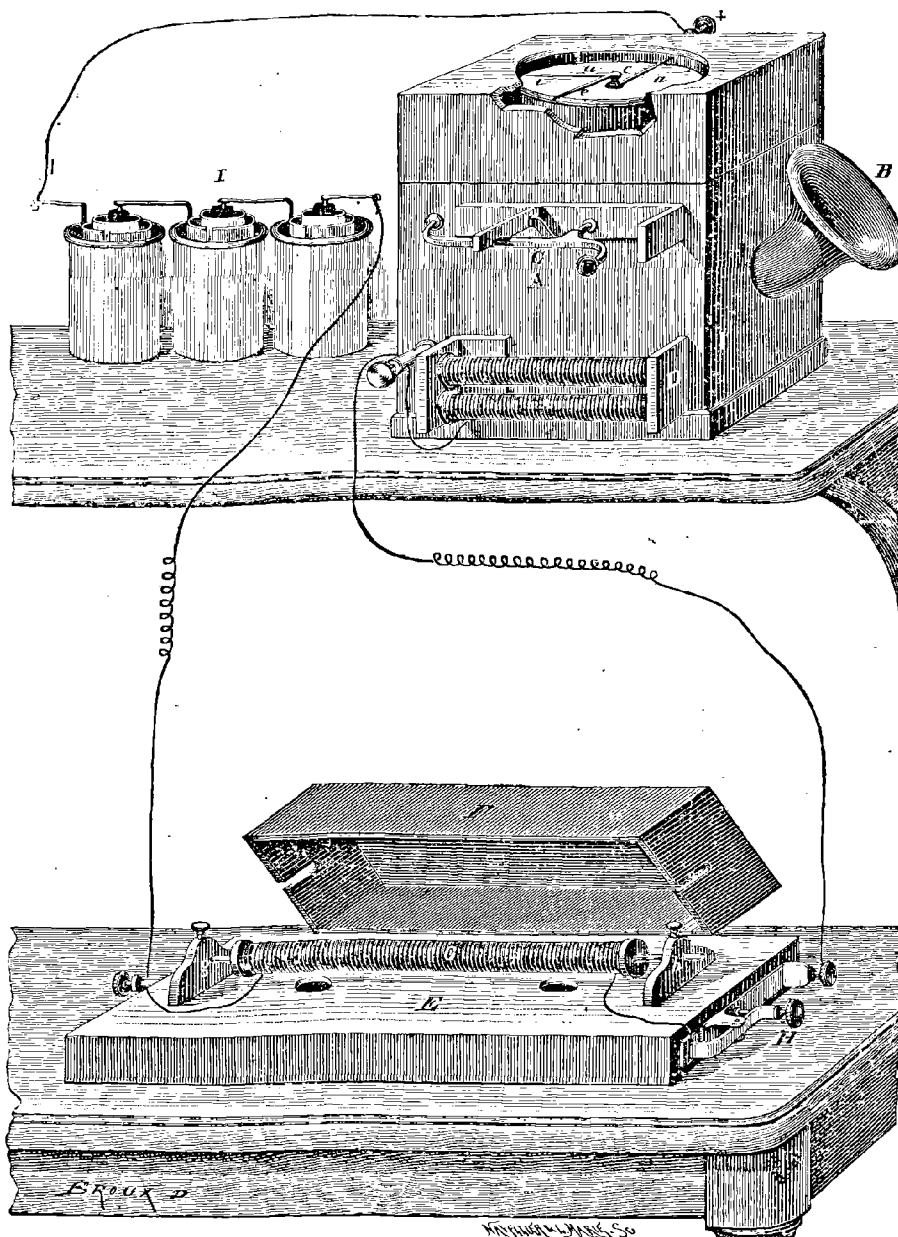


Fig. 118. — Le téléphone musical de Philippe Reis (transmetteur et récepteur).

Philippe Reis avait donc, on peut le dire, devancé son époque. Personne ne le comprit, personne ne lui donna ni appui ni secours. Le découragement le prit, et la maladie vint l'abattre. Une affection de poitrine, qui se déclara en 1871, lui enleva ses

forces et lui fit perdre la voix. Triste et cruelle ironie de la destinée, qui privait l'inventeur de la transmission de la voix humaine, de l'organe même qui était l'instrument de ses recherches !

Philippe Reis avait construit une machine pour la démonstration des lois de la chute des corps, en combinant le grand appareil classique d'Atwood avec celui du général Morin; et il se proposait de présenter ce nouvel appareil à l'*Association des naturalistes allemands*, qui tenait sa session à Wiesbade, en 1874. Mais la maladie ne le permit pas. Après de longues et cruelles souffrances, l'infortuné savant mourut à Friedrichsdorf, le 14 janvier 1874.

CHAPITRE II

M. GRAHAM BELL, S'INSPIRANT DES TRAVAUX DE PHILIPPE REIS, EST AMENÉ A LA CONSTRUCTION DE SON PREMIER TÉLÉPHONE : *l'oreille-téléphone*. — DEUXIÈME APPAREIL DE M. GRAHAM BELL : LE TÉLÉPHONE A PILE ET A MEMBRANE D'OR. — TROISIÈME FORME DU TÉLÉPHONE DE GRAHAM BELL : LE TÉLÉPHONE A PILE ET A MEMBRANE ANIMALE ENCASTRANT UNE MEMBRANE DE FER.

L'appareil de Philippe Reis pour la transmission des sons musicaux, avait beaucoup frappé le jeune professeur de Boston, M. Graham Bell. Mais cet appareil, fondé, comme nous venons de le dire, sur le principe de la *musique galvanique* de Page, ne transmettait facilement que des airs d'instruments, quelquefois des chants de la voix humaine. Il s'agissait d'obtenir davantage, c'est-à-dire la transmission de la parole articulée. Ce but paraissait alors absolument chimérique. Prétendre transmettre à distance la parole articulée, c'était tenter l'impossible.

Cependant, à quoi servirait-il d'appartenir à un siècle qui rêve le progrès indéfini, et dont l'ambition scientifique est sans mesure, si l'on ne tente pas l'impos-

sible? M. Graham Bell le tenta. Et chose extraordinaire, il réussit dans cette recherche; il réalisa pleinement cette utopie condamnée par l'universelle sagesse des hommes de son temps!

C'est que la physique est entrée, de nos jours, dans une voie non soupçonnée jusqu'ici. C'est qu'un ordre de faits, dont les physiciens d'autrefois n'avaient aucune idée, s'est révélé à nous. La physique classique, la physique des Gay-Lussac, des Pouillet, des Ampère, des Weber, des Becquerel et des Regnault, savait parfaitement tout ce qui se passe à la superficie des corps. mais elle ignorait ce qui se passe au-dessous, c'est-à-dire dans la substance intime de la matière. La science de notre temps a abordé courageusement cet ordre intime d'actions intra-moléculaires, et ici ont apparu des phénomènes insolites, des actions jusque-là absolument inconnues.

Depuis que le génie des Gauss, des Grove, des Joule, des Hirn, a découvert le principe fondamental de la nouvelle physique, à savoir la transformation des forces les unes dans les autres, les phénomènes les plus extraordinaires se sont montrés à nos yeux. On a vu des effets d'induction électrique, dont la véritable nature nous échappe, provoquer, dans l'intérieur des corps, des vibrations d'une petitesse qui défie toute mesure, mais qui se traduisent au dehors par des effets physiques très appréciables, par des efforts mécaniques très intenses. On a vu la chaleur se changer en mouvement et le mouvement en chaleur. On a vu l'électricité se transformer en force motrice, le magnétisme produire des effets mécaniques, et la lumière faire naître des sons : on a fait, comme on l'a dit, *parler la lumière*. On a, enfin, découvert des courants électriques d'un ordre tout nouveau. *les courants ondulatoires*, qui emportent au loin, dans leurs mystérieux tressaillements, les vibrations de la parole.

Dans cet ensemble de phénomènes étranges, rien n'est prévu d'avance, aucune donnée antérieure ne peut guider dans leur recherche. C'est un terrain vierge, dévolu au premier pionnier, patient et courageux. Pas n'est besoin ici d'être savant attiré, professeur de Faculté, membre d'une Académie ou d'une société savante. La sagacité, la patience dans l'observation, la persévérance dans l'examen, sont les seules qualités exigées pour réussir en ce genre d'études. C'est pour cela que les questions les plus abstruses sont abordées de front par ces savants d'aventure, ces volontaires de l'art, ces francs-tireurs de la science, ces enfants perdus du progrès, qui, inconscients des difficultés, méprisant les obstacles, se jettent au milieu des plus obscurs problèmes, sans soupçonner leur profondeur, ni la nuit qui les couvre. Et quelquefois, le dieu hasard, qu'ils invoquent tout bas, dans leurs veillées solitaires, récompense leur courage et couronne leur foi en mettant en leur main la palme du triomphe.

Ainsi, de nos jours, la physique s'est démocratisée, pour ainsi dire : elle a quitté le giron aristocratique des Universités et des Académies. On a laissé les savants officiels, patentés et brevetés, continuer de couvrir gravement l'œuf philosophique ; et la couvée étant devenue générale, universelle, a multiplié les produits nouveaux, sains et utiles, par cette raison que Voltaire a bien de l'esprit, mais que tout le monde a plus d'esprit que Voltaire.

Aucune des grandes applications de la physique réalisées de nos jours, n'est sortie des cénacles scientifiques. C'est un simple typographe, Léon Scott, qui découvre le moyen de faire tracer, par un style métallique, sur une membrane vibrante, les sons de la voix humaine. C'est un modeste employé des postes, M. Ch. de Bourseul, qui, le premier, émet cette pensée qu'il est possible de transmettre les sons par un cou-

rant électrique. C'est un professeur de pensionnat de l'autre côté du Rhin, qui construit le premier téléphone musical. Un Yankee, qui n'a jamais mis le pied dans une école élémentaire ou supérieure, qui a eu pour cabinet d'études le fourgon à bagages d'un railway du Canada, invente le phonographe et réalise l'éclairage électrique par incandescence, vainement poursuivi jusqu'à lui. C'est un pianiste, M. Hughes, qui découvre le télégraphe imprimant, ensuite le microphone et ses étonnantes applications. Enfin, la merveille des merveilles, en fait de télégraphie, nous est révélée par un modeste professeur d'un hospice de sourds-muets. En effet, la découverte, sans précédents, de ces *courants ondulatoires*, qui ont le privilège d'emporter à travers la distance les vibrations sonores et de les reproduire avec une absolue fidélité, est due à M. Graham Bell, devenu sans doute plus tard un savant de grande valeur, mais qui, en physique, n'était alors qu'un écolier.

M. Graham Bell, toutefois, n'arriva pas du premier coup au résultat qui devait couronner ses efforts. Sa marche à travers les phénomènes nouveaux ouverts à son exploration, fut lente et tortueuse. Il fit usage de procédés ardu et compliqués, avant de découvrir le fait admirablement simple qui sert de base au téléphone magnétique actuel.

L'appareil du maître d'école allemand Ph. Reis, fut d'abord l'objectif de M. Graham Bell ; et malheureusement, là n'était pas la bonne route. Dans l'appareil de Philippe Reis, c'est le courant électrique qui transmet des sons musicaux par ses interruptions, provoquées elles-mêmes par la résonance d'une membrane vibrant à l'unisson des instruments de musique. Mais de simples interruptions de contact ne produisent que des sons isolés, sans liaison entre eux, et ne peuvent donner la continuité des sons qui constitue la voix humaine.

Nous avons dit que Philippe Reis s'était servi, au début de ses recherches, d'une sorte d'oreille humaine en bois, dans laquelle un morceau de vessie remplaçait la membrane du tympan. Voulant enregistrer les vibrations de la voix, M. Graham Bell, aidé par le docteur Blake, construisit un appareil semblable à l'oreille humaine, avec son tympan et ses osselets. Il enduisit la membrane du tympan de glycérine étendue d'eau, plaça un style près de cette mem-

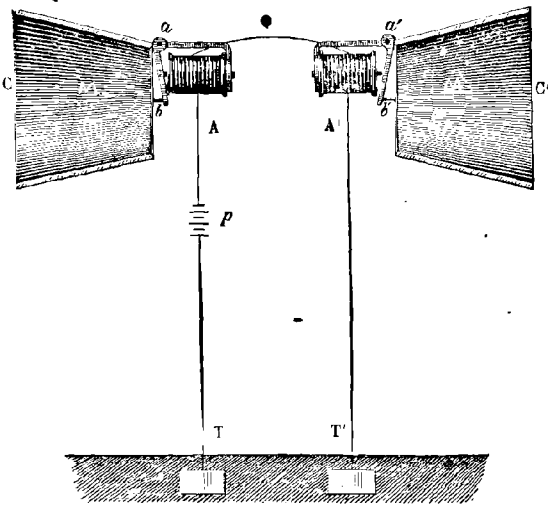


Fig. 119. — Premier téléphone de M. Graham Bell.

P, pile; T, communication par la terre; A, électro-aimant; C, cône acoustique; ab, armature de l'électro-aimant; M, membrane vibrante en or battu.

brane; puis, en parlant ou chantant devant ce tympan naturel, il obtint sur une plaque de verre noircie, qui se déplaçait rapidement sous ce style, des traits reproduisant exactement les vibrations de l'air ébranlé par les sons. C'est ce que le typographe Léon Scott avait le premier imaginé en France, avec son *phonautographe*.

Cette combinaison de l'appareil primitif de Reis, l'*oreille téléphone*, et du *phonautographe* de Léon Scott, qui lui permit d'enregistrer les vibrations de la voix humaine, mit M. Graham Bell sur la voie de sa découverte.

Écoutons M. Graham Bell nous raconter ses premiers essais, c'est-à-dire ceux qui suivirent la construction de l'*oreille-téléphone*, imitée du premier appareil de Philippe Reis.

« La disproportion considérable de masse et de grandeur qui, dans cet appareil, existait entre la membrane et les osselets mis en vibration par elle, attira particulièrement mon attention, et me fit penser à substituer à la disposition compliquée que j'avais employée pour mon téléphone à transmission de sons multiples, une simple membrane à laquelle était fixée une armature de fer.

« Cet appareil fut alors disposé comme l'indique la figure ci-dessus (fig. 119), et je croyais obtenir par lui les courants ondulatoires qui m'étaient nécessaires. En effet, en articulant à la branche sans bobine d'un électro-aimant boîtier A une armature de fer doux, ab, reliée par une tige à une membrane en or battu, M, je devais obtenir, par suite des vibrations de celle-ci, une série de courants induits ondulatoires, lesquels, réagissant sur l'électro-aimant d'un appareil semblable placé à distance, devaient faire reproduire à l'armature de celui-ci, a' b', les mouvements de la première armature, et par conséquent faire vibrer la membrane correspondante M' exactement comme celle ayant provoqué les courants.

« Toutefois, les résultats que j'obtins de cet arrangement ne furent pas satisfaisants, et il me fallut encore entreprendre bien des essais, qui m'amènèrent à réduire autant que possible les dimensions et le pied des armatures et même à les constituer avec des ressorts de pendule de la grandeur de l'angle de mon pouce. Dans ces conditions, au lieu d'articuler ces armatures, je les attachai au centre des membranes, et mon appareil fut alors disposé comme l'indique la figure suivante. »

Dans le second appareil auquel fait allusion M. Graham Bell, le courant électrique était interrompu par les vibrations d'un mince disque de fer, placé en face d'un électro-aimant. La membrane de fer vibrait par la résonance de la voix, et ses vibrations étaient transmises par le fil de la pile à un appareil vibrant identiquement comme la membrane du transmetteur. Les sons de la voix étaient ainsi fidèlement reproduits.

Les figures 121 et 122 représentent cet appareil. Le transmetteur (fig. 121), se compose : 1° d'un électro-aimant, B, c'est-à-dire d'une lame de fer pur parcourue par un cou-



Fig. 120. — M. Graham Bell, fait l'expérience de son deuxième téléphone.

rant électrique, qui lui communique l'aiman-
tation ; 2° d'un disque mince de fer placé
au fond de l'ouverture du pavillon, A. Au

moyen des vis, C, C, on peut tendre plus ou
moins la membrane vibrante.

Le récepteur (fig. 122) se compose d'un

électro-aimant, que les physiciens appellent *électro-aimant tubulaire*. L'aimant BC a une forme cylindrique, et la bobine de fils parcourue par le courant qui lui communique

l'alimentation artificielle, est renfermée à l'intérieur du cylindre. L'armature, A, de l'électro-aimant, c'est-à-dire la pièce de fer attirée par cet aimant, est placée au-dessus du

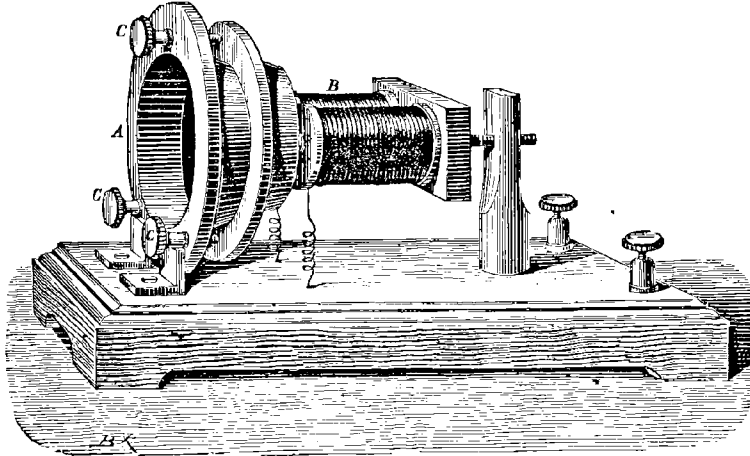


Fig. 121. — Deuxième téléphone de M. Graham Bell (transmetteur).

cylindre, et forme comme le couvercle d'une boîte. Cette dernière disposition de l'électro-aimant rappelle le récepteur du *téléphone musical* de Philippe Reis.

Ajoutons que le *transmetteur* (fig. 121) pouvait fonctionner comme *transmetteur* et comme *récepteur* indifféremment, mais que le *récepteur* (fig. 122) ne pouvait remplir ce

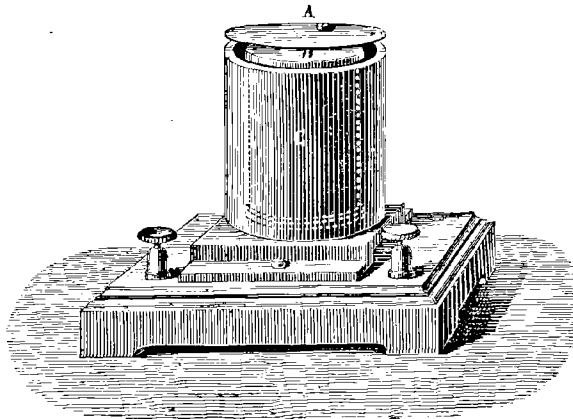


Fig. 122. — Deuxième téléphone de M. Graham Bell (récepteur).

double office. En d'autres termes, le *transmetteur* était *reversible*, comme on le dit aujourd'hui, mais le *récepteur* ne l'était pas.

Cet assemblage était assez bizarre, et l'on

ne pouvait en espérer rien de bien sérieux. Mais la téléphonie est l'heureuse fille du hasard et de la fortune, et M. Graham Bell expérimentait un peu à l'aventure.

Aussi, rien ne saurait donner l'idée de la

surprise et de la joie qu'éprouva l'inventeur, lorsque, pour la première fois, le courant électrique traversant ce singulier système, transporta à distance les sons de la voix humaine.

M. Graham Bell avait établi le *transmetteur* de son appareil dans une salle de l'Université de Boston servant à des conférences, et il se tenait près de ce transmetteur. Le récepteur était disposé dans une pièce située à l'étage au-dessous, et un élève écoutait ou parlait dans le récepteur. M. Graham Bell ayant prononcé ces mots devant le transmetteur : « Comprenez-vous ce que je dis », il crut rêver lorsqu'il entendit, à travers l'instrument, cette bienheureuse réponse, un peu confuse, un peu voilée sans doute, mais enfin perceptible : « Je vous comprends » (fig. 120, page 233).

A dater de ce moment, le problème de la transmission de la parole par le courant électrique était résolu.

Nous sommes en Amérique, et dans ce pays les savants qui se livrent à des recherches nouvelles ont deux objectifs, qui se succèdent dans un ordre méthodique : 1° la découverte, 2° son exploitation industrielle, assurée au moyen d'un brevet d'invention. M. Graham Bell, en construisant son téléphone à pile, dans lequel une membrane de fer vibrait à l'égal de la voix et transmettait fidèlement ses vibrations à un appareil semblable, placé à une station éloignée, avait réalisé la première partie du programme. La seconde ne se fit pas attendre.

Au mois de septembre 1875, M. Graham Bell alla trouver, à Toronto, le ministre des États du Canada, M. Brown, qui se disposait à partir pour l'Europe, et il le chargea de prendre en Angleterre, en son nom, un brevet d'invention pour son téléphone, pendant qu'il prendrait lui-même un semblable brevet en Amérique.

Le 29 décembre, M. Graham Bell, appre-

nant que M. Brown n'était pas encore parti, lui fit une seconde visite à Toronto, et lui remit les dessins de son appareil, avec un mémoire à l'appui de sa demande de brevet.

M. Brown s'embarqua pour l'Europe, au mois de janvier 1876. Arrivé à Londres, il soumit à des électriciens le mémoire et les dessins de M. Graham Bell; mais ces savants ne trouvèrent pas que l'invention fût sérieuse; de sorte que M. Brown hésitait à



M. Graham Bell.

faire la demande du brevet. M. Graham Bell écrivait lettres sur lettres à son compatriote, pour le presser d'exécuter sa promesse, lorsqu'il reçut une dépêche télégraphique, lui annonçant un événement imprévu et tragique. Le ministre du Canada, M. Brown, avait été assassiné, dans une rue de Londres!

A cette nouvelle, M. Graham Bell, renonçant à prendre pour le moment son brevet en Europe, s'occupa de le prendre, sans aucun retard, en Amérique.

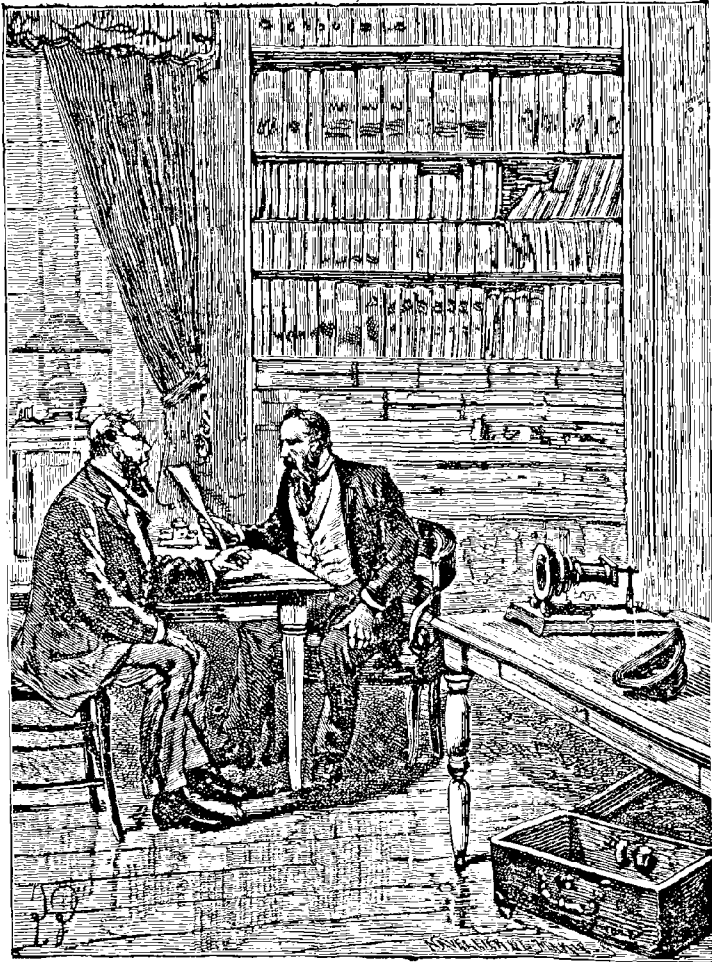


Fig. 124. — A deux heures.

Et voici ce qui se passa, le 14 février 1876, à Washington, au bureau des patentes américaines.

Si le récit qui va suivre a les allures d'un roman, qu'on ne l'attribue pas à l'imagination de l'auteur, car tout ce qui se passa dans la journée du 14 février 1876, au bureau des patentes de Washington, est appuyé sur des pièces et des documents qui ont figuré en justice, à l'occasion des nombreux procès auxquels donna lieu le cas sans exemple que nous allons raconter.

CHAPITRE III

CE QUI SE PASSA LE 14 FÉVRIER 1876, DANS LE BUREAU DU DIRECTEUR DES PATENTES AMÉRICAINES DE WASHINGTON. — LE TÉLÉPHONE A PILE DE M. GRAHAM BELL ET LE TÉLÉPHONE A PILE DE M. ELISHA GRAY SE TROUVENT FACE A FACE. — UN CONFLIT JUDICIAIRE. — COMMENT LES TRIBUNAUX AMÉRICAINS PROCLAMÈRENT M. GRAHAM BELL L'INVENTEUR DU TÉLÉPHONE, ET CE QUI S'ENSUIVIT.

Je ne saurais dire exactement comment est disposé, à Washington, le bureau des patentes, mais il ne doit pas beaucoup différer des établissements de ce genre qui sont consacrés, à peu près en tout pays, aux enregistrements officiels des demandes et des

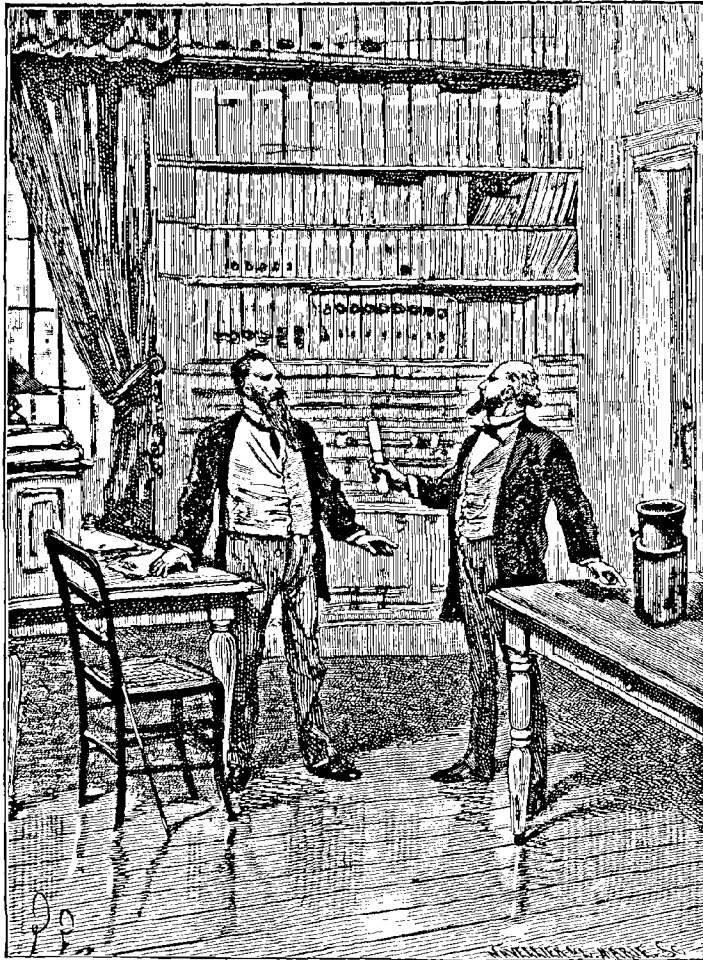


Fig. 125. — A quatre heures.

délivrances de brevets d'invention. Ils sont distribués, en général, comme il suit. Une vaste salle est divisée en un certain nombre de compartiments, servant chacun de bureau à un employé. Les murs de cette salle sont couverts de dessins au lavis, de plans géométraux ou de planches gravées en noir et en couleur, représentant divers appareils de mécanique industrielle. De grandes bibliothèques, renfermant l'interminable collection des volumes que chaque nation consacre aux *brevets expirés*, s'étendent des deux côtés de la salle. Là se trouvent les collections des *brevets expirés* enregistrés en France depuis 1800, et la série

des patentes anglaises et américaines; ce qui, joint aux principaux recueils scientifiques d'Europe et d'Amérique, forme l'indispensable répertoire que les employés ont à consulter.

De ces employés, les uns travaillent à la correspondance, les autres copient le texte des brevets déposés par les inventeurs. Certains s'occupent à reproduire sur la planche à lavis, les plans, coupes et dessins qui accompagnent les brevets. Tandis que quelques-uns colorient, à la main, les dessins tracés à l'encre, d'autres autographient des manuscrits ou gravent sur pierre ces dessins, pour en faire des tirages plus nombreux.

Au milieu de la grande salle occupée par les petits bureaux des employés, est une porte, donnant accès dans le cabinet du directeur du bureau.

Le 14 février 1876, à deux heures de l'après-midi, le directeur du bureau des patentes américaines était occupé à expédier les affaires courantes de son service, quand on frappa à sa porte.

« Toc, toc !... »

— Entrez. »

On entra.

« C'est vous, monsieur Patrick, dit le directeur ; quel bon vent vous amène ? »

— Une demande de brevet.

— De la part ?

— De la part de M. Graham Bell.

— De M. Graham Bell, le professeur de l'institution des sourds-muets de Boston ?

— Précisément.

— Et de quelle invention s'agit-il ?

— D'un téléphone, c'est-à-dire d'un appareil qui transmet les sons à distance.... Voici le modèle de son appareil. Voulez-vous en prendre connaissance ? »

L'agent d'affaires déposa sur un meuble le modèle du téléphone à pile de M. Graham Bell, et remit au directeur le mémoire du professeur de Boston. Le directeur commença la lecture de ce mémoire, que nous allons lire par-dessus son épaule.

« Mon invention — est-il dit dans le mémoire de M. Graham Bell à l'appui de sa demande de brevet — consiste dans l'emploi d'un courant électrique vibratoire, ou *ondulatoire*, en opposition à un courant simplement intermittent ou pulsatoire, et d'une méthode ainsi que d'un appareil pour produire une ondulation électrique sur le fil de ligne.

« On comprendra la distinction entre un courant ondulatoire et un courant pulsatoire, si l'on considère que les pulsations électriques sont produites par des changements d'intensité soudains et instantanés, et que les courants ondulateurs résultent de changements graduels d'intensité, analogues aux changements de densité occasionnés dans l'air par de simples vibrations du pendule. Le mouvement électrique, comme le mouvement aérien, peut être représenté par une courbe sinusoïdale ou par

la résultante de plusieurs courbes sinusoïdales. »

M. Graham Bell expose ensuite comment les courants ondulateurs peuvent servir à la transmission simultanée de plusieurs dépêches, et il décrit en dernier lieu la disposition suivante :

« Un autre mode est représenté par la figure ci-jointe (voir fig. 112, page 339 de cet ouvrage), dans lequel le mouvement peut être communiqué à l'armature par la voix humaine ou par le moyen d'un instrument musical.

« L'armature *ab* est attachée librement à la patte d'un électro-aimant *A*, et son autre extrémité est liée au centre d'une membrane tendue, *M*. Un cône, *P*, sert à faire converger les vibrations du son sur la membrane *M*. Quand un son est émis dans le cône, la membrane est mise en vibration, l'armature est forcée de partager ce mouvement, et ainsi des ondulations sont créées dans le circuit. Ces ondulations sont semblables en forme aux vibrations de l'air causées par le son, c'est-à-dire qu'elles sont représentées graphiquement par des courbes semblables. Les courants ondulateurs passant par l'électro-aimant *a'b'* agissent sur l'armature *M'* pour lui faire copier le mouvement de l'armature *M*. On entend alors sortir du cône *P'* un son semblable à celui qui est émis en *P*. »

M. Graham Bell termine ainsi :

« Ayant décrit mon invention, ce que je réclame et désire assurer par la patente est ce qui suit :

« 1. Un système de télégraphie dans lequel le récepteur est mis en vibration par l'emploi de courants électriques ondulateurs, essentiellement comme il est décrit plus haut.

« 2. La combinaison, décrite plus haut, d'un aimant permanent, ou d'un autre corps capable d'une action inductive, avec un circuit fermé, de sorte que la vibration de l'un doit occasionner des ondulations électriques dans l'autre, ou dans lui-même ; et je le réclame, soit que l'aimant permanent soit mis en vibration dans le voisinage du fil conducteur formant le circuit, soit que le fil conducteur soit mis en vibration dans le voisinage de l'aimant permanent, soit que le fil conducteur et l'aimant permanent, tous deux simultanément, soient mis en vibration dans le voisinage l'un de l'autre.

« 3. La méthode de produire des ondulations dans un courant voltaïque continu par la vibration ou le mouvement de corps capables d'une action inductive, ou par la vibration ou le mouvement du fil conducteur lui-même, dans le voisinage de tels corps, comme il est établi précédemment. »

Ayant pris connaissance de cette demande de brevet, qui était formulée conformément aux lois et règlements de l'administration des tats-Unis, le directeur du bureau des patentes fit signer la demande à l'agent d'affaires de M. Graham Bell, et le congédia.

Ceci se passait à deux heures. A quatre heures, le directeur entend de nouveau frapper à sa porte.

« Toc, toc !... »

— Entrez. »

On entra.

« C'est vous, monsieur Jonathan, dit le directeur ; quel bon vent vous amène ? »

— Une demande de *caveat*.

-- De la part ?

— De la part de M. Elisha Gray.

— M. Elisha Gray, l'électricien de Chicago ?

— Lui-même.

— Et quelle invention M. Elisha Gray veut-il faire breveter ?

— Un téléphone, c'est-à-dire un appareil qui transmet la parole à distance. »

Le directeur se leva de son fauteuil, comme poussé par un ressort.

« Un téléphone?... En êtes-vous bien sûr ?... »

— Voici le modèle de l'appareil de M. Elisha Gray, et voici ses dessins. Voulez-vous prendre connaissance du mémoire qui accompagne tout cela ?

— Comment donc, monsieur Jonathan ; mais avec le plus grand empressement ! »

Et le directeur, excessivement intrigué, mais sans rien laisser paraître encore de ce qui lui causait un si vif étonnement, prit des mains du sieur Jonathan le mémoire de M. Elisha Gray, et s'en donna lecture à lui-même, en accentuant bien chaque phrase.

L'honnête M. Jonathan, qui avait bien des fois rempli le même mandat qu'il accomplissait en ce moment, n'avait jamais vu le directeur du bureau des patentes américaines s'intéresser à ce point à une invention.

Il en était émerveillé, et ne savait comment expliquer l'attention tout à fait nouvelle que le directeur apportait à cette affaire.

Voici le texte exact du document manuscrit qui accompagnait la demande de l'électricien de Chicago. On reconnaîtra bien vite que la description du téléphone faite par M. Elisha Gray est autrement claire, nette et précise, que celle de M. Graham Bell, qui disserte, au lieu de décrire, qui s'égaré dans des considérations de physique étrangères au sujet, et dont l'appareil a plutôt pour objet un perfectionnement à la télégraphie électrique qu'un téléphone.

En tête du mémoire de M. Elisha Gray est un dessin, qui porte pour légende : « *Instruments for transmitting and receiving vocal sounds telegraphically, caveat filed February 14 th 1876, c'est-à-dire : Instruments pour transmettre et recevoir télégraphiquement des sons vocaux. Caveat, enregistré le 14 février 1876.* »

Voici maintenant le texte de l'inventeur :

« A tous ceux que cela peut concerner, qu'il soit connu que moi, Elisha Gray, de Chicago, comté de Cook et État d'Illinois, ai inventé un nouveau mode de transmettre des sons vocaux télégraphiquement. Ce qui suit en est la description.

« L'objet de mon invention est de transmettre les tons de la voix humaine au travers d'un circuit télégraphique et de les reproduire à l'extrémité réceptrice de la ligne, de telle façon que des conversations effectives puissent être tenues par des personnes se trouvant à une grande distance l'une de l'autre.

« J'ai inventé et fait breveter des méthodes de transmettre télégraphiquement des impressions ou sons musicaux, et mon invention actuelle est basée sur une modification du principe de ladite invention, qui est décrite et exposée dans des lettres patentes des États-Unis, qui m'ont été accordées le 27 juillet 1875, sous les numéros respectifs 166,095 et 166,096, et, de plus, dans une demande de patente déposée par moi le 23 février 1875.

« Pour atteindre l'objet de mon invention, j'ai imaginé un instrument pouvant émettre des vibrations concordant avec tous les tons de la voix humaine, et par lequel ces tons, ou sons, sont rendus perceptibles.

« J'ai représenté sur les dessins ci-joints un appareil renfermant mes perfectionnements de la me-

leure manière qui me soit connue maintenant, mais je projette différentes autres applications, ainsi que des changements dans les détails de construction de l'appareil, changements dont quelques-uns se seront nécessairement déjà présentés d'eux-mêmes à un électricien habile ou à une personne versée dans l'acoustique, à la vue de la présente application.

« La première figure de mon mémoire représente une section centrale verticale au travers de l'instrument transmetteur ;

« La deuxième figure de mon mémoire représente une section semblable au travers du récepteur ;

« La troisième figure, un dessin d'ensemble de tout l'appareil.

« Mon opinion actuelle est que la méthode la plus efficace pour obtenir un appareil capable de rendre les sons variés de la voix humaine, consiste à étendre un tympan, tambour ou diaphragme en travers d'une extrémité de la boîte qui porte un appareil produisant des fluctuations dans le potentiel du courant électrique, et par suite variant dans sa force.

« Sur le dessin ci-joint (fig. 126), la personne qui transmet les sons est représentée parlant dans une boîte, A, en travers de l'extrémité extérieure de la-

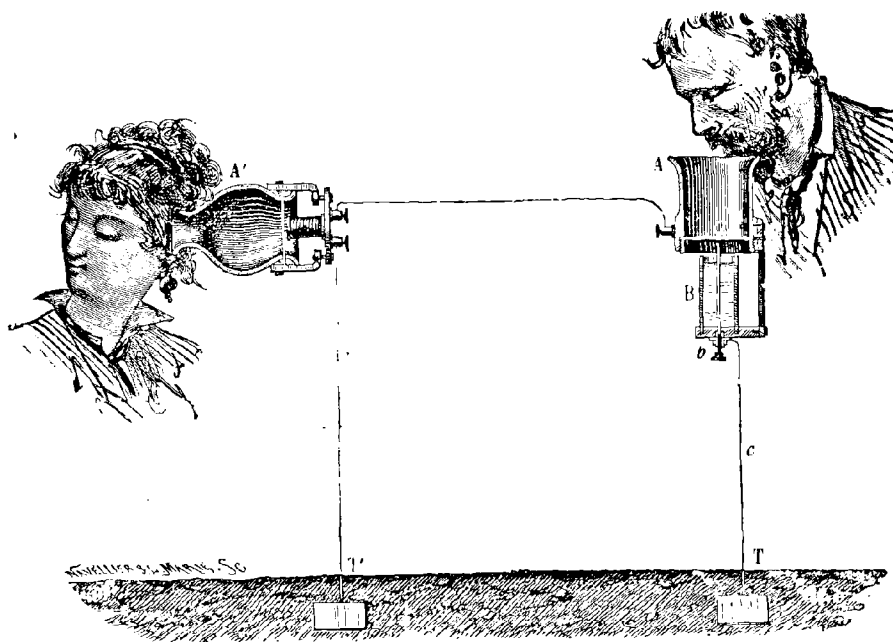


Fig. 126. — Téléphone à pression d'eau variable, de M. Elisha Gray.

A, boîte acoustique du transmetteur ; B, vase de verre plein d'eau ; a, diaphragme en baudruche portant une tige métallique attachée à sa partie inférieure ; b, suite de la tige métallique brisée, et communiquant avec le fil conducteur c, T, communication avec la terre.

quelle est tendu un diaphragme a, d'une substance mince quelconque, telle que du parchemin ou de la baudruche, capable de rendre tous les tons de la voix humaine, qu'ils soient simples ou complexes. A ce diaphragme est fixée une petite tige métallique conductrice de l'électricité, qui descend jusque dans un vase B fait de verre ou d'autre matière isolante et dont la partie inférieure est fermée par un tampon b qui peut être métallique ou au travers de laquelle passe un conducteur c qui forme en partie circuit.

« Ce vase est rempli d'un liquide possédant une grande résistance, tel que de l'eau par exemple, de sorte que les vibrations de la tige métallique qui ne touche pas entièrement le conducteur b amèneront des variations dans la résistance électrique, et par conséquent dans le potentiel du courant qui passe au travers de la tige métallique.

« Il résulte de ce mode de construction que la résistance varie constamment en concordance avec les vibrations du diaphragme, lesquelles, quoique irrégulières, non seulement en amplitude, mais aussi en rapidité, n'en sont pas moins transmises, et peuvent, par conséquent, être envoyées par une seule tige, ce qui ne pourrait pas être obtenu en établissant et en rompant alternativement le courant là où l'on emploie des points de contact.

« J'étudie cependant l'emploi de séries de diaphragmes dans une boîte vocale commune, chaque diaphragme portant une tige indépendante et répondant à une vibration d'une rapidité et d'une intensité différentes, cas dans lequel on peut employer des points de contact montés sur d'autres diaphragmes. Les vibrations communiquées de cette façon sont transmises au travers d'un circuit élec-

trique à la station réceptrice. Dans ce circuit est compris un électro-aimant de construction ordinaire, agissant sur un diaphragme, auquel est fixée une pièce de fer doux. Ce diaphragme est tendu en travers d'une boîte vocale réceptrice *c*, quelque peu semblable à la boîte vocale correspondante A.

« Le diaphragme à l'extrémité réceptrice de la ligne reçoit alors des vibrations correspondant à celles du côté transmetteur et il se produit des sons ou mots perceptibles.

« L'application pratique évidente de mon perfectionnement sera de permettre à des personnes, postées à de grandes distances, de converser l'une avec l'autre dans un circuit télégraphique, absolument comme elles le font actuellement en présence l'une de l'autre ou dans un porte-voix.

« Je revendique comme étant mon invention l'art de transmettre des sons vocaux ou conversation télégraphiquement par un circuit télégraphique. »

Nous ouvrirons ici une parenthèse pour dire que cette description est si précise et si complète qu'elle permettrait de construire un appareil qui pourrait certainement constituer un téléphone parlant.

En lisant avec soin la description qui précède et examinant le dessin qui accompagne le brevet de M. Elisha Gray, dessin que l'on voit reproduit exactement dans la figure 126, d'après le brevet de l'inventeur, on comprend que le jeu de cet appareil est le suivant.

La voix faisant vibrer le diaphragme *a* de la boîte du transmetteur A, les vibrations de ce diaphragme se communiquent à la tige métallique qui est attachée à ce diaphragme, et cette tige, en vibrant, presse plus ou moins la mince couche d'eau sur laquelle porte l'extrémité inférieure de cette même tige. Ces variations dans la compression de l'eau font varier l'intensité du courant électrique, et ces variations dans l'intensité du courant se communiquent, par la tige métallique *b*, et par le fil conducteur *c*, au récepteur A', après avoir traversé la terre, qui sert de conducteur de retour. Dès lors, le diaphragme du récepteur A' vibre identiquement comme le diaphragme du transmetteur, c'est-à-dire reproduit les sons de la voix qui a fait parler le transmetteur.

C'est le principe du *téléphone à pile et à conducteur de charbon*, que M. Edison construisit plus tard, et que nous retrouverons en son lieu : au lieu d'une pastille de charbon, il y a une goutte d'eau.

Il importe de remarquer que le téléphone de M. Elisha Gray diffère du téléphone de Philippe Reis en deux points très importants. Le transmetteur n'agit pas par des



M. Elisha Gray.

interruptions de contact avec la membrane animale, comme dans l'appareil du maître d'école allemand, mais par les variations de résistance offertes par un liquide au passage du courant électrique. M. Elisha Gray insiste, sur ce point, avec raison.

Reprenons l'entretien de nos deux personnages, que nous avons interrompu pour donner l'explication technique du téléphone de l'électricien de Chicago.

Ayant lu consciencieusement, et dans son entier, le mémoire déposé par M. Elisha

Gray à l'appui de son *caveat*, le directeur des patentes fit signer la demande par l'agent d'affaires; puis, au lieu de le congédier, il le retint du geste.

M. Jonathan, qui allait se retirer, et tenait déjà le bouton de la porte, s'arrêta, prêt à écouter de toutes ses oreilles la déclaration qu'allait lui faire l'employé supérieur.

« Vous avez sans doute remarqué, lui dit le directeur, la surprise que j'ai ressentie quand vous m'avez fait part de l'objet de votre demande. Il me reste à vous expliquer la cause de cette surprise. Sachez donc que deux heures à peine avant que vous entriez ici, votre honorable confrère, M. Patrick, en sortait, après m'avoir remis une demande de brevet pour un téléphone, qui diffère sans doute, par son mécanisme, de celui de M. Elisha Gray, mais qui donne, en fait, le même résultat, c'est-à-dire qui transporte la parole à distance, par l'intermédiaire d'un courant électrique. »

Et comme M. Jonathan se récriait, le directeur tira d'un carton et mit sous ses yeux les pièces relatives à la demande de brevet de M. Graham Bell.

« Je vous communique ces pièces, monsieur Jonathan, dit le directeur, pour que vous reconnaissiez par vous-même la vérité de ce que j'avance... Et j'ajoute que vous ne sauriez contester que la demande de M. Graham Bell n'ait l'antériorité sur celle de M. Elisha Gray, attendu qu'elle a été déposée aujourd'hui à deux heures, et la vôtre à quatre heures seulement.

— C'est ce que je n'ai nullement l'intention de nier, répliqua le mandataire de M. Elisha Gray. Il y aura certainement procès entre nos deux inventeurs, et l'on ne peut savoir quelle en sera l'issue. Quant à nous, qui n'avons été, en tout ceci, que les intermédiaires, nous ne pourrions que constater la réalité et la sincérité des faits. Leur appréciation appartiendra au tribunal. »

Sur ces dernières paroles, le sieur Jonathan se retira.

Ce qu'avait prévu notre agent d'affaires ne manqua pas, d'ailleurs, de se produire. Quelques mois après, les deux inventeurs étaient en procès.

Le tribunal de Washington dut être fort embarrassé; car si, d'une part, la description du téléphone de M. Elisha Gray était magistrale, et les effets de son appareil aussi nets qu'on pût le désirer, d'autre part, le mémoire de M. Graham Bell trahit des hésitations continuelles, et ne paraît contenir que le germe d'une invention, ayant pour objet la télégraphie électrique, plutôt qu'une invention définitive relative à la téléphonie.

Cependant le tribunal de Washington se prononça en faveur de M. Graham Bell. Il déposséda l'électricien de Chicago, et investit le professeur de Boston du privilège de la découverte du téléphone.

Ce qui dicta sans doute la sentence des juges américains, ce fut l'antériorité de deux heures dans le dépôt des pièces, antériorité établie en faveur de M. Graham Bell, mais surtout cette considération que M. Graham Bell avait fait une demande de brevet, en bonne et due forme, tandis que M. Elisha Gray n'avait pris qu'un simple *caveat*.

Il importe, en effet, de savoir qu'aux États-Unis, l'inventeur qui juge que sa découverte n'est pas arrivée à maturité, peut, avant de demander un brevet, déposer à l'Office des patentes un *caveat*, c'est-à-dire un mémoire manuscrit, indiquant le plan, l'objet et les caractères distinctifs de son invention, en demandant protection pour son droit, jusqu'à ce qu'il ait mûri sa découverte. Il paye, pour cela, une taxe de 20 dollars, dont il lui est tenu compte plus tard, s'il demande un brevet. Si, pendant l'année qui suit le dépôt d'un *caveat*, l'Office des patentes reçoit une demande pour une invention semblable à celle du déposant de ce *caveat*, celui-ci en

est informé et peut faire opposition. Cette faculté accordée par la loi américaine aux demandeurs de livret, est, du reste, fort étrange, fort justifiée, et elle n'existe point dans la loi française.

C'est parce qu'il n'avait demandé qu'un *caveat* que M. Elisha Gray perdit son procès. Quant au mérite comparatif des deux appareils, personne n'aurait hésité un instant à décerner la palme à l'instrument téléphonique de l'électricien de Chicago.

Nous devons ajouter que les revendications judiciaires contre M. Graham Bell ont recommencé en 1885. Un échange interminable de mémoires et de brochures à l'adresse des tribunaux de Cincinnati et de Massachusets, a occupé toute l'année 1886, mais en définitive la première sentence a été maintenue. Au mois de novembre 1886, la cour de Cincinnati a débouté de sa demande le gouvernement américain, qui demandait la nullité du brevet de M. Graham Bell.

CHAPITRE IV

COMMENT M. GRAHAM BELL A PU ÊTRE CONDUIT A LA DÉCOUVERTE DU TÉLÉPHONE MAGNÉTIQUE. — LE TÉLÉGRAPHE A FICELLE AMÈNE M. GRAHAM BELL A L'IDÉE D'UN TÉLÉPHONE SANS PILE. — CE QUE C'EST QUE LE TÉLÉPHONE A FICELLE. — OBSCURITÉ DE SON ORIGINE. — DESCRIPTION DU TÉLÉPHONE MAGNÉTIQUE DE M. GRAHAM BELL. — EFFET PRODUIT PAR CETTE INVENTION A L'EXPOSITION DE PHILADELPHIE. — SIR WILLIAM THOMSON ET L'EMPEREUR DU BRÉSIL PATRONNENT, EN EUROPE, L'INVENTION AMÉRICAINE. — SUCCÈS DU TÉLÉPHONE EN AMÉRIQUE. — EXPÉRIENCES PUBLIQUES FAITES PAR L'INVENTEUR, DE BOSTON A SALEM. — LE TÉLÉPHONE DE M. GRAHAM BELL FAIT SON APPARITION EN EUROPE.

La meilleure preuve que le téléphone électrique que M. Graham Bell fit breveter le 14 février 1876, et auquel le tribunal américain accorda l'antériorité sur celui de M. Elisha Gray, était un instrument sans valeur pratique, c'est qu'à peine ce brevet fut-il obtenu, que l'inventeur s'empressa de

le mettre de côté, et de chercher mieux.

Et il chercha avec tant d'ardeur qu'il finit par accomplir l'une des plus grandes découvertes de la physique moderne. Il transmit la parole sans l'intermédiaire du courant électrique.

Comment, en partant d'un premier instrument, qui n'était qu'une ébauche, le professeur de Boston parvint-il à réaliser cette merveille de l'acoustique qui porte le nom de *téléphone magnétique*, ou *téléphone à courants ondulatoires*? Je ne sais pourquoi, mais il me semble que M. Graham Bell dut être mis sur la voie de cette grande découverte par la connaissance du vulgaire et grossier jouet qui porte le nom de *télégraphe à ficelle*.

Le lecteur a certainement connaissance du *télégraphe à ficelle*, que les marchands de jouets vendaient, vers 1878, dans les boutiques et dans les rues de Paris, pour la modique somme de 50 centimes. Le *télégraphe à ficelle* est un très vieux bibelot, sans que personne puisse dire, pourtant, à quelle époque il remonte; car tout est bizarre, tout est étrange et mystérieux dans l'enfancement du téléphone.

Aujourd'hui, le *télégraphe à ficelle* est parfaitement oublié. Il fut à la mode à Paris, pendant trois mois. Mais comme trois mois d'attention est tout ce que Paris peut accorder à une curiosité quelconque, au bout de ce temps personne n'y pensait plus, et maintenant on ne trouverait peut-être pas dans toute la France un seul de ces engins. J'en ai découvert un, par hasard, au fond du tiroir d'un vieux meuble, et je n'ai pu m'empêcher, en contemplant la poussière qui ternissait ses nobles baudruches, de gémir sur la grandeur et la décadence d'inventions humaines. Quoi qu'il en soit, puisque, par un sort heureux, j'ai retrouvé ce pauvre délaissé, laissez-moi vous le décrire.

Le *télégraphe à ficelle* se compose de deux cornets, ou embouchures (fig. 128), de bois



léger, fermées au fond par une membrane de parchemin. Un fil de soie ou de coton, arrêté par un nœud, est fixé au milieu de chaque membrane. S'il est bien tendu en ligne droite, ce fil peut transmettre la voix à environ cinquante mètres. Une personne parle, en appliquant sa bouche sur l'embouchure de l'un des cornets; tandis qu'une seconde personne place l'autre cornet à son oreille. Les paroles sont ainsi assez facilement entendues. Il faut seulement que le fil ne fasse ni inflexions ni coudes, qu'il soit rectiligne.

Bréguet est pourtant parvenu à faire parler un fil présentant plusieurs inflexions. Pour cela il a fait usage, comme supports, placés de distance en distance, d'espèces de petits tambours de basque, par le centre desquels il fait passer le fil. Le son partant de la membrane dans laquelle on parle. étant conduit par le fil, fait vibrer la membrane du petit tambour de basque qui sert à former un coude, et ledit tambour de basque transmet sa vibration à la partie du fil qui suit. On peut, de cette manière, multiplier les coudes, sans rien enlever à l'intensité des paroles transmises.

Quel est l'inventeur du *télégraphe à ficelle*? M. Preece, électricien anglais, a revendu cette invention pour un physicien de sa nation, Robert Hooke, contemporain de Denis Papin, qui vivait au dix-septième

Fig. 128. — Le télégraphe à ficelle.

siècle. Nous ferons pourtant remarquer que dans le texte de Robert

Hooke, il n'est nullement question d'une membrane vibrante, ni d'une embouchure.

Il ne s'agit que d'un fil tendu transmettant instantanément le son. Mais le fait de la transmission du son par des corps solides d'une grande longueur, était connu depuis longtemps. Les anciens eux-mêmes savaient que les poutres et les conduites métalliques transmettent le son à de très grandes distances. Le texte de Robert Hooke ne mentionnant que la transmission du son par un *fil tendu en ligne droite*, ne peut aucunement s'appliquer à un télégraphe pourvu de deux membranes vibrantes. C'est donc à tort, selon nous, que M. Preece veut faire honneur de cette invention à Robert Hooke.

Pour que le lecteur prononce lui-même sur la vérité de notre critique, voici le passage extrait des œuvres de Robert Hooke par M. Preece, et invoqué par lui, à l'appui de la prétendue découverte du téléphone à ficelle par le physicien du dix-septième siècle.

« Il n'est pas impossible, dit Robert Hooke, d'entendre un bruit à grande distance, car on y est déjà parvenu, et l'on pourrait même décupler cette distance sans qu'on puisse taxer la chose d'impossible. Bien que certains auteurs estimés aient affirmé qu'il était impossible d'entendre à travers une plaque de verre noircie même très mince, je connais un moyen facile de faire entendre la parole à travers un mur d'une grande épaisseur. On n'a pas encore examiné à fond jusqu'où pouvaient atteindre les moyens acoustiques, ni comment on pourrait impressionner l'ouïe par l'intermédiaire d'autres milieux que l'air, et je puis affirmer qu'en employant un fil tendu, j'ai pu transmettre le son à une grande distance, et avec une vitesse, sinon aussi rapide que celle de la lumière, du moins incomparablement plus grande que celle du son dans l'air. Cette transmission peut être effectuée non seulement avec le fil tendu en ligne droite, mais encore quand ce fil présente plusieurs coudes. »

On voit qu'il n'est nullement question, dans ce passage, assez embrouillé, du reste, de membrane résonnante, ni de cornet



Fig. 129. Le télégraphe à ficelle, ou la joie des enfants, la tranquillité des parents.

acoustique, et que tout se réduit à la mention d'un fil tendu en ligne droite, ou faisant des inflexions. Mais tout le monde savait qu'une longue poutre transmet à son extrémité le bruit d'une montre. Robert Hooke ne fit que remplacer la poutre par un fil. Nous ne voyons pas là le *télégraphe à ficelle* qui vient d'être décrit.

Le fait est que l'inventeur du *télégraphe à ficelle* est parfaitement ignoré. Il n'a jamais

existé aucun engin semblable dans un cabinet de physique, ni au siècle dernier, ni pendant le nôtre. Or, les cabinets de physique en auraient certainement conservé des modèles si un physicien estimé, comme l'était Robert Hooke, eût jamais construit un instrument de ce genre.

Ainsi, l'origine du télégraphe à ficelle se perd dans un lointain ténébreux.

Ce qui prouve qu'il y a bien des siècles

que ce petit jouet fait la joie des enfants et la tranquillité des parents, c'est qu'il était connu dans le nouveau monde, en des temps fort reculés.

M. Édouard André, qui fut chargé par le gouvernement français, en 1870, d'une mission scientifique dans la Nouvelle Grenade, en rapporta cet instrument, qu'on appelle dans ce pays *fonoscopio*, et qui sert à amuser les enfants, grands et petits. Les membranes résonnantes sont en vessie de porc, et les cornets récepteurs en bambou : le fil est en coton. On en trouve dont le fil n'a pas moins de 60 mètres de long. D'après les notables de la Nouvelle-Grenade, le *fonoscopio* était connu dans ce pays depuis la conquête du nouveau monde par les Espagnols.

Dans la république de l'Équateur on trouve également le *fonoscopio* servant de jouet aux enfants.

Nous pensons que par suite du bruit que fit en Amérique, en 1877, la découverte du téléphone par M. Elisha Gray et par M. Graham Bell, l'attention fut ramenée sur le *télégraphe à ficelle*, et que ce petit instrument se répandit alors aux États-Unis, puis en Europe.

C'est peut-être, selon nous, en voyant à Boston, ce jouet populaire, en reconnaissant avec quelle facilité la parole se transmet dans le *télégraphe à ficelle*, que M. Graham Bell conçut l'idée de se passer du courant électrique, pour créer un téléphone, et qu'il vint à penser qu'un fil tendu entre deux membranes vibrantes, pourvues d'un aimant, suffirait à la transmission des sons à distance.

Il est certain que le nouveau téléphone, créé, en 1877, par M. Graham Bell, ressemble singulièrement à un *télégraphe à ficelle* dans lequel le fil serait métallique, et la membrane de parchemin serait remplacée par une membrane en tôle de fer.

Quoi qu'il en soit de notre hypothèse, il

est certain que M. Graham Bell, à peine son brevet obtenu pour son télégraphe électrique à pile, renonça à tout courant électrique, et se contenta d'un simple fil de métal reliant deux membranes vibrantes, munies d'un aimant et placées au fond d'un cornet, comme le sont les membranes de parchemin du *télégraphe à ficelle*. La membrane vibrante, qu'il plaçait au fond du cornet était, comme dans son précédent appareil, une mince feuille de tôle.

La découverte essentielle de M. Graham Bell fut de disposer en face de la feuille de tôle vibrant sous l'influence de la voix, un petit clou d'acier aimanté, et d'enrouler une partie de ce fil autour de l'aimant, c'est-à-dire d'entourer le pôle de l'anneau d'une *bobine de fils conducteurs*.

Voici ce qui se passe avec cette disposition. Quand on parle devant la mince plaque de tôle, celle-ci vibre, conformément aux ondulations de la voix. Les vibrations de la petite plaque de tôle vont provoquer, à distance, une certaine modification dans l'état magnétique du clou d'acier aimanté, et par cette modification il se développe, dans le fil conducteur placé près de cet aimant, un courant particulier, qui n'est pas un courant d'induction électrique, mais qui est d'une nature spéciale et très mystérieuse, au fond.

Le nom de *courant ondulatoire* a été donné par M. Graham Bell au courant moléculaire qui se produit dans les conditions indiquées plus haut. Ce courant, qui franchit l'espace avec la rapidité de l'éclair, suit le fil conducteur, et si l'on a placé à l'autre extrémité du courant un cornet pourvu d'une membrane de fer et d'un clou d'acier aimanté, c'est-à-dire un appareil en tout semblable à celui de la station du départ, les mêmes vibrations sonores se répètent dans la seconde membrane, et la parole est exactement transmise et répétée à l'autre bout de la ligne.

Maintenant, ami lecteur, je vous prierais de vouloir bien ne pas me demander ce que c'est qu'un *courant ondulateur*, car je ne pourrais faire à cette question de réponse satisfaisante. Nous sommes en possession d'un phénomène nouveau et vraiment merveilleux. Sachons en tirer parti, et ne nous arrêtons pas à vouloir déchiffrer cette nou-

velle énigme de l'impénétrable Sphinx qui s'appelle la Nature.

La disposition que M. Graham Bell donna à son nouveau *téléphone magnétique* fonctionnant par les *courants ondulateurs*, grâce à un petit barreau aimanté, est représentée en coupe, dans la figure 130. Un barreau aimanté, c'est-à-dire un simple clou d'acier

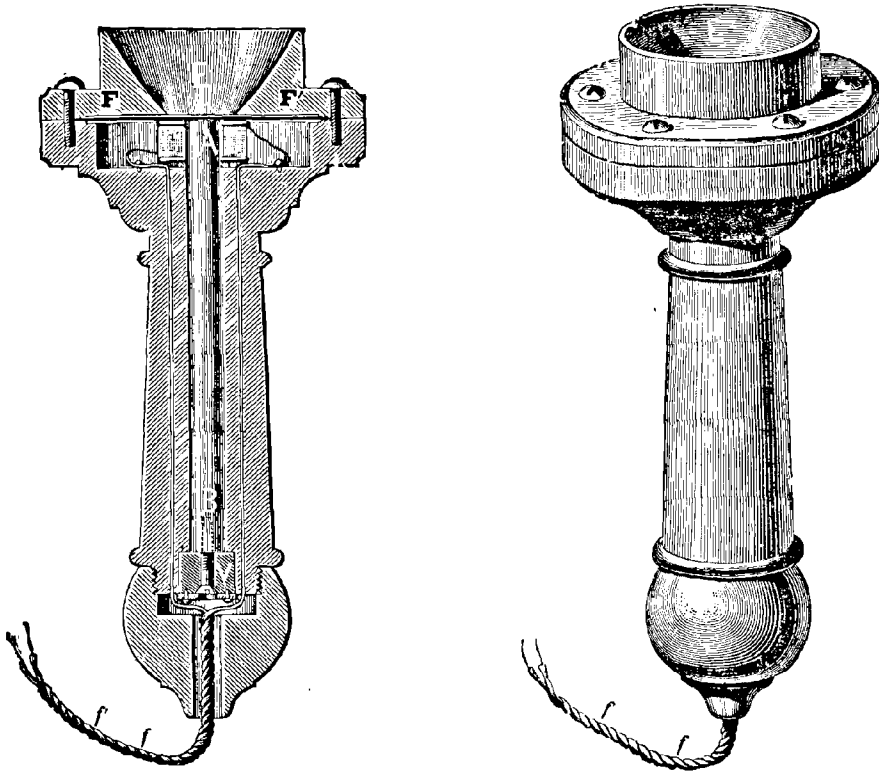


Fig. 130-131. — Téléphone magnétique de M. Graham Bell (coupe et perspective).

AB, que l'on a transformé en un aimant permanent par les procédés ordinaires usités en physique, est enveloppé à l'une de ses extrémités, ou pôle, A, d'une petite bobine, CC', de fils conducteurs, entourés de soie. Tout près de l'extrémité libre, ou pôle, A', du clou aimanté, est une mince plaque de tôle de fer, FF', placée au fond d'une embouchure, E.

Ce clou aimanté est fixé à sa place par la pression d'une petite vis V, et, selon qu'on fait avancer ou reculer cette vis, on fait

avancer ou reculer la tige aimantée AB, pour régler l'appareil, c'est-à-dire pour placer cette tige aimantée au point le plus convenable en regard du diaphragme de fer, ou lame vibrante, FF'.

Nous avons dit qu'une petite bobine électro-magnétique, CC', est fixée à l'extrémité du barreau aimanté, AB. Toute bobine électro-magnétique se compose d'un long fil métallique entouré de soie, matière isolante. C'est dans la petite bobine, enveloppée de fils parcourus par le courant élec-

trique, que doit se développer la série de courants *ondulatoires*, par suite de l'inter-rup-tion et du rétablissement successifs du courant qui parcourt la tige aimantée AB. Les extrémités des deux fils sortant de la bobine CC', une fois hors de l'appareil, sont tordues ensemble, de manière à ne former qu'un cordon, tout en étant parfaitement solées l'une de l'autre, par la soie qui les entoure. Ce cordon, composé des deux fils conducteurs des courants ondulateurs, en sortant du manche, comme on le voit sur la figure 130, où il est indiqué par les lettres *f, f'*, vient se relier à la ligne générale du fil qui réunit l'un à l'autre le *téléphone transmetteur* et le *téléphone récepteur*.

En face de la tige horizontale aimantée, AB, est placée, avons-nous dit, la lame vibrante, FF', qui est composée de fer étamé, recouvert de vernis, et qui a la forme d'un disque. La paroi extérieure de cette même lame vibrante, FF', se trouve en face de l'embouchure E.

Quand on parle dans l'embouchure E, les vibrations résultant de l'émission de la voix provoquent, dans la lame de fer, FF' des vibrations correspondantes. Les mouvements de cette lame font naître dans la bobine CC' des courants semblables, lesquels se transportent le long des conducteurs *f, f'*, et s'écoulent par le fil conducteur général.

L'appareil que nous venons de décrire (fig. 130) est le *transmetteur*. Un autre appareil, tout semblable, est placé à la station où l'on veut recevoir la parole. Ce dernier appareil, qu'on nomme le *récepteur*, reçoit des impressions vibratoires identiques à celles qu'a déterminées la voix à la station du départ, et ces mêmes vibrations sonores reproduisent les paroles prononcées dans le *transmetteur*.

L'ensemble de tous ces petits organes est contenu dans un tuyau de bois cylindrique (fig. 131), qui ressemble beaucoup à un *cornet acoustique*, c'est-à-dire à l'engin dont

se servent, pour entendre, les personnes sourdes comme des pots, et qui s'avouent « un peu dures d'oreille ».

Pour se servir du téléphone de Bell, on doit prononcer nettement les mots, en appliquant les lèvres à l'embouchure du *transmetteur*, que l'on tient à la main. Celui qui veut entendre la parole ainsi envoyée, applique à son oreille l'embouchure du *téléphone récepteur*.

Le *téléphone magnétique*, c'est-à-dire sans pile voltaïque, tel que le montrent les figures 130 et 131, n'était pas encore construit, lorsque M. Graham Bell présenta son invention, en juillet 1876, à l'Exposition de Philadelphie. Le modèle qui figura à cette Exposition, est celui que nous avons décrit et représenté dans les figures 121 et 122 (page 234) et où l'on fait usage d'un courant électrique. Nous reproduisons cet appareil historique dans les deux dessins suivants. La figure 132 est le transmetteur et la figure 133 le récepteur.

M. Graham Bell se tenait près de ce petit instrument, long de 30 centimètres à peine, s'efforçant de faire comprendre aux visiteurs que ce tuyau, assez semblable à une lorgnette, transmettait au loin la parole, quand on savait s'en servir. Mais les visiteurs ne paraissaient pas convaincus. Comment croire qu'un petit tuyau de bois contenant un clou aimanté et un morceau de tôle, apportât la solution d'un problème qui déjouait depuis des siècles la sagacité des savants?

Heureusement pour l'inventeur, un célèbre physicien anglais, sir William Thomson, l'un des plus habiles électriciens des deux mondes, arriva à Philadelphie. Quand M. Graham Bell lui soumit son appareil, comme il le faisait pour tous les visiteurs de l'Exposition, sir William Thomson lui sauta au cou. Son génie d'électricien lui avait fait instantanément deviner toute la valeur et tout l'avenir du modeste appareil

perdu dans un coin du bazar américain. Il félicita chaudement l'inventeur, et lui promit son haut patronage.

En effet, de retour en Angleterre, sir William Thomson, dans la réunion de l'*Association britannique pour l'avancement des sciences* tenue au mois de septembre 1876, fit connaître le *téléphone magnétique* de M. Graham Bell, en le qualifiant ainsi : *la merveille des merveilles de la télégraphie électrique*.

Voici le texte de la lecture que sir William Thomson fit à l'*Association britannique*. Il commence par dire quelques mots du télégraphe musical et électrique de M. Elisha

Gray, pour arriver à celui de M. Graham Bell, puis il ajoute :

« Au département des télégraphes des États-Unis, j'ai entendu dans la section du Canada : *To be or not to be — There's the rub*, articulés à travers un fil télégraphique, et la prononciation électrique ne faisait qu'accentuer encore l'expression railleuse des monosyllabes. Le fil m'a récité aussi des extraits au hasard des journaux de New York... Tout cela mes oreilles l'ont entendu articuler très distinctement par le mince disque circulaire formé par l'armature d'un électro-aimant. C'était mon collègue du jury, le professeur Watson, qui, à l'autre extrémité de la ligne, proférait ces paroles à haute et intelligible voix, en appliquant sa bouche à une membrane tendue, munie d'une petite pièce de fer doux, laquelle exé-

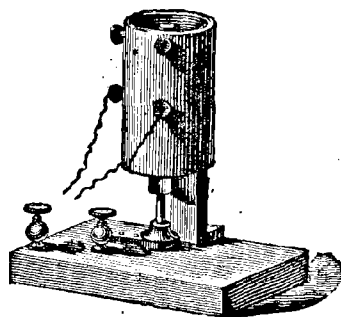
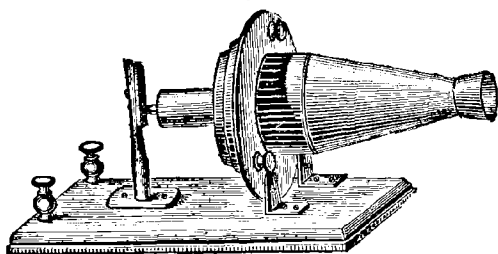


Fig. 132 et 133. — Télégraphe de M. Graham Bell, présenté à l'Exposition de Philadelphie en 1876.

cutait, près d'un électro-aimant introduit dans le circuit de la ligne, des mouvements proportionnels aux vibrations sonores de l'air. Cette découverte, la *merveille des merveilles du télégraphe électrique*, est due à un de nos jeunes compatriotes, M. Graham Bell, originaire d'Édimbourg, aujourd'hui naturalisé citoyen des États-Unis. »

Sir William Thomson occupe aujourd'hui dans la Grande-Bretagne la place autrefois dévolue à sir Humphry Davy, ensuite à Faraday : c'est l'oracle scientifique de son pays. L'oracle ayant ainsi parlé, l'admiration, qui était restée jusque-là à l'état latent, même en Amérique, éclata, unanime et universelle, au pays d'Albion, et alla tout aussitôt se répercuter dans le nouveau monde.

En France, ce fut une tête couronnée qui affirma l'existence et vanta le mérite de la nouvelle découverte issue du génie amé-

ricain. L'empereur du Brésil, don Pedro I^{er}, qui venait de visiter l'Exposition universelle de Philadelphie, et avait été mis par l'inventeur au courant de tous ses travaux, arriva à Paris, à la fin de l'année 1876. Se trouvant en rapport avec les membres d'une commission officielle qui s'occupait d'organiser la section d'électricité, pour l'Exposition universelle de 1878, au palais du Champ de Mars, Don Pedro fit connaître à cette commission le téléphone magnétique du physicien de Boston. L'impériale majesté eut beaucoup de peine à faire admettre aux membres de ladite commission l'existence réelle et les prodigieux effets du nouvel appareil ; mais il leur répéta tant de fois et avec tant d'insistance les vers de Molière :

Je l'ai vu, dis-je, vu, de mes propres yeux vu,
Ce qu'on appelle vu !.....

qu'il finit par les convaincre. Les électriciens de Paris se firent alors les admirateurs sincères et les sympathiques propagateurs de l'invention américaine.

Ainsi patronné en Angleterre et en France, M. Graham Bell passa grand homme. En dépit du proverbe, il fut prophète en son pays. Une Compagnie se forma, pour mettre des fonds à sa disposition, et lui donner les moyens de faire connaître sa découverte par des expériences publiques. M. Graham Bell avait fait la conquête la plus significative chez le peuple américain : la conquête du dollar !

Et le dollar porta ses fruits. La Compagnie qui s'était formée à Boston, pour propager la nouvelle invention, s'entendit avec une des sociétés qui exploitent les télégraphes aux États-Unis. M. Graham Bell installa son téléphone à Boston, et, en se servant du fil conducteur du télégraphe électrique, il put entretenir une conversation avec une personne placée à l'autre extrémité du fil, à Malden, à la distance de 9 kilomètres.

M. Graham Bell réussit, peu de temps après, c'est-à-dire en juin 1877, à transporter les ondulations sonores de Boston à Salem. La distance de cette ville à Boston est de 22 kilomètres. Grâce à une disposition particulière du récepteur, on entendit très nettement à Salem les paroles prononcées par M. Bell à Boston.

C'est dans une conférence publique qu'il donna à Boston, que M. Graham Bell exécuta cette expérience mémorable. Il parlait à Boston dans l'embouchure de son *transmetteur*, et les vibrations sonores étaient transportées à Salem par le fil télégraphique. Il était prévenu, par un autre fil télégraphique, du moment où il fallait parler par le téléphone.

Les assistants de Salem, en appliquant l'oreille au cornet qui terminait l'appareil, entendirent les sons et les paroles envoyées

de Boston, et firent retentir la salle d'applaudissements enthousiastes.

Des transmissions inverses furent faites, et avec le résultat le plus favorable. Les spectateurs de Boston entendirent les paroles et les chants de Salem.

Deux mois après, l'appareil de M. Graham Bell était présenté à l'Académie des sciences de Paris et aux sociétés savantes de Londres, et il excitait une admiration générale, chez les savants et le public.

CHAPITRE V

PERFECTIONNEMENTS APPORTÉS, EN AMÉRIQUE ET EN EUROPE, AU TÉLÉGRAPHE ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE DE M. GRAHAM BELL. — LE TÉLÉPHONE GOWER. — LE TÉLÉPHONE A PILE DE M. EDISON. — LA DÉCOUVERTE DU MICROPHONE VENANT PERFECTIONNER LE TRANSMETTEUR DU TÉLÉPHONE DE M. GRAHAM BELL.

A peine connu, tant en Amérique qu'en Europe, le téléphone Bell devint aussitôt l'objet de tentatives de modifications. Mais l'inventeur, l'ayant porté du premier coup presque à son état de perfection, en tant que téléphone purement magnétique, avait laissé peu de chose à faire à ses successeurs.

Un constructeur américain, M. Gower, réalisa une des premières modifications du téléphone Bell. Dans le téléphone Bell, l'aimant est un simple barreau : on n'utilise donc que l'un de ses pôles ; l'autre est inactif. M. Gower eut l'idée de replier l'aimant en arc de cercle, de manière à présenter ses deux pôles en regard de la membrane de fer sur laquelle ils doivent agir. L'action doit être plus énergique, puisqu'elle s'exerce par deux pôles au lieu d'un.

En même temps, M. Gower donna à la membrane vibrante plus de surface, ce qui accrut l'effet de résonance. La membrane de fer circulaire est placée au fond d'une boîte ronde, en laiton.

Nous représentons dans la figure 134 la coupe intérieure du téléphone Gower : la

boîte est ouverte, pour montrer la disposition des deux pôles de l'aimant. Cet aimant, NOS, est replié en forme de fer à cheval, ou de demi-cercle. Il est en acier et aimanté par le procédé ordinaire. Ses deux extrémités, en se repliant, présentent les deux pôles p , n en regard l'un de l'autre. Ces deux pôles sont munis de deux semelles de fer, faisant saillie, sur lesquelles on enroule deux petites bobines électro-magnétiques b , b' , dans lesquelles se développent les courants ondulatoires.

Le diaphragme vibrant, M (fig. 135), est en fer-blanc ; il est fixé sur les bords de la boîte circulaire qui contient le tout, et qui

forme une caisse sonore. Cette boîte est en cuivre et le diaphragme vibrant, M, est fortement serré contre ses parois.

Ce téléphone n'a pas d'embouchure, mais le couvercle de la boîte est percé d'un trou, vis-à-vis du centre de la plaque vibrante. Dans ce trou on visse un tube acoustique, T, terminé par une embouchure, E (fig. 137, p. 252).

Le téléphone Gower peut servir d'avertisseur, en soufflant tout simplement, au lieu de parler. A cet effet, la plaque vibrante, M (fig. 135) porte, en dehors de son centre, à la moitié du rayon, une petite ouverture oblongue, dans laquelle une anche

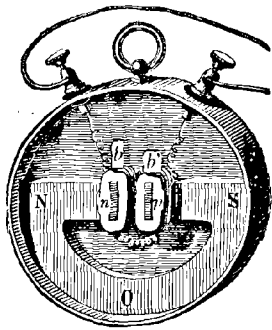


Fig. 134. — Vue intérieure du téléphone Gower.

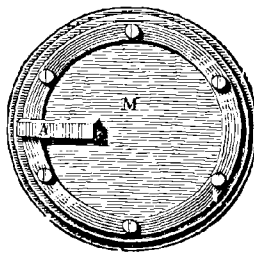


Fig. 135. — Plaque vibrante du téléphone Gower.

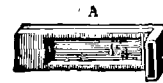


Fig. 136. — Sifflet s'adaptant à la plaque vibrante.

d'harmonium est adaptée à une équerre en cuivre, A, que nous représentons, agrandie, dans la figure 136. Si l'on souffle fortement par l'embouchure du tube acoustique, l'air pénètre dans ce trou, et met l'anche en vibration. Cet appel est analogue au son du cor.

L'avertissement étant ainsi donné, la personne placée à l'extrémité de la ligne téléphonique répond, au moyen d'un appareil semblable, installé à la station d'arrivée du son, c'est-à-dire au moyen du récepteur. Le téléphone Gower, comme le télégraphe Graham Bell, est, en effet, réversible, c'est-à-dire que le même instrument sert à l'envoi et à la réception des paroles.

Le téléphone Gower fut adopté pendant quelque temps, pour la correspondance télé-

phonique, par une Société de Paris, qui n'tarda pas néanmoins à l'abandonner, vu son prix élevé, son volume considérable et sa trop faible portée.

En même temps que M. Gower, M. Edison s'occupa de modifier le téléphone Bell. On vit apparaître, dès l'année 1877, un appareil téléphonique breveté au nom de M. Edison. En quoi consistait ce nouveau téléphone ?

M. Bell, nous venons de le dire, ayant porté le téléphone magnétique presque à la perfection, il était difficile d'y rien changer. Que fit M. Edison ? Un pas en arrière. M. Graham Bell, en découvrant les courants ondulatoires, était arrivé à ce résultat, de supprimer la pile, comme agent de trans-

mission de la parole, et de confier cet office aux seules vibrations moléculaires que provoque un aimant; de sorte qu'il était superflu de se munir d'une pile. M. Edison reprit ce que son prédécesseur avait écarté; il remit en honneur ce que l'on avait dédaigné : en d'autres termes, il revint au courant de la pile.

M. Edison a sans doute l'esprit inventif, mais il excelle surtout à tirer parti des in-

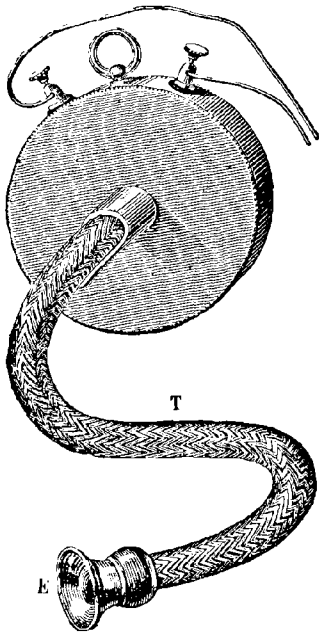


Fig. 137. — Téléphone Gower, avec son tube acoustique et son embouchure.

ventions des autres. C'est ce qui parut avec évidence dans le cas qui nous occupe.

Notre éminent physicien, Th. du Moncel avait fait, en 1856, une découverte fondamentale. Il avait trouvé que, quand on fait passer un courant électrique à travers deux pastilles, ou rondelles, de charbon superposées, le courant électrique circule d'autant mieux que l'on presse davantage les deux rondelles de charbon l'une contre l'autre; en d'autres termes, Th. du Moncel avait découvert que la pression fait varier la conductibilité électrique des corps. M. Edison appliqua ce principe au transmetteur de

son téléphone. Ce transmetteur est fondé sur ce fait qu'un corps médiocre conducteur, comme le charbon, étant interposé dans un circuit électrique, offre au passage du courant une résistance qui varie selon les pressions auxquelles il est soumis. Prenant la membrane de tôle du transmetteur de M. Graham Bell, pour recevoir les impressions de la voix, M. Edison la met en contact avec une pastille de charbon, faite en recueillant la fumée du pétrole et agglomérant cette poudre en une sorte de gâteau, que l'on découpe ensuite en rondelles.

Les figures 138 et 139 montrent, en perspective et en coupe, la disposition du *transmetteur à charbon* inventé par M. Edison.

AA' (fig. 139) est la membrane de tôle, vibrant sous l'impression de la voix; C, la pastille de charbon, qui n'est qu'un relief saillant d'une lame de charbon DD'. Quand la voix fait vibrer la membrane de tôle, AA, cette membrane presse plus ou moins la pastille C, ainsi que la lame de charbon DD'. Dès lors, le courant électrique qui parcourt les fils ff', lesquels sont en rapport avec la ligne télégraphique, est interrompu, selon le degré de pression subie par le charbon. Le courant arrivé à l'extrémité de la ligne, fait vibrer pareillement la membrane du récepteur, et reproduit finalement la voix.

Cette disposition, on le voit, est déjà bien plus compliquée que celle du téléphone de Bell, car il faut une pile et un transmetteur spécial, différent du récepteur. Mais ce n'est pas tout. L'appareil ainsi combiné ne transmettait pas les sons plus loin que le téléphone de Bell. Pour donner plus de portée au courant vocal, M. Edison fut obligé d'introduire dans son transmetteur une disposition dont M. Elisha Gray avait déjà fait usage. Au lieu d'envoyer directement le courant de la pile au récepteur, il le fit passer préalablement dans une petite bobine d'induction. On a reconnu, par l'expérience, que le courant obtenu par une pile, quand il a tra-

versé une bobine d'induction, est transformé en un courant *ondulatoire*, lequel a la propriété de franchir facilement des longueurs de fils considérables. On peut, par ce moyen, transmettre nettement la voix, avec trois ou quatre couples d'une pile de Bunsen, seulement, à la distance de plus de 125 kilomètres.

Il est certain que le transmetteur de M. Graham Bell, où l'aimant provoque seul la formation de *courants ondulatoires*, ne transporte pas la voix sur un long parcours de fil. En outre, ces courants sont si faibles, si imperceptibles, ils se passent dans un tel

monde d'infiniment petits, qu'un rien les influence et les paralyse. On ne saurait donc se servir d'un fil télégraphique ordinaire avec le transmetteur Bell, parce que les courants qui parcourent des fils voisins, appartenant à d'autres lignes télégraphiques, agissent sur les courants ondulatoires, et modifient les sons du récepteur téléphonique, au point de les rendre imperceptibles. La pile est donc indispensable pour transporter les sons à de grandes distances. C'est depuis l'intervention de la pile dans le téléphone, que l'on a pu franchir des parcours considérables.

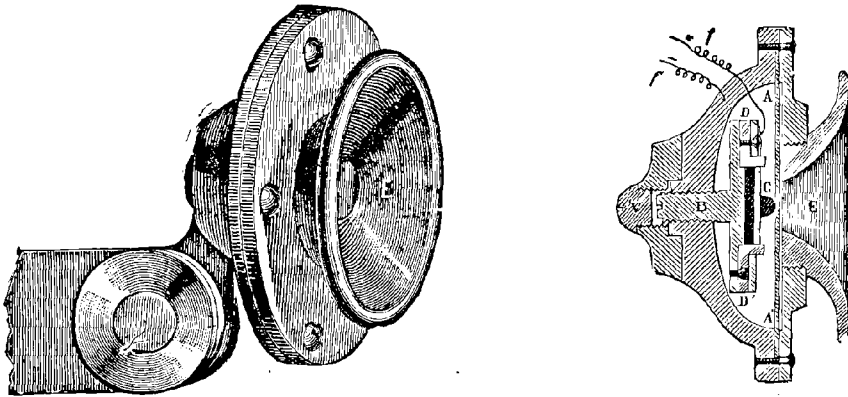


Fig. 138 — 139. — Transmetteur Edison (perspective et coupe).

Ce sont ces considérations qu'invoquait M. Edison. Malheureusement, son transmetteur était defectueux, et son récepteur était très imparfait; si bien qu'il fut obligé d'en revenir au récepteur de Bell.

Ainsi, toute l'invention de M. Edison se réduisit à son *récepteur à pastille de charbon*, fondé sur le principe découvert par Th. du Moncel.

Ajoutons que, bientôt après, le transmetteur de M. Graham Bell devait lui-même céder la place à un autre, bien supérieur.

En effet, au moment où M. Graham Bell s'appretait à mettre son brevet en exploitation, un electricien anglais, déjà célèbre par l'invention du *télégraphe imprimant*, réalisait une découverte de premier ordre,

en imaginant un appareil destiné à amplifier, dans des proportions inouïes, les bruits les plus faibles, c'est-à-dire en créant ce que l'on nomme aujourd'hui le *microphone*.

Et le hasard qui est, comme nous l'avons dit, le Dieu suprême qui préside aux destinées de la physique moléculaire, le hasard révélait presque aussitôt que le microphone, qui amplifie les bruits et les sons, jouit, en même temps, du privilège de transporter la parole articulée.

Le fait à peine constaté, plusieurs constructeurs en faisaient l'application à la téléphonie; si bien que le microphone devenait le meilleur, le plus sensible des transmetteurs téléphoniques passés, pré-

sents et à venir. Il supplantait le transmetteur Edison ; il remplaçait même le transmetteur Bell ; en un mot, il s'établissait en maître dans la téléphonie.

Nous sommes ainsi naturellement conduit à raconter l'histoire et à donner la description du microphone, cet instrument merveilleux qui est pour l'oreille ce que le microscope est pour la vue, c'est-à-dire qui amplifie ce qui est petit, qui grossit ce qui est imperceptible, qui fait d'un soupir une fanfare, et d'un éternement un coup de pistolet, comme le général Boum, dans la *Grande-Duchesse*.

CHAPITRE VI

TH. DU MONCEL, SA VIE ET SES TRAVAUX.

L'inventeur du microphone est, comme il vient d'être dit, l'électricien anglais M. Hughes. Mais s'il est vrai que l'honneur d'une découverte qui n'est que l'application d'un grand principe emprunté à la physique, doit être rapporté au savant qui a mis le premier ce principe en lumière, il faut reconnaître que la création du microphone, considéré dans son origine scientifique, revient au physicien qui découvrit ce fait fondamental, que la conductibilité électrique de certains corps varie selon la pression à laquelle ils sont soumis.

Depuis que je passe en revue, dans le cours de ce volume, les physiciens et les observateurs qui ont attaché leur nom à des découvertes dans le champ fécond de l'électricité, j'ai eu à citer tant d'Américains, Américains du Nord et Américains du Sud, tant d'Anglais, d'Écossais, d'Irlandais, tant d'Italiens et d'Allemands, que je suis heureux de pouvoir dire que le principe qui sert de base au jeu du microphone, à savoir la variation de conductibilité électrique des corps selon les pressions qu'ils subissent,

appartient à un physicien français, au comte Th. du Moncel. On ne sera donc pas surpris de trouver à cette place un exposé rapide de la vie et des travaux de Th. du Moncel.

Théodose-Achille-Louis, comte du Moncel, mort à Paris le 12 février 1884, était né dans cette même ville le 5 mars 1821. Son père était général du génie, et pair de France sous Louis-Philippe. Il manifesta, dès sa jeunesse, un goût prononcé pour le dessin, l'archéologie et les sciences exactes. Il avait dix-huit ans à peine, lorsque, au sortir du collège de Caen, où il avait fait ses études, il publia un *Traité de perspective mathématique*, qui fut bientôt suivi d'un *Traité de perspective apparente*, ouvrages dans lesquels le jeune auteur se montrait à la fois mathématicien et artiste.

Tout ce qui s'intéresse, en France, à la culture des lettres et des arts, connaît le nom de M. de Caumont, l'infatigable organisateur des *Congrès scientifiques* qui se tiennent dans nos provinces, qu'il ne faut pas confondre, d'ailleurs, avec l'*Association scientifique de France*, créée en 1871, et dont l'organisation et le plan ont été calqués sur les *Congrès scientifiques* de M. de Caumont. Aujourd'hui, l'une et l'autre de ces utiles institutions contribuent également, dans notre pays, aux progrès des sciences et des arts ; mais les *Congrès départementaux* de M. de Caumont s'intéressent plus particulièrement aux questions de l'archéologie, M. de Caumont étant un des premiers archéologues de notre temps.

Parent de M. de Caumont, le jeune comte du Moncel fut entraîné par lui dans l'étude de l'archéologie. C'est ce qui lui fit entreprendre de longs voyages dans le midi de l'Europe et en Orient.

Il rapporta de ses voyages de nombreux dessins et documents, dont il composa un grand ouvrage in-folio, qui fut publié en 1847, sous ce titre : *De Venise à Constantinople*, à

travers la Grèce. Cette publication fut suivie de plusieurs autres analogues, dont l'auteur lithographiait lui-même les planches.

Th. du Moncel appartenait, on le voit, à cette fraction de la noblesse française qui comprend que le monde moderne s'élève à de nouvelles destinées par l'étude approfondie de la nature, et qui entend participer par elle-même aux travaux variés de l'intelligence, ainsi qu'aux multiples productions des arts. Mais la famille du jeune écrivain, du jeune artiste, était loin d'accorder son approbation à ses tendances libérales et progressives. On aurait voulu qu'il se bornât à cultiver ses terres, comme un gentilhomme des temps passés. Telle n'était pas sa vocation. De là des luttes pénibles, et la déclaration formelle, de la part de ses parents, de ne lui prêter aucun secours dans la carrière qu'il entendait suivre, et qui dérogeait avec les traditions de la vieille noblesse de Normandie.

Obligé de renoncer, faute d'appuis suffisants, à l'archéologie ou aux publications d'art, Th. du Moncel se décida à se consacrer entièrement aux sciences, particulièrement à l'électricité, pour laquelle il avait ressenti de bonne heure une vive prédilection. Mais il n'avait appartenu à aucune école; il n'était passé ni par l'École polytechnique, ni par l'École centrale. Dès lors, il était privé de ces amitiés solides, nées sur les bancs de l'amphithéâtre et des salles d'étude, qui fournissent des soutiens efficaces dans la suite d'une carrière. Th. du Moncel dut surmonter, par un travail persévérant, les difficultés que présente, dans ces conditions, la carrière des sciences. Mais il avait pour lui l'arme infaillible : le travail, et il ne s'inquiétait pas de l'avenir.

Il avait commencé, en 1852, dans le *Journal de l'arrondissement de Valognes*, à décrire les découvertes nouvelles réalisées dans l'électricité. Ces articles d'une petite feuille de province devinrent l'origine des

publications, en nombre si considérable, que Th. du Moncel a consacrées à faire connaître au vulgaire, comme au savant, les progrès de l'électricité.

Il commença, sous le titre d'*Exposé des applications de l'électricité*, la publication d'une série de volumes, accompagnés de planches, dont la dernière édition forme cinq volumes in-8°.

Cet important tableau des progrès de l'électricité a été continué par l'auteur, dans une série de volumes in-18, qui ont pour titre *le Téléphone*, — *l'Éclairage électrique*, — *le Microphone et le Phonographe*, — *l'Électricité comme force motrice*. On lui doit aussi une excellente *Notice sur la bobine de Ruhmkorff*, et un *Traité de Télégraphie électrique*.

Les travaux de Th. du Moncel en physique sont trop nombreux pour que nous puissions les citer en détails. Contentons-nous de dire qu'il inaugura, de 1850 à 1856, plus de vingt-cinq appareils nouveaux, qui lui valurent, à l'Exposition universelle de 1855, une médaille de première classe.

Les découvertes scientifiques les plus importantes de Th. du Moncel se rapportent aux courants d'induction, aux piles et aux électro-aimants. C'est à lui que l'on doit la découverte de l'*effluve électrique*, sur laquelle reposent toutes les belles expériences de MM. Paul Thenard, Berthelot Houzeau, Jean, etc.

Après avoir étudié et posé le principe de la double composition de l'étincelle d'induction, Th. du Moncel est parvenu, le premier, à la dédoubler, en précisant les caractères des deux flux qui la composent. Il a découvert les effets du magnétisme dissimulé et condensé, et a établi les meilleures conditions de construction des électro-aimants, suivant les cas de leur application. Ses recherches sur la conductivité des corps médiocrement conducteurs, ont révélé dans les minéraux des effets de

polarisation inattendus, qui sont extrêmement curieux, et ses études sur le rôle de la terre dans les transmissions électriques, ont montré l'origine des courants, accidentels ou permanents, qui se manifestent dans les lignes télégraphiques. Grâce



Th. du Moncel.

à lui, on a maintenant des données certaines sur la résistance électrique des bois, des minéraux, de la terre, des tissus, etc., etc.

Th. du Moncel avait été nommé, en 1860, ingénieur électricien de l'administration des lignes télégraphiques, et ses connaissances approfondies dans toutes les branches de l'électricité, rendaient son concours précieux pour l'exploitation des télégraphes. Mais son arrivée de prime-saut à une position importante, dans un corps où les positions ne doivent s'acquérir que par l'ancienneté, avait éveillé des susceptibilités, qui se traduisirent, en 1873, par le retrait de son emploi,

sous prétexte d'économie administrative.

Il en fut dédommagé, en 1874, par sa nomination à l'Académie des sciences.

Th. du Moncel a représenté pendant longtemps le canton d'Octeville au conseil général de la Manche.

Il eut le bonheur d'être uni à une compagne (fille de M. le comte de Montalivet) dont la haute intelligence sut comprendre l'importance de ses travaux. Initiée à toutes ses recherches, elle s'était faite son collaborateur dévoué pendant toute sa carrière scientifique. Aussi la vie de du Moncel s'est-elle écoulée heureuse et tranquille, et a-t-il pu se livrer sans relâche à ses recherches de prédilection.

Artiste habile, archéologue érudit, physicien ingénieux et fécond, travailleur infatigable, du Moncel n'a pas ralenti sa marche un seul instant, et jusqu'aux derniers temps de sa vie il prit part aux travaux de l'Académie des sciences.

L'histoire de la carrière scientifique de Th. du Moncel atteste une activité intellectuelle, peu commune, une grande fécondité de production et une rare opiniâtreté d'efforts.

De tous les travaux de Th. du Moncel, celui que nous retenons, parce qu'il se rapporte au sujet que nous traitons, c'est la découverte du principe qui peut s'énoncer ainsi : *La pression exercée au point de contact entre deux corps conducteurs appuyés l'un sur l'autre, peut influencer considérablement sur l'intensité électrique développée*; ou encore : *L'accroissement de l'intensité d'un courant avec la pression exercée au point de contact est d'autant plus grande que les conducteurs présentent plus de résistance, qu'ils sont moins durs ou qu'ils sont moins bien décapés.*

Sur ce principe, mis en évidence par des expériences qui furent publiées en 1856, un fonctionnaire des lignes télégraphiques françaises, M. Clérac, fonda, en 1864, un appa-

reil rhéostatique, à poussière de charbon, destiné à faire varier, dans des conditions très simples, la résistance des lignes télégraphiques; et c'est sur le même principe que M. Edison, comme nous l'avons dit, construisit, en 1877, son transmetteur du téléphone à pile, composé de pastilles de charbon que vient comprimer la membrane vibrante en fer constituant l'armature de l'aimant.

Mais ces deux applications du principe posé par Th. du Moncel devaient être singulièrement dépassées par l'invention, faite en 1877, par un savant anglais, M. Hughes, de l'instrument extraordinaire auquel on a donné le nom de *microphone*, et qui repose également sur les variations de l'intensité d'un courant électrique selon la pression à laquelle est soumis le corps plus ou moins conducteur interposé dans ce courant.

CHAPITRE VII

M. HUGHES INVENTEUR DU TÉLÉGRAPHE IMPRIMANT ET DU MICROPHONE. — LA VIE ET LES DÉCOUVERTES DE M. HUGHES.

Toutes les personnes qui s'occupent de télégraphie connaissent le nom de M. Hughes; car ce nom est resté attaché à l'un des plus beaux systèmes de télégraphie électrique qui aient jamais été réalisés : nous voulons parler du *télégraphe imprimant*.

Nous n'avons pas à donner ici la description du *télégraphe imprimant* de M. Hughes. On le trouvera expliqué et représenté par un dessin, dans la Notice sur la *Télégraphie électrique* de notre ouvrage, *Les Merveilles de la science*¹. Cet appareil est aujourd'hui usité dans toute l'Europe et l'Amérique, pour une partie du service télégraphique.

1. *Les Merveilles de la science, ou Description populaire des inventions modernes*. 4 vol. grand in-8, à deux colonnes, contenant 1817 gravures. Paris, chez Furne, Jouvet et C^{ie}, Tome II, page 142.

Il partage avec le télégraphe Morse, le privilège de servir aux transmissions télégraphiques dans les deux mondes.

L'inventeur du *télégraphe imprimant*, D.-E. Hughes, est né à Londres, en 1831. Il avait sept ans quand ses parents quittèrent l'Angleterre et allèrent s'établir aux États-Unis, dans le comté de Virginie.

Le jeune Hughes était doué de facultés musicales toutes particulières, qui paraissent



M. Hughes.

avoir été héréditaires dans sa famille. Il ressemblait en cela au maître d'école allemand, Ph. Reis, le créateur du premier téléphone musical, qui fut conduit à la découverte du téléphone par son goût pour la musique. C'est sous les auspices et sous l'égide de l'harmonie que furent levés les premiers voiles qui cachaient le secret de la transmission du chant et de la parole. Les facultés musicales du jeune Hughes étaient si développées qu'à dix ans il improvisait des

airs, et étonnait par son talent sur le piano. Un pianiste allemand, M. Hart, qui l'entendit, en fut émerveillé; et comme une place de professeur de piano était vacante au collège de Bordstorn, dans le Kentucky, M. Hart sollicita cette place pour M. Hughes, qui n'avait alors que dix-neuf ans.

Les professeurs du collège de Bordstorn savaient qu'au moyen âge la musique faisait partie des mathématiques, et qu'on les enseignait simultanément dans les Universités d'Europe. Ils savaient que les accords des sons dépendent d'un rapport arithmétique, et qu'un mathématicien, s'il a l'oreille un peu juste, devient vite un bon musicien. Ils savaient, enfin, que dans les anciens traités de physique, la musique est considérée comme une simple application du calcul.

C'est parce qu'ils savaient tout cela que les professeurs du collège de Bordstorn, après avoir confié la classe de piano à M. Hughes, lui accordèrent la chaire de physique.

C'est au collège de Bordstorn que M. Hughes eut l'idée de son télégraphe imprimant. Et ici nous ferons une remarque concernant encore la connexion entre la musique et les nouvelles découvertes se rapportant à l'électricité. Dans le *télégraphe imprimant* de M. Hughes, les lettres qui doivent former les mots, à la station d'arrivée, sont inscrites, à la station du départ, sur un clavier semblable à celui d'un piano, c'est-à-dire composé de touches blanches et de touches noires. L'expéditeur de la dépêche n'a qu'à porter les doigts sur les touches de ce clavier, pour imprimer successivement chaque lettre, à la station d'arrivée, sur une bande de papier, qui se déroule d'un mouvement uniforme.

Lorsqu'il imagina cette disposition de son appareil, M. Hughes était pénétré de sa profession : le maître de piano inspirait le mécanicien. C'est que la caque sent toujours le hareng, et le pianiste le piano !

Pour mettre à exécution le plan de son télégraphe imprimant, M. Hughes était mal placé au collège de Bordstorn. Il était forcé de consacrer ses journées à ses leçons de musique et ses nuits à ses essais de mécanique. Il prit donc le parti de renoncer à ses fonctions au collège, et alla s'établir, en 1853, dans une autre ville du Kentucky, à Burlingreen. Il prit des élèves de piano dans la ville, et put ainsi disposer de plus de temps pour ses recherches. Après de longs tâtonnements, il réussit enfin à rendre pratique le mécanisme qui assure le synchronisme des oscillations d'un pendule aux deux extrémités de la ligne télégraphique, disposition sans laquelle son projet n'eût été qu'un beau rêve.

Nous tenons de M. Hughes lui-même que la solution du difficile problème mécanique qu'il cherchait, lui vint un soir, au milieu de la chaleur et de l'enthousiasme d'une improvisation musicale au piano. On retrouve à chaque pas, dans la vie de M. Hughes, ce singulier mélange de la mécanique et du piano.

Deux ans après, en 1855, le *télégraphe imprimant* était porté à son état de perfection.

Ayant pris un brevet d'invention, M. Hughes se rendit à New York, pour s'occuper de l'exploitation de sa découverte. Mais l'appareil à signaux de Samuel Morse régnait alors en maître dans les différentes lignes américaines, et les compagnies firent la sourde oreille aux propositions de l'inventeur. L'Amérique, son pays d'adoption, lui refusant son concours, il ne restait plus à M. Hughes qu'à aller tenter la fortune dans sa patrie. Il partit pour l'Angleterre, en 1857. Mais son invention ne fut pas mieux accueillie à Londres qu'à New York, et, après trois ans d'attente, il se décida à se rendre à Paris, pour offrir son appareil au gouvernement français.

Un accueil sympathique l'attendait dans notre pays.

Une commission, présidée par Th. du Moncel, conseilla au directeur général des télégraphes de mettre à la disposition de M. Hughes, pendant une année entière, une ligne télégraphique, pour soumettre le *télégraphe imprimant* à des expériences quotidiennes. La ligne du chemin de fer de Paris à Lyon fut consacrée à ces essais.

Le résultat de cette année d'expériences fut tellement favorable que l'adoption générale du télégraphe Hughes sur les lignes françaises fut décidée. A cette occasion, M. Hughes reçut de l'empereur Napoléon III le ruban de la Légion d'honneur.

Le patronage de la France porta bonheur à l'inventeur. L'Angleterre, sa patrie, qui était restée jusque-là indifférente à sa découverte, l'adopta ; si bien qu'en 1863, le télégraphe imprimant fonctionnait sur plusieurs lignes de la Grande-Bretagne.

L'invention de M. Hughes devait faire le tour du monde. En 1862, l'Italie adopte le télégraphe imprimant, et M. Hughes reçoit du roi Victor-Emmanuel la décoration de l'ordre des Saints Maurice et Lazare.

L'Allemagne l'adopte en 1865. En 1867, l'Autriche installe ses appareils sur ses lignes et l'inventeur reçoit l'ordre de la Couronne de fer.

Il n'y a pas jusqu'au sultan qui n'admette le télégraphe imprimant. Ce système est établi entre Vienne et Constantinople ; et à cette occasion, l'inventeur anglais obtient la croix du Medjidié.

Enfin, en 1878, l'Espagne le met en pratique, et, dans cet intervalle, beaucoup de compagnies américaines se décident à expédier des dépêches imprimées.

On comprend combien dut être active et agitée, pendant cette longue période, la vie de M. Hughes, obligé de se faire continuellement le démonstrateur du mécanisme, du reste assez compliqué, de son appareil, et d'en enseigner l'usage à des employés appartenant à toutes les nations de l'Europe. Le

succès final lui fit oublier les fatigues, et lui donna de nouvelles forces pour aborder d'autres travaux.

Cette dernière série de recherches du professeur Hughes aboutit à la découverte qu'il fit en Angleterre, en 1877, du *microphone*, merveilleux instrument qui devait bientôt servir de transmetteur au téléphone, et inscrire ainsi le nom de M. Hughes à côté de celui de son compatriote, M. Bell.

CHAPITRE VIII

DESCRIPTION DU MICROPHONE ET DE SES EFFETS. — DISPOSITIONS DIVERSES DONNÉES, EN FRANCE ET EN ANGLETERRE, AU MICROPHONE. — LE MICROPHONE EMPLOYÉ COMME TRANSMETTEUR DU TÉLÉPHONE BELL.

C'est, avons-nous dit, par une application du principe découvert par Th. du Moncel, que M. Hughes a été amené à la découverte du microphone. Nous passerons sur les idées théoriques qui ont conduit l'électricien anglais à ce petit appareil, pour arriver à sa construction et à ses effets.

Prenons (fig. 142) un petit crayon de charbon de cornue à gaz, C, corps conducteur de l'électricité, appointé à ses deux extrémités, comme un fuseau de fileuse, et légèrement maintenu dans une position verticale, entre deux petits godets, creusés dans deux blocs de charbon, GG', qui sont reliés à une plaque résonnante, E, reposant elle-même sur une planche plus forte, F. Les blocs de charbon, GG', sont placés dans le circuit du fil d'une pile Leclanché, P, lequel se rend à un téléphone. On a ainsi un conducteur de charbon reposant, par des points de contact instables, essentiellement mobiles, sur des godets creusés dans les blocs de charbon ; de sorte que le moindre mouvement, le plus petit déplacement, le plus faible tressaillement des conducteurs de charbon dans les trous où ils sont main-

tenus, change le contact, le suspend ou le rétablit. Dès lors, le courant de la pile qui traverse le crayon, est, de même, suspendu ou rétabli, fermé ou ouvert.

Cet appareil, si simple, si primitif, est l'organe acoustique le plus sensible qui existe, après l'oreille humaine; c'est l'instrument le plus délicat que l'on ait encore vu dans le domaine de la physique. Il traduit en sons d'une grande force des bruits que personne n'avait encore enten-

tement sur la planche du support, suffit pour produire un fort grincement dans le téléphone. L'attouchement léger d'un pinceau en poil fin de chameau, sur la planchette de bois, est reproduit comme un bruissement; et ce qui est encore plus extraordinaire, la marche d'une mouche se promenant le long de la planchette, est entendue par la personne qui tient son oreille au téléphone, et qui peut se trouver à une distance de plusieurs mètres.

Un scarabée qui marche sur ce support

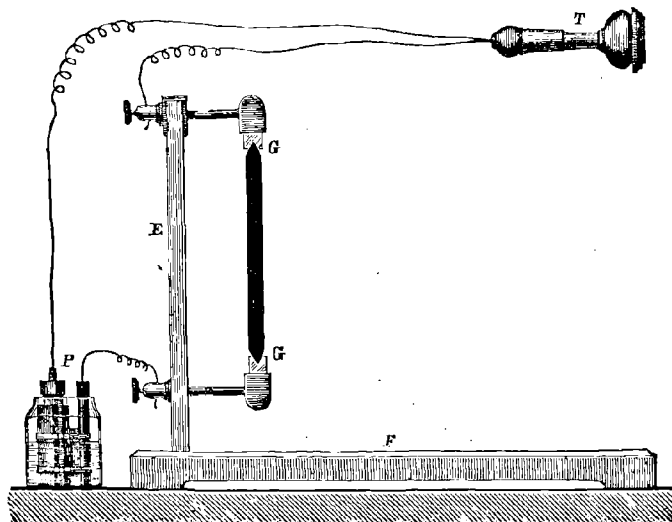


Fig. 142. — Principe du microphone.

fait entendre, dans le téléphone, le bruit des pas d'un cheval. Le frôlement d'une barbe de plume s'entend aussi fortement que si l'on passait une grosse brosse sur du papier. Les battements d'une montre, les sons d'une boîte à musique, sont parfaitement discernés dans le téléphone placé à une dizaine de mètres de distance; mais les sons de la boîte à musique ne sont perçus que si on la place à côté de l'instrument, sans le toucher.

Nous venons d'expliquer et de représenter par une figure théorique (fig. 142) le principe sur lequel repose le microphone. Faisons maintenant connaître la disposition

réelle que M. Hughes a donnée à son appareil et la manière de le construire.

Le long d'une planchette en bois E (fig. 143), posée verticalement, et reposant sur une autre planchette de bois horizontale, F, on adapte, l'un au-dessus de l'autre, deux petits morceaux de charbon GG', percés de trous; servant de crapaudines, à un crayon, C, également en charbon. Ce crayon, en forme de fuseau, d'une longueur de 4 centimètres environ, repose, par l'une de ses pointes, dans le trou du charbon inférieur, de manière à pouvoir balloter dans le trou du charbon supérieur, lequel le maintient dans une position d'équilibre

instable. Ces charbons ont été préalablement rougis au feu et plongés dans du mercure, pour les rendre meilleurs conducteurs de l'électricité. Des contacts métalliques en rapport avec les deux crayons de charbon, permettent de les faire communiquer avec le circuit d'un téléphone, circuit dans lequel se trouve une pile Leclanché, de 1 ou 2 éléments.

Pour faire usage de cet appareil, on le place sur une table, en le faisant reposer sur des doubles d'étoffes formant coussin, afin d'amortir les vibrations provenant de l'entourage. Quand on parle devant cet instrument, c'est-à-dire devant le *microphone* mis en communication avec le téléphone, la parole est aussitôt reproduite par le téléphone et singulièrement amplifiée. La

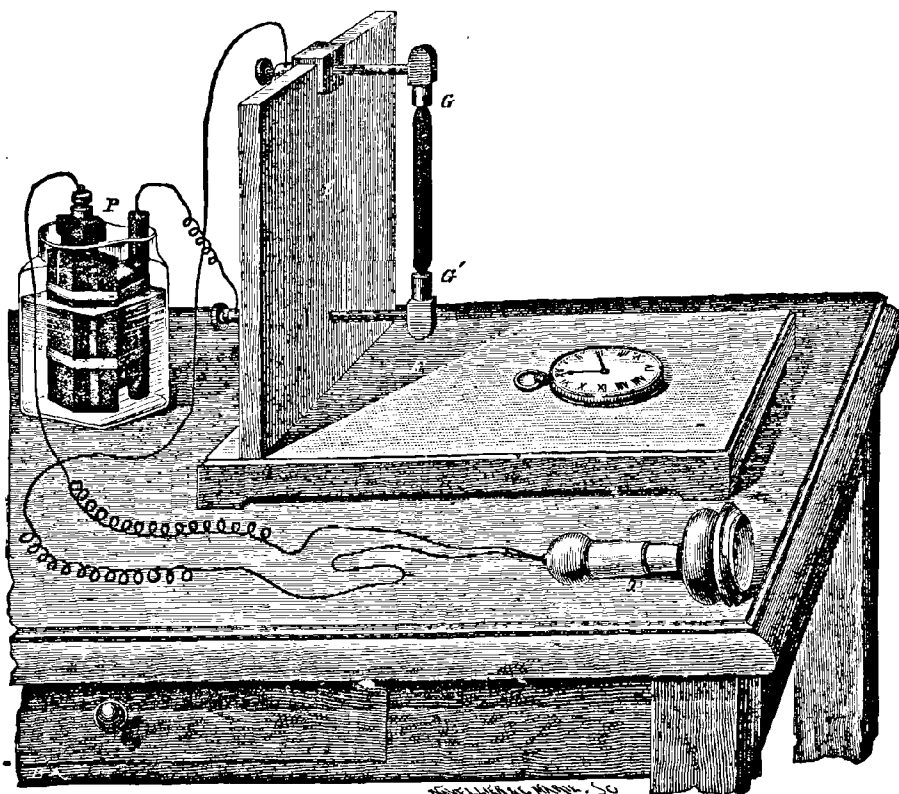


Fig. 143 — Microphone de Hughes.

mouche, le pinceau, la montre, la boîte à musique, etc., donnent immédiatement les effets sonores dont nous avons parlé.

La voix s'entend en parlant à huit mètres du microphone. Il faut prononcer les mots assez doucement, pour entendre le mieux possible.

Le microphone convertit en bruits sonores, non seulement les paroles humaines, mais les vibrations les plus faibles des corps inertes et les bruits les moins perceptibles.

La chute d'une petite balle de coton produit un véritable vacarme dans le téléphone. La promenade d'un scarabée sur le plateau est perçue avec une netteté parfaite, par une personne dont l'oreille est contre le téléphone, même si le téléphone est placé, comme nous l'avons dit, à plusieurs mètres de distance du microphone.

Si le microphone est muni de deux crayons, au lieu d'un seul (un sur chaque face de la boîte), on a de meilleurs résultats.

Les communications doivent alors être établies de manière que ces crayons fonctionnent comme s'il n'y en avait qu'un seul.

Nous venons de dire que le microphone transmet dans le téléphone la voix, la parole et le chant. Telle est, en effet, sa grande application. Au début de ses recherches, M. Hughes ne songeait pas à faire de cet instrument un organe de transmission de la voix. Il n'y voyait qu'un appareil susceptible d'accroître l'intensité des sons. Mais à peine l'eut-il fait fonctionner,

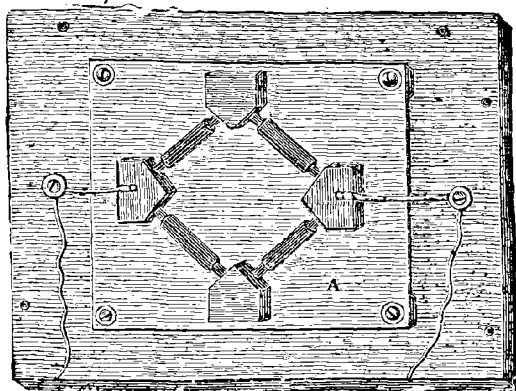


Fig. 144. — Microphone Crossley.

qu'il reconnut sa propriété capitale de transmettre la voix. Dès lors, un avenir immense s'ouvrait devant le nouvel appareil. Il pouvait remplacer, avec les plus grands avantages, le transmetteur du téléphone de M. Graham Bell.

Ce n'est pas, cependant, du premier jet que l'on est arrivé à faire du microphone de M. Hughes le transmetteur du téléphone de M. Graham Bell. Depuis l'invention de M. Hughes, on a imaginé plus de deux cents dispositions différentes, pour remplacer le transmetteur du téléphone Bell par le microphone, en conservant, toutefois, le récepteur de Bell.

Nous citerons, mais seulement pour mémoire, les microphones de MM. Ducretet,

Trouvé, Varey, etc., etc. Dans les microphones de MM. Trouvé et Ducretet, on retrouve toujours le charbon vertical enchâssé dans deux trous creusés dans de petits cubes de charbon, comme dans l'appareil original de Hughes.

On s'est ensuite attaché à multiplier les contacts des charbons pour augmenter leur sensibilité, et les appareils exécutés dans ce but ont donné les meilleurs résultats.

Le microphone de Crossley (fig. 144) se compose de quatre crayons de charbon, disposés en losange, derrière une plaque vibrante horizontale, devant laquelle on parle, à une certaine distance. Cet appareil est en usage en Angleterre, pour la plupart des correspondances téléphoniques.

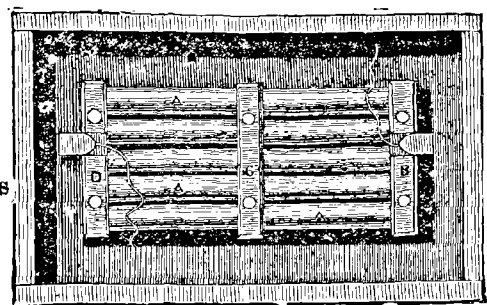


Fig. 145. — Microphone Ader.

Mais l'appareil qui a le mieux réalisé l'application du microphone Hughes à l'office de transmetteur dans le téléphone, fut imaginé en France, en 1878, par un ancien conducteur des ponts et chaussées, M. Clément Ader, aujourd'hui ingénieur de la *Société générale des téléphones de Paris*.

La figure 145 représente le microphone de M. Ader. Cet appareil se compose de dix petits crayons de charbon, A, A' disposés en deux groupes de 5 charbons chacun. Tous ces charbons reposent, par leurs deux extrémités, sur trois traverses B, C, D, de la même substance, percées d'un trou pour les recevoir. Le tout forme une sorte de grille double. Par cette disposition les contacts des charbons étant très multipliés,

amplifient davantage les sons et les bruits. Ce microphone est fixé derrière une planchette en bois de sapin, SS', qui sert, en même temps, de couvercle à l'appareil. Quand on parle devant la planchette, des vibrations identiques à celles de la voix se communiquent à la planchette, et celle-ci, par ses vibrations, met en branle les conducteurs microphoniques de charbon, AA'. Dès lors, les contacts étant changés, le courant électrique, selon le principe de Th. du Moncel, subit des variations correspondantes. Il se fait dans le fil des courants ondulatoires, qui vont reproduire, dans le téléphone récepteur, les mêmes sons ou bruits, qui ont fait vibrer la planchette.

Par un perfectionnement ultérieur, M. Ader adjoignit à son *microphone récepteur* une bobine d'induction, ainsi, d'ailleurs, que l'avaient déjà fait M. Edison et M. Gower. Nous avons déjà dit que, quand on fait passer à travers une bobine d'induction le fil qui va du transmetteur au récepteur téléphonique, on accroît extraordinairement la portée de la transmission des sons. On peut, par ce moyen, transporter le son jusqu'à plusieurs kilomètres de distance. L'adjonction d'une bobine d'induction faite par M. Ader à son microphone transmetteur, porta cet organe à un véritable état de perfection.

En résumé, le *transmetteur microphonique* de M. Ader se compose: 1° de la planchette en bois de sapin, empruntée au microphone de M. Hughes; 2° d'une réunion de 10 à 12 crayons de charbon pouvant jouer dans 20 à 24 encoches, et recevoir les vibrations de la planchette; 3° d'une bobine d'induction qui renforce les sons et leur donne plus de portée. Il est bien entendu qu'une pile composée de 2 à 3 éléments de Bunsen ou de Leclanché, fait passer un courant électrique dans tout ce système.

La figure 146 donne une vue intérieure

du transmetteur Ader. La planchette de sapin, qui sert de membrane vibrante au microphone, et qui reçoit l'impression de la voix, est ici supposée enlevée, pour laisser apparaître les organes contenus dans la boîte.

Ces organes sont: 1° le microphone, composé de douze crayons de charbon, CC'; 2° la bobine d'induction, E; la tige métallique terminée, à droite, par un crochet, A. Cette tige terminée, à gauche, par une sorte de fourche, *g, h*, sert à établir la communication électrique entre le récepteur, attaché au crochet A, et la sonnerie. En effet, cette tige A est fixée en son milieu à un pivot, sur lequel elle peut basculer. Quand on prend à la main le récepteur attaché au crochet A, la tige n'étant plus abaissée par le poids du récepteur, se redresse, et venant buter contre une partie métallique de l'appareil, elle établit le circuit entre la sonnerie et le transmetteur. Dès lors, la sonnerie se fera entendre, quand on viendra à toucher le bouton B. Cette disposition ingénieuse a rendu le transmetteur Ader éminemment commode pour la correspondance téléphonique.

Un second crochet F, symétrique du crochet A, et placé à gauche du pupitre, sert à recevoir un second récepteur, dont on pourrait se passer, mais qu'il est commode d'avoir à sa disposition.

Nous avons vu qu'un électricien américain, M. Gower, avait imaginé de replier en arc de cercle l'aimant qui, dans le récepteur de M. Graham Bell, est droit, c'est-à-dire se compose d'un simple barreau aimanté. La disposition circulaire donnée à l'aimant est un peu plus avantageuse que la forme de simple barreau qu'il affecte dans le récepteur Graham Bell, attendu que l'on utilise ainsi les deux pôles de l'aimant, pour les faire agir sur la membrane vibrante en tôle de fer; tandis qu'avec le simple barreau aimanté du récepteur de

M. Graham Bell, on n'utilise que l'un des bouts du barreau, que l'un des deux pôles. M. Ader emprunta cette disposition à l'Américain Gower, dont nous avons décrit le récepteur à la page 251, et par les figures 134-137.

Le récepteur de M. Ader prit alors la forme d'un anneau, ou d'un bracelet.

Nous représentons, dans la figure ci-dessous, le récepteur Ader. Grâce à sa forme annulaire, on le prend à la main, ce qui rend son maniement facile.

M. Ader apporta un autre perfectionnement au récepteur de M. Bell.

Il appliqua à ce récepteur, pour accroître l'intensité des sons, un phénomène particulier qu'il avait découvert, à savoir : que si l'on dispose un petit anneau de fer pur au-dessus de la membrane vibrante d'un téléphone, la seule présence de cet anneau de fer accroît l'intensité de l'aimantation des deux pôles de l'aimant. Dès lors, le son devient à la fois plus intense et plus net. M. Ader appelle *surexcitateur* l'anneau de

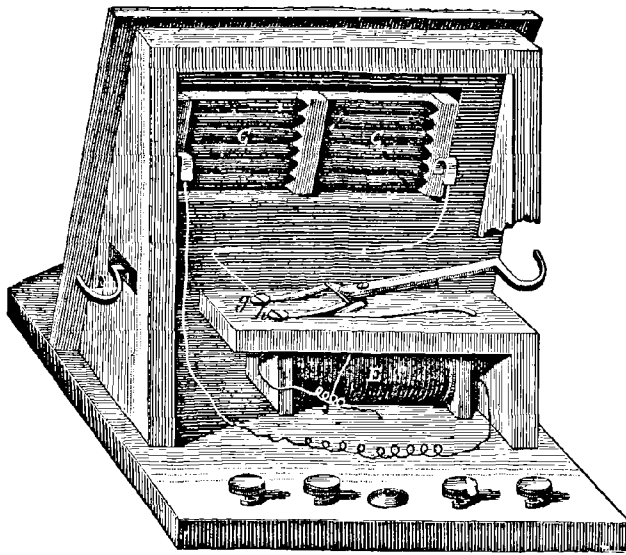


Fig. 146. — Transmetteur Ader vu à l'intérieur.

fer dont la présence a pour effet d'accroître l'intensité des sons du téléphone.

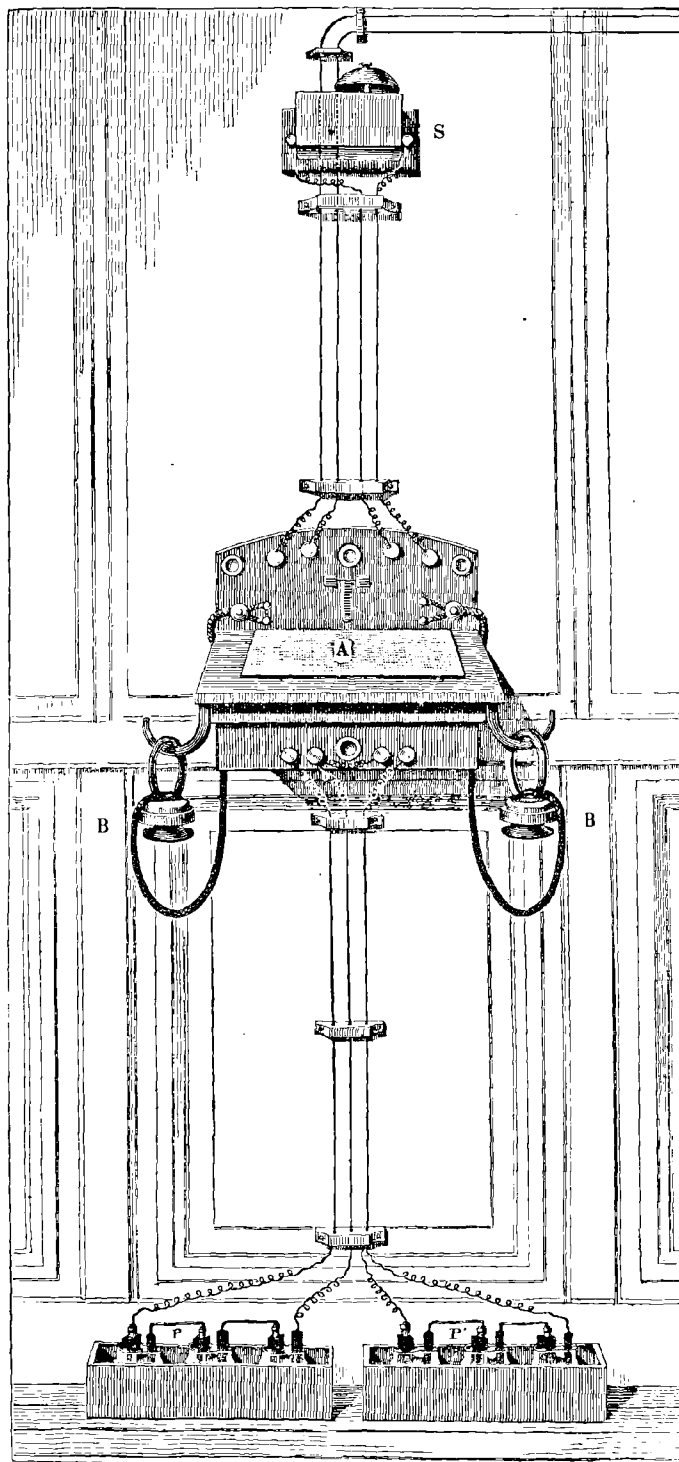
Nous donnons dans la figure 148 une coupe du récepteur Ader. La partie circulaire, A, de cette sorte d'anneau, est l'aimant. Dans le centre de cet anneau se trouvent la membrane vibrante et les divers organes destinés à accroître l'intensité du son.

MM' sont les deux pôles de l'aimant circulaire, A.

Chaque pôle est entouré d'une petite bobine d'induction B, B'. C'est dans le fil de cette bobine que se développe, par les

vibrations de la membrane de fer MM', le courant ondulateur qui reproduit les vibrations de la voix devant un transmetteur. Le petit anneau de fer pur, que M. Ader appelle *surexcitateur*, est représenté par les lettres XX. Le pavillon dans lequel on parle est représenté par la lettre E. Ce pavillon, qui est destiné à être appliqué contre l'oreille, est en corne ou en ébonite. Tout le reste de l'appareil est métallique, ce qui garantit son bon fonctionnement.

Nous représentons dans la figure 149 le téléphone Ader, dans son ensemble, c'est-



Ensemble du téléphone Ader-Bell, en usage en France.

à-dire avec son pupitre-transmetteur, A, son récepteur B, la sonnerie S, et les deux piles P, P', l'une, P' destinée à composer le circuit qui fait agir la sonnerie, l'autre, P, servant à alimenter le courant qui circule

dans l'appareil téléphonique du transmetteur au récepteur.

Ainsi, le *téléphone magnétique* créé par M. Graham Bell, en 1877, a été sensiblement transformé; mais il importe de bien

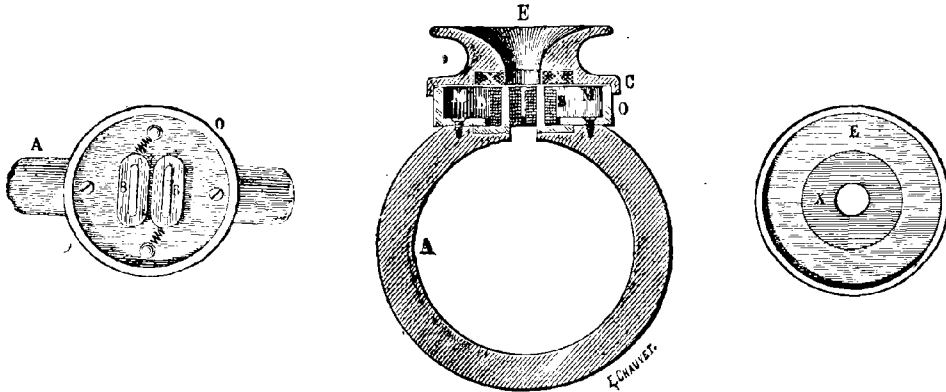


Fig. 148. — Coupe du récepteur Ader.

comprendre le genre de modifications qu'il a reçues et le but de ces modifications.

Le téléphone de M. Graham Bell a été complètement supprimé, comme transmetteur. On l'a remplacé par le *transmetteur à*

charbon, c'est-à-dire par le microphone Hughes, auquel M. Crossley, en Angleterre, et M. Ader, en France, ont donné une forme plus commode. Mais le téléphone de M. Graham Bell a été conservé comme récepteur.

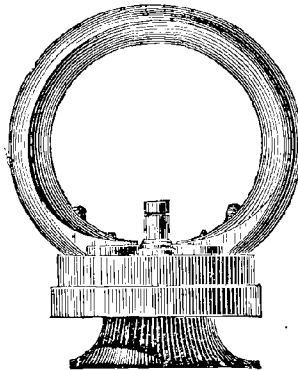


Fig. 148 bis. — Récepteur Ader vu en perspective.

Il ne faut pas, en effet, se laisser tromper par l'apparence. Le *récepteur Ader*, aujourd'hui si en usage, et que l'on voit dans les figures 148 et 148 bis, en perspective et en coupe, n'est autre chose que le récepteur de M. Graham Bell (Voir figures 130-131, page 247), auquel M. Ader,

adoptant la disposition imaginée avant lui par M. Gower, a donné la forme d'anneau. Dans le *récepteur Ader*, comme dans le *récepteur Gower*, on fait usage d'un barreau aimanté, d'une plaque vibrante en tôle de fer et d'une bobine d'induction. Seulement, dans le récepteur Ader, le barreau aimanté

est replié en arc de cercle, pour que les deux pôles de l'aimant agissent sur la membrane vibrante. Mais, qu'il soit droit ou circulaire, c'est toujours le barreau aimanté du récepteur de M. Graham Bell.

Nous insistons sur cette particularité, parce que bien des personnes se méprennent sur ce point, et accordent au récepteur de M. Ader le mérite d'une originalité qui lui manque complètement. Rendons à César ce qui appartient à César.

Il ne faut pas croire, en effet, que toutes les substitutions réalisées par divers physiiciens dans le téléphone magnétique de Bell aient fait renoncer au primitif engin de l'inventeur. Les nombreux perfectionnements apportés au transmetteur du téléphone magnétique de 1877, par MM. Gower, Edison, Blake, Crossley, Ader, etc., ont eu pour but d'augmenter de plus en plus la distance à laquelle on veut porter les sons de la parole. Mais si l'on n'a besoin que de transmettre les sons à une petite distance, d'une rue à une autre rue voisine, de la loge d'un concierge aux étages supérieurs d'une maison, du bureau d'une usine aux différents ateliers, etc., le téléphone magnétique de M. Graham Bell est un instrument d'un usage excellent et éminemment pratique. Il n'exige l'emploi d'aucune pile voltaïque. Comme le philosophe Bias, il peut dire : « Je porte tout avec moi : *Omnia mecum porto.* » Il est d'une installation fort simple, et son prix est des plus minimes, puisque une *paire de téléphones*, comme on le dit dans le commerce, pour désigner deux de ces instruments, servant l'un de récepteur, l'autre de transmetteur, coûte à peine 15 francs. Si le téléphone de M. Graham Bell ne porte pas la voix à de grandes distances, cela ne tient qu'aux phénomènes d'induction venant agir sur les *courants ondulatoires* qui le parcourent, et qui transportent la voix. Quand, au lieu d'un faible parcours, on veut parler à plusieurs kilo-

mètres, le téléphone Bell perd toutes ses qualités. Une ville est, en effet, toujours traversée par des fils télégraphiques, par des conduites d'eau, de gaz, ou par d'autres réseaux téléphoniques. Il arrive dès lors, que les *courants ondulatoires* du téléphone magnétique, qui sont d'une faiblesse inouïe sont influencés, troublés ou détruits par les courants électriques voisins. La transmission n'a plus aucune netteté, et elle peut même disparaître. Mais, nous le répétons, quand il ne s'agit que du transport de la voix sur un faible parcours, le téléphone Bell remplit admirablement son office. Cet instrument, créé à l'origine même de l'art, n'a point de rival dans ce cas particulier. A ce point de vue, il constitue l'une des inventions les plus originales, les plus précieuses et les plus curieuses que notre siècle ait vues naître ; et il mérite bien le titre de « *merveille des merveilles de la télégraphie* », que lui donna, dans son enthousiasme, sir William Thomson, quand il le trouva, pour la première fois, à l'Exposition de Philadelphie.

A l'époque où nous avons conduit cette histoire, une prodigieuse confusion régnait non dans la question scientifique, mais dans l'exploitation industrielle du téléphone. Plus de deux cents appareils avaient été décrits, construits, brevetés, pour assurer la transmission de la parole à de grandes distances. Les compagnies exploitant les brevets Graham Bell, Edison, Elisha Gray, Gower, Blake, Crossley, Ader, etc., se disputaient le privilège d'exploiter les correspondances par le téléphone. Cent et un inventeurs réclamaient leur part au soleil de la gloire, ou plutôt de l'argent, et personne n'était en état de voir juste dans cette véritable tour de Babel de l'électricité. Les savants, égarés au milieu de cette nuée de perfectionnements ou prétendus tels, étaient dans l'impossibilité de porter un jugement à leur sujet. Il fallait qu'un grand coup fût porté, pour

faire jaillir la lumière au sein des ténèbres de ces questions, pour apporter l'équité, la justice, au milieu de tant de controverses intéressées.

Ce grand coup fut frappé, cet événement désiré se produisit, et ses conséquences ne se firent pas attendre. Au mois de juillet 1881, s'ouvrit à Paris, le concours universel d'électricité auquel étaient conviées toutes les nations des deux mondes. Comme l'imposant aréopage de ses jurys internationaux comptait la fine fleur de la science européenne, on put examiner avec connaissance de cause et avec maturité toutes les questions que soulevait la téléphonie au point de vue scientifique ou industriel, et la lumière ne tarda pas à se faire.

CHAPITRE IX

LES DIVERS SYSTÈMES DE TÉLÉPHONE. — A L'EXPOSITION D'ÉLECTRICITÉ DE PARIS EN 1881. — SUCCÈS DU TÉLÉPHONE DE M. GRAHAM BELL. — LES AUDITIONS DE L'OPÉRA ET LEUR INFLUENCE POUR LA VULGARISATION DE LA TÉLÉPHONIE. — ÉTABLISSEMENT DE LA CORRESPONDANCE PAR LE TÉLÉPHONE EN AMÉRIQUE ET EN EUROPE. — LE TRANSPORT A GRANDE DISTANCE RESTE LE SEUL *desideratum* DE LA TÉLÉPHONIE. — LIMITES ACTUELLES DE LA PORTÉE DU TÉLÉPHONE. — LES APPAREILS TÉLÉPHONIQUES DU D^r HERZ POUR LES TRANSMISSIONS A GRANDES DISTANCES. — SYSTÈME DE M. VAN RYSELBERGHE, DE BRUXELLES. — LE SYSTÈME HOPKINS ET LES EXPÉRIENCES DE TRANSMISSION A GRANDE DISTANCE FAITES EN 1883, DE NEW YORK A CHICAGO ET CLEVELAND. — EXTENSION DE LA TÉLÉPHONIE URBAINE EN EUROPE. — EXPÉRIENCES FAITES EN FRANCE ET EN BELGIQUE. — CRÉATION D'UNE CORRESPONDANCE TÉLÉPHONIQUE DE PARIS A BRUXELLES, EN 1887.

Au moment où s'ouvrit, à Paris, l'Exposition internationale d'électricité, les systèmes électriques en compétition étaient à peu près les suivants :

1° Le *téléphone magnétique* de M. Graham Bell, avec son transmetteur et son récepteur identiques, fonctionnant sans pile électrique et seulement par les *courants ondulatoires*

provoqués par un aimant, appareil que nous avons représenté dans les figures 130 et 131 ;

2° Le *téléphone musical* de M. Elisha Gray ;

3° Le *téléphone à transmetteur de charbon* de M. Edison, avec son récepteur particulier. Nous avons représenté ce téléphone dans les figures 138-139 ;

4° Le *téléphone Gower*, constitué essentiellement par la disposition circulaire de l'aimant et la large surface vibrante du transmetteur ; appareil que nous avons reproduit, en coupe et en perspective (fig. 148-148 bis) ;

5° Le *téléphone Crossley*, peu différent du téléphone Ader et qui avait fait ses preuves en Angleterre ; on a vu le transmetteur de cet appareil dans la figure 144 ;

6° Le *téléphone Ader*, résultant de la réunion du microphone Hughes et du récepteur Gower, avec addition de certains procédés reconnus avantageux pour renforcer le courant électrique (fig. 146 et 149).

« J'en passe et des meilleurs, »

ainsi que dit don Ruy Gomez au roi d'Espagne, au III^e acte d'*Hernani*.

L'épithète élogieuse que nous fournit le poète nous permet de passer courtoisement sous silence une nuée d'appareils qui, par leur variété et leur complication, jetteraient le plus grand trouble dans l'esprit du lecteur, si nous voulions les étudier de près.

A l'Exposition universelle d'électricité, le téléphone musical de M. Elisha Gray, le téléphone à transmetteur de charbon de M. Edison, et le téléphone Gower, furent absolument distancés par le téléphone Ader (figure 149).

Ce qui détermina le triomphe de la téléphonie, à l'Exposition d'électricité, ce fut d'abord la distribution, à l'intérieur du palais, d'un certain nombre de pavillons téléphoniques, sortes de petits réduits dans lesquels on avait établi des pupitres de téléphone

Ader, que le public faisait lui-même parler. La commission supérieure de l'Exposition avait pensé, avec raison, que c'était là le meilleur moyen de convaincre les visiteurs de la valeur et de l'utilité pratique de la nouvelle invention de la téléphonie.

Mais ce qui fit particulièrement le succès de la téléphonie, ce fut le coup de théâtre — c'est le cas de le dire — des auditions musicales. M. Ader parvint à résoudre le problème, jusque-là fort imparfaitement résolu, de faire entendre à plusieurs kilomètres de distance, un orchestre, des chœurs et des chants d'opéra. Déjà, sans doute, et dès les premiers temps de sa découverte, c'est-à-dire en 1877, M. Graham Bell était parvenu, en modifiant son transmetteur, à faire entendre, de Boston à Salem, des chants, un solo d'instrument et même quelques morceaux d'orchestre. Mais si l'on essayait d'augmenter le nombre des chanteurs et des instruments, l'audition devenait confuse et incomplète. M. Ader s'occupa, avec une ardeur sans égale, à vaincre toutes les difficultés du transport téléphonique des représentations théâtrales, et il parvint à en triompher merveilleusement. En disposant sur le théâtre plusieurs transmetteurs microphoniques, convenablement distribués, et aboutissant tous au même récepteur, il parvint à faire entendre au Palais de l'Industrie les chants, l'orchestre et les chœurs qui composaient une représentation du Grand-Opéra.

La première de ces curieuses expériences eut lieu, le 18 mai 1881, dans le magasin de décors de l'Opéra situé rue Richer, n° 6.

Un fil double reliait ces magasins au trou du souffleur de l'Opéra. Quatre téléphones Ader étaient accrochés au mur, et un commutateur permettait de distribuer les « flofs d'harmonie ».

M. Berger, commissaire général de l'Exposition d'électricité, assisté de MM. Antoine Bréguet et Ader, présidait à ces expériences.

Le *Tribut de Zamora* fut entendu par quelques auditeurs privilégiés, qui se trouvaient là. On percevait merveilleusement les sons de l'orchestre, les chœurs et les solistes. La prise de son choisie par les expérimentateurs était le trou du souffleur. On y avait disposé deux transmetteurs.

Après les premiers essais faits au magasin de décors, on transporta cette installation sur la scène de l'Opéra.

On plaça les transmetteurs en différents points du plancher de la scène. Mais, avec cette disposition, l'orchestre était à peine entendu, pendant les ballets : on ne percevait que le bruit des pieds des danseurs, ce qui n'était pas précisément ce que l'on avait en vue. On établit alors les transmetteurs téléphoniques au-devant de la rampe, des deux côtés du trou du souffleur, et l'on entendit alors à merveille l'orchestre et les artistes. On reconnaissait la voix des chanteurs et des chanteuses, on ne perdait pas une de leurs notes. Le bruit de l'orchestre était un peu affaibli, mais comme on reproche à l'orchestre de l'Opéra d'être trop bruyant, et de couvrir parfois la voix des chanteurs, le téléphone ne faisait qu'améliorer ainsi l'effet de la musique.

Rien, dans l'histoire des inventions contemporaines, ne saurait donner l'idée de l'étonnement que provoqua cette transmission des sons d'un orchestre et des chœurs à la distance d'un kilomètre, qui sépare l'Opéra du Palais de l'Industrie. L'enthousiasme fut général, et d'ailleurs bien mérité. Chaque soir d'Opéra, on voyait se dérouler à travers les longues galeries et les salles du premier étage du Palais de l'Industrie, d'interminables files d'amateurs, attendant avec patience l'instant de pénétrer dans la terre promise de la téléphonie musicale, c'est-à-dire dans la pièce dûment capitonnée et matelassée, où l'on était admis, par fournée de vingt amateurs, et pour quatre minutes seulement, à entendre *Faust*, *Hamlet*, la

Favorite, ou les *Huguenots*. Certains soirs, on compta jusqu'à 4000 personnes attendant leur tour d'admission. Il est même des spectateurs qui, en sortant de la salle des auditions, allaient se replacer à la queue, pour pénétrer une seconde fois dans le nouvel Éden musical !

Le succès général de la téléphonie à l'Exposition d'électricité de Paris détermina la création de la correspondance téléphonique en France. Déjà l'Amérique avait pris les devants, et appliqué sur une assez grande échelle cette invention au service du public, pour remplacer le télégraphe électrique. On mit plus de temps en France à l'adopter. L'administration des télégraphes suscitait toutes sortes de difficultés et d'obstacles à une méthode de correspondance rapide, dont elle redoutait, à bon droit, la concurrence pour la télégraphie électrique.

Ces résistances, toutefois, ne pouvaient durer. Trois compagnies s'étaient créées à Paris, pour exploiter les correspondances par le téléphone, et chacune avait adopté des appareils différents. Il y avait une compagnie pour le procédé Edison, une autre pour le système Ader-Bell, une troisième pour le procédé de l'Américain Blake. Après deux ans de rivalité, les trois sociétés finirent par fusionner. Il n'y a plus aujourd'hui en France qu'une compagnie, la *Société générale des téléphones*, qui a le siège de son administration à Paris, rue Caumartin, et son principal bureau central à l'Avenue de l'Opéra.

En 1880, le réseau téléphonique de Paris n'avait que 440 kilomètres de développement. En 1883 il embrassait près de 3000 kilomètres. Le nombre des abonnés de la *Société générale des téléphones* s'est élevé, en deux ans, de 450 à 2500, pour Paris. Il était, en 1883, de 3000 environ. Dans les grandes villes de France où la téléphonie a

été installée, à Lille, Lyon, Marseille, Nantes, le Havre, Bordeaux, Rouen, etc., on comptait, en 1883, plus de 2000 abonnés.

Si l'on se rappelle que l'invention du téléphone par M. Graham Bell ne date que de 1877, on ne saurait trop s'étonner de la rapidité avec laquelle cette invention s'est perfectionnée dans ses procédés, et de l'importance des applications qu'elle a reçues pour le service de la correspondance entre particuliers. Cinq ou six années ont suffi pour que le téléphone, qui d'abord franchissait à peine quelques kilomètres, ait reçu toutes sortes d'améliorations, et ait pris possession de tous les pays civilisés du globe.

Il résulte des documents rassemblés par la *Société générale des téléphones*, qu'il n'est aujourd'hui aucune partie du monde civilisé qui ne jouisse des avantages de ce nouveau mode de correspondance parlée.

Une telle diffusion d'une invention mécanique suppose une véritable perfection dans ses procédés. Et, de fait, on peut dire que la téléphonie a touché ses colonnes d'Hercule, c'est-à-dire, pour parler sans métaphore ni mythologie, qu'elle a réalisé dès aujourd'hui presque tous les progrès qu'elle comporte.

Nous disons que la téléphonie a réalisé presque tous les progrès qu'elle comporte. En effet, un seul degré lui reste à franchir : c'est la portée de la voix à de très grandes distances. Encore ce dernier progrès est-il déjà réalisé de manière à satisfaire les plus difficiles.

Au mois de mai 1883, une compagnie se constitua en Amérique, pour exploiter le système Hopkins, qui transmet distinctement la parole de Chicago à New York, c'est-à-dire à une distance de plus d'un myriamètre et demi.

Déjà on avait réussi à relier par le télé-

phone, d'une part, Berlin et Hambourg (283 kilomètres de fil) et d'autre part Venise et Milan (284 kilomètres).

Comment est-on parvenu à ces importants résultats? Quels sont les moyens qui ont permis d'étendre à des distances considérables la portée des téléphones? C'est ce que nous allons essayer d'expliquer.

Ainsi que nous l'avons dit plusieurs fois, ce qui nuit à la netteté des transmissions téléphoniques, c'est l'influence qu'exercent sur le courant ondulatoire les fils télégraphiques voisins, parcourus par des courants électriques. Ces courants provoquent, dans le fil téléphonique, des effets d'induction; ce qui paralyse et trouble complètement la transmission des sons. Au lieu de la parole envoyée, on perçoit les bruits du fil télégraphique qui côtoie le fil téléphonique.

C'est au D^r Cornelius Herz que l'on doit le premier et le plus remarquable appareil ayant permis d'étendre considérablement la portée du téléphone. C'est en 1880 et 1881 que le D^r Cornelius Herz effectua ses travaux, et nous ne pouvons mieux terminer la partie historique de cette Notice qu'en rapportant les résultats obtenus par ce physicien pour la transmission lointaine de la parole.

Le D^r Cornelius Herz avait été le premier à introduire en France le téléphone de M. Graham Bell, et le premier aussi à importer d'Amérique en Europe le transmetteur de M. Edison. Il avait été frappé de ce fait que le téléphone, bien que déjà amené à un certain degré de perfectionnement, possédait encore quelques points faibles, qui l'empêchaient de prendre tout son développement, et il se posa le difficile problème de faire disparaître ces défauts.

Un des points auxquels le D^r Cornelius Herz s'attacha, de préférence, fut celui-ci : permettre la transmission de la parole à grande distance sur les lignes télépho-

ques ordinaires, sans que l'on eût à craindre les effets nuisibles de l'induction par les fils voisins. Il se proposa, pour cela, d'employer des moyens analogues à ceux dont on se sert dans le même but, en télégraphie. Mais il fallait supprimer la bobine d'induction qui avait été employée jusque-là pour augmenter la portée du transmetteur du téléphone, et le D^r Cornelius Herz fut ainsi amené à perfectionner le transmetteur, à augmenter les variations produites dans le courant par la voix, à inventer, en un mot, un transmetteur à longue portée, pouvant se passer de bobine d'induction.

L'appareil que le D^r Herz imagina dans ce but, comportait plusieurs principes nouveaux.

En premier lieu, les charbons servant pour les contacts étaient remplacés par des substances métalliques, ou semi-métalliques, telles que des sulfures, de la pyrite, etc. On n'avait pas cru jusque-là pouvoir supprimer le charbon. L'expérience montra au D^r Herz qu'il y avait avantage à remplacer le charbon par les substances que nous venons de citer, en se servant de l'une ou de l'autre, suivant le cas.

En second lieu, la plaque vibrante n'agissait plus sur un seul et unique contact, comme dans les transmetteurs ordinaires. Elle mettait en action 12 contacts, rangés autour de son centre, et fixés à l'extrémité de douze leviers, que portaient 12 colonnes. La pression de chaque contact pouvait être réglée avec soin par des moyens fort simples, et l'effet produit était amplifié par le nombre,

Enfin, point capital, le transmetteur n'était plus intercalé dans le circuit, mais placé en dérivation sur la pile.

Quant à la pile, elle était formée de douze éléments, et était reliée au transmetteur de telle sorte que chacun des contacts de celui-ci fût en dérivation sur un des éléments.

C'est ce que l'on voit dans la figure 150, qui donne le *schema* de l'installation générale.

Les variations du courant se trouvaient ainsi amplifiées, pour deux raisons : d'abord par le fait du montage du transmetteur en dérivation, ensuite par la réunion des effets produits individuellement par chaque contact ; et l'on peut s'expliquer ainsi les merveilleux résultats dont nous parlerons plus loin.

Quant aux détails de cet appareil transmetteur, on peut s'en faire une idée par la figure 151, qui le représente en coupe.

On voit que la plaque vibrante, M, qui est une membrane circulaire en tôle de fer

d'assez grande dimension, est fixée sous un anneau de bois, BB', lequel est supporté par trois colonnes, C, C', C''. Sur le côté inférieur de cette plaque vibrante, à petite distance de son centre, sont collées six petites rondelles de pyrite ou de pyrolusite. Sur chacune de ces plaques appuient deux pointes de charbon ou de pyrite, portées à l'extrémité de leviers, que soutiennent 12 colonnes en cuivre. Un fil *f f'*, partant du bout extérieur de chaque levier, s'enroule au pied de la colonne, sur un petit treuil. Ce dernier permet donc de régler très facilement la pression de la pointe de charbon sur la plaque de pyrolusite.

Des bornes pour les communications avec

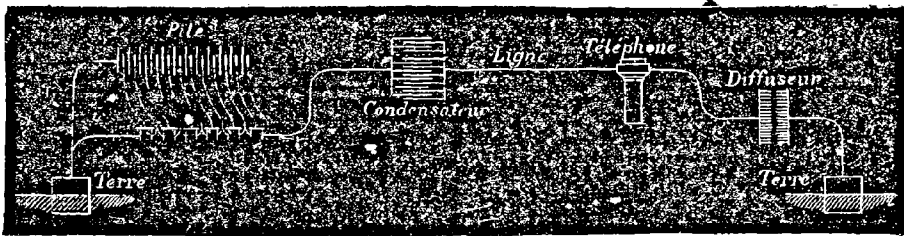


Fig. 150. — Installation générale du téléphone Herz.

les différents éléments de la pile, la ligne et la terre, complètent l'appareil.

Le transmetteur étant ainsi perfectionné, la suppression de l'induction par les fils voisins devenait une tâche plus facile. Le D^r Cornelius Herz y parvint en interposant dans la ligne un *condensateur* et un *diffuseur*, sorte de paratonnerre à pointes, destiné à agir d'une façon analogue au condensateur.

Le condensateur dont le D^r Cornelius Herz fait usage dans son appareil, n'a rien de particulier ; c'est le même organe qui est employé dans le télégraphe électrique. Il est formé, comme tous les appareils de ce genre employés en télégraphie, de feuilles de papier d'étain alternées et séparées par du papier paraffiné.

Le *diffuseur* est représenté par la figure

152. Il se compose de deux plaques métalliques, longitudinales, dans lesquelles sont implantées des pointes de cuivre blanchi à l'étain. Des entre-toises maintiennent les pointes à une très petite distance les unes des autres.

L'interposition de ces appareils dans la ligne n'empêcha pas la transmission de se faire ; elle produisit seulement un certain affaiblissement, mais elle écarta les effets produits par les courants anormaux et accidentels. Elle supprima l'induction, le grand obstacle à la netteté de la transmission téléphonique.

Mais le D^r Herz ne se contenta pas de ces progrès. Il avait supprimé le courant d'induction et perfectionné le transmetteur ; il voulut créer un nouveau récepteur.

On savait, à cette époque, que certains

sons musicaux peuvent être reproduits par un condensateur, comme ceux que l'on place dans les bobines d'induction. M. Pol-lard avait fait connaître une sorte de jouet

fondé sur ce principe, et qui avait reçu le nom de *condensateur chantant*. Le D^r Cornelius Herz ne tarda pas à reconnaître qu'en disposant convenablement l'expérience, on

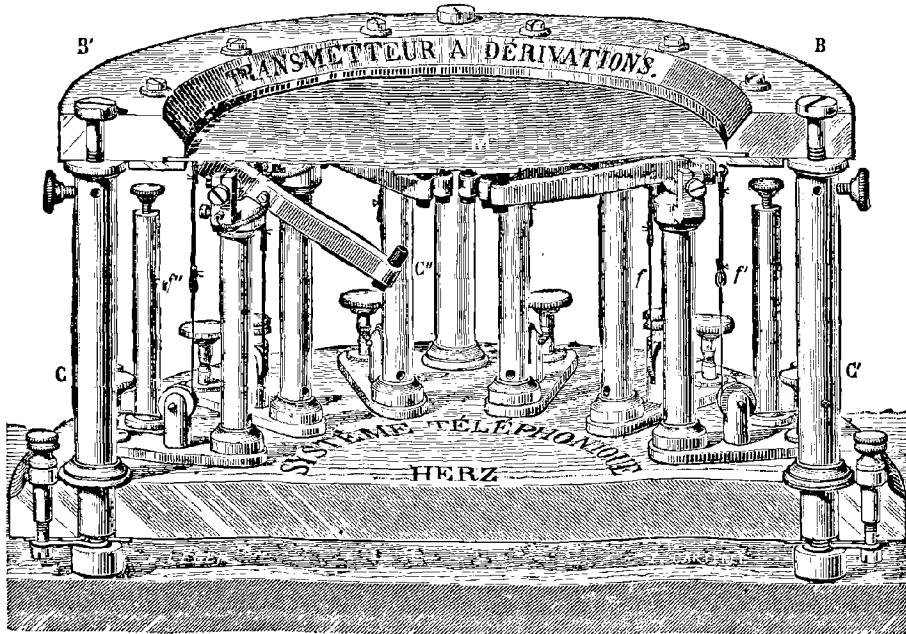


Fig. 151. — Transmetteur de téléphone Herz (Coupe).

pourrait faire parler le *condensateur chantant*, et s'en servir comme récepteur téléphonique.

Il atteignit pleinement ce résultat, grâce

à la disposition représentée par les figures 153-154 ; et dès le mois de juin 1880, il put faire entendre son condensateur parlant.

Le D^r Herz avait ainsi créé un récepteur

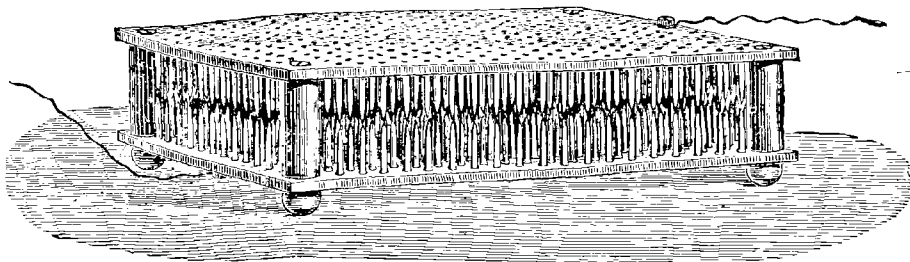


Fig. 152. — Diffuseur du téléphone Herz.

tout différent du récepteur électro-magnétique de Bell, et inventé, pour la transmission de la parole à grande distance, un système complètement nouveau. Par le fait, il n'avait eu rien à changer à ses précédents

dispositifs ; le transmetteur était toujours en dérivation, et le résultat était dû à ce qu'avec cet arrangement le condensateur se trouvait toujours chargé au potentiel de la pile. Quand, un peu plus tard, un autre

physicien, M. Dunand, fit de nouveau parler un condensateur en le chargeant avec une pile spéciale, il ne s'aperçut pas qu'il ne faisait que reproduire, en la compliquant, la disposition imaginée par le D^r Cornelius Herz.

M. Dunand disposait, en effet, son expérience de la manière suivante. Il intercalait

dans le circuit de la pile et du microphone, le fil préliminaire d'une bobine, et le fil induit de cette même bobine était relié aux extrémités du condensateur; mais dans ce dernier circuit il plaçait une pile de quelques éléments. Le rôle de cette dernière pile était de charger à un potentiel constant les lames du condensateur, condition indispen-

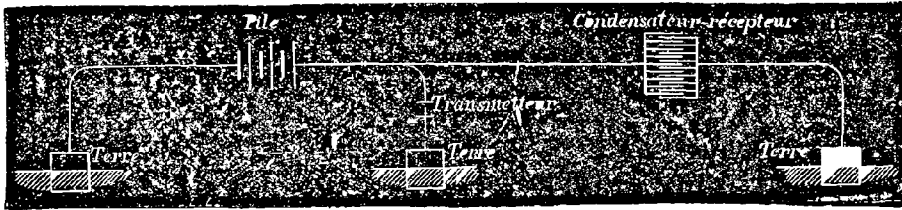


Fig. 153. — Disposition du condensateur parlant dans le système Herz.

nable à la reproduction de la parole, et qui se trouve tout naturellement remplacée, sans l'intervention d'une pile accessoire, dans le système du docteur Cornelius Herz.

Quant à la forme particulière que l'inventeur donne au condensateur-récepteur, elle est représentée par les figures suivantes

Le condensateur se compose (fig. 154-156) d'un assemblage de feuilles de papier circulaires, entre lesquelles sont interposées des feuilles d'étain de même forme, munies de prolongements, qui dépassent, d'un côté pour les feuilles de rang pair, de l'autre pour les feuilles de rang impair. L'espèce

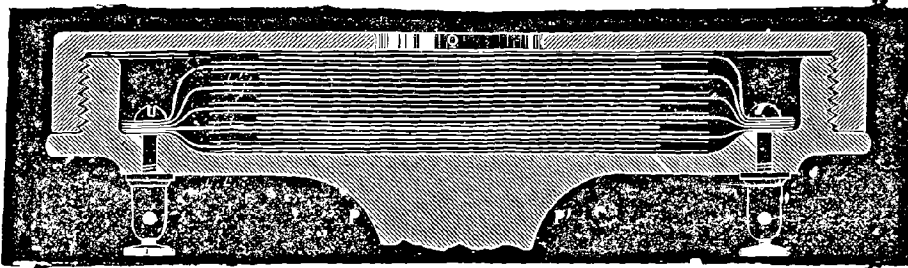


Fig. 154. — Condensateur-récepteur du téléphone Herz (Coupe).

de galette ainsi formée est placée dans une sorte de boîte plate, en bois, portant, en haut une ouverture circulaire *O*, et en bas une poignée, *P*, *P'*. Deux bornes, *BB'*, communiquant chacune avec une des séries de lames d'étain, servent à recevoir les fils de communication avec la pile.

Dans un autre modèle, le condensateur circulaire est fixé dans une boîte en bois très plate, qui reproduit absolument la forme d'un miroir à main.

Enfin, dans quelques cas, le condensateur a pu être placé dans l'enveloppe d'un téléphone Bell ordinaire; de sorte qu'on semblerait écouter dans un récepteur magnétique et non dans un condensateur.

Ajoutons que, dans plusieurs cas, le papier a été supprimé, et le condensateur formé de lames de métal mince, séparées seulement par de l'air.

Le docteur Herz voulut faire l'expérience des appareils que nous venons de décrire,

dans des conditions réellement pratiques. Un certain nombre de lignes télégraphiques de l'État furent mises à sa disposition, et il put même opérer sur un câble sous-marin, entre Brest et Penzance (Angleterre). Avec ce câble, dans lequel les transmissions télégraphiques présentent tant de difficultés, on obtint la transmission assez nette de la parole.

Avec les lignes télégraphiques aériennes la réussite fut plus complète. Les expé-

riences furent faites, avec succès, d'Orléans à Blois, puis d'Orléans à Tours. On transmit ensuite d'Orléans jusqu'à Poitiers, Angoulême, et enfin Bordeaux, où la distance atteignit 457 kilomètres. La transmission était parfaitement nette, et les conversations se faisaient avec la plus grande facilité.

On voulut obtenir davantage; on porta la distance à 1140 kilomètre. A cet effet on opéra entre Brest et Tours, en passant

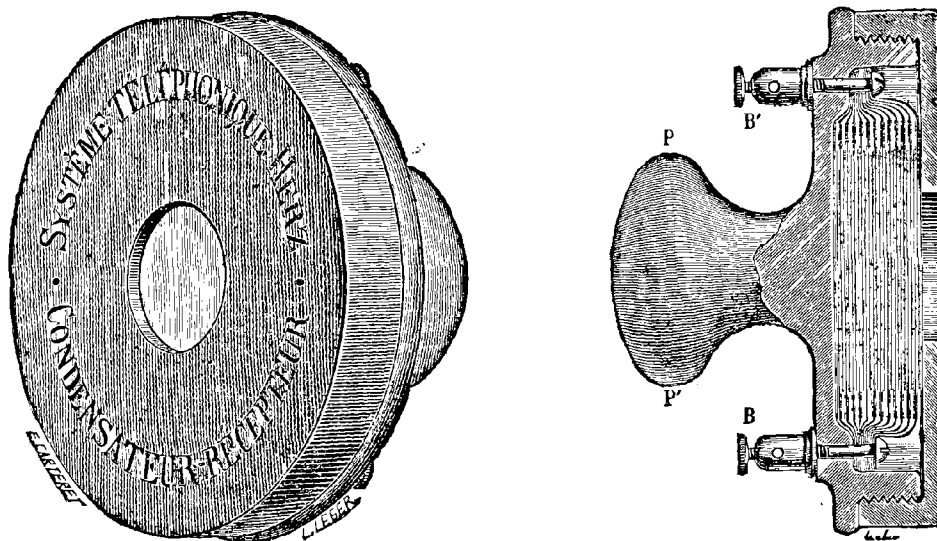


Fig. 155 et 156. — Condensateur-récepteur du téléphone Herz (Perspective et coupe).

par Paris. A cette distance énorme, on put envoyer et recevoir distinctement des mots et des phrases.

Ces intéressantes, recherches reprises et développées par un savant belge, M. Van Rysselberghe, directeur du service météorologique de Bruxelles, ont donné des résultats d'une importance décisive.

Les premiers essais de M. Van Rysselberghe furent faits entre Paris et Bruxelles, le 17 mai 1882, à la distance de 344 kilomètres. M. Van Rysselberghe, outre qu'il supprima l'induction dans les fils voisins, comme l'avait fait son prédécesseur, est arrivé à ce résultat remarquable, de pou-

voir faire fonctionner en même temps, et sur un même fil, un appareil téléphonique et un appareil télégraphique. Pendant l'expérience qui fut exécutée le 17 mai 1882, on transmit une dépêche au directeur des télégraphes à Paris par le télégraphe Morse; et pendant ce temps, grâce au même fil, le télégraphe expédiait un message vocal, qui était entendu à Paris, pendant que fonctionnait le récepteur de l'appareil Morse.

M. Van Rysselberghe neutralise les courants d'induction par divers procédés : par exemple, en plaçant sur le parcours du courant de la ligne télégraphique un condensateur, qui dérive le courant de telle sorte que la ligne ne se charge que lentement. L'action

inductrice exercée sur la ligne téléphonique est alors insensible.

Mais les travaux de l'électricien belge ont trop d'importance pour être mentionnés en quelques lignes. Nous croyons devoir en donner une idée complète. La tâche nous sera rendue facile, grâce à une notice publiée à Bruxelles, en 1884, par M. Charles Mourlon, secrétaire de la *Société belge des*



Le docteur Cornelius Herz.

électriciens, sous ce titre *Système de télégraphie et de téléphonie simultanées sur les mêmes fils de M. Van Rysselberghe*. Ce qui va suivre est un extrait de la notice de M. Charles Mourlon.

Ainsi qu'il est dit plus haut, dès le début de la téléphonie, on songea à utiliser les fils télégraphiques pour les transmissions téléphoniques. Mais, immédiatement, on se trouva en présence d'un obstacle énorme, l'*induction*, produite par les courants qui

parcourent les fils voisins. Cette induction se traduit, dans le téléphone, par des bruits intenses : un crépitement continu, des éclats pénibles à l'oreille, quelque chose d'indéfinissable, qu'on désigne parfois sous le nom de *friture téléphonique*.

Toutes les fois que l'état électrique d'un fil change — et il change brusquement, à chaque émission ou extinction de courant, — tout fil parallèle en éprouve le contre-coup, et se trouve parcouru par un courant momentané, qui possède beaucoup d'énergie mais qui ne dure qu'un instant. C'est cette réaction brusque, ce *courant induit*, comme on l'appelle, qui vient secouer la plaque vibrante du téléphone, et lui fait rendre le son aigu et perçant d'un coup sec.

Tous les signaux télégraphiques transmis se répercutent ainsi dans le téléphone, et les bruits qui se font entendre sur un fil quelconque, ont leurs échos sur les fils parallèles voisins.

Tout fil, en pénétrant sur un territoire donné, amène avec lui, et répand sur le réseau auquel il vient se mêler, les bruits lointains des télégrammes échangés, non seulement dans son pays d'origine, mais dans tous ceux qu'il a successivement traversés.

Tel est le grave obstacle qui, dès le début, s'est opposé à l'établissement de communications téléphoniques à grandes distances. Mais si déjà ces bruits se répercutent avec cette intensité sur un fil qui se trouve dans le voisinage d'autres fils télégraphiques, que sera-ce si on installe un téléphone sur les fils mêmes consacrés au service habituel du télégraphe ? Pouvaient-on songer à supprimer le vacarme qui se produisait alors, et qui était vraiment assourdissant ?

Tel est néanmoins, le problème que M. Van Rysselberghe est parvenu à résoudre. Sans doute d'autres physiciens avaient attaqué la même question avant lui ; mais l'ingénieur belge a eu le mérite de rendre pratique les

transmissions téléphoniques par le fil télégraphique, sans l'adjonction d'un téléphone particulier.

Le système de M. Van Rysselberghe repose sur le fait suivant, découvert par lui : *lorsqu'on enlève la brusquerie des émissions et des extinctions de courants, ceux-ci deviennent inaudibles au téléphone.*

Aux courants brusques, M. Van Rysselberghe substitue, pour le télégraphe, des *courants graduels*, c'est-à-dire des courants qui vont *crescendo* en commençant et *de-crescendo*, en finissant. Cette graduation, qui a lieu dans une durée inappréciable, s'obtient par l'intercalation dans le circuit, de petits électro-aimants *graduateurs* ; ou encore en mettant sur la ligne des condensateurs faisant l'office de *dérivateurs*, ou, enfin, si l'on veut obtenir des résultats parfaits, en combinant des électro-aimants avec des condensateurs.

Condensateurs et électro-aimants agissent ici comme réservoirs d'électricité : ils absorbent une certaine quantité du courant, qu'ils restituent à la rupture du circuit.

Pour bien comprendre le fonctionnement de ces appareils, servons-nous d'une comparaison donnée par l'inventeur :

« Ces électro-aimants et ces condensateurs sont à l'égard des courants électriques ce que sont les réservoirs à air dans les pompes à incendie ; ce sont des poches qui se remplissent et qui se vident graduellement, enlevant ainsi toute brusquerie dans les changements de pression électrique. »

Sous l'influence des courants ainsi gradués, la membrane du téléphone fléchit bien encore, *mais elle ne vibre plus* : dès lors, elle ne donne plus de son pendant le passage du courant télégraphique.

En d'autres termes, les courants télégraphiques deviennent complètement silencieux, qu'ils soient directs, induits ou dérivés.

On voit que le système de M. Van Ryssel-

berghe est d'une grande simplicité. Il est vrai que, même pour une seule communication téléphonique à établir, ne fût-ce qu'à titre expérimental, il exige l'appropriation générale de tout le réseau télégraphique.

Par contre, cette appropriation générale



M. Van Rysselberghe.

étant faite, tous les fils du télégraphe deviennent simultanément disponibles pour la téléphonie.

Pour détruire l'induction télégraphique, ainsi que pour opérer par les mêmes fils de la transmission simultanée de télégrammes et de messages parlés, M. Van Rysselberghe, contrairement à une idée assez répandue, n'a donc recours ni à des téléphones, ni à des microphones spéciaux. Tout le travail d'appropriation s'accomplit dans les bureaux du télégraphe. C'est le télégraphe et non le téléphone qu'il fallut modifier de façon à

le rendre silencieux. Cela fait, on parle et l'on écoute sur les fils ainsi préparés, à l'aide de microphones et de téléphones quelconques.

Les premiers essais de téléphonie à grande distance, basée sur le principe de la graduation des courants, en employant des condensateurs, eut lieu le 28 février 1882. M. Van Rysselberghe put causer par téléphone entre l'Observatoire royal de Bruxelles, qui est relié, à la Station météorologique d'Ostende, au moyen d'un fil spécial, placé sur les poteaux du télégraphe.

Le 4 du mois de mars de la même année, ces expériences étaient renouvelées, toujours avec le même succès, en pleine activité télégraphique, en présence de M. F. Delarge, directeurs des télégraphes, de M. Banneux, ingénieur en chef, et de M. Houzeau, le savant directeur de l'Observatoire royal de Bruxelles.

Au mois d'avril un essai, couronné de succès, fut fait entre Bruxelles et Anvers, en utilisant un fil de la ligne souterraine d'Anvers, sur une longueur de 1,150 mètres de câble et de 88 kilomètres de fil aérien. Le circuit formé partait d'Anvers-Bourse, allait à Bruxelles-Nord, et revenait, par un autre fil, à Anvers-Station.

Après avoir ainsi acquis la certitude que si l'on appropriait d'une manière générale le réseau télégraphique belge au système Van Rysselberghe, on pourrait causer par téléphone entre Bruxelles et les principales villes de la Belgique en utilisant les fils du télégraphe, il restait à démontrer la possibilité d'établir des communications téléphoniques internationales.

On songea donc à faire une expérience entre Bruxelles et Paris. Indépendamment de la distance (335 kilomètres), des difficultés de toute nature se présentaient, qui devaient rendre ces essais extrêmement compliqués ; car à l'entrée de Paris, par la ligne du Nord, se trouve un véritable fouillis de lignes télégraphiques, très peu distantes

les unes des autres, et formant un ensemble de plus de 400 fils.

On aura une idée des difficultés très sérieuses qu'il y avait à surmonter, si l'on songe que, pour cette belle expérience, il fallut prendre, au milieu du réseau télégraphique dont il vient d'être parlé, un de ces 400 fils, pour le faire servir à la double transmission télégraphique et téléphonique entre les deux capitales, pendant les essais qui furent faits les 16 et 17 mai 1882.

Ces expériences réussirent complètement. La parole échangée était claire et facile. Il n'était pas nécessaire de parler très haut, mais seulement de bien articuler les sons. Elles eurent un grand retentissement. Le 31 mai, les ministres Rolin, Graux et Gratra assistèrent à de nouvelles expériences entre Bruxelles, Gand et Ostende, et le 9 juin 1882, en présence de M. Bourdeaux, ingénieur de la *Submarine telegraph Company*, et de M. Banneux, ingénieur en chef des télégraphes belges, le premier se trouvant à Douvres, le second à Ostende, on parvenait, pour la première fois, tous les essais faits jusque-là ayant été infructueux, à transmettre la parole à travers le câble qui relie la Belgique à l'Angleterre.

Au moyen du téléphone placé à Douvres, sur le fil, à la sortie même du câble, de façon à pouvoir neutraliser les influences nuisibles du réseau aérien vers Londres, ou du réseau sous-marin, on comprit toute la conversation transmise d'Ostende, aussi bien que de Bruxelles. Pour le prouver, l'expérimentateur placé à Douvres renvoyait, par télégraphe, toutes les communications qu'il recevait par téléphone, soit, par exemple, de Bruxelles en passant par Ostende et la mer du Nord. La parole franchissait ainsi, pour la première fois, une *distance de 125 kilomètres de fil aérien et 100 kilomètres environ de câble sous-marin.*

Après les essais faits entre la Belgique, la France et l'Angleterre, la Hollande voulut

aussi expérimenter le système. Des installations complètes et définitives furent établies entre Amsterdam et Harlem, de façon à permettre aux bureaux centraux téléphoniques de ces deux villes, de communiquer entre eux par téléphone, en utilisant les fils du réseau télégraphique de l'État.

Quelque temps après ces expériences, un service régulier fut établi à Bruxelles, entre la Chambre des représentants et les bureaux du journal, *la Flandre libérale*, à Gand, afin de transmettre, par téléphone, les comptes-rendus des séances parlementaires, les cotes de la Bourse, etc. Ces transmissions téléphoniques étaient faites en se servant du fil aérien placé sur les poteaux télégraphiques de l'État entre Bruxelles et Ostende, et qui relie les appareils télé-météorographes, inventés également, par M. Van Rysselberghe, et placés aux deux observatoires d'Ostende et de Bruxelles.

Comme conséquence des expériences diverses de M. Van Rysselberghe, les ingénieurs des télégraphes belges ont établi une ligne téléphonique entre Bruxelles et Anvers (distance 60 kilomètres) et cette ligne a été mise à la disposition du public. Le télégraphe électrique a été supprimé. Avec le télégraphe ordinaire, et grâce à l'installation, au bureau central, de l'appareil de M. Van Rysselberghe, les communications téléphoniques se produisent de Bruxelles à Anvers, avec la plus grande clarté.

Dans d'autres expériences, faites avec beaucoup d'attention, par l'administration française, en 1882, entre Paris et Nancy, on a fait franchir à la voix 355 kilomètres. Pendant une heure, les ingénieurs conversèrent entre eux d'une gare à l'autre, au moyen du fil de la ligne télégraphique.

En Amérique un système d'appareils créé par M. Hopkins, qui a servi aux correspondances téléphoniques de New-York à Cleveland et Chicago réalise égale-

ment la téléphonie à grande distance.

C'est à Cleveland (État de l'Ohio) qu'ont été constatés les résultats les plus surprenants.

D'abord, on put reproduire à Cleveland des passages de journaux lus à New-York, et qui revenaient dans cette dernière ville, un jour plus tard, imprimés dans le *Cleveland Herald* : la distance est de 1046 kilomètres. En outre, une conversation entre New-York et Chicago (1600 kilomètres environ), tenue le 30 mars 1883, fut entendue distinctement à Cleveland.

Il faut remarquer que les expériences avaient été faites sur des lignes constituées par un fil d'acier de 3 millimètres, recouvert de cuivre, et d'un diamètre total de 5,5 millimètres ; la couche de cuivre avait une épaisseur moyenne de 1,7 millimètre et la longueur totale de la ligne était de 1048 milles, soit 1686 kilomètres.

En 1885, M. Van Rysselberghe s'est transporté en Amérique, pour mettre à profit les lignes télégraphiques d'une immense étendue qui existent aux États-Unis, et il a obtenu des transmissions irréprochables, à des distances énormes.

Il résulte des expériences de télégraphie et de téléphonie simultanées, faites en Amérique par l'électricien belge, que l'on peut correspondre avec succès à toute distance, directement, sans relais, ce qui ne se fait pas en télégraphie. Toutes les capitales de l'Europe pourraient donc être réunies par un service téléphonique international. La parole articulée irait sans difficulté, de Londres à Calcutta, par des conducteurs qui pourraient être utilisés simultanément pour le service du télégraphe.

Tous les essais faits en Amérique par M. Van Rysselberghe ont eu lieu avec les microphones et les téléphones récepteurs perfectionnés et toujours par des conducteurs desservant simultanément le télégraphe.

En France, les expériences de téléphonie à grande distance étaient poursuivies, à la même époque, non avec les dispositions adoptées par M. Van Rysselberghe, mais avec de simples modifications apportées au microphone par un employé de la télégraphie.

En 1884, les expériences de téléphonie de Paris à Troyes donnèrent d'excellent résultats. En 1885, une nouvelle expérience eut lieu entre la gare de Troyes et celle de Paris.

La distance de Paris à Troyes, par le réseau de la compagnie de l'Est, est de 166 kilomètres. Les expérimentateurs ont pu converser avec les personnes qui se trouvaient au bout du fil à Paris, sans perdre un mot de la conversation.

Ce résultat a été obtenu par une simple modification apportée dans l'agencement des charbons du microphone, par M. Dumont, inspecteur principal du mouvement.

Il est à remarquer que l'état de la ligne télégraphique influe beaucoup sur la qualité et la netteté des sons articulés.

Antérieurement, on avait placé sur le fil de Troyes à Vesoul, dont la longueur est de 215 kilomètres, c'est-à-dire 51 kilomètres de plus que celui de Troyes à Paris, les mêmes appareils téléphoniques, et on avait reconnu que les sons arrivaient avec plus de force de Vesoul à Troyes que de Paris à Troyes : ce qui est une conséquence naturelle d'un isolement plus exact du fil de ligne sur les poteaux, dans la direction de Vesoul.

Comme conséquence de toutes les expériences que nous venons de rapporter, un premier service téléphonique fut établi en 1885, sur une de nos lignes de chemins de fer. Le 1^{er} décembre 1885, le Ministre des postes et télégraphes inaugurait l'ouverture d'une communication téléphonique entre Paris et Reims, à la distance de 217 kilomètres.

Le service public du téléphone entre Paris et Reims a présenté, dans la pratique, certaines irrégularités; ce qui n'a pas empêché d'en maintenir l'existence. Enfin, comme couronnement de cette longue campagne de travaux, disons que le Ministre des travaux publics présentait, à la fin de l'année 1886, à la Chambre des députés, un projet de loi pour la création d'un service public de téléphonie de Paris à Bruxelles.

Les expériences de M. Rysselberghe en Belgique avaient fait espérer que l'un des principaux obstacles à la téléphonie de ville à ville était surmonté, que l'on n'aurait pas de fil nouveau à construire, et que l'on pouvait utiliser les fils ordinaires du télégraphe. Malheureusement, la pratique n'a pas confirmé cet espoir.

Un fil, muni des appareils anti-inducteurs de M. Van Rysselberghe, peut, nous l'avons dit, être utilisé simultanément pour les transmissions téléphoniques et télégraphiques. Ce fait peut paraître, au premier abord, faciliter beaucoup l'établissement des communications téléphoniques à grande distance; mais il y a un grave inconvénient, qui s'oppose à ce que l'invention puisse être facilement appliquée : c'est que la plupart des lignes télégraphiques qui relient les grandes villes, se composent d'un grand nombre de fils conducteurs. On se trouve, par suite, dans la nécessité de munir des appareils anti-inducteurs chacun des fils conducteurs télégraphiques fixés aux mêmes poteaux; sans quoi l'action inductrice des autres conducteurs gênerait le fonctionnement du téléphone. Le système de Van Rysselberghe devient alors, non seulement très compliqué, mais encore fort dispendieux, en raison de la grande quantité d'appareils coûteux qu'il faut employer. Cet inconvénient lui enlève une notable partie de sa valeur.

D'autres difficultés se sont présentées q

ont décidé à renoncer à l'appareil microphonique de M. Rysselberghe pour les communications téléphoniques de Paris à Bruxelles.

Au commencement de l'année 1887 les gouvernements de Belgique et de France se sont mis d'accord pour créer un service téléphonique de Paris à Bruxelles, et on a décidé de renoncer aux appareils de M. Van Rysselberghe. On a établi entre les deux capitales un fil distinct des fils télégraphiques, qui est exclusivement consacré à la téléphonie. Ce fil est en bronze siliceux, plus résistant que le fer. Il est tendu sur une distance de 310 kilomètres qui sépare Bruxelles de Paris. Chaque fil pèse, par kilomètre, 63 kilogrammes. Il est attaché aux poteaux télégraphiques existants.

Le gouvernement belge a fait l'installation jusqu'à la station frontière de Quény. Le gouvernement français a complété la ligne sur son territoire.

Il n'y a de communications qu'entre la logette téléphonique de la Bourse de Bruxelles et celle de la Bourse de Paris. C'est là seulement qu'on peut communiquer par téléphone, au prix de 3 francs par 5 minutes, appel compris.

Quant à l'établissement d'un fil téléphonique entre Bruxelles et Berlin, ce projet ne se réalisera que par petites étapes.

L'administration allemande a décidé d'établir, en ce qui concerne sa participation, ses fils téléphoniques sur des poteaux entièrement séparés des installations télégraphiques.

Le succès passé garantit le succès à venir, et l'on peut affirmer que le téléphone, qui rivalise aujourd'hui avec le télégraphe électrique, pour la rapidité et la facilité des transmissions, égalera bientôt son prédécesseur et son rival, quant à la distance que peuvent franchir ses ondulations.

C'est une nouvelle révolution dans les relations sociales. Les commerçants, les industriels de nos principales villes de

France, pourront bientôt communiquer entre eux, sans quitter leurs bureaux. On enverra de Lille un ordre au Havre, de Lyon à Marseille, et l'on recevra la réponse immédiatement. Paris, centre principal des affaires d'exportation, sera mis en communication verbale avec tous les ports français.

M. Banneux, l'ingénieur en chef de la ligne du télégraphe belge, dans son discours à l'inauguration du service téléphonique entre Anvers et Bruxelles, disait : « *C'est un premier pas vers un service international.* » Acceptons cet heureux augure, et espérons que dans dans un avenir prochain, nous pourrons, à toute heure du jour, correspondre par le téléphone avec les principales villes d'Europe. Au milieu de notre siècle, on a vu le télégraphe aérien des frères Chappe céder la place au télégraphe électrique. Par la marche naturelle du progrès, nous verrons le télégraphe électrique disparaître à son tour. A cette merveille de la science et de l'art qui s'appelle le télégraphe électrique, nous verrons se substituer cette autre merveille, plus admirable encore, qui s'appelle le téléphone.

Ici finit l'histoire du téléphone et du microphone mêlés. Nous allons maintenant étudier les applications diverses que ces appareils ont reçues jusqu'à ce jour.

CHAPITRE X

LES APPLICATIONS DU TÉLÉPHONE AUX USAGES DOMESTIQUES. — LES APPAREILS DU TÉLÉPHONE DOMESTIQUE. — LA CORRESPONDANCE PAR LE TÉLÉPHONE, ENTRE PARTICULIERS. — DISPOSITIONS DES FILS LE LONG DES ÉGOUTS. — LA *salle des rosaces*. — ORGANISATION DES BUREAUX TÉLÉPHONIQUES. — LE BUREAU CENTRAL ET L'INSTALLATION CHEZ L'ABONNÉ. — DESCRIPTION DES BUREAUX DE CORRESPONDANCE DE LA COMPAGNIE DES TÉLÉPHONES, A PARIS. — LE BUREAU CENTRAL DE L'AVENUE DE L'OPÉRA. — LE BUREAU CENTRAL DE LA RUE LAFAYETTE.

Le téléphone, comme moyen de correspondance instantanée, l'emporte, sous bien

des rapports, sur le télégraphe électrique, qui a paru si longtemps le comble de l'art.

Le télégraphe électrique est un appareil délicat et compliqué, avec soupapes, poids, échappement, le tout d'un prix élevé. Avec le téléphone Bell, rien de pareil : tout se réduit à un étui de bois, contenant un noyau d'acier aimanté, et à une membrane de fer : la valeur du tout ne dépasse pas quinze à seize francs.

Le télégraphe électrique exige une pile, toujours présente, toujours prête à l'action, pour fournir, quand on en a besoin, le courant électrique. Avec le téléphone Bell la pile est supprimée : le courant ondulatoire naît de lui-même, sans dépenses, sans préparation, sans qu'on ait besoin de s'en occuper, par le jeu même de l'appareil.

Le télégraphe électrique demande une manipulation spéciale. Il faut faire courir une aiguille sur un cadran, et s'arrêter à la lettre qu'on veut signaler; ou bien frapper de petits coups, longs ou brefs, avec le marteau de Morse; ou, enfin, jouer sur un clavier, et il faut apprendre ce jeu, ce qui est toute une étude. Avec le téléphone, il ne faut que parler : c'est un jeu que tout le monde connaît, sauf les sourds-muets. Encore avons-nous vu que c'est dans un hospice de sourds-muets que le téléphone a été inventé!

Les signes télégraphiques ont besoin d'être interprétés, et comme ces signes composent une écriture et un alphabet (l'alphabet Morse) qui sont assez compliqués, il faut savoir traduire cette écriture. Avec le téléphone, il suffit de savoir écouter. On reconnaît, quoique affaibli et avec quelques altérations, la voix même de l'interlocuteur, ce qui est un gage d'authenticité. On parle, on répond : c'est une conversation réglée, aussi abondante, aussi prolongée qu'on le veut. C'est la suppression réelle de toute distance et de tout intermédiaire. On ne pouvait rien imaginer de plus simple, on ne pouvait rien désirer de plus complet.

Les partisans forcenés de l'*ancieno aviso*, en fait de correspondance rapide, reprochent au téléphone de ne laisser aucune trace écrite du message; tandis que le télégraphe électrique, imprimant la dépêche sur une bande de papier, que l'on peut conserver, laisse, dit-on, un document certain de son existence. J'avoue que cette objection me touche peu. Il y a bien rarement utilité à conserver le texte d'une dépêche. Le téléphone sert à donner des ordres à un ouvrier, dans une usine; à demander des renseignements entre commerçants; à entretenir une conversation pour des affaires courantes. Quelle est la nécessité de conserver une trace écrite des paroles ainsi échangées, et qui n'ont plus d'intérêt une fois l'entretien terminé? D'ailleurs, si l'on désire posséder la preuve matérielle d'un message quelconque, il suffit, en commençant la conversation, de donner l'ordre au correspondant d'avoir à écrire la demande et la réponse. Mais, nous le répétons, les cas sont très rares où il y a vraiment utilité à conserver le texte d'une dépêche ou d'un ordre.

Cette objection que l'on fait au téléphone, et que chacun répète, n'est donc qu'un écho de la routine administrative française, essentiellement paperassière, et pour laquelle le document écrit est une religion. Mais le fabricant, le commerçant, le simple particulier, n'ont que faire de ces complications bureaucratiques. Si le téléphone est précieux, c'est, selon nous, parce qu'il supprime tout écrit, et réduit la correspondance à l'échange rapide des mots nécessaires.

Vous habitez une maison, dont le propriétaire, ami du progrès, a fait établir un téléphone allant de la loge du concierge aux divers étages, et, le matin, vous téléphonez à votre concierge, à peu près en ces termes :

« Madame Piquoiseau, montez-moi mes lettres. Puis, vous enverrez votre fils me chercher, à la station, une voiture... Des

iaunes, n'est-ce pas? avec une galerie... Et il m'apportera le Petit Journal. »

Et madame Picquoiseau, mettant ses lèvres barbues dans le pavillon du téléphone, réplique :

« C'est bien, Monsieur, c'est bien! Polyte va y aller... dès qu'il aura décrotté les bottines de la dame du cinquième... Et il apportera le Petit Journal. »

Je vous demande s'il est bien utile d'inscrire sur le papier et de conserver à l'histoire ce colloque réaliste?

D'ailleurs, le message télégraphique écrit n'a pas toujours la fidélité absolue qu'on se plaît à lui accorder. La plaisante histoire d'un montreur d'animaux, que nous appellerons Jenkins, et qui exhibait ses farouches pensionnaires dans un faubourg de Londres, le prouverait au besoin.

Jenkins avait envoyé un agent commercial à Saint-Louis (du Sénégal), pour en rapporter des fauves, hôtes futurs de sa ménagerie. Il écrit un jour, à son agent fidèle, par le câble sous-marin de Lisbonne au Brésil, par les îles du Cap-Vert, qui a une dérivation sur Saint-Louis :

« Ai besoin de singes. Envoyez-m'en deux. Mille cordialités. Jenkins. »

Malheureusement, l'employé du télégraphe sous-marin ponctua mal la phrase, et envoya ces mots : *« Ai besoin de singes. Envoyez-m'en deux mille. Cordialités. Jenkins. »*

Un mois après, notre montreur de bêtes recevait de la Sénégambie cette autre dépêche sous-marine, qui le fit justement bondir :

« N'ai pu trouver les deux mille singes demandés. Vous en enverrai cinq cents, par prochain paquebot. Cordialités. Davidson. »

Trompé par le message écrit, le malheureux chargé d'affaires, au lieu de deux singes, en cherchait deux mille!

On ne dit pas comment finit le *quiproquo*. Sans doute une troisième dépêche sous-ma-

rine envoyée par Jenkins arrangea tout, et l'on rendit à leurs forêts natales les cinq cents quadrumanes, victimes d'une erreur de ponctuation.

Il est probable seulement que dans ce dernier message télégraphique, maître Jenkins mit les points sur les *i*.

Nous ajouterons que tout le monde n'est pas ferré sur l'orthographe, et qu'une dépêche mal orthographiée, quoique bien et dûment manuscrite, peut donner de grandes perplexités pour la comprendre.

Témoin un message télégraphique dont un jeune homme de mes amis cherchait inutilement à comprendre le sens, et qui était ainsi libellé :

Vous êtes un monstre, mèche thème.

Comme la personne qui avait télégraphié ces mots à mon ami, était Alsacienne, on présuma qu'elle avait voulu dire :

Vous êtes un monstre, mais je t'aime.

Ces anecdotes prouvent que dans le télégraphe électrique le message écrit n'est pas toujours parole d'Évangile, et qu'il ne faut pas tant chercher noise au téléphone parce qu'il ne conserve pas la preuve matérielle des paroles qu'il envoie. D'ailleurs, le télégraphe à cadran, dont se servent les employés de chemins de fer, ne laisse pas de traces de ses dépêches; le télégraphe à aiguille de Wheatstone, encore si en usage dans toute l'Angleterre, n'en laisse pas davantage, et l'on n'a jamais élevé de plaintes contre le service des télégraphes des chemins de fer, ni contre le télégraphe anglais.

La *téléphonie domestique* n'est pas encore très répandue; mais elle ne tardera pas à remplacer les *tubes acoustiques*, ou *porte-voix*, dont l'installation est bien plus dispendieuse, et qui ne peuvent pas s'établir partout. L'installation d'un téléphone est, ex-

effet, au moins six fois moins chère que celle d'un *tube acoustique*.

Le téléphone Bell est le plus simple à employer pour la correspondance domestique. Une paire de téléphones coûte de quinze à seize francs, et l'installation des fils ne dépasse pas une vingtaine de francs. Seulement, une sonnerie est nécessaire, pour s'appeler réciproquement. Mais comme il y a aujourd'hui des sonnettes électriques dans toutes les maisons bien installées, une sonnette électrique suffit pour servir d'appel.

S'il n'existe pas de sonnette électrique, on fera usage de la sonnerie dite *magnéto-élec-*

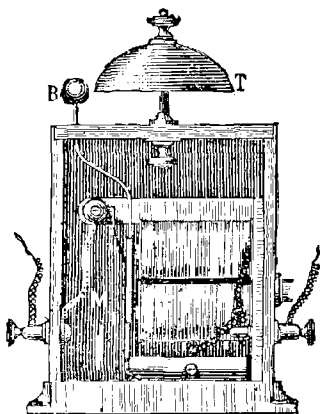


Fig. 159. — Sonnerie électrique.

trique, que les constructeurs fabriquent aujourd'hui, et qui fonctionne sans pile. En tournant une manivelle, on fait tourner un aimant, lequel produit un courant électrique. Ce courant est envoyé dans la *boîte à sonnerie*, que représente la figure 159.

Cette boîte renferme une bobine de fils et une armature de fer, M. Le courant d'induction attirant l'armature de fer, et cette armature, en forme de manche de marteau, se terminant par un battant, B, ce battant vient frapper le timbre sonore, T. Mais un ressort tient le manche du marteau et du battant, B, écarté du timbre, et ce ressort est en communication avec le courant. Quand le battant B vient toucher le timbre T, le contact avec le ressort a cessé; le cou-

rant est interrompu, et la tige portant le battant B, peut, de nouveau, être attirée par l'électro-aimant, et frapper encore le timbre. De là résulte une série continue de petits chocs, ou un tremblement sonore, ce qui a fait donner à cette sonnerie, aujourd'hui si en usage, le nom de *trembleuse*.

Le système Ader, avec son pupitre et son récepteur, peut être appliqué à l'usage domestique. Nous donnons ici le dessin (fig. 160) du transmetteur Ader, que la *Société des téléphones* construit pour l'usage domestique, c'est-à-dire pour servir aux correspondances à petite distance. Un *commutateur*, joint à cet appareil, permet de parler aux différents étages de la maison, de

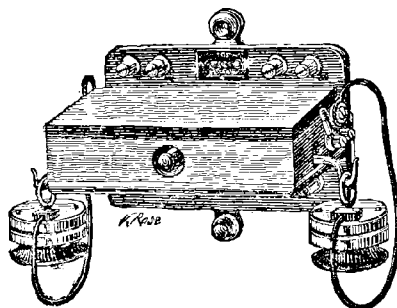


Fig. 160. — Téléphone Ader-Bell (type réduit).

l'hôtel meublé ou de l'hôtel particulier.

Différents constructeurs ont créé des postes domestiques pour la téléphonie. L'un des meilleurs appareils, par sa simplicité, son bon fonctionnement et son bas prix, et qui est adopté aujourd'hui dans plusieurs bureaux d'administration, hôtels privés ou maisons particulières, est celui de M. Charles Mildé, constructeur électricien de Paris.

L'appareil de téléphonie domestique de M. Charles Mildé se compose d'un *transmetteur*, d'un système particulier dans lequel le charbon du microphone est du coke pulvérulent, mis en granules, et attaché sous une planchette en sapin, et d'un *récepteur*. Le *transmetteur* est de dimension très restreinte, car il n'a pas plus de 3 centimètres

de hauteur, et 25 millimètres de diamètre, ce qui permet de le loger dans une petite boîte en noyer, affectant la forme d'un porte-montre, d'où le nom de *poste porte-montre* donné à cet appareil.

Sur le devant de l'appareil, appuyé sur la planchette vibrante et supporté par un crochet commutateur, se trouve le *récepteur* métallique mobile. Le tout, posé sur une petite console, est en communication avec la dite console, au moyen d'un cordon simple en soie, à plusieurs conducteurs. Sur la console se trouvent les *bornes* servant à la communication électrique et aux prises de courant, ainsi qu'une sonnerie d'appel.

La manœuvre est, d'ailleurs, la même que celle des postes d'Ader, que nous avons décrits. La pile est placée en un point quelconque de la maison.

Ce petit système peut se placer contre le mur ou sur un bureau. Dans ce dernier cas, l'appareil étant posé sur une table, on peut téléphoner et écouter, sans cesser d'écrire.

Le poste téléphonique de M. Mildé, d'un très bas prix, est d'un usage commode. Nous le représentons, dans son ensemble, sans la pile voltaïque, dans la figure 161.

Un *téléphone domestique* est bien supérieur aux tubes acoustiques, si répandus aujourd'hui, en ce sens que l'on n'a plus devant les yeux l'aspect disgracieux des tubes porte-voix, et que l'on n'a pas à faire des percements immenses, que nécessite le passage de ce dernier à travers des murs.

Grâce au *téléphone domestique*, un concierge peut correspondre avec les locataires, et éviter aux visiteurs la fatigue de monter inutilement des étages ; — un chef d'usine peut donner des ordres et recevoir les renseignements de toutes les parties de son établissement ; — un chef de bureau, dans un ministère ou une maison de banque, parle, sans se déranger, à ses employés ou à ses garçons de bureau ; — un commerçant, sans sortir de son cabinet, se met en rapport

avec tout son personnel ; — le maître d'un hôtel particulier donne des ordres, de sa chambre à coucher ou de son salon, à la cuisine ou à l'office, etc., etc. On conviendra que voilà une précieuse amélioration apportée par la science aux usages courants de la vie.

La correspondance téléphonique à l'intérieur d'une maison nous amène à traiter

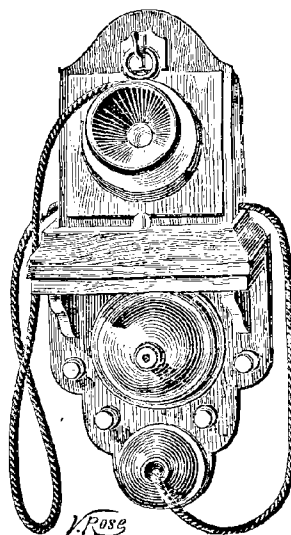


Fig. 161. — Poste téléphonique domestique de M. Ch. Mildé.

de la correspondance, au milieu d'une ville, entre particuliers, séparés par une grande distance.

S'il ne s'agissait que de mettre en rapport deux personnes dans une ville, le moyen serait tout simple : il suffirait de placer deux téléphones, l'un transmetteur et l'autre récepteur, chez l'une et l'autre personne, et de relier les deux locaux par un fil convenablement isolé. Mais si un particulier veut communiquer avec différentes personnes, dans la même ville, il faudrait poser des fils allant de chez lui à ses divers correspondants. Poser autant de fils qu'il y a de correspondants, serait ruineux. La création du *bureau central téléphonique* est parvenue

résoudre cette immense difficulté. On établit un poste général, que l'on nomme *bureau central*, et auquel aboutissent tous les fils allant chez chaque abonné. L'abonné commence par parler au bureau central, et par lui demander de le mettre en rapport avec tel autre abonné, qu'il désigne par son nom et son adresse. Alors, un employé du bureau central rattache les fils des deux correspondants par un fil de jonction, et de cette manière ceux-ci peuvent se parler tout à leur aise. Quand l'entretien est terminé, l'abonné en prévient le bureau central, qui rétablit les choses en l'état.

Le *bureau central téléphonique* est, véritablement, une idée de génie. Il ne faut pas, toutefois, en faire honneur aux compagnies qui exploitent le téléphone. Avant l'invention de M. Graham Bell, des compagnies de télégraphie électrique de New York, en présence du nombre considérable de dépêches qu'elles avaient à expédier dans la ville, et presque toujours aux mêmes personnes, avaient imaginé de créer un *bureau central*, pour la correspondance télégraphique entre particuliers. Quand on voulut établir une correspondance par le téléphone, on n'eut qu'à appliquer au nouvel instrument la belle conception du *bureau central*, due aux ingénieurs télégraphistes de New York.

Dans une ville d'une population moyenne, comme le Havre, Rouen, Toulouse, un bureau central suffit. Mais dans une ville d'une très grande étendue et d'une population disséminée, comme Paris, Londres, New York, Bruxelles, Lyon, Marseille, etc., il faut établir plusieurs *bureaux centraux*, si l'on veut répondre à tous les besoins. A Paris, par exemple, un bureau central unique ne pourrait suffire, en raison de la longueur de certaines lignes, qui rendrait leur exécution infiniment trop chère. Paris a donc été divisé en quartiers téléphoniques, ayant chacun leur bureau central. Ces quartiers sont : l'Opéra, le Parc-Monceau, la Vilette,

le Château d'eau, la rue de Lyon, l'avenue des Gobelins, la rue du Bac, la rue Lecourbe et Passy, l'avenue de l'Opéra, la rue Lafayette, et la rue Étienne Marcel.

Ces onze bureaux sont reliés entre eux par des lignes qu'on appelle *auxiliaires*, dont le nombre est réglé sur la fréquence des communications échangées entre eux.

Toutes les *lignes auxiliaires* convergent vers le bureau central.

En ce qui concerne l'établissement des lignes à l'intérieur de Paris, nous emprunterons les renseignements qui s'y rapportent, à un travail de M. Berthon, ingénieur en chef du service technique de la *Société générale des téléphones*, ayant pour titre *Installation du réseau téléphonique de Paris*.

Les lignes qui font communiquer les bureaux téléphoniques avec les abonnés sont ou *aériennes* ou *souterraines*. A Paris, les fils *aériens* sont en infime minorité; il n'y a guère plus de 400 kilomètres de fils aériens sur 1900 kilomètres de réseau, et leur disposition diffère peu de celle des fils télégraphiques ordinaires. Nous ne considérons, en conséquence, que les lignes souterraines.

« Les lignes souterraines, dit M. Berthon, sont réunies dans des câbles recouverts de plomb, suspendus à la voûte des égouts. Chaque câble contient 14 conducteurs, isolés les uns des autres, constituant 7 lignes doubles d'abonnés.

« Chacun de ces conducteurs est formé de 31 brins de fil de cuivre, de 1/2 millimètre de diamètre, tordus ensemble.

« Ce conducteur est recouvert d'environ 3/10 de millimètre de gutta-percha; ce qui donne à chaque fil, avec sa gutta, un diamètre de 2^{mm}, 2 environ.

« Cette première enveloppe du conducteur est entourée d'un guipage de coton, qu'on emploie de sept couleurs différentes; pour faciliter les recherches, les deux fils d'un abonné sont de la même couleur, et par suite, reconnaissables à première vue des six autres. Les deux fils constituant la ligne d'un abonné sont tordus ensemble, puis les sept doubles lignes sont encore tordues, et recouvertes d'un ruban non goudronné, ils sont enfin étirés dans un tube de plomb.

« Les câbles à 14 conducteurs sous plomb ont un

diamètre de 18 millimètres; les petits câbles spéciaux pour un abonné et qui contiennent seulement deux conducteurs, ont 8 millimètres de diamètre.

« La Société a été autorisée par la ville de Paris à placer ses câbles à la voûte de l'égout, sur une largeur de 36 centimètres et une épaisseur de 10. Ils sont soutenus par 3 crochets. Chacun des ces 3 crochets supporte 17 câbles; il y a donc 51 câbles ou 357 lignes en tout. Ce crochet multiple est scellé dans la paroi par une tige de fer.

« Le câble à 14 fils est déroulé dans toute sa longueur. On n'y fait aucune trouée ou saignée, pour y attacher une ligne d'abonné. Cela aurait beaucoup d'inconvénients. Les fils d'abonné (doubles) se relient à l'extrémité du câble à 14 fils, et se séparent ensuite pour aller chacun à sa destination.

« La longueur moyenne d'une ligne entre un bureau et un abonné est de 1446 mètres, dont 883 mètres dans le câble à 14 fils et 313 dans le câble à deux fils.

« Chez les abonnés, l'entrée du poste est très simple. Il n'arrive chez chacun qu'un petit câble, sous plomb, contenant deux conducteurs. Il va de l'égout à la maison de l'abonné, par une tranchée souterraine. Il monte ensuite le long de la façade, ou mieux dans l'intérieur de la cour si possible, et dans les escaliers de service.

« On procède de la même façon sur les lignes mixtes, au point de jonction de la partie souterraine avec la partie aérienne; le câble à 2 conducteurs monte le long de la maison jusqu'au poteau qui la surmonte. »

La figure 162 représente la manière dont les câbles téléphoniques sont suspendus à la voûte des égouts.

Nous représentons, en coupe longitudinale, toutes les parties du bureau central de l'avenue de l'Opéra, dans la figure 136.

L'égout C est sous le trottoir qui borde la maison. Un branchement particulier, D, relie l'égout au mur, qui est percé. L'ouverture qu'on y a pratiquée est remplie par une plaque métallique, placée au-dessus de la porte et perforée de 360 trous, destinés à donner passage à autant de câbles, de 14 fils simples.

Après avoir pénétré de l'égout dans la cave de la maison, A, les câbles téléphoniques pénètrent dans une vaste chambre, sorte de grande guérite en bois, de forme carrée, à quatre pans coupés, qui présente des portes,

pour que l'on puisse pénétrer à l'intérieur.

Chacune des faces principales de cette guérite est percée d'une grande ouverture circulaire, E, que l'on nomme *rosace*.

Quand les câbles conducteurs enveloppés de plomb, sont entrés dans la guérite, ils se distribuent autour de chacune des quatre *rosaces*, sur la face intérieure de la cloison. De petites plaques de corne portent, gravés sur un cercle, les noms des abonnés. Sur un

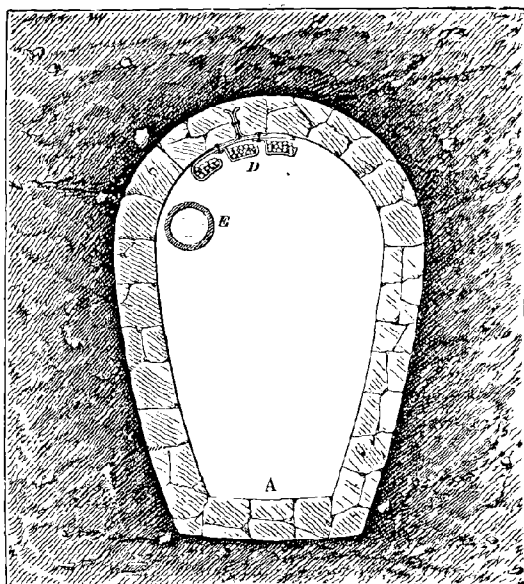


Fig. 162. — Mode de suspension des câbles téléphoniques à la voûte des égouts de Paris.

D, trois crochets de fer, supportant chacun 17 câbles téléphoniques; E, section de la conduite des eaux de la ville; A, fond de l'égout.

cercle plus grand sont d'autres étiquettes, donnant les numéros de chaque câble. Puis, l'enveloppe de plomb disparaît, et les fils sont séparés en sept lignes à deux fils, *ee*. Ils traversent alors de nouveau la cloison, et s'élèvent au plafond de la cave, pour percer le sol du rez-de-chaussée du bureau central, et pénétrer, par l'ouverture M, dans le bureau. Les fils conducteurs sont, deux à deux, couverts de coton de même couleur. Il y a donc sept couples de fils de sept couleurs différentes, qu'on place toujours dans le même ordre, autour de la *rosace*.

La légende qui accompagne la figure 163, | pièces composant le bureau central, tant
 donne la destination du reste des salles et | dans la cave qu'au rez-de-chaussée.

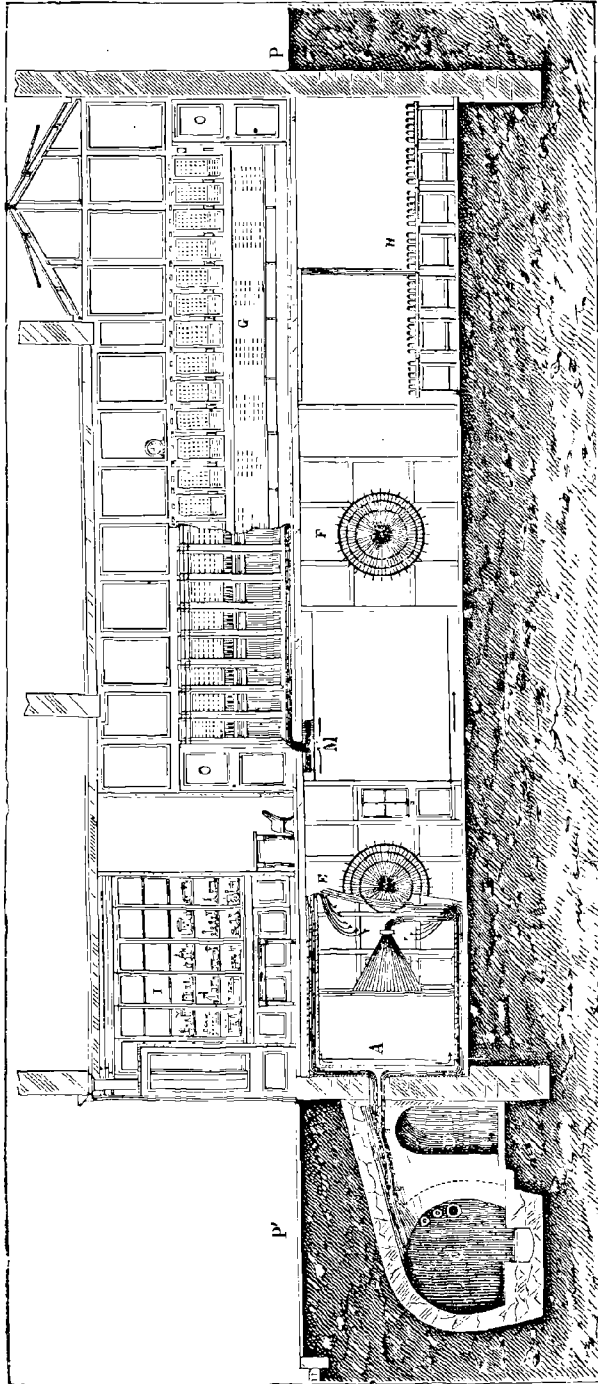


Fig. 163. — Installation générale du bureau centrale téléphonique de l'Avenue de l'Opéra.

C, égout de l'avenue de l'Opéra. — D, branchement d'égout de la maison. — A, entrée de la cave de la grèrîte. — E, rosace de fils à la sortie de la grèrîte. — ee, fils séparés et dépourillés de leur enveloppe de plomb, pour pénétrer dans le bureau central. — M, percée du sol au rez-de-chaussée du bureau central, donnant accès aux fils téléphoniques dans le bureau. — F, rosace faisant partie de la seconde grèrîte. — H, salle contenant les tables qui supportent les piles Leclanché pour le courant électrique du réset u. — G, salle du bureau central, avec les tableaux *annonceurs* et les *commutateurs*. — I, salle de vente. — pp', avenue de l'Opéra.

Il importe de bien comprendre le rôle des | considérées comme les bases de quatre
rosaces. Les quatre *rosaces* peuvent être | cônes, dont le sommet commun est au

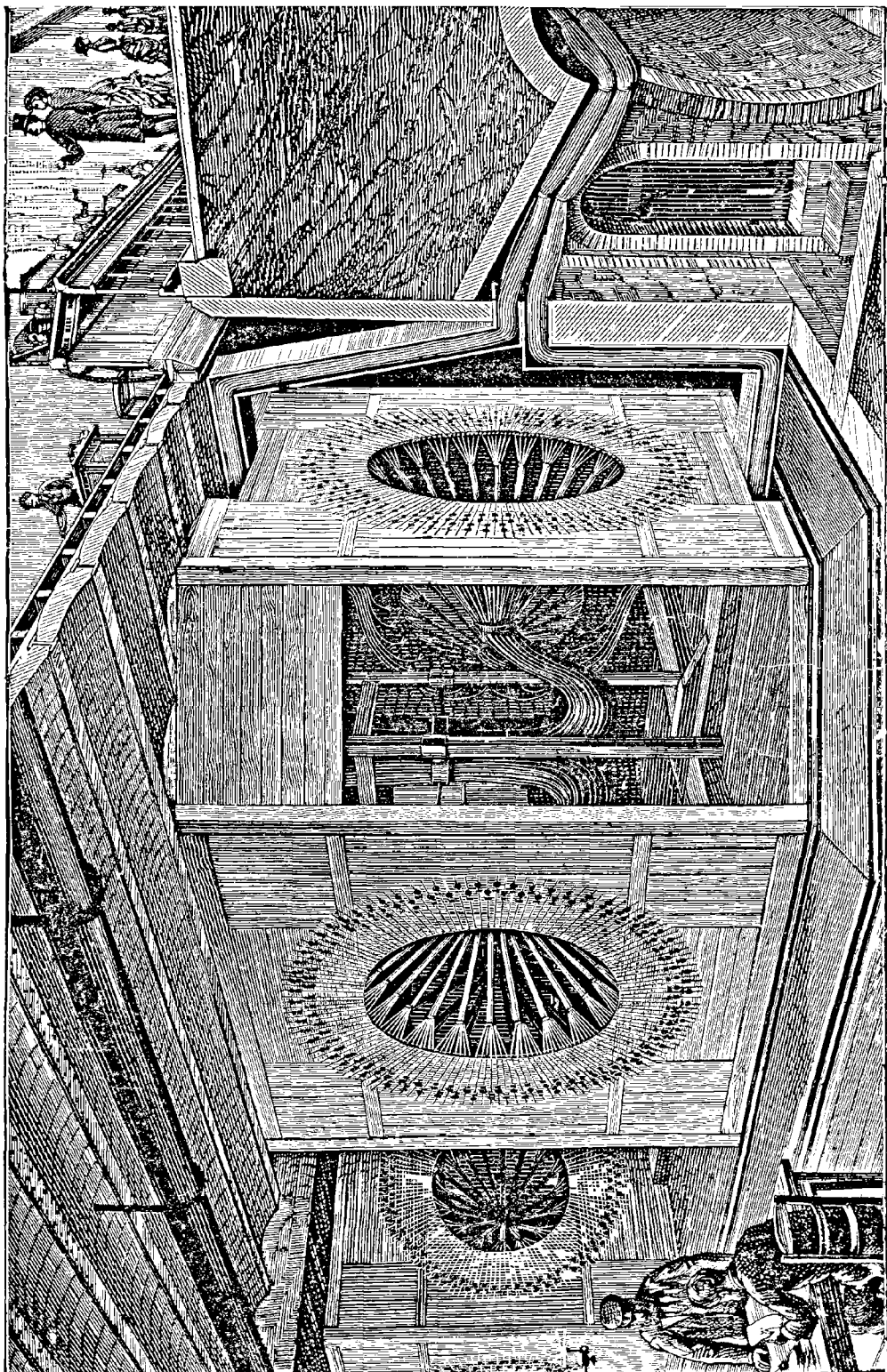


Fig. 164. — Salle des rosaces du bureau central de l'avenue de l'Opéra.

centre géométrique de la guérite. L'idée de la *rosace* est celle de faire passer tous les fils par ce centre, de telle sorte qu'ils aient même longueur et qu'ils puissent être *interchangés*.

En raison de l'importance de cette installation, nous donnons, dans un dessin à part (fig. 164), une coupe de la *salle des rosaces* du bureau central de l'avenue de l'Opéra.

On voit dans le coin, à droite, une moitié de l'égoût qui longe l'avenue de l'Opéra, sous le trottoir, ainsi que le petit égout d'embranchement qui fait communiquer la maison n° 27 de cette avenue avec l'égout principal. On a supposé les murs de cette maison enlevés, en avant du spectateur, afin de laisser voir la *salle des rosaces*. Au-dessus de l'égoût et des terres qui le recouvrent, on aperçoit, en effet, le trottoir de l'avenue de l'Opéra, où circulent quelques promeneurs.

La porte grillée que l'on distingue dans l'égoût d'embranchement, correspond à un regard placé sous le trottoir, et donne, par conséquent, accès de l'extérieur dans l'égoût, précisément au point où les fils entrent dans le bureau central.

Il y a, comme on le voit dans la figure 163, deux chambres à rosaces : la première, qui est en avant, est affectée aux fils des abonnés directement reliés au bureau ; la seconde est affectée aux fils des bureaux auxiliaires qui aboutissent tous à ce bureau, et s'y trouvent joints entre eux.

Les fils qui, au nombre de 3000, aboutissent au bureau central de l'avenue de l'Opéra, sont renfermés, comme nous l'avons dit, par groupes de 14, dans des tuyaux de plomb, qui, eux-mêmes, constituent deux faisceaux distincts ; et ces faisceaux, pour pénétrer dans la maison, développent les câbles qui les composent, selon plusieurs lignes parallèles, qui correspondent à des rangées de trous, ouverts

dans une grande plaque de bronze, et par lesquels passe isolément chaque câble. A leur sortie de ces trous, les câbles se réunissent de nouveau, en deux larges faisceaux, qui pénètrent par deux conduits de bois, placés en haut et en bas dans le bureau central, où se trouvent les tableaux d'appel des abonnés.

On voit au milieu de la figure 163, par la porte laissée ouverte à dessein, les fils qui, après avoir été séparés du faisceau, montent verticalement, pour pénétrer dans le bureau.

Nous nous trouvons ainsi conduits au bureau central. Avant de donner l'explication de l'organisation particulière du bureau central de l'avenue de l'Opéra, nous ferons connaître le principe général de cette organisation.

Pour mettre en communication les abonnés les uns avec les autres, grâce à un bureau central, on a imaginé des tableaux, empruntés à la téléphonie américaine.

La figure 165 montre un de ces tableaux, avec ses signaux d'avertissement, ou *annonciateurs*, et ses *commutateurs*.

Chacun des numéros du tableau correspond à un abonné ; il remplit le même usage que ceux des tableaux indicateurs des sonneries électriques que l'on voit dans les bureaux des hôtels et dans les maisons particulières.

Lorsque la personne qui veut avertir le bureau central a appelé, au moyen de sa sonnerie, le courant de la pile étant lancé dans la ligne, l'armature de l'électro-aimant de chacun des numéros du tableau *annonciateur*, est attirée, et déclanche le disque. Au-dessus du disque et en communication avec la sonnerie, est une bande de tôle, bombée, sur laquelle tombe ce disque. Le contact métallique étant ainsi établi, le numéro apparaît, et la sonnerie retentit, jusqu'au moment où l'employé vient re-

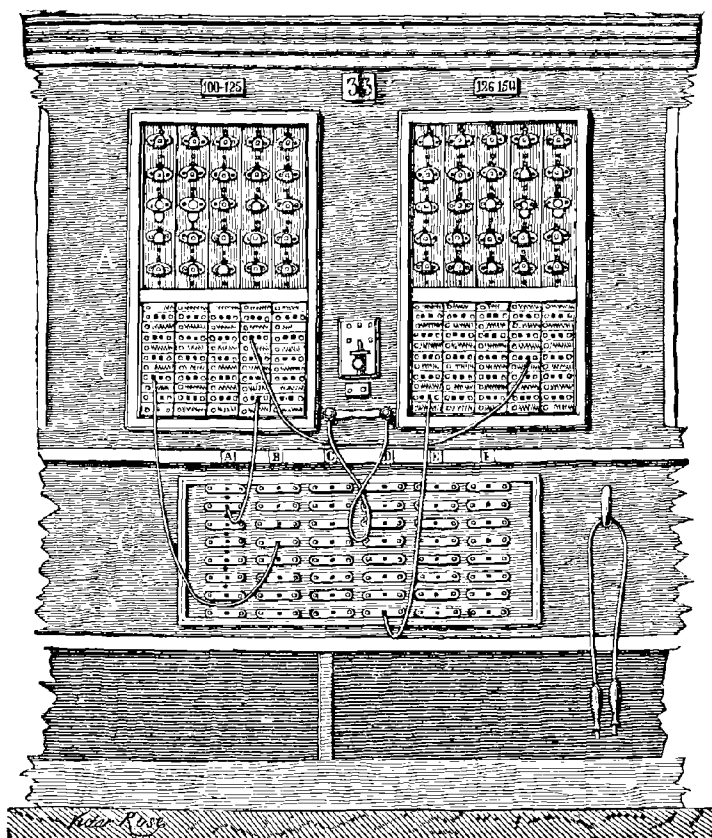


Fig. 165. — Poste de bureau central pour cinquante lignes.

A, annonceurs; C, C', commutateurs

mettre le disque dans sa position primitive.

Au-dessous du tableau *annonceur*, A, se trouvent les *commutateurs*, C, C'.

Différents systèmes de *commutateurs* ont été en usage; mais le commutateur dit *Jack knife*¹ est aujourd'hui généralement adopté. La *Société des téléphones de Paris* n'en emploie pas d'autres.

Quel que soit le système de *commutateur* que l'on emploie, il se réduit toujours à deux chevilles de bois, attachées à un cordon mobile, qui sert à mettre en communication les deux points de chaque tableau

1. Ces deux mots, qui, en anglais, signifient *couteau de Jack*, proviennent du nom de l'inventeur américain de ce commutateur, qui s'appelait Jack, et de la forme approximative du même engin, qui rappelle celle d'un couteau.

auxquels viennent aboutir les lignes des abonnés.

Supposons que l'abonné n° 1 ait demandé la communication avec l'abonné n° 15.

L'employé, muni d'un *téléphone transmetteur*, et d'un *récepteur* montés sur la même tige, enfonce dans les numéros 1 et 15 du tableau les deux broches de deux cordons flexibles communiquant avec les lignes de chacun des deux abonnés (fig. 166). Il en résulte que les lignes des deux abonnés n'en forment plus qu'une seule, et qu'ils peuvent entrer en communication.

Quand l'entretien est terminé, l'un des abonnés en donne avis au bureau central, et le même employé replace les chevilles des cordons à leur place dans le tableau.

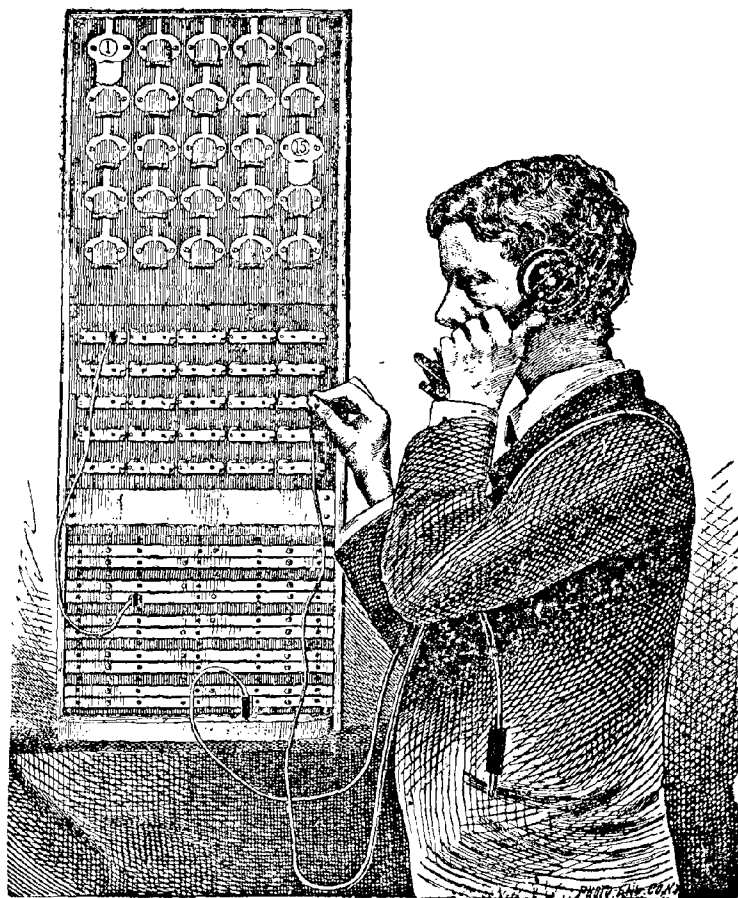


Fig. 166. — Mise en communication de deux abonnés par l'employé d'un bureau central.

Ceci étant exposé, nous pouvons donner la description du bureau central de l'avenue de l'Opéra, et décrire le fonctionnement des appareils qu'il renferme.

La figure 167 représente l'intérieur du bureau central de l'avenue de l'Opéra. On voit dans le coin, à gauche, les deux conduits de bois, qui, partant des deux *rosaces*, amènent les fils dans le conduit, d'où ils vont sortir, pour se distribuer aux *tableaux annonceurs* et *commutateurs*. Ces conduits sont placés sur le plancher du bureau.

Ce bureau est double. Il est, en effet, divisé en deux parties, par un couloir. Les cloisons de ce couloir forment l'envers de chaque salle. C'est sur ces cloisons que sont

adaptés les tableaux *annonceurs* et *commutateurs*.

On peut apercevoir à l'intérieur du couloir, sur la figure 167, la face postérieure de la cloison de la seconde salle, dont une partie est visible, et reconnaître les électroaimants qui commandent le jeu des *annonceurs*.

Quand un abonné appelle au bureau central, il faut que l'employé de service soit prévenu de l'appel par un bruit. Il faut ensuite qu'il sache quel est l'abonné qui appelle. C'est à ces besoins que répondent la sonnerie, qui dessert un grand nombre de lignes, et l'*annonceur*, qui répond à chaque ligne.

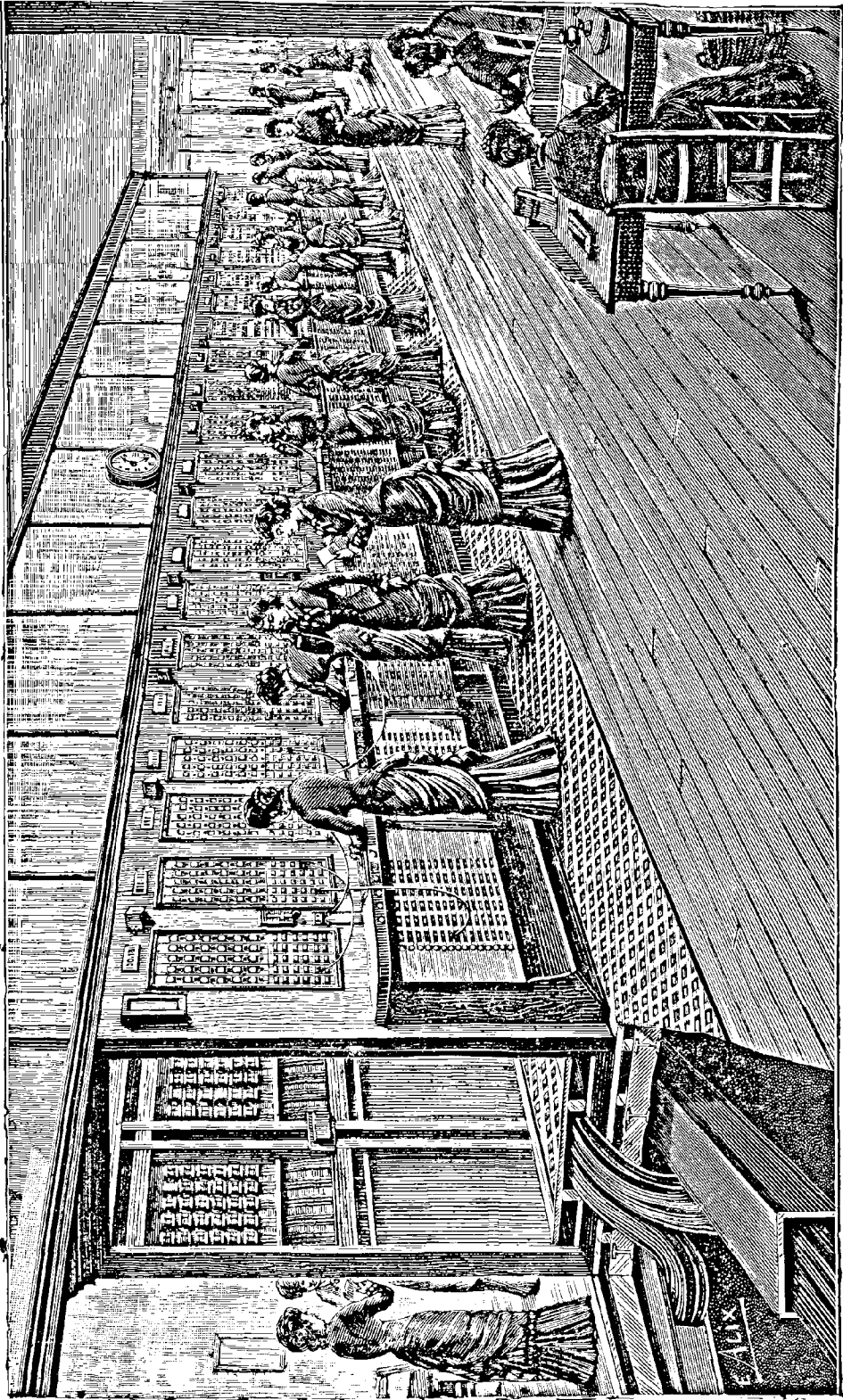


Fig. 167. — Bureau central téléphonique de l'avenue de l'Opéra.

La sonnerie du bureau central de l'avenue de l'Opéra est une sonnerie *trembleuse* électrique ordinaire, qui n'a rien de particulier, et qu'on voit à gauche du premier tableau de la figure 167.

Nous avons donné l'explication du jeu magnéto-électrique de cette sonnerie, dans la figure 159 (page 284). Nous la représentons, sur une échelle suffisante, dans la figure 168.

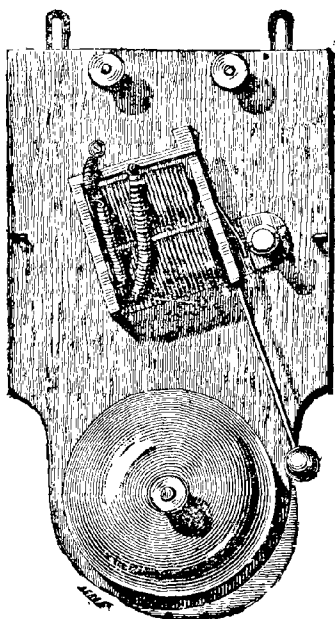


Fig. 168. — Sonnerie électrique dite *trembleuse*.

Le modèle d'*annonciateur* qui a été adopté par la *Société générale des téléphones*, est, avons-nous dit, un guichet portant un numéro devant lequel est appliquée une plaque articulée, munie d'un contact bombé. Cette plaque est accrochée sur une détente électro-magnétique adaptée à l'armature d'un électro-aimant, lequel est placé derrière les cloisons qui portent les tableaux. C'est précisément derrière ces tableaux que viennent s'épanouir les fils des abonnés, pour correspondre à leurs commutateurs respectifs, ainsi que les bobines d'induction des téléphones des employés et tous les fils de liaison des groupes de commutateurs entre

eux et avec les commutateurs des fils des bureaux. Quand l'abonné appelle, il lance un courant à travers l'électro-aimant, l'armature de cet électro-aimant est attirée, et la plaque tombe, en mettant sa partie bombée en contact avec une tige qui ferme un courant local à travers la sonnerie du poste.

Dès lors, l'attention de la personne employée à ce service est suffisamment attirée, et elle s'empresse de satisfaire à la demande de l'abonné. Pour cela, elle prend un cordon mobile, que renferme un double fil conducteur, et elle enfonce l'une des extrémités de ce cordon dans le trou portant le numéro du second abonné avec lequel le premier abonné désire converser : la communication est ainsi établie entre eux.

Quand les deux abonnés ont fini de se parler, ils doivent l'annoncer au bureau central, en pressant le bouton d'appel de leur transmetteur ; ce qui a pour résultat de faire tomber la plaque du tableau indicateur dans le bureau central.

Le service est fait, au bureau central de l'avenue de l'Opéra, par trente-trois jeunes filles, distribuées dans les deux bureaux, en nombre correspondant aux besoins du service de chaque bureau contigu, l'un étant, en général, plus occupé que l'autre, à certaines heures, comme au moment de la Bourse.

Un ordre parfait règne dans ces bureaux. Les consignes sont même très sévères, en ce qui concerne l'accès du public. On ne peut pénétrer dans le bureau qu'avec une autorisation spéciale, et, une fois admis dans ce gynécée du travail et de l'ordre, on est reçu par la directrice, dans une petite salle, complètement séparée du bureau central.

Nous venons de décrire le bureau central de l'avenue de l'Opéra, auquel aboutissent tous les fils qui relient les abonnés de cette section. En raison de son importance, ce bureau est, comme on vient de le voir,

double, en quelque sorte, puisqu'il est divisé par un couloir en deux portions contiguës, formant chacune un service complet. Mais tous les bureaux centraux téléphoniques n'ont pas la même importance. Ils sont disposés de la même manière, mais dans une seule salle, et, par conséquent, sans couloir de séparation.

Comme c'est là le cas général, nous jugeons utile de donner la description d'un bureau central ordinaire, et nous choisirons, pour le représenter par un dessin, le bureau de la rue Lafayette. On verra, par cette description, qu'un bureau téléphonique peut être établi dans un appartement quelconque.

On place les piles dans la cave de la maison, et les diverses pièces de l'appartement reçoivent l'affectation qui va suivre.

Les cloisons qui portent les *annonciateurs* et les *commutateurs*, dans une des chambres de l'appartement, sur trois côtés de la chambre.

Les *commutateurs*, ainsi que les plaques des *annonciateurs* ou *indicateurs*, sont répartis, par groupe de 25, sur des tableaux, qui sont au nombre de 6 sur la cloison du fond. Les plaques des *annonciateurs* sont en haut et les *commutateurs* au-dessous.

Au-dessous des tableaux *annonciateurs* et des *commutateurs* est une petite tablette, pour les besoins du service. Au-dessous de cette tablette se trouvent d'autres tableaux, plus larges, qui servent à faire correspondre les lignes auxiliaires avec les autres bureaux.

La sonnerie d'appel est placée à l'extrémité des cloisons. Une sonnerie suffirait pour une salle, mais on en place un plus grand nombre.

Seize jeunes filles desservent le bureau de la rue Lafayette. Celles qui ne sont pas occupées, attendent, assises sur des chaises, le moment d'être appelées par l'abonné.

La directrice est assise, elle-même, devant une table, de manière à surveiller faci-

lement ses employées. Les portes sont capitonnées et les murs recouverts de moleskine rembourrée, pour éteindre les bruits du dehors.

Dans chaque bureau un inspecteur est chargé de la surveillance du matériel et de la vérification des communications téléphoniques, ainsi que de la recherche des dérangements, quand ils se produisent. Cet employé a sous ses ordres un ou plusieurs surveillants, qui réparent les dérangements, surveillent les piles. Comme les piles sont exposées à se polariser, elles sont changées toutes les demi-heures, au moyen d'un *commutateur*.

Disons enfin que, dans le bureau de la rue Lafayette, il y a un *instructeur*, chargé de faire l'éducation téléphonique des jeunes filles surnuméraires. Une salle est réservée à tous les exercices nécessaires à ce genre d'instruction.

C'est cet ensemble que montre la grande planche de la page 297 (fig. 170).

Les appareils qui servent à la correspondance téléphonique, à l'intérieur de Paris, sont le *transmetteur Ader* et le *récepteur Ader-Bell*, que nous avons décrits et représentés dans le chapitre précédent. Ces appareils fonctionnent généralement bien; la parole s'entend parfaitement, même d'Ivry au quartier de l'Europe.

La pile dont fait usage la *Société des téléphones* est la pile Leclanché.

Tout le monde sait que la pile Leclanché, que nous représentons dans la figure 169, se compose d'une lame de zinc Z, plongeant dans une dissolution de chlorhydrate d'ammoniaque. Le zinc constitue le pôle négatif. Le pôle positif est représenté par un gros bloc de charbon de cornue de gaz. C, accolé à deux plaques, composées elles-mêmes de peroxyde de manganèse, mélangé de poudre de charbon, et fortement comprimées. Cet assemblage porte le nom d'*ag-*

gloméré. Le cylindre de zinc est séparé, par un morceau de bois, de la plaque de charbon, et il est maintenu en rapport avec ce charbon par des lanières de caoutchouc.

Voici les réactions qui se passent dans la pile Leclanché.

Le zinc est attaqué chimiquement par le chlorhydrate d'ammoniaque. Il se forme du chlorhydrate de zinc, par la fixation de l'oxygène de l'eau décomposée. L'hydro-

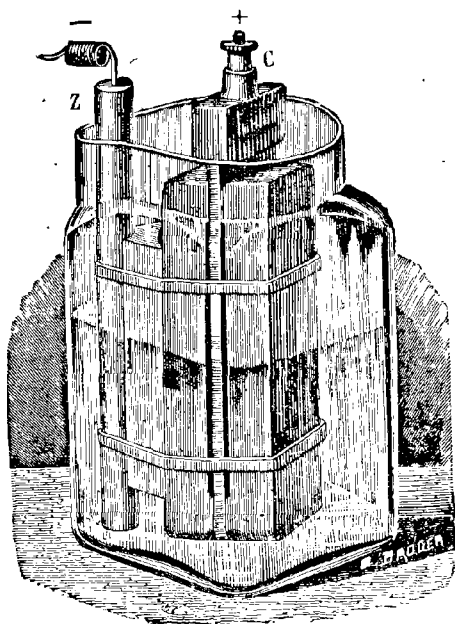


Fig. 469 — Pile Leclanché.

gène mis en liberté par la décomposition de l'eau, ne se dégage pas. Il est retenu par le peroxyde de manganèse, qui passe à un état inférieur d'oxydation.

La pile Leclanché supplée très avantageusement la pile de Bunsen. Sans nécessiter l'emploi de vases poreux, ni d'acides concentrés, elle donne un courant très régulier, et a l'avantage de marcher 6 à 8 mois sans qu'il soit nécessaire d'y toucher. Il suffit de renouveler, après cet intervalle, l'eau disparue par l'évaporation, et d'ajouter un peu de chlorhydrate d'ammoniaque.

Deux piles, composées chacune de trois éléments Leclanché, suffisent pour former

le courant d'un circuit téléphonique de Paris. L'une de ces piles est affectée au transmetteur, et les deux réunies au circuit de la sonnerie d'appel. Tous les trois mois on va, chez l'abonné, changer la pile du transmetteur, mais elle pourrait fonctionner pendant beaucoup plus longtemps, et c'est par excès de précaution que l'on se conforme à cette règle.

Le réseau de Paris est établi et posé, avons-nous déjà dit, par les soins de l'administration des télégraphes, aux frais de la *Société des téléphones*. Le tarif à percevoir des abonnés est aujourd'hui de 600 francs pour Paris, et de 400 francs pour la province.

La *Société des téléphones* doit à l'État une annuité, calculée à raison de 10 pour 100 de ses recettes. Elle paye, en outre, une redevance à la ville de Paris, pour le droit de passage de ses fils dans les égouts.

CHAPITRE XI

LA CORRESPONDANCE TÉLÉPHONIQUE DANS LES VILLES DE FRANCE. — LA TÉLÉPHONIE A L'ÉTRANGER. — APPAREILS TÉLÉPHONIQUES ET MODE D'INSTALLATION DES FILS EN FRANCE ET A L'ÉTRANGER.

Les appareils que la *Société générale des téléphones* met à la disposition de ses abonnés de Paris, sont, avons-nous dit, le transmetteur Ader et le récepteur Ader-Bell. Nous mettons sous les yeux du lecteur (fig. 171) le modèle du téléphone que la *Société des téléphones* établit chez chaque abonné. A cet appareil sont jointes deux piles, contenant chacune trois éléments Leclanché, l'une pour la sonnerie, l'autre pour la ligne. Les employés de la compagnie se chargent d'entretenir la pile, qui n'exige d'ailleurs, comme on le sait, que l'addition d'un peu d'eau et de sel ammoniac, tous les six mois, pour remplacer le liquide et le sel perdus par l'évaporation et l'usure.

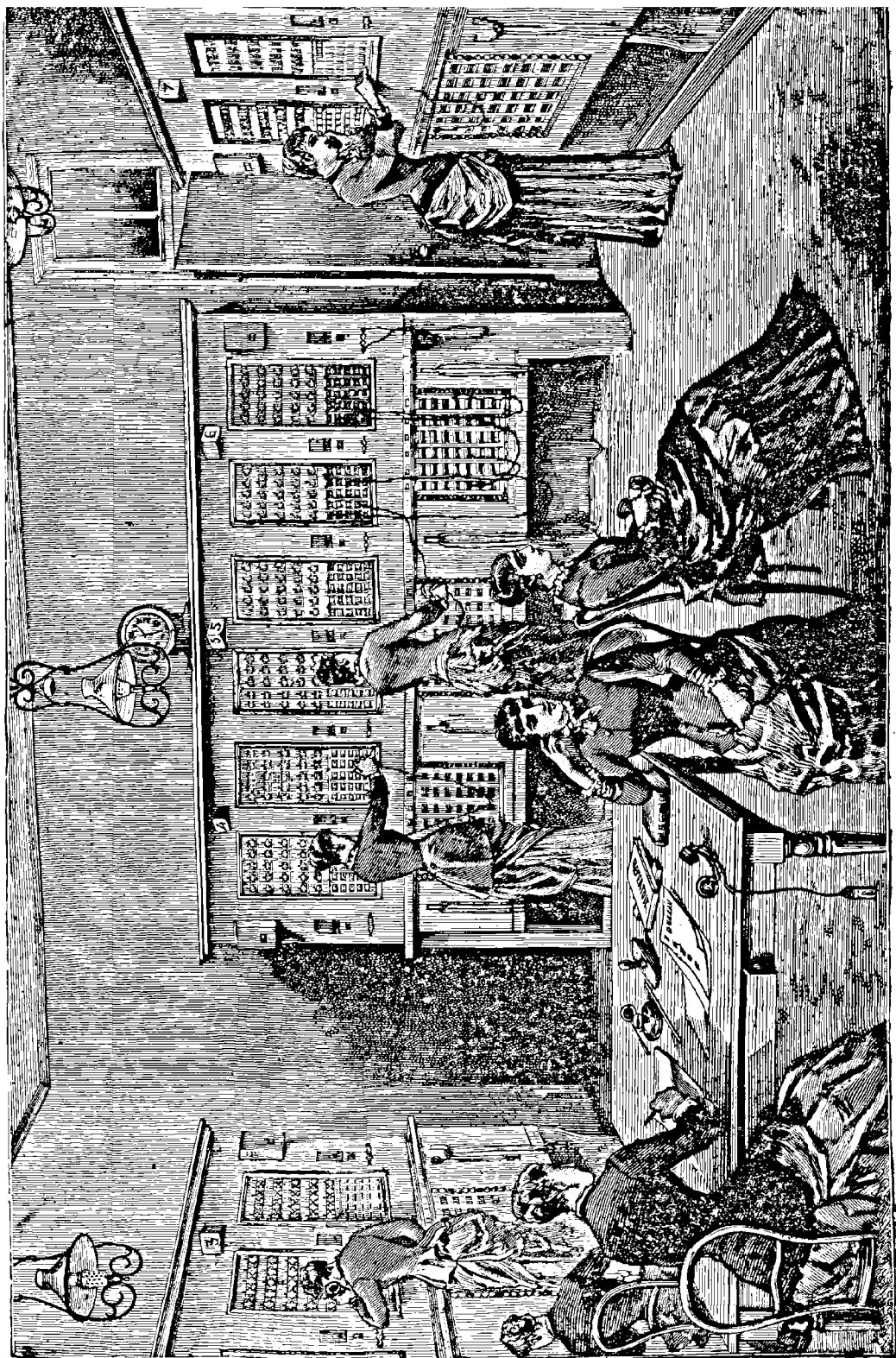


Fig. 170. — Bureau central de la rue Lafayette, à Paris.

Outre cet appareil, qui s'installe contre le mur d'une pièce de l'appartement, il existe un modèle portatif, que l'on place sur une table, sur un bureau, et au moyen duquel on peut parler sans quitter sa place.

Nous représentons dans la figure 172 le *téléphone Ader à colonne* : c'est le nom donné à cet appareil.

Les deux boutons métalliques placés à la

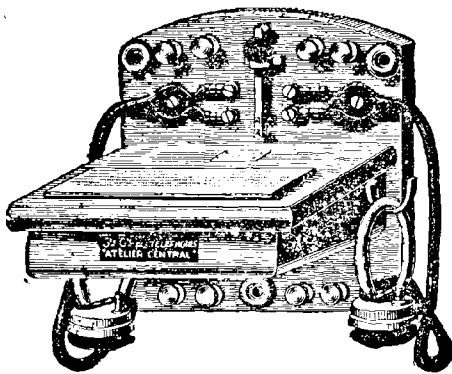


Fig. 171. — Téléphone Ader-Bell.

face antérieure circulaire du pied de l'appareil, servent à établir la communication avec la ligne du réseau. Le bouton d'ivoire, B, que l'on voit en avant et au bas de ce même pied, répond à la sonnerie.

S'il s'agit de communications avec un grand nombre de correspondants, ce qui rentre dans le cas d'un véritable bureau central, il faut faire usage de l'appareil même qui sert dans le poste central de Paris, c'est-à-dire de l'appareil pour poste central à trois directions. Nous représentons, dans la figure 173, cet appareil, qui comprend l'annonciateur américain, le transmetteur Ader et le récepteur Ader-Bell.

L'appareil que représente la figure 173 est celui qui est établi dans la plupart des grandes villes de France. Dans les villes de moindre importance le *poste central à trois directions* a la disposition plus simple que nous représentons dans la figure 174.

Dans nos villes de province, le téléphone

Ader n'est pas le seul en usage. On emploie également le téléphone Crossley, très en faveur en Angleterre, et que nous représenterons plus loin. L'appareil d'Edison se voit dans quelques villes ; mais la nécessité de parler dans une embouchure est un inconvénient qui tend à le faire écarter. Outre l'ennui de cette embouchure commune, l'haleine ternit et altère la membrane vibrante.

Il n'existe pas dans nos grandes villes de France de réseau d'égouts, offrant, comme à Paris, des facilités toutes particulières pour l'établissement des fils conducteurs des courants téléphoniques. La téléphonie dans les villes de province fait donc usage des lignes aériennes. Ce n'est que dans des cas très rares que l'on crée des lignes souterraines.

Les fils réunis en faisceaux passent par-

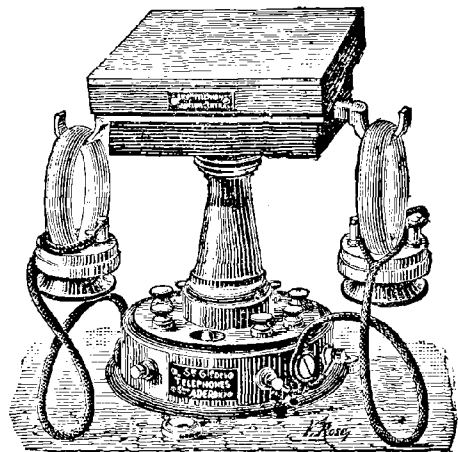


Fig. 172. — Téléphone Ader-Bell à colonne.

dessus les toits, ou dans les rues. On les fait supporter par des colonnes.

Les faisceaux sont attachés à des *isolateurs* en porcelaine, semblables à ceux des fils télégraphiques. Quelquefois les *isolateurs* sont en caoutchouc. On les fixe sur des chevalets de bois ou sur des cornières de fer, attachées au moyen de montants, également en fer.

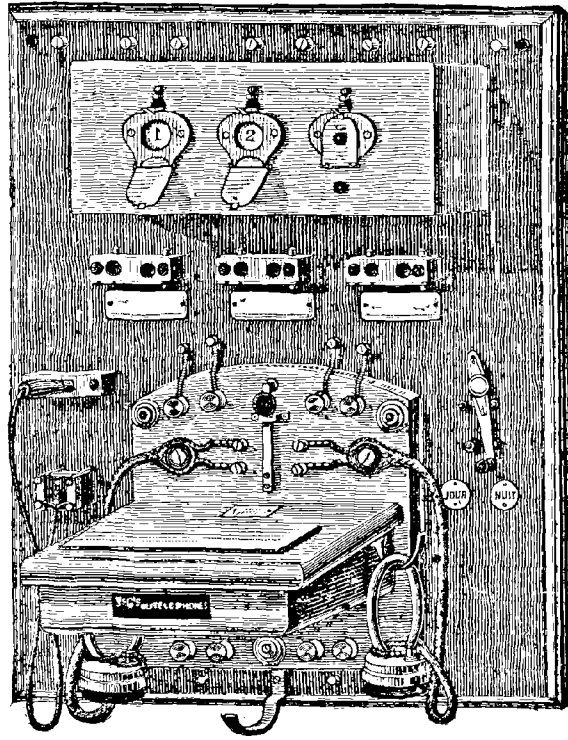


Fig. 173. — Grand poste central à trois directions.

La pose des fils télégraphiques sur les toits des maisons, a l'avantage de rendre l'inspection facile; mais elle a l'inconvénient, par suite des travaux qui se font fréquemment sur les toits, d'exposer ces fils à des dérangements, auxquels ils seraient soustraits s'ils étaient placés sous le sol, ou le long des maisons, dans des tuyaux; ou bien encore sur des supports isolés placés le long des rues.

On s'est donc préoccupé, en divers pays, d'étudier les divers modes de construction des lignes téléphoniques.

A New York, on place, le long des trottoirs, de hautes colonnes en fonte, qui se terminent, comme les poteaux télégraphiques, par une série d'isolateurs, portant 60 fils et même davantage. En donnant une hauteur suffisante à ces colonnes, dont la forme est assez élégante, on obvie à l'aspect étrange qu'elles peuvent donner à une rue.

Comme l'Europe est assez rebelle aux idées nouvelles, le système américain pour

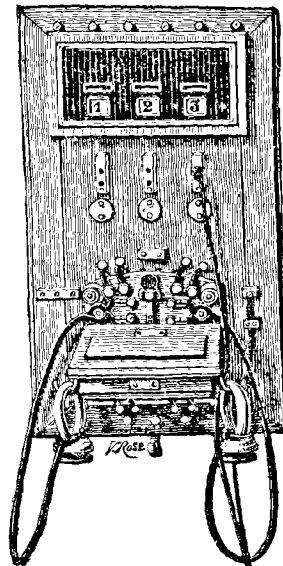


Fig. 174. — Petit poste central à trois directions.

la pose des fils téléphoniques en pleine rue

rencontrerait beaucoup de résistances. Son application offrirait, d'ailleurs, des difficultés dans les voies un peu étroites, et elle ne se prêterait pas à un très grand développement des réseaux. M. Ellsworth a proposé de remplacer les colonnes télégraphiques en usage à New York, par des espèces de canaux aériens en bois, qui seraient posés sur des consoles attachées aux murs, et contiendraient des faisceaux de fils téléphoniques très rapprochés l'un de l'autre.

En Angleterre et en Belgique, on a adopté une excellente disposition. On se sert de véritables câbles conducteurs. On donne

ce nom à la réunion d'un grand nombre de fils formant un cordon unique de fils très fins, enveloppés chacun de matière isolante, telle que la gutta-percha, le caoutchouc, le coton ou la soie. On suspend ces câbles en l'air, ou bien on les attache le long des murs. On les fait ensuite passer au-dessus des toits, en les supportant par un fil de fer attaché à des supports. C'est une heureuse modification du système aérien de New York.

D'autres fois, on pose ces câbles sous les corniches des toits. On peut ainsi avoir autant de supports que l'on veut, et les plus

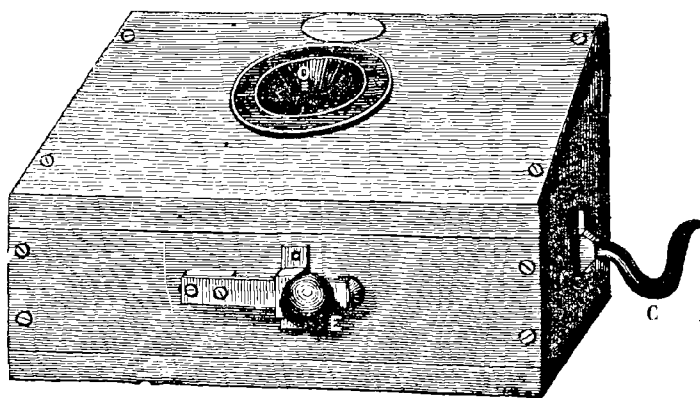


Fig. 175. — Transmetteur Crossley.

longues portées sans supports ne sont que les largeurs des rues ou des boulevards. Rien n'empêche, lorsque ces portées sont considérables, de soutenir le câble par un fil de fer.

Tel est le mode d'installation des fils conducteurs téléphoniques dans les villes de l'étranger.

Quant aux appareils, ils sont assez variables. Aucun système n'est employé à l'exclusion des autres, comme on le fait à Paris, où le téléphone Ader-Bell est le seul en usage.

En Angleterre, par exemple, le système Crossley est particulièrement en faveur, sans exclure, pour cela, d'autres systèmes.

Le *transmetteur Crossley* diffère peu du *transmetteur Ader*. Le *transmetteur Crossley* est, comme le *transmetteur Ader*, une application du microphone Hughes. Seulement le mécanisme est un peu plus compliqué que celui du système Ader.

Nous donnons dans la figure ci-dessus le dessin du *transmetteur Crossley*. C'est une boîte carrée, percée en son milieu d'une ouverture circulaire, O, devant laquelle on parle. Un téléphone Bell, servant de récepteur, est suspendu au crochet, C, qui se voit à droite de la boîte. Quand le téléphone récepteur est suspendu à ce crochet, la communication avec la sonnerie est interrompue. Quand on prend à la main le téléphone, le

crochet, allégé de ce poids, et grâce à une tige métallique faisant suite à ce crochet, vient établir la communication avec l'électro-aimant de la sonnerie d'appel. Si alors on touche le bouton E, qui est en rapport avec l'électro-aimant, à l'intérieur de la boîte, on fait retentir la sonnerie.

A l'intérieur de la boîte sont les organes que nous avons déjà représentés en décrivant le transmetteur Ader, à savoir : la bo-

bine d'induction, qui transforme le courant électrique de la pile en courant ondulatoire ; — l'armature en fer, en forme d'anneau ou de virole, qui accroît l'aimantation du barreau de fer ; — enfin la communication des fils des deux piles, d'une part avec l'électro-aimant, d'autre part avec le circuit de la ligne et avec le microphone.

Le microphone de l'appareil Crossley diffère un peu du microphone Ader. Nous



Fig. 176. — Mise en rapport de deux abonnés avec le téléphone Crossley.

avons représenté le *microphone Crossley* par la figure 144 (page 262). On a vu qu'il se compose de quatre crayons de charbon, au lieu de dix que renferme le microphone Ader, et que la disposition de ces charbons est tout autre. Les quatre crayons sont posés sur les faces de quatre blocs de charbon, et ils sont disposés de manière à jouer librement, à danser, pour ainsi dire, dans les trous creusés dans les blocs de charbon.

La plaque vibrante, dont on voit l'envers

sur la figure que nous rappelons, est en bois de sapin de *table d'harmonie*, comme celle du transmetteur Ader.

L'installation complète d'un *poste Crossley*, tel qu'il est employé dans les réseaux téléphoniques de l'Angleterre, comprend donc :

1° Le microphone que nous venons de décrire ;

2° Un téléphone Bell, servant de récepteur, avec un cordon contenant deux fils conducteurs ;

3° Une sonnerie, fonctionnant au moyen d'une batterie de 4 à 6 éléments Leclanché.

Quand l'on appuie sur le bouton d'appel, on établit la communication avec la sonnerie du bureau central. La personne à qui l'on veut parler opère de la même façon, pour parler. On prend alors le téléphone Bell qui fait contrepoids, on le place à l'oreille, et l'on parle dans l'embouchure disposée sur le couvercle de la boîte. L'em-

ployé de ce bureau (fig. 176), prenant l'instrument transmetteur et récepteur portés sur un même manche, répond à cet appel, et met en communication l'abonné demandé.

Lorsque la conversation est terminée, on replace le téléphone dans le crochet, ce qui suspend le rapport avec la sonnerie.

L'appareil Crossley est surtout employé en Angleterre. On en fait un certain usage

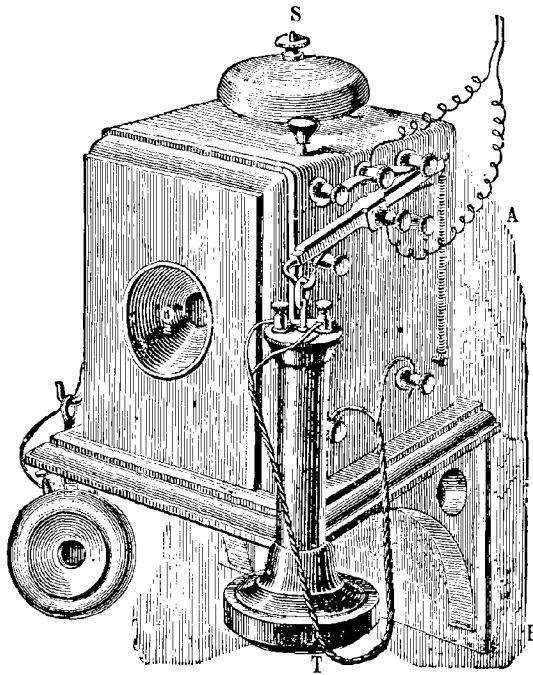


Fig. 177. — Transmetteur et récepteur Blake.

en France, et dans plusieurs réseaux créés en Italie.

En Amérique, on se sert généralement du système Blake, qui consiste en une ingénieuse disposition du microphone Hughes.

Le *transmetteur Blake* se compose d'une planchette faisant vibrer un microphone de charbon, assez semblable au microphone d'Edison, c'est-à-dire contenant une pastille de charbon et une plaque de charbon, en contact variable avec une planchette vibrante, en bois de sapin.

Nous représentons, dans la figure ci-des-

sus le *transmetteur Blake*. C'est une boîte en bois, de forme cubique. On parle par l'ouverture O. La sonnerie, S, est placée au-dessus de la boîte, avec son timbre résonnant. Le levier oblique, que l'on voit sur le côté droit de la boîte, sert, comme le crochet des appareils Ader, Crossley, etc., à supporter, par une de ses extrémités, le téléphone Bell, T, qui sert de récepteur. Quand on prend à la main ce récepteur, T, le levier bascule et vient établir la communication avec la sonnerie. Dès lors, cette sonnerie pourra retentir si l'on touche le

bouton d'appel. Une console, AB, sert à appliquer l'appareil contre le mur.

En Belgique, où cet appareil est très répandu, M. Bède lui a donné une autre forme, que représente la figure ci-dessous.

Le transmetteur se compose d'un micro-

phone à baguettes de charbon, et d'une planchette de sapin, percée d'une ouverture, M. Le bouton d'appel de la sonnerie, L, est près de la planchette. Un crochet, N, supporte le récepteur, T, qui est toujours le téléphone Bell. Quand on prend à la main

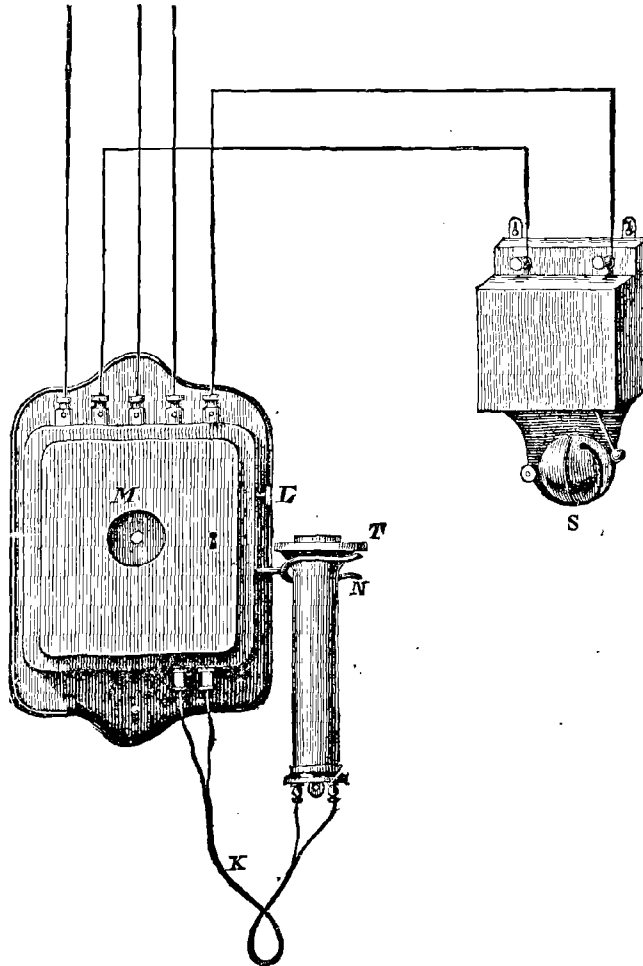


Fig. 178. — Téléphone Blake, construit à Bruxelles par M. Bède.

le récepteur Bell, le crochet N bascule, et la sonnerie est mise en rapport avec le courant électrique. Le récepteur Bell est relié au microphone-transmetteur par le cordon, K. La sonnerie, S, est placée à une distance quelconque du transmetteur.

Cette sonnerie fonctionne au moyen d'une batterie de 2, de 4, de 6 ou de 8 élé-

ments Leclanché, suivant la distance qui sépare le poste transmetteur du poste récepteur.

Pour parler à son correspondant, il suffit de presser sur le bouton d'appel, L, qui fait fonctionner la sonnerie placée chez ce dernier. Dès que le correspondant a répondu, on décroche le téléphone, T, que l'on met à

l'oreille, et l'on parle dans le microphone transmetteur, à 25 ou 30 centimètres de l'embouchure.

Cet appareil, ainsi disposé, peut fonctionner à plus de 25 kilomètres.

L'usage du téléphone Blake, construit par M. Bède, tend à se généraliser en Belgique, par suite de la facilité avec laquelle on peut l'installer et de son prix médiocre.

On a, pendant quelque temps, fait usage, en Belgique, du transmetteur Edison ; mais le réglage des charbons du microphone est difficile, et se dérange à la moindre secousse. Il est désagréable, en outre, d'avoir à mettre la bouche dans un instrument qui sert à plusieurs personnes.

Le réseau téléphonique belge, sous une direction habile et très active, embrassait, en 1883, une étendue de plus de 2000 kilomètres, et réunissait plus de 2500 abonnés.

Les fils sont disposés le long des murs des maisons et sur les toits. Le prix de l'abonnement annuel est de 250 francs.

En Allemagne l'exploitation de la téléphonie est entre les mains de l'État. Le prix d'abonnement est de 250 francs par an pour une distance inférieure à 2 kilomètres, avec une augmentation de 45 francs pour chaque kilomètre en plus.

La téléphonie s'est déjà emparée du monde entier. D'après le travail auquel nous avons déjà fait allusion, qui a été entrepris par la *Société générale des téléphones*, et qui donne le relevé exact du nombre d'abonnés au téléphone dans toutes les parties du monde, en 1883, il est peu de contrées civilisées qui ne bénéficient aujourd'hui de cette invention admirable. Si l'on se rappelle que la découverte du téléphone remonte seulement à l'année 1876, on sera étonné de la rapidité avec laquelle l'appareil découvert par M. Graham Bell s'est répandu sur tout le globe habité. Six

années ont suffi pour que la correspondance téléphonique étende son réseau sur tous les pays civilisés des deux mondes.

CHAPITRE XIII

LES APPLICATIONS DU TÉLÉPHONE A L'ART MILITAIRE, A LA MARINE, AUX ARTS INDUSTRIELS. — LES AUDITIONS TÉLÉPHONIQUES DES REPRÉSENTATIONS THÉÂTRALES. — L'OPÉRA A DOMICILE. — L'OPÉRA A TOUS LES ÉTAGES. — LE TÉLÉPHONE ET LA JUSTICE, OU LES MURS ONT DES OREILLES. — LES COURS D'EAU SOUTERRAINS ET LE MICROPHONE.

L'usage du téléphone pour les correspondances rapides, est l'application la plus naturelle, pour ainsi dire, celle qui se présente la première à la pensée ; mais cette invention merveilleuse n'en est encore qu'à ses débuts, et le plus grand avenir lui est réservé, parce qu'elle répond à un besoin général et qu'elle peut être employée par tout le monde. A la faible distance qui nous sépare de l'époque de sa création, on ne peut encore énumérer qu'un petit nombre d'applications de cet appareil réalisées d'une manière étendue et régulière ; on ne peut que tracer un tableau très abrégé de celles qui sont entrées dans la pratique.

Aussi nous contenterons-nous de dire, en quelques mots, que l'art de la guerre, par exemple, est certainement appelé à profiter des appareils qui transmettent la voix à distance. Pendant la marche des corps d'armée, des convois et du matériel de campagne, quelques éclaireurs, munis de téléphones reliés, au moyen d'un cordon de fils conducteurs, avec l'état-major, ou avec les officiers généraux, permettront d'expédier verbalement les ordres relatifs au service.

Dans les sièges, le téléphone sera d'un grand secours pour la transmission des instructions du commandant de la place aux différentes batteries, ou tranchées. On pourra même munir d'un transmetteur

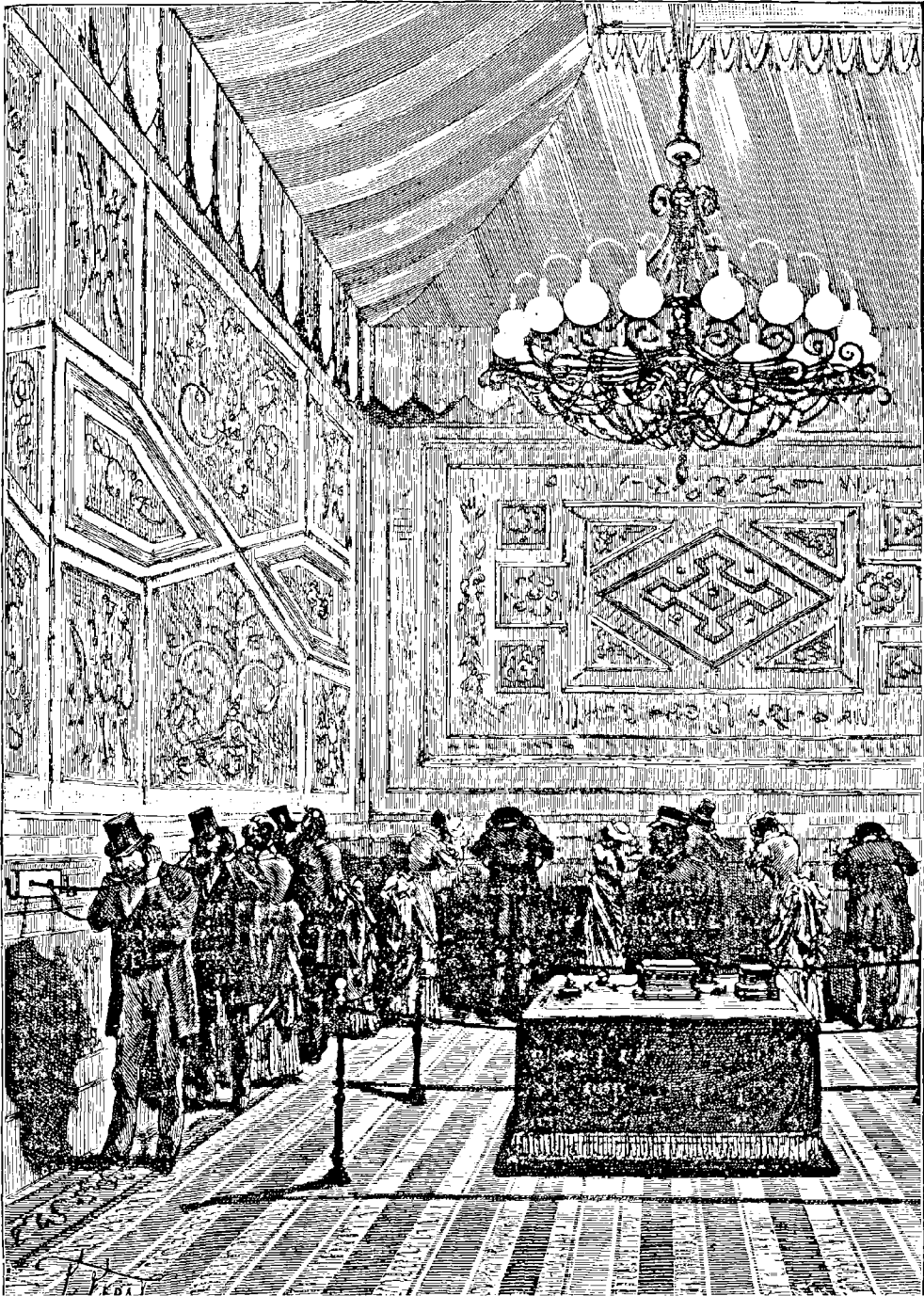


Fig. 179. — Salle des auditions téléphoniques au Palais de l'Industrie.

téléphonique les officiers qui monteront des ballons captifs employés pour l'inspection des positions ennemies. Des essais faits dans ce but ont donné de bons résultats. A la maigre Exposition aéronautique qui se fit à Paris, au Trocadéro, au mois de juin 1883, on voyait deux nacelles de ballons munies de téléphones Gower, qui avaient servi à effectuer des expériences pour mettre en communication des aéronautes flottant dans l'air, avec les personnes restées à terre.

La *Société générale des téléphones* a disposé le téléphone Gower pour l'usage spécial des armées en campagne. Ce téléphone a été choisi par les officiers qui s'occupent de ces expériences, parce qu'il fonctionne sans pile, et parce qu'il est facile de dérouler un fil conducteur, posé sur l'épaule de soldats convenablement espacés, et d'ajouter, sans arrêter leur marche, de nouvelles longueurs de cordon aux premières. Cette addition de nouvelles longueurs de conducteur est même plus facile que la pose de fil des lignes de télégraphie électrique volante, pendant les marches militaires.

En Allemagne, on se sert, pour le même usage, du téléphone Siemens, qui fonctionne sans pile, comme les télégraphes Graham Bell et Gower.

Le téléphone pourrait rendre aux armées en campagne un service tout particulier: il permettrait d'intercepter, au passage, les dépêches télégraphiques que l'ennemi échange entre ses différents corps. Un homme résolu, muni d'un téléphone de poche, se plaçant dans un lieu écarté, et saisissant le fil télégraphique tendu par l'ennemi, établirait une dérivation entre ce fil et le téléphone, afin de surprendre au passage la dépêche qui parcourt le fil. Le tour de force et le trait de courage qu'accomplirait mademoiselle Dodu, pendant la guerre de 1870-1871, en interceptant les dépêches qu'envoyaient les Prussiens, pourra

être renouvelé plus facilement, grâce au téléphone ¹.

Dans les écoles de tir au fusil et dans les

1. Le journal *l'Electricité* du 10 octobre 1878 rapporte cet événement en ces termes :

« Nous devons une mention particulière à Mlle Dodu, actuellement directrice des postes de Montreuil, près de Vincennes, et récemment décorée de l'ordre national de la Légion d'honneur.

« Lorsque les Prussiens entrèrent à Pithiviers, Mlle Dodu était alors directrice de la station télégraphique, où elle demeurait avec sa mère.

« Le premier acte de l'ennemi fut de prendre possession du bureau et de reléguer les deux femmes dans un étage supérieur de la maison qu'elles occupaient. Comme le fil passait à sa portée, Mlle Dodu eut l'idée patriotique d'établir un fil de dérivation, de manière qu'un appareil récepteur qu'elle avait été assez habile pour conserver à sa disposition, pût marcher chaque fois que l'ennemi se servait du manipulateur ou qu'un message du dehors arrivait à la station de Pithiviers.

« Les dispositions avaient été si habilement prises, que l'ennemi ne se doutait en aucune façon que la charmante télégraphiste lui dérobaient ses dépêches.

« Les télégrammes ainsi capturés, et qui étaient incontestablement de bonne prise, étaient confiés au sous-préfet, qui les faisait parvenir au quartier général français, à travers les lignes ennemies, par des messagers qui risquaient courageusement leur vie, et dont plusieurs ont peut-être payé de leur sang leur dévouement à la patrie.

« L'ennemi, rassuré par l'air calme et placide de Mlle Dodu et de sa mère, ne soupçonnait rien de ce qui se passait.

« Malheureusement Mlle Dodu n'avait pu éviter de mettre dans la confiance de son secret la servante de la famille.

« Loin d'imiter le noble dévouement de ses deux maîtresses, cette fille avait contracté une intimité coupable avec les soldats prussiens.

« Comme Mlle Dodu et sa mère lui faisaient des reproches sur sa conduite, elle répondit de manière à éveiller les soupçons des officiers ennemis qui assistaient à la conversation.

« Mlle Dodu et sa mère furent mises en état d'arrestation, et l'on n'eut pas de peine à acquérir des preuves matérielles de la culpabilité de la fille.

« Traduite devant une cour martiale, Mlle Dodu fut condamnée à la peine de mort, comme l'infortunée Delorge l'avait été à Bougival.

« Le prince Frédéric-Charles, qui commandait le corps d'armée, devait, en cette qualité, confirmer la sentence.

« Avant de le faire, il voulut faire comparaitre devant lui la coupable, avec laquelle il avait eu plusieurs fois l'occasion d'échanger quelques paroles, et qui n'était encore âgée que de dix-huit ans.

« Le prince l'interrogea sur les motifs qui l'avaient conduite à commettre une si grande infraction à ce que l'on nomme les lois de la guerre. « Je suis française, » répondit simplement Mlle Dodu.

« L'armistice qui survint sauva la vie à Mlle Dodu

polygones d'artillerie, le téléphone rendra de véritables services. Avec la grande portée qui est donnée aujourd'hui aux armes à feu, il est devenu indispensable de signaler l'effet des coups par des indications télégraphiques. Le télégraphe électrique sert à cet usage, dans les écoles de tir : mais il est évident que le téléphone, que tout le monde peut faire fonctionner, remplacera très avantageusement, pour ce cas particulier, le télégraphe électrique.

En ce qui concerne la marine, le téléphone sera particulièrement avantageux pour transmettre les avis entre les sémaphores qui fonctionnent électriquement et les navires en rade ou les phares en mer. Des essais faits entre la préfecture maritime de Cherbourg, les sémaphores et les forts de la digue, ont fait ressortir les avantages qu'il y aurait à munir ces postes de téléphones, ce qui assurerait une communication entre les bâtiments d'une escadre et la terre, ou bien entre ces navires eux-mêmes.

Pour créer ce genre de communications, il suffirait d'immerger dans la mer de petits câbles téléphoniques la long des chaînes de quelques bouées flottantes, en les faisant aboutir aux bouées ordinaires, qui sont toujours disposées en permanence dans la rade. Les navires de guerre, en s'amarrant, se mettraient, de cette manière, en relation avec la préfecture maritime. Enfin, en mouillant temporairement des câbles légers d'un bâtiment à l'autre, un amiral pourrait se mettre en communication avec les bâtiments de son escadre.

Le téléphone sera utilisé pour la manœuvre des bateaux-torpilleurs, particulièrement

l'exécution serait alors devenue un crime commun, un assassinat vulgaire.

« C'est seulement le 13 août 1878 que Mlle Dodu a reçu la décoration de la Légion d'honneur, qui lui a été remise au palais de l'Élysée et au nom du maréchal de Mac-Mahon, par son aide de camp, le colonel Robert, assisté de deux officiers de la maison militaire du Président de la République. »

remement au moment où l'on doit enflammer les torpilles, après avoir pris, au moyen de deux visées faites en deux points différents de la côte, la position exacte à attaquer.

On pourra, d'un autre côté, au moyen du téléphone, vérifier à chaque instant l'état des torpilles, et reconnaître si la continuité du circuit au sein des amorces ne présente pas de défauts. Ce genre de vérification se fait aujourd'hui en employant un courant électrique excessivement faible. Mais le galvanomètre n'est pas commode pour faire de telles expériences, en raison de la mobilité des embarcations sur lesquelles il faut observer l'aiguille de cet instrument. Le téléphone, par son extrême sensibilité, comme révélateur d'un courant électrique, permettra de faire cette vérification de la manière la plus simple et la plus facile.

Le savant capitaine de vaisseau Aug. Trève, mort en 1855, avait pensé que l'on peut se servir du téléphone pour relier télégraphiquement deux navires qui marchent à la remorque l'un de l'autre.

En 1882, M. Des Portes fit une très heureuse application du téléphone au matériel des plongeurs enveloppés du scaphandre. Un navire à vapeur français, *la Provence*, avait sombré dans le Bosphore, à la suite d'une collision. A propos d'enflouement de ce navire, on apporta aux scaphandres un excellent perfectionnement. Une des glaces du casque a été remplacée par une plaque en cuivre, dans laquelle est enchâssé un téléphone ; de sorte que le scaphandrier n'a qu'à lever un peu la tête pour recevoir des instructions de l'extérieur et pour dire ce qu'il veut.

On conçoit combien cette innovation évitera de perte de temps. Autrefois, lorsque les plongeurs visitaient un navire sombré, on était forcé de les ramener hors de l'eau, — manœuvre toujours difficile —, pour qu'ils

rendissent compte de leur inspection, et l'on devait leur donner des instructions longues et détaillées, qu'il fallait confier à leur mémoire et à leur intelligence. Aujourd'hui, un ingénieur ou le capitaine du bord pourra diriger les investigations du scaphandrier en entretenant avec lui une véritable conversation, de la surface au fond de la mer.

Ajoutons que le plongeur, en cas de danger ou d'indisposition, n'avait, autrefois, pour appeler, qu'une cloche d'alarme, expression unique et trop souvent insuffisante, de ses impressions et de ses besoins. Avec le téléphone, tout malentendu disparaît, tout danger est signalé, tout appel de secours est bien compris. Le scaphandrier ne se contente plus de voir, de marcher, de respirer au fond de la mer : il parle et il entend.

Ceci nous amène à dire un mot des applications du téléphone à l'art du mineur.

Les galeries de mines sont souvent bien longues ; aussi a-t-on déjà appliqué le télégraphe électrique à l'expédition des ordres à l'intérieur des galeries. Mais les mineurs sont loin d'être exercés à la manœuvre du télégraphe électrique, et ce service laisse beaucoup à désirer. Grâce au téléphone, qui permet au premier venu de transmettre des ordres verbaux, et de recevoir la réponse, rien ne s'oppose plus à l'échange des communications entre l'intérieur de la mine et le dehors.

La téléphonie a déjà servi à surveiller l'état de la ventilation dans les mines. Un téléphone transmetteur est placé près d'une roue, que met en mouvement l'air sortant du ventilateur, et il est relié au téléphone récepteur placé dans le bureau de l'ingénieur. Dès lors, celui-ci peut constater, par le bruit qu'il entend, si la ventilation se fait dans les conditions convenables, et si le refoulement s'opère régulièrement.

Les applications que nous venons de

signaler ne sont évidemment que le signal d'une foule d'autres que le téléphone est appelé à recevoir un jour dans les différentes opérations de l'industrie. Nous abrégons cette énumération, pour terminer ce chapitre par l'examen un peu plus détaillé de la plus curieuse application que le téléphone ait encore reçue. Nous voulons parler des *auditions théâtrales*, auxquelles nous avons fait allusion assez longuement dans la partie historique de cette Notice. C'est ici le lieu de décrire avec plus de détails cette opération extraordinaire, qui a passé longtemps pour un rêve, et qui n'était qu'une merveilleuse réalité.

Les premières auditions des représentations de l'Opéra eurent lieu pendant l'automne de 1881, dans quatre salles de l'Exposition d'électricité.

Les transmetteurs employés étaient ceux du téléphone Ader, les mêmes qui fonctionnent aujourd'hui pour la correspondance entre particuliers. Ils étaient placés, au nombre de dix, de chaque côté de la boîte du souffleur, comme le représente la figure 180. Chacun de ces 20 récepteurs était en rapport avec une pile Leclanché ; et une bobine d'induction correspondait à cette pile. Le fil conducteur double (pour l'aller et le retour) s'étendait sur une longueur de 2 kilomètres environ qui sépare l'Opéra du Palais de l'Industrie. Ces conducteurs étaient placés à la voûte des égouts. Comme les piles se polarisent rapidement, et perdent ainsi de leur puissance, on les changeait de quart d'heure en quart d'heure. Pour cela, chaque pile avait son *commutateur*, au moyen duquel, chaque quart d'heure, on mettait le transmetteur en rapport avec une pile nouvelle : pendant ce même temps on rechargeait la pile usée.

A cela se réduisait, d'une manière générale, l'installation du système de transmission des sons de la scène de l'Opéra au Palais de l'Industrie ; mais pour mieux

assurer le bon fonctionnement des appareils, et pour se mettre en garde contre toute cause de dérangement, M. Ader avait pris certaines précautions, qu'il n'est pas hors de propos de mentionner.

Les transmetteurs microphoniques disposés sur la scène étaient fixés, chacun, sur un socle en plomb, reposant sur des pieds en caoutchouc. On évitait ainsi les bruits qui, sans cette précaution, auraient été transmis en même temps que les sons, et qui provenaient des pas et des mouvements des acteurs et des danseuses. L'inertie

des masses de plomb servant de supports aux transmetteurs, éteignait ces trépidations, et les empêchait d'arriver à la planchette microphonique du transmetteur.

M. Ader avait jugé indispensable de munir chaque auditeur d'un récepteur double : un pour chaque oreille. Et voici la raison de cette particularité. Le chanteur n'est pas immobile sur la scène. Il passe fréquemment de l'un à l'autre côté de la rampe. C'est même là une des règles de l'art. Supposons que le chanteur se trouve à droite du souffleur ; la voix actionnera le

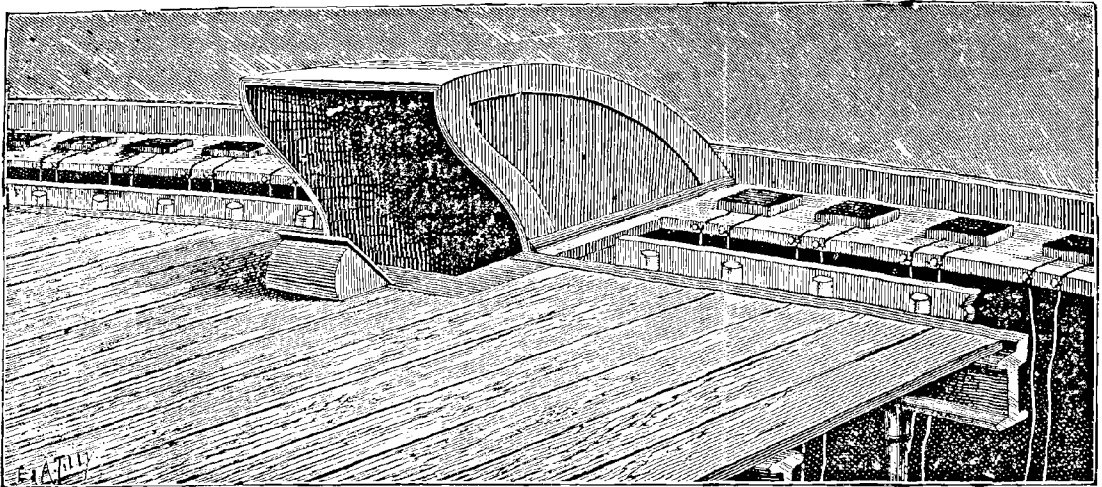


Fig. 180. — Transmetteurs téléphoniques disposés sur la scène de l'Opéra.

microphone transmetteur de droite plus énergiquement que celui de gauche, et l'oreille droite de l'auditeur sera plus vivement impressionnée que l'oreille gauche. Si le chanteur passe à gauche du souffleur, c'est le contraire qui se produira. Ainsi, quand l'acteur marche sur la scène, son déplacement se traduit, pour celui qui écoute, par un affaiblissement du son dans un des cornets récepteurs et par un renforcement dans l'autre cornet récepteur. De là des inégalités d'intensité, qui nuisent à la pureté de la transmission. M. Ader eut l'idée, très ingénieuse, de croiser les impres-

sions arrivant à chaque oreille de l'auditeur, c'est-à-dire, de faire aboutir à l'oreille droite les sons d'un transmetteur et à l'oreille gauche le son d'un second transmetteur, placé à une distance de quelques mètres du premier.

Les transmetteurs sont donc groupés par paires, l'un étant sensiblement éloigné de l'autre. Chaque personne reçoit l'impression des deux transmetteurs distincts, par l'une et l'autre oreille, ainsi que le montre le diagramme de la figure 181, dans laquelle on voit que le chanteur étant placé en A, par exemple, la voix traversant le microphone M, est recueillie par le récepteur B, correspondant à l'oreille droite du specta-

leur, et à travers le microphone M' , par le récepteur B' , correspondant à son oreille gauche, — et que, lorsque le chanteur se trouve au point A' , sa voix est recueillie à travers le microphone M' , par le récepteur B' , correspondant à son oreille gauche et à travers le microphone M , par le récepteur B , correspondant à l'oreille droite. Dès lors, le chanteur peut se mouvoir : l'une des deux oreilles de l'auditeur percevra toujours le son à peu près avec la même intensité que l'autre.

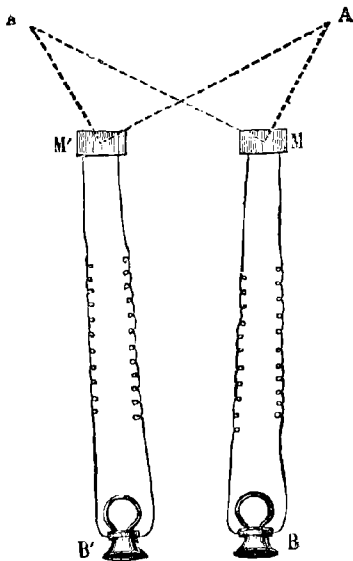


Fig. 181. — Diagramme du croisement des ondulations téléphoniques.

Les deux transmetteurs, disposés le long de la scène de l'Opéra, répondaient à 80 récepteurs Ader, pour desservir 40 auditeurs placés dans deux salles du Palais de l'Industrie. Ces salles étaient disposées de manière à éteindre tout bruit extérieur, qui aurait nui à l'effet sonore que l'on voulait recueillir. Pour cela (fig. 179, page 305), un épais tapis couvrait le parquet; des rideaux et des tentures composaient l'enceinte. Des portes doubles et faites d'épaisses étoffes en défendaient l'entrée. L'éclairage était faible et triste, pour ne point distraire l'attention des oreilles par l'impression des

yeux. Au milieu se tenait, devant une table, un employé, chargé de la surveillance générale. Le public entrait par fournée de 20 personnes dans chaque salle, et n'y séjournait que 4 à 5 minutes. Cet intervalle de temps écoulé, les assistants sortaient par une porte, tandis que la seconde fournée entrait, silencieusement, par la porte opposée.

Grâce à ces ingénieuses dispositions, on assistait littéralement à une représentation de l'Opéra. On reconnaissait la voix des chanteurs. Ce n'était pas l'effet d'un rêve lointain, mais celui d'une réalité auditive. Sellier, Bourdoursque et mademoiselle Krauss vous chantaient dans l'oreille. Les chœurs arrivaient pleins et harmonieux, et on ne perdait pas un accord de l'orchestre. Pendant les entr'actes, on entendait les bruits de la salle, et même la voix des crieurs de journaux et des marchands de programmes. Et comme on était naturellement, privé du spectacle de la scène, ces *auditions aveugles* avaient quelque chose d'étrange, de fantastique, que n'oublieront jamais ceux qui ont pu en jouir. Rien ne pouvait mieux populariser dans le public les nouveaux progrès de l'électricité.

Le souvenir de ces belles soirées inspira l'idée de multiplier les auditions téléphoniques théâtrales. Mais une telle installation est compliquée et coûteuse. Les frais faits en 1881, par la *Société des téléphones*, à l'Opéra et au Palais de l'Industrie, atteignirent, dit-on la somme de 160,000 francs. Aussi jusqu'à ce jour les reproductions de ce genre ont-elles été rares.

On ne peut citer à Paris que le Musée Grévin qui, ait imaginé de donner des auditions téléphoniques. Seulement, au lieu des chants superbes de l'Opéra, on entend, au Musée Grévin, le répertoire grossier d'un vulgaire café-concert, l'Eldorado, du boulevard de Strasbourg. On recoit, par

l'oreille droite, ce refrain, cher à Thérèse :

« C'est dans l'nez que ça me chatouille ! »

tandis que l'oreille gauche vous fait entendre cet autre, popularisé par Judic :

« Ah ! si ma mère le savait ! »

Et lorsque, suffoqué par ces chansons idiotes, à demi asphyxié par l'atmosphère irrespirable de la cave où se font ces auditions, on s'empresse de regagner l'escalier étroit et tournant qui vous ramène à l'air, relativement pur, du boulevard Montmartre, on est poursuivi par les regards fixes de personnages en cire, portant de vieux habits, qui vous fascinent, avec leurs yeux en boule de loto, immobiles et morts.

C'est que tout soleil a son ombre, toute médaille a son revers, toute belle chose a sa caricature. Les auditions du Musée Grévin sont la caricature des auditions téléphoniques de l'Opéra.

En raison de l'intérêt qui s'attache au phénomène scientifique de ces auditions théâtrales, il n'est pas douteux que la transmission de la musique par la voie du téléphone ne soit appelée à prendre un jour une grande extension. Ce n'est qu'une question de temps. On arrivera à réaliser ce système de reproduction musicale d'une manière économique, et on pourra alors en généraliser l'usage. L'Opéra, l'Opéra-Comique, le Théâtre-Français, ainsi que les grands théâtres de la province et ceux de l'étranger, pourraient être reliés par des conducteurs téléphoniques à des salles disposées dans ce but particulier, et un jour des spéculateurs trouveront leur bénéfice à créer des établissements consacrés aux répétitions téléphoniques de la musique de ces théâtres.

Bien plus, il ne sera pas impossible à un

particulier de se procurer le luxe d'une représentation théâtrale à domicile, et d'entendre, sans quitter son salon, les accents du *Trouvère*, de *Faust* ou de la *Favorite*.

C'est ce qu'expose fort bien le savant rédacteur scientifique du *Journal des Débats*, M. H. de Parville, dans l'ouvrage qu'il a publié sur *l'Exposition d'électricité en 1881*.

« Nous souhaitons, dit M. de Parville, que le public soit bientôt mis à même d'assister, au bout d'un fil télégraphique, aux représentations de l'Opéra, de l'Opéra-Comique et de la Comédie-Française. Il est de règle en ce monde que toute chose nouvelle doit passer par une période d'évolution. On commencera par aller entendre l'Opéra dans un local approprié, qui remplacera les salons de l'Exposition ; puis, peu à peu, on tiendra à rester chez soi, et à entendre ce qui se passe à la Comédie-Française, puis à la place Favart, et l'on réclamera un réseau théâtral. On s'abonnera aux téléphones de l'Opéra, de l'Opéra-Comique, etc., comme on s'abonne aujourd'hui aux téléphones de la *Société générale*. Et dans dix ans on vous invitera à prendre le thé et à assister à une première. Au lieu de la mention, devenue vulgaire : « On dansera, on fera de la musique », les cartes d'invitation porteront : « Audition théâtrale. » Et ailleurs : « A dix heures, *Robert-le-Diable*, à onze heures, Monologue par Coquelin cadet, etc. »

L'inauguration de ce genre de distraction artistique et scientifique fut offerte, comme un hommage à sa haute dignité, au Président de la République française, au mois de novembre 1881. Le palais de l'Élysée avait été relié, par les moyens ci-dessus écrits, avec la scène de l'Opéra ; de sorte que M. Jules Grévy put donner à ses invités la curieuse distraction de *l'Opéra à domicile*.

Il est évident que ce qui a été réalisé sous des lambris aristocratiques et officiels, peut, grâce à la science et à l'industrie de notre temps, se produire sous les toits les plus modestes, et que *l'Opéra à domicile* pourra un jour être un genre de distraction à la portée de tous.

Autrefois, on louait les appartements avec « *le gaz à tous les étages* ».

Quand le nouveau service des eaux »

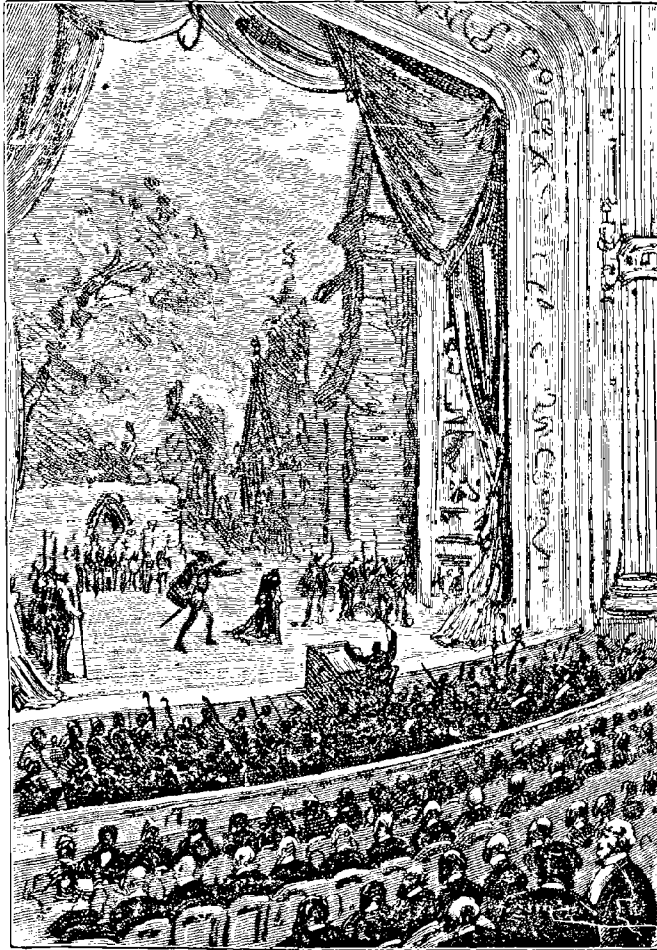


Fig. 182. — L'Opéra à domicile — (au théâtre).

permis de distribuer l'eau potable dans les appartements, au moyen d'une *colonne montante*, les propriétaires parisiens ont mis sur leurs écriteaux : « *Eau et gaz à tous les étages* ».

Plus tard, quand la construction des ascenseurs s'est simplifiée, et que leur usage est passé des gares de chemin de fer dans les grands hôtels meublés, et de là enfin dans les maisons particulières, les propriétaires des immeubles de Paris ont inscrit sur leurs écriteaux : « *Eau, gaz et ascenseur à tous les étages*. »

Quand les architectes auront réussi à dis-

tribuer, par un calorifère de cave, la chaleur dans toute une maison, et que, d'autre part, la *Compagnie des horloges pneumatiques* sera parvenue, comme elle l'annonce, à donner à chaque locataire la facilité de se procurer une pendule pour *un sou par jour*, les propriétaires inscriront, avec fierté : « *Eau, gaz, ascenseur, heure et chaleur à tous les étages*. »

Enfin, un jour viendra, il n'en faut pas douter, où on lira sur l'annonce des appartements à louer : « *L'Opéra à tous les étages!* »

Nous représentons dans les figures ci-



Fig. 183. — L'Opéra à domicile (chez soi)

dessus les douceurs de l'*Opéra à domicile*. Une belle mondaine, en son élégant salon, se donne le plaisir, sans sortir de chez elle, d'entendre son opéra favori.

Avec un abonnement au *téléphone théâtral*, on pourrait se coucher tranquillement, et au lieu de prendre le volume dont la lecture doit forcément amener le sommeil, comme un roman de M. X..., on décrocherait le téléphone, qui vous ferait entendre le *Trouvère* ou la *Favorite* et l'on s'endormirait, en vrai Sybarite, aux sons harmonieux d'une musique aimée.

On pourrait même créer une feuille d'a-

bonnement électrique pour les trois jours d'opéra : lundi, mercredi, vendredi.

Nous venons d'étudier les plus intéressantes applications qu'aient reçues le téléphone et son inséparable compagnon le microphone. Mais nous n'avons fait qu'effleurer le sujet. Il nous faudrait remplir un volume, si nous voulions rapporter toutes les applications qu'ont trouvées dans la science le téléphone et le microphone. Il faudrait commencer par décrire la *balance d'induction* de M. Hughes, instrument nouveau, dû à l'esprit inventif du créateur

du microphone. Et nous aurions alors à expliquer l'usage de cet instrument pour la recherche des projectiles enfermés dans les chairs, aussi bien que pour apprécier les variations du pouls chez l'homme et les animaux, et pour mesurer l'intensité des courants électriques. — Nous aurions à parler du téléphone employé à révéler l'existence des plus faibles courants voltaïques. — Nous aurions encore à signaler l'*audiomètre*, ou *sonomètre*, de M. Hughes. — Mais ces diverses applications du téléphone et du microphone sont du ressort de la science pure, et nous serions entraîné à dépasser les limites que nous sommes forcé d'imposer à cette Notice.

Nous signalerons seulement, en terminant, une curieuse application du téléphone et du microphone à l'instruction judiciaire.

Vous connaissez l'histoire de Denys le Tyran, qui, au fond de son palais, s'était ménagé certain réduit, que l'histoire appelle l'*oreille de Denys*, et au moyen duquel le tyran de Syracuse surprenait les paroles des captifs et des suspects. Le microphone surpasse singulièrement l'antique *oreille de Denys*. Il permet de surprendre, sans aucun local spécial, les paroles, échangées en prison, entre détenus. Le microphone, qui sert de transmetteur au téléphone, permettant de recueillir tous les sons émis dans une pièce, sans qu'il soit nécessaire que la bouche de celui qui parle soit en contact immédiat avec l'appareil, on a eu l'idée de placer des transmetteurs microphoniques contre le mur d'une cellule de la prison, en recouvrant soigneusement l'ouverture des transmetteurs avec du papier mince, percé de petits trous, à peine visibles. Dans cette cellule, on a fait entrer les complices ou les parents d'un prévenu, puis on les a laissés ensemble, sans surveillant. Pendant qu'ils s'entretenaient, un agent ou un gardien de la prison tenait son oreille collée au téléphone récepteur.

Le moyen a complètement réussi. Le prévenu, ne soupçonnant pas qu'on l'écoutât, profita du moment où on le laissait seul avec ses complices, pour causer avec eux du crime dont il était accusé. La justice a obtenu ainsi d'importantes révélations, qui n'avaient pu être arrachées, soit par des menaces, soit par des interrogatoires.

On disait autrefois : « Les murs ont des oreilles », mais on n'en était pas bien sûr. Grâce au microphone, ce dicton populaire est devenu une vérité pratique.

Une autre application intéressante du microphone et du téléphone, a été faite en 1882, pour l'étude des bruits souterrains.

Les recherches de M. de Rossi ont montré que les explosions du feu grisoû sont précédées de légères ondulations du sol et de bruits souterrains. Ces bruits, trop faibles pour être perçus par tout autre appareil, sont décelés par le microphone, qui les enregistre avec une sensibilité remarquable.

M. de Rossi pense que l'on devrait établir des observatoires dans le voisinage des houillères, et que le *micro-sismographe* joint au microphone, devraient être employés pour faire reconnaître l'existence du gaz inflammable à l'intérieur de la terre. Grâce à ce moyen, combiné avec les indications barométriques, on serait averti de l'approche du danger, et l'on pourrait prendre ses précautions en conséquence.

M. de Rossi avait prélué à ces dernières expériences par des recherches ayant pour but d'étudier les tremblements de terre, et les vibrations presque continuelles du sol qui se manifestent dans les régions où existent des volcans en activité.

Le comte Hugo d'Engenberg, qui réside au château de Tretzberg, près de Hall (Tyrol), a fait, dans sa propriété, un autre et tout aussi curieux usage du microphone.

Il s'en est servi pour découvrir les sources d'eau.

A cet effet, des transmetteurs microphoniques sont enfoncés dans le sol, sur les pentes d'une colline, puis reliés chacun à un téléphone et à une petite pile. Les expériences du comte Hugo se font la nuit, alors que les bruits et les vibrations du sol sont moins fréquents que le jour.

Les expériences du comte Hugo, qui percevoit le bruit des eaux souterraines au moyen du microphone, donnent peut-être l'explication des surprenantes découvertes faites par quelques *sourciers*, ou *chercheurs de sources*, les Parangue, les Bléton, les Pennet, les Fortis, les abbés Paramelle et Richard, qui ont prétendu déceler l'existence des sources cachées dans le sol, grâce au bruit du cours de l'eau souterraine, qu'ils avaient la faculté d'entendre¹.

Et après la constatation de preuves aussi extraordinaires de la perfection de l'ouïe chez quelques individus, on peut pardonner à Rabelais d'avoir prêté à Panurge une ouïe tellement fine qu'il entendait « pousser l'herbe ».

CHAPITRE XIII

UN PEU DE PHILOSOPHIE A PROPOS DE TÉLÉPHONIE.

Voilà donc raconté dans son histoire, expliqué dans son mécanisme, suivi dans ses applications, le merveilleux instrument qui a reçu le nom, parfaitement justifié, de téléphone. Il n'y a qu'un point de notre sujet qui soit resté dans l'ombre : c'est la théorie, la théorie qui illumine les faits de ses puissantes clartés. De sorte qu'après nous avoir lu, on pourrait dire de nous, comme du

1. Voir notre ouvrage, *Les Mystères de la Science*, grand in-8, Paris 1887. Librairie illustrée, tome 1^{er}. La *Baguette divinatoire*.

singe de la fable de Florian montrant la lanterne magique,

Il n'avait oublié qu'un point,
C'était d'éclairer sa lanterne.

Le reproche est fondé, mais nous dirons, pour notre défense, que cette lanterne, personne ne l'a encore éclairée. Aucun physicien n'a pu formuler une théorie du téléphone, et nous n'avons pas la prétention d'aller plus loin que tous les savants contemporains.

Qu'est-ce, en effet, que le téléphone? Un instrument qui transforme le courant électrique en un *courant ondulatoire*. Et que faut-il entendre par un *courant ondulatoire*? Celui qui produit des inflexions sonores identiques à celles que la voix a émises. Mais quelle est la nature des *courants ondulatoires*, quelle est leur cause? En quoi diffèrent-ils de l'électricité? Quels sont leurs rapports avec l'électricité? Voilà autant de questions qui ne trouvent pas de réponse, autant de problèmes qu'aucun physicien de nos jours n'est en état de résoudre.

Ne pouvant pénétrer la cause réelle de cette reproduction de la voix humaine au sein d'un courant électrique, nos physiciens se taisent. En cela ils se conforment au principe philosophique qui a été posé par Newton, à savoir: qu'il faut souvent renoncer à pénétrer la cause intime des phénomènes qui se passent au sein de la matière, et se contenter de rechercher les lois de leur manifestation, pour en tirer parti, si on le peut.

Ainsi agissent, ainsi raisonnent les physiciens, héritiers et disciples de Newton et de sa philosophie naturelle. Au lieu de s'obstiner, comme le faisaient les savants de l'antiquité, à rechercher la cause première des phénomènes physiques, à raisonner sur leur secrète essence, et à se perdre, à ce propos, dans toutes sortes d'abstractions et de rêveries, les physiciens modernes

s'appliquent à bien connaître les actions physiques qui se passent sous leurs yeux : mais ils proclament que la cause de ces manifestations est un des secrets de la nature. Ils ne veulent pas déclarer, avec les médecins de Molière, que l'opium fait dormir *quia habet in se proprietatem dormitivam*. Ils se contentent de dire, dans le cas qui nous occupe, que la transformation d'un courant électrique en un courant ondulatoire reproduisant la voix, est un des mystères de la nature, un des secrets desseins de son divin auteur.

De ces étonnantes ressources que la nature tient en réserve et que l'on ne saurait trop admirer, on peut trouver un exemple nouveau, en ce qui touche le téléphone.

Avant la découverte de ce instrument, c'est-à-dire avant 1876, on regardait comme impossible la transmission à distance de la parole articulée. Aujourd'hui, les procédés pour reproduire la voix par des artifices physiques, se sont multipliés à un tel point que l'on ne peut plus les dénombrer. Il faut lire dans les ouvrages spéciaux, l'interminable série de dispositions mécaniques que nos physiciens ont trouvées pour faire office de transmetteur téléphonique, avec plus ou moins de puissance ou de fidélité. C'est M. Ader, qui obtient la reproduction de la voix, en faisant traverser un simple fil de fer par un courant ondulatoire; — c'est M. Elisha Gray, de Chicago, le rival de M. Graham Bell, qui se sert de la main comme récepteur téléphonique, et qui produit des transmissions de la voix en frottant avec sa main la surface d'une baignoire de zinc¹; — c'est Th. du Moncel, qui utilise, comme récepteur, de simples fragments de coke, disposés sans ordre, dans un vase de métal; — c'est M. Edison, qui obtient un transmetteur téléphonique en faisant glisser une pointe de plomb ou de platine sur une

feuille de papier, rendue rugueuse par une solution de potasse; — c'est le docteur Boudet, de Paris, qui réduit le téléphone à une petite boîte, semblable à une tabatière, au fond de laquelle est collée une bobine d'induction, et dont le couvercle porte, en forme d'embouchure, un diaphragme d'acier aimanté, avec un transmetteur de charbon, et qui, grâce à cet appareil, obtient d'une manière très exacte la reproduction de la parole; — c'est Bréguet, qui produit des effets téléphoniques avec une pointe de platine posée sur un liquide acide; — c'est le physicien anglais Perceval Jenns, qui produit des sons avec un couteau de table posé sur un électro-aimant; — c'est M. Hughes, qui compose un microphone avec quatre clous posés en travers; — c'est M. Viesendanger, qui obtient des sons avec un petit tube de fer-blanc entouré d'une hélice d'induction; — c'est l'habile electricien anglais, M. Prece, qui construit son *termophone*, dans lequel il reproduit les sons par l'échauffement résultant de la contraction d'un fil fortement tendu; — c'est un physicien américain qui fait parler le téléphone Bell en l'appuyant sur sa poitrine; — c'est le docteur Crépeux, qui le fait parler en supprimant le récepteur, etc.

En un mot, les procédés pour la transmission de la voix se sont augmentés dans une proportion inouïe. Avant 1876 on se demandait par quels moyens il serait possible de transmettre à distance les sons de la parole, et on se demande aujourd'hui quels sont les moyens qui ne produisent pas cet effet!

Les physiciens ont été assez embarrassés pour expliquer cette abondance inattendue de procédés servant à transporter la voix articulée. Ils oubliaient qu'en tout cela, c'est l'oreille humaine qui est le dernier et le grand opérateur; que c'est à l'admirable organe créé par la nature qu'aboutit, en définitive, le jeu de tout appareil téléphonique. Or,

1. Voir notre *Année scientifique* (1875), pages 74-80.

telle est la perfection de l'organe auditif chez l'homme, telles sont les merveilleuses ressources dont il est doté, qu'il a la faculté de percevoir les sons, même quand ils sont transmis par les plus imparfaits procédés, par les voies les plus indirectes. C'est l'oreille humaine qui rectifie les effets d'un mauvais récepteur ; c'est l'oreille humaine qui supplée à l'insuffisance des transmetteurs ; c'est l'oreille humaine qui corrige les

défauts de tous les appareils créés par l'artifice des physiciens.

De sorte que ce qu'il faut exalter, à propos du téléphone, c'est l'œuvre de Dieu, autant que celle des hommes. Toussenel a dit : « Ce qu'il y a de meilleur dans l'homme, c'est le chien. » Nous dirons, pour rester dans la même gamme : « Ce qu'il y a d'admirable dans le téléphone, c'est l'oreille humaine ! »

FIN DU TÉLÉPHONE ET DU MICROPHONE

L'ÉLECTRICITÉ FORCE MOTRICE

L'emploi de l'électricité comme force motrice, repose sur les trois principes suivants :

1° L'aimantation artificielle du fer ou de l'acier par le courant électrique ;

2° L'action que les courants électriques exercent, à distance, les uns sur les autres ;

3° La production des courants d'électricité d'induction par le mouvement d'un corps conducteur se déplaçant dans le *champ magnétique* d'un aimant, permanent ou temporaire.

Le premier de ces principes a été découvert par le physicien français Arago ; le second par le physicien français Ampère ; le troisième par l'électricien anglais Faraday.

Avant d'entrer dans l'exposé des applications de ces trois principes à la création des moteurs électriques, il nous paraît utile de donner, en quelques traits rapides, une idée de la personne et des travaux des trois hommes illustres auxquels la physique est redevable de ces grandes conquêtes. Nous ne perdons jamais l'occasion de fournir quelques renseignements biographiques sur les grands personnages de la science dont nous avons à exposer les travaux, persuadé que la connaissance de leur vie éclaire et fait comprendre leurs œuvres. C'est à ce titre que nous allons entrer dans quelques détails biographiques sur Arago, Ampère et Faraday.

CHAPITRE PREMIER

FRANÇOIS ARAGO ; SA VIE ET SON ŒUVRE.

François Arago, un des plus grands physiciens dont la France s'honore, était né à Estagel (Pyrénées-Orientales), le 26 février 1786. Il semblait destiné à passer sa vie à la campagne. Sa constitution athlétique, ses manières franches et hardies, son aptitude aux travaux manuels, le prédestinaient, pour ainsi dire, à la vie des champs. Mais, en 1780, son père ayant été appelé au chef-lieu du département, avec le titre de caissier de la Monnaie, le jeune François Arago fut mis au lycée de Perpignan. Il y fit, en mathématiques, des études assez sérieuses pour être en état, dès l'âge de seize ans, de se présenter aux examens de l'École polytechnique.

C'est à Toulouse que les élèves du collège de Perpignan allaient autrefois subir l'examen du professeur de l'École polytechnique envoyé de Paris pour les interroger. Le jeune Arago se montra extrêmement brillant dans cette épreuve. Il traita les questions de géométrie qui lui étaient faites, par l'analyse algébrique, et éblouit son examinateur par les développements qu'il donna à ses réponses. Comme ses connaissances dépassaient le programme de l'École polytechnique, le jeune candidat se livra à de hardies digressions dans le champ du calcul.

L'examineur était frère de l'illustre Monge. Après avoir tenu l'élève devant le tableau pendant deux heures, il se leva et lui dit : « Monsieur, vous pouvez faire vos préparatifs de départ. Vous serez reçu le premier. »

Arrivé à l'École polytechnique avec le numéro 4, François Arago ne perdit jamais ce rang.

On voulait, à cette époque, introduire la politique à l'École, et des listes d'adhésion à la constitution de l'Empire furent présentées aux élèves. Arago refusa sa signature ; mais Napoléon, à qui Monge l'avait signalé, comme devant se faire bientôt un grand nom dans les sciences, ne lui garda pas rancune de cet acte d'opposition.

Dès sa sortie de l'École polytechnique, François Arago fut attaché à l'Observatoire de Paris, et fut bientôt chargé d'aller en Espagne, avec Biot, achever la mesure d'un arc du méridien, grande opération que la mort de Méchain laissait inachevée. On était alors en 1806 ; notre jeune savant commençait sa vingtième année.

Les opérations sur le terrain étant à peu près terminées, Biot reprit le chemin de la France, laissant Arago relever les dernières triangulations.

Il était occupé, dans l'île de Majorque, à faire ses visées, et il avait établi ses instruments au haut d'une montagne de l'île (le Galazo), quand la ville de Palma, capitale de cette île, ayant appris que l'Empereur avait donné l'ordre de renvoyer à Toulon l'escadre qui stationnait devant les îles Baléares, se mit en insurrection déclarée contre la France.

La colère du peuple espagnol se porta tout d'abord sur le jeune observateur venu de Paris. Les feux qu'il allumait chaque nuit sur la montagne, pour ses signaux et mesures de distance, passèrent pour des avis secrets adressés aux forces navales françaises, et des furieux partirent pour assas-

siner le Français signalé à leurs coups. Mais le pilote mayorquin du bâtiment de la commission scientifique française, Damian, devança les assassins. Il renit à Arago des vêtements de paysan, et prit la fuite avec lui. Ils rencontrèrent, au bas de la montagne, des paysans armés, qui leur demandèrent des nouvelles des *gavachos* (injure par laquelle on désignait les Français). Mais Arago parlait si bien l'espagnol, et il conserva un tel sang-froid, que les paysans n'eurent aucun soupçon, et se hâtèrent de gagner les hauteurs où ils croyaient trouver leur victime.

Arrivé à bord du bâtiment espagnol qui l'avait reçu jusqu'alors, Arago n'y trouva que froideur et défiance. Il dut accepter, comme un asile, la prison où l'on avait déjà enfermé un envoyé du gouvernement français, M. Berthémie ; encore n'y parvint-il qu'au milieu d'une émeute populaire. Il fut blessé d'un coup de stylet, pendant le trajet du bâtiment à la prison.

Grâce aux sollicitations de son collègue espagnol, l'astronome Rodriguez, et à la connivence du capitaine général de l'île, Arago et l'envoyé du gouvernement français, M. Berthémie, purent s'échapper de leur prison, et gagner une barque mayorquaine. Le fidèle pilote, Damian, vint les rejoindre dans cette barque ; mais ils n'y trouvèrent, pour toutes provisions, que quelques pains et trois ou quatre paniers d'oranges.

La barque s'arrêta à l'île de Cabrera, et arriva enfin à Alger, le 1^{er} août, cinq jours après l'évasion.

En se dirigeant vers Alger, Arago et ses compagnons avaient compté sur la protection du Dey Hamet, auquel le gouvernement de l'empereur Napoléon inspirait un certain respect. Ils ne s'étaient pas trompés. Le Dey ordonna qu'un navire lui appartenant fût frété, pour ramener à Marseille l'astronome français et ses compagnons.

miraculeusement échappés aux poignards des Espagnols. Il compléta ses gracieuses prévenances pour l'Empereur en lui envoyant un véritable présent oriental : à savoir, un lion, qui fut embarqué avec le petit équipage.

On était en vue de Marseille, quand on rencontra un corsaire espagnol, qui se mit à canonner le navire algérien, et bientôt le



François Arago.

prit, et le conduisit dans un port de la Catalogne, à Rosas.

Là, Arago et ses compagnons furent tenus en captivité, et exposés aux plus dures privations. On les laissait littéralement mourir de faim.

Par bonheur, Arago réussit à faire savoir au Dey d'Alger la capture de son bâtiment.

La nouvelle eût peut-être trouvé Hamet médiocrement sensible à cette annonce,

mais la lettre qui lui fut remise annonçait un autre malheur : le lion était mort !

A cette nouvelle, le Dey entre dans une violente fureur. Il fait comparaître le consul d'Espagne et lui demande une indemnité de 400,000 francs, le menaçant d'une déclaration de guerre si les Catalans ne lui rendent pas son bâtiment.

L'Espagne eut peur, et rendit le navire qui reprit la route de France.

Le navire algérien qui ramenait en France Arago et ses précieux relevés géodésiques, était de nouveau en vue de Marseille, lorsqu'un coup de vent le jeta vers la Sardaigne. Le pilote, perdant la tête, se laissa aller à la dérive ; si bien qu'après huit à dix jours de navigation au milieu de la Méditerranée, on se trouva sur la côte d'Afrique, près de Bougie.

Là, on reconnut que le bâtiment était hors d'état de naviguer.

Arago prit alors une détermination qui a été taxée, à bon droit, de folie. Il voulut se rendre de Bougie à Alger par terre, au milieu des populations arabes, pour lesquelles le seul nom de chrétien est un gage de mort. Méprisant tous les conseils, Arago prit un costume arabe, et, se confiant à la protection d'un marabout du pays, il eut l'audace et le bonheur d'arriver par terre à Alger. Ce voyage était tellement périlleux que pas un de nos officiers ne l'a essayé jusqu'à la complète occupation du pays par nos troupes.

En arrivant à Alger, Arago apprit que son protecteur le Dey Hamet avait péri dans une émeute. Il vit lui-même le successeur d'Hamet tomber sous les coups d'autres révoltés.

Le nouveau Dey, loin de protéger les Français restés en détresse dans la régence, les retint prisonniers, réclamant une indemnité pour les laisser partir. Le consul de France ayant résisté à cette exaction, le Dey fit inscrire, comme esclaves, le consul et tous les Français.



Fig. 153. — La statue d'Arago par Cliva, érigée à Estagel, en 1865.

Heureusement, Arago fut réclamé par le consul de Suède, et enfin, le 1^{er} juillet 1809, il put quitter Alger, avec ses compagnons de travail et de dangers.

Le convoi algérien, dont leur bâtiment faisait partie, fut arrêté devant Toulon, par l'amiral anglais Collingwood; mais quelques

habiles manœuvres permirent au capitaine qui avait les Français à son bord, de s'échapper, et de gagner la petite île de Pomègue, où les chaloupes anglaises tentèrent en vain d'enlever le bâtiment.

Après quelques jours passés à Perpignan, auprès de sa famille, qu'il avait cru long

temps ne jamais revoir, Arago alla reprendre à Paris ses travaux scientifiques.

Il déposa tout son butin géodésique sur la table de l'Académie des sciences et du Bureau des Longitudes. Un élan unanime d'admiration salua le courage et la persévérance de ce jeune homme de génie qui, au milieu de mille périls et des plus émouvantes péripéties, avait rapporté intact le tribut d'observations et de mesures que l'Académie des sciences l'avait chargé de recueillir.

La récompense de cette campagne mémorable ne se fit pas attendre. On accorda à François Arago, alors âgé de 23 ans, un fauteuil à l'Institut.

Nous tracerons maintenant un tableau rapide des principales découvertes d'Arago.

Ses premières recherches se rapportent à l'optique. Il avait un goût particulier pour cette partie de la physique. Son délassement, quand il était forcé de camper, des mois entiers, sur une montagne isolée de l'île de Majorque, pour se livrer à ses mesures sur le terrain, était de lire *l'Optique* de Newton.

La part qu'Arago a prise aux immenses progrès qu'a faits, dans notre siècle, la science de l'optique, est un de ses plus beaux titres de gloire. Il était partisan décidé de la théorie des ondulations, et il eut la satisfaction de voir cette théorie confirmée d'une façon décisive par les belles expériences de Léon Foucault sur la vitesse de la lumière.

La théorie de la polarisation colorée fut démontrée par son *polariscope*.

L'électricité lui dut de nombreuses découvertes. La principale est l'*aimantation par les courants*, qui fut l'origine première de la télégraphie électrique.

L'aimantation artificielle du fer et de l'acier étant, de toutes les découvertes d'Arago, celle qui nous intéresse le plus, dans la présente Notice, nous entrerons à ce sujet dans quelques développements.

Si l'on fait circuler autour d'un barreau

d'acier ou de fer pur, un courant électrique, le fer ou l'acier acquièrent la propriété d'attirer le fer, c'est-à-dire de se transformer en aimant. Dès que l'on interrompt le passage du courant dans le métal, l'aimantation disparaît.

Ce phénomène, que nous avons eu tant de fois l'occasion de signaler, fut découvert par Arago, en 1820, dans le cours d'expériences qu'il faisait avec Ampère. On lit ce qui suit dans le procès-verbal des séances du Bureau des Longitudes du 20 septembre 1820 :

M. Arago parle d'une nouvelle expérience de laquelle il résulte que la pile voltaïque aimante le fer doux.

Le 25 septembre suivant, le *Moniteur universel* annonçait qu'un *fil conjonctif* (c'est-à-dire servant à relier les deux pôles d'une pile en activité) se charge de limaille de fer comme le ferait un aimant.

Le fil plongé dans la limaille s'en chargeait également tout autour, et il acquérait, par cette addition, un diamètre presque égal à celui d'un tuyau de plume.

Arago remarque, de plus, que cette aimantation de l'acier et du fer n'est pas permanente, mais que si l'on agit sur de la limaille de cuivre, elle devient définitive (1).

Il est intéressant de savoir qu'un événement dont Arago fut témoin, dans une de ses traversées de la Méditerranée, pendant la périlleuse campagne scientifique que nous avons racontée, fut peut-être l'origine de la découverte de l'aimantation artificielle du fer.

Ampère a donné, à ce sujet, quelques éclaircissements, dans un mémoire inséré en tête de son *Recueil d'observations électrodynamiques* (page 74), publié en 1822, chez Crochard.

« On savait depuis longtemps, écrit Ampère, que des croix situées sur des églises, des verges de pa-

1. *Annales de chimie et de physique*, t. XV, page 95, 2^e série.

ra-tonnerre, s'aimantent naturellement par l'électricité atmosphérique.

L'*Annuaire* de 1819, publié par le Bureau des Longitudes, contient un article de M. Arago sur les forces magnétiques, où ce savant annonce avoir été témoin d'un fait qui l'avait vivement impressionné. Un bâtiment génois qui faisait route pour Marseille, étant à peu de distance d'Alger, fut frappé par la foudre, qui en changea les pôles. Sans que le capitaine eût pu se douter de ce qui était arrivé, la boussole avait exécuté une demi-révolution. La partie de l'aiguille qui marquait le Nord s'était tournée vers la côte d'Afrique.

On comprend ce qui s'était passé : le capitaine mit le cap vers les écueils qu'il croyait éviter, et, au bout de quelques heures, le navire était brisé sur la côte d'Afrique. »

Il est permis de croire que c'est cet événement extraordinaire qui fit naître dans l'esprit d'Arago l'idée dont le résultat fut la création de l'électro-aimant.

La polarisation colorée, le magnétisme par rotation, plusieurs moyens complètement nouveaux de mesurer la lumière, d'importantes études sur les variations de la boussole, sont dus à Arago.

Ce fut encore lui qui reconnut, en 1816, que les variations de l'aiguille aimantée dans sa direction vers l'ouest, étaient terminées, et que désormais l'aiguille de la boussole allait dévier vers l'horizon.

C'est à lui que l'on doit cette observation importante, que les aurores boréales, même invisibles, exercent une influence sur l'aiguille aimantée.

Le gouvernement ayant eu besoin, pour le service des machines à vapeur, de connaître jusqu'à des tensions très élevées, le rapport qui existe entre la force élastique de la vapeur d'eau et sa température, Arago fut chargé de ce travail. Il n'y a rien d'exagéré à prétendre que les dangers que ses expériences sur les hautes pressions de la vapeur firent courir à Arago, étaient dix fois plus grands que ceux auxquels s'expose un soldat qui marche à l'ennemi.

Comme professeur, Arago montrait une singulière flexibilité dans l'art de l'exposi-

tion scientifique. Les jeunes élèves de l'École polytechnique admiraient sa profondeur, sa science et la rigueur de ses méthodes, tandis qu'à l'Observatoire, un public plus mondain était captivé par la lucidité, la verve et la richesse de son langage.

En 1829, il fut nommé secrétaire perpétuel à l'Académie des sciences, dans la section des sciences mathématiques, en remplacement de Fourier. Il abandonna alors l'enseignement de l'École polytechnique, pour se vouer entièrement aux importantes fonctions de secrétaire de l'Académie, fonctions qu'il ne négligea jamais, malgré les distractions et les préoccupations de sa vie politique.

Tout le monde connaît les *Éloges* que François Arago a prononcés à l'Institut, et qui constituent d'admirables pages de l'histoire des sciences, en même temps que les biographies des académiciens. Tout le monde admire les *Notices scientifiques* dont il enrichissait, chaque année, l'*Annuaire du Bureau des Longitudes*. Dans ces Notices, Arago créa, on peut le dire, la vulgarisation scientifique, à peine ébauchée avant lui. C'est en essayant de suivre les traces de ce grand maître que l'auteur du présent ouvrage a écrit ses premières œuvres de science populaire.

La politique, qui s'accorde mal avec la science et les travaux de cabinet, fit perdre bien des instants à Arago ; mais ce fut à son détriment, beaucoup plus qu'au préjudice de la science. Député de l'extrême gauche, sous Louis-Philippe, puis orateur des banquets républicains, dans les provinces, on le vit accepter, après la révolution de 1848, le Ministère de la marine et même celui de la guerre. Mais si sa tête put s'égarer au milieu du rapide mouvement révolutionnaire de 1848, son cœur resta le même, et une politique trop avancée trouva toujours en lui un très ferme adversaire.

Après le coup d'État du 2 décembre 1851,

Arago, invité à prêter serment au pouvoir nouveau, refusa et offrit sa démission. Napoléon III eut le bon esprit de le dispenser de cette obligation, pour ne pas priver l'Académie et le Bureau des Longitudes d'un homme illustre.

Une vie aussi remplie et aussi active avait profondément altéré la santé de ce célèbre savant; l'affaiblissement de sa vue le menaçait d'une cécité complète. Après avoir cherché au pays natal un peu de repos, il sentit les atteintes de la mort. Mais il voulut encore une fois revoir ses collègues, et leur faire ses adieux. Le 22 août 1852, il remplit, pour la dernière fois, les fonctions de secrétaire, et à la réunion du 22 octobre, l'Académie se séparait sans tenir séance : elle venait de recevoir la nouvelle qu'Arago avait cessé de vivre !

La statue de François Arago a été inaugurée le 31 août 1865, dans sa ville natale, à Estagel. Le département tout entier et les départements voisins avaient envoyé leurs représentants à cette cérémonie.

Le monument et la statue destinés à rappeler que c'est à Estagel que François Arago a reçu le jour, sont l'œuvre d'un compatriote de ce grand homme, M. Oliva. Dans cette statue, Arago est représenté tenant à la main une sphère céleste, et faisant un de ces gestes expressifs qui accompagnaient son éloquente parole (fig. 185, page 321).

Peu de physionomies, d'ailleurs, prêtaient autant à la reproduction artistique que celle de cet homme illustre. Chez lui tout était grand. Sa haute et fière stature, sa belle et vigoureuse tête, au regard olympien; son vaste front, ombragé par une magnifique chevelure; ses yeux noirs et perçants, couronnés par d'épais sourcils, dont les mouvements exprimaient sans cesse les agitations de son âme; ses narines, qui s'enflaient et vibraient au son de sa parole; le bas de

son masque superbe, relevé par un menton aux contours prononcés, tout prêtait merveilleusement, chez Arago, à inspirer l'artiste chargé de consacrer ses traits à la postérité.

M. Oliva, l'auteur de la statue d'Arago, inaugurée le 31 août 1865, à Estagel, est né, comme Arago, dans les Pyrénées-Orientales, et, comme lui, il a rêvé d'être soldat. On nous permettra de dire, en passant, comment il devint sculpteur.

Vers 1850, le 2^e régiment de hussards tenait garnison à Béziers. Parmi les soldats de l'escadron, était un jeune homme, originaire des Pyrénées, brave autant que discipliné.

Malgré son exactitude aux obligations du service, le jeune hussard était possédé d'une véritable vocation : partout où il passait, il laissait des traces de terre glaise pétrie.

Un limonadier de Béziers, M. Coulon, faisait parfois un petit signe confidentiel à ses habitués les plus intimes, et les conduisait à son entresol, où il leur montrait avec mystère.... on ne savait quoi.

Cependant, il y a des indiscrets partout, même à Béziers. Un bruit rasait le sol, comme dans l'air de la *Calomnie* du *Barbier de Séville*, et de ce bruit il semblait résulter que le limonadier faisait travailler à son buste. Mais par quel sculpteur ? C'est ici que les commentaires allaient leur train, mais sans fondement sérieux, car, lorsqu'on interrogeait M. Coulon sur ce point délicat, M. Coulon répondait en plaçant verticalement son doigt sur les lèvres et clignant d'un œil, ce qui a toujours voulu dire : *Silence et mystère*.

Quelques mois après, on parlait d'un autre buste, celui du docteur Bourguet. Ce buste avait sourdement surgi sur le marbre de la cheminée, comme posé par une main invisible. Mais si un malade, trop curieux, demandait au docteur Bourguet d'où provenait cette reproduction marmoréenne de

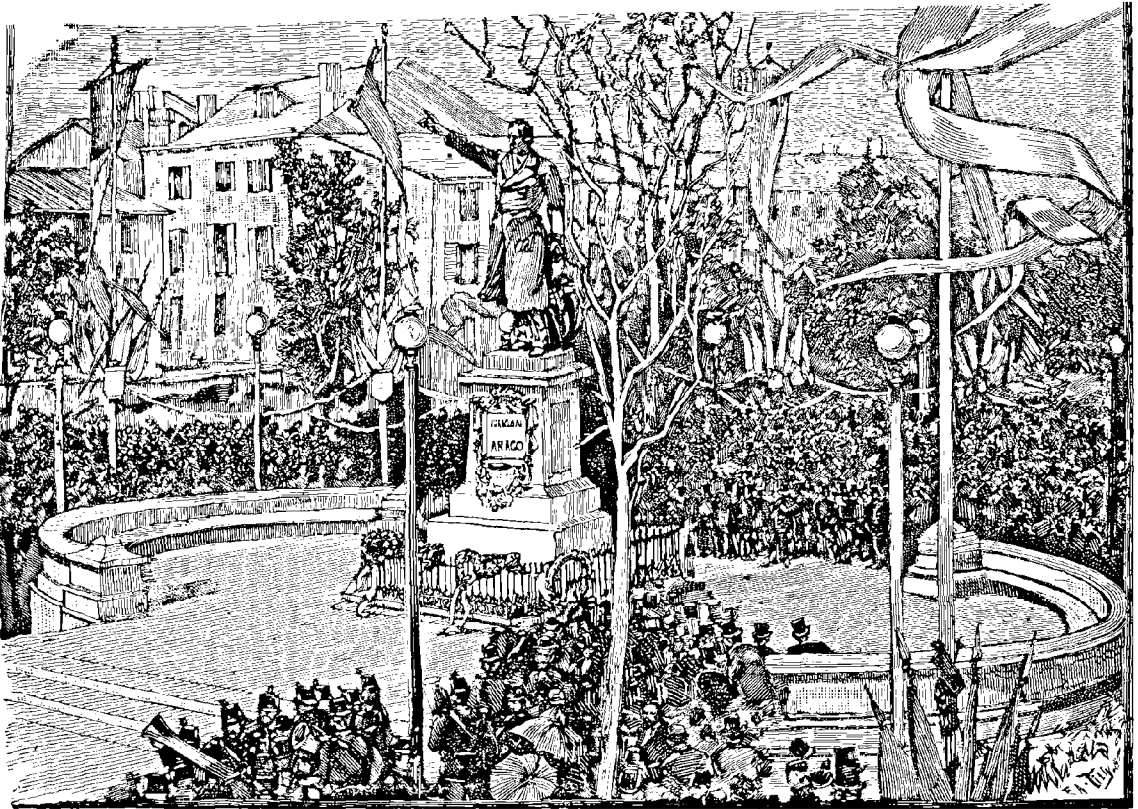


Fig. 186. -- La fête du centenaire de la naissance d'Arago, célébrée à Perpignan, le 26 février 1886
(Discours devant la statue d'Arago, de Mercié).

ses traits, le docteur Bourguet prenait rapidement le poignet du visiteur, et lui tâta le pouls, ou lui faisait montrer la langue, pour couper court à la conversation.

Dans l'antichambre triste et nue où M. le juge de paix Bellamy faisait attendre ses clients, on n'avait jamais vu d'autre ornement qu'une vieille pendule du temps du premier Empire, formée de quatre colonnes carrées, en marbre catalan, et d'un balancier, sous la figure d'un soleil aux rayons dédorés, qui allait et venait au bout d'une mince tige de fer, noircie par le temps. Un beau jour, la pendule disparut, et l'on mit à sa place une tête de plâtre, élégante et fine, qui ressemblait, traits pour traits, à madame Bellamy. Et comme les visiteurs

s'agitaient, pleins d'impatience et de curiosité, prêts à accabler de questions le greffier assis, calme et silencieux, sur sa chaise de paille, celui-ci arrêtait net toute tentative d'éclaircissement, par ces mots, jetés d'une voix glapissante : « *Silence, Messieurs!* »

Un beau jour, pourtant, le pot aux roses artistique fut découvert. On apprit, de source certaine, que le soldat Oliva, du 2^e régiment de hussards, n'était autre qu'un jeune homme d'Estagel qui avait obtenu, en 1844, dans l'Ariège, une médaille d'argent, pour diverses sculptures, et qu'il continuait à charmer ses loisirs de garnison en pétrissant l'argile. Seulement, un brigadier alsacien, qui était à cheval sur le règlement, trouvant que c'était là de l'ouvrage indigne

d'un troupier français, et qu'en outre la terre glaise salissait la chambrée, accablait de corvées et de vexations l'artiste-soldat, qui, dès lors, ne sculptait qu'en cachette et recommandait le secret.

C'est ce qui explique le doigt silencieux posé sur ses lèvres par le limonadier Coulon ; le brusque examen de tout malade trop curieux, chez le docteur Bourguet ; et le cri, *Silence, Messieurs!* qui retentissait chez le juge de paix Bellamy.

Heureusement, il n'y a pas seulement des brigadiers dans un régiment de cavalerie, il y a aussi des officiers. L'un d'eux, le lieutenant Olton, ayant eu vent de l'affaire, publia dans le *Journal de Béziers* un article où il signalait le jeune sculpteur à l'attention publique.

Dès lors, comme en France le journal fait loi, l'horizon de la vie du hussard-statuaire commença à se colorer de teintes plus joyeuses. Le brigadier alsacien l'exempta des corvées habituelles, et lui accorda des permissions de dix heures. Pour peu qu'on l'en eût prié, ledit brigadier aurait consenti à permettre au hussard de pétrir l'argile, pour conserver à la postérité sa tête carrée, avec la paire de formidables moustaches qui en faisaient l'ornement.

Peu de temps après, M. Oliva obtenait son remplacement dans l'armée. Bien entendu qu'on le remplaça comme soldat, mais non comme sculpteur.

Dans cette dernière carrière, il eut un avancement rapide. Tout le monde a vu dans les expositions des Beaux-Arts, les œuvres du sculpteur pyrénéen.

À l'Exposition triennale de 1883, M. Oliva donna un magnifique buste du célèbre chimiste, M. Chevreul, et celui de M. Ferdinand de Lesseps.

Nous dirons, pour terminer l'histoire sculpturale d'Arago, qu'après Estagel, sa ville natale, Perpignan, en sa qualité de

chef-lieu du département des Pyrénées-Orientales, voulut avoir sa statue.

Le 24 septembre 1879, on inaugura à Perpignan, sur la grande place, une statue d'Arago, due au ciseau de Mercié, le célèbre auteur du *Væ victis!* Arago est représenté debout, tenant à la main droite des feuillets de papier et élevant le bras droit vers le ciel. À ses pieds est une sphère céleste, symbole de l'ordre de travaux dans lesquels s'est plus particulièrement exercé son génie.

Le centenaire de la naissance de François Arago a été célébré, en 1886, à Perpignan et à Estagel, sa ville natale, avec l'éclat et l'effusion générale qui accompagnent ces nobles fêtes de l'intelligence.

Ces fêtes ont duré trois jours, à Perpignan, les 26, 27 et 28 février. Elles avaient été précédées, la veille, d'une visite faite à Estagel, à la statue de l'illustre savant, due au ciseau d'Oliva. À Perpignan, c'est autour de la statue du même savant, par Mercié, sur la place François-Arago, que se passa la cérémonie officielle pour la célébration du centenaire (fig. 186).

À la fête du dimanche 28, figuraient diverses cavalcades : un char militaire, tout hérissé de sabres et de lames d'épée reluisant au soleil ; le char de la Société des Beaux-Arts de Perpignan ; celui des travailleurs ; une ruche posée sur une boîte à scrutin, au milieu d'une enceinte décorée de tous les instruments de travail ; le char municipal ayant pour principal motif une large vasque, avec de petits amours assis sur le bord, et que couronne un palmier. Quatre petites filles, coiffées à la catalane, étaient assises aux quatre coins du char. Ces petites filles avaient leur rôle marqué dans la fête ; quand leur char arriva près de la statue elles lui lancèrent force bouquets de fleurs, tandis que les trompettes sonnaient et que les tambours battaient au champ.

CHAPITRE II

ANDRÉ-MARIE AMPÈRE : SA VIE ET SES DÉCOUVERTES EN ÉLECTRICITÉ.

Vers l'année 1760, un ancien négociant de Lyon, Jean-Jacques Ampère, s'était retiré dans un village des environs de cette ville, à Polémieux. La médiocre fortune qu'il avait amassée lui permettait à peine de vivre au fond de ce modeste bourg; mais l'ordre et l'économie qu'apportait, dans l'administration du ménage, sa femme, Antoinette Sarcey de Suttières, triomphaient de la pénurie des ressources de la famille. Sa seule préoccupation, c'était que le pauvre village où il s'était retiré n'offrait aucune ressource pour l'instruction de son jeune fils, André-Marie, né à Lyon, en 1775.

Mais l'enfant n'avait besoin de personne pour se livrer à l'étude. Son organisation intellectuelle était une des plus extraordinaires que l'on eût encore vues. On a dit de Mozart, qu'il avait dû composer de la musique avant de naître : on peut prétendre que Marie Ampère calculait avant de voir le jour. Il ne savait encore ni lire ni écrire qu'il faisait des opérations d'arithmétique, en assemblant des cailloux. Nouveau Pascal, il apprit seul, ou pour mieux dire, il devina, l'arithmétique. Après une maladie, comme il n'avait plus à sa disposition ses chers petits cailloux, pour s'amuser au calcul, il brisa en morceaux un biscuit qu'on lui avait donné pour son premier aliment de convalescence, et il se servit de ces morceaux pour faire des opérations numériques, d'après le volume et le nombre des fragments étalés sur la couverture de son lit.

Dès qu'il sut lire, il se mit à dévorer tous les livres de la petite bibliothèque de son père. Ce dernier avait commencé à lui enseigner le latin; mais, voyant l'aptitude extraordinaire de son fils pour le calcul, il

seconda cette disposition en lui procurant des ouvrages de mathématiques.

L'enfant posséda bientôt toutes les mathématiques élémentaires, et même l'application de l'algèbre à la géométrie. Il voulut aller plus loin, mais comme personne dans le village ne pouvait rien lui apprendre au delà des mathématiques élémentaires, il demanda à son père de le conduire à la bibliothèque du collège de Lyon, dirigée alors par un savant géomètre, l'abbé Daburon.

L'abbé Daburon vit donc, un jour, entrer dans la bibliothèque, l'ancien négociant lyonnais, Jean-Jacques Ampère, tenant à la main son fils, âgé de onze ans, et dont la petite taille annonçait même un âge moindre. L'enfant demanda les ouvrages d'Euler et de Bernouilli, qui traitent du calcul intégral.

« Mais, lui dit le bon abbé Daburon, les ouvrages d'Euler et de Bernouilli sont écrits en latin. Savez-vous déjà cette langue ? »

A cette réponse le jeune garçon demeura interdit. Cependant il ne renonça pas à l'étude du calcul intégral. Pour comprendre Euler et Bernouilli, il se mit à reprendre, avec son père, l'étude du latin, qu'il avait abandonnée pour celle des mathématiques.

Peu de temps après, le jeune Marie Ampère venait réclamer à la bibliothèque de Lyon les ouvrages d'Euler et de Bernouilli.

L'abbé Daburon émerveillé de tant de capacité, s'offrit à lui donner des leçons d'analyse mathématique, et le brillant élève s'assimila rapidement ces leçons. D'un autre côté, un ami de l'abbé Daburon, qui s'occupait des sciences naturelles, initia le précoce étudiant à la botanique et à la zoologie.

Il commença, en même temps, à lire la *Grande Encyclopédie de Diderot et d'Alembert*. La bibliothèque d'un ancien négociant de Lyon ne pouvait être riche; mais, d'un autre côté, à la fin du siècle dernier, toute personne désireuse de contribuer à l'en-

couragement de la philosophie, s'était fait un devoir de souscrire à la *Grande Encyclopédie*. Cet immense recueil figurait dans la bibliothèque de Jean-Jacques Ampère. Il fut lu, d'un bout à l'autre, par cet enfant de quatorze ans ; ce qui le rendit véritablement aussi encyclopédiste que cette collection célèbre, qui renferme l'abrégé de toutes les connaissances humaines. Marie Ampère avait sans cesse entre les bras ses énormes in-folio, presque aussi grands que lui.

C'est ainsi que s'écoula la studieuse jeunesse de Marie Ampère, qui apprit tout par lui-même, selon la fantaisie de son esprit, et qui n'entra jamais dans un lycée, ni dans une école élémentaire.

A 18 ans, il avait parcouru et compris dans tous ses détails la *Mécanique analytique* de Lagrange. Il a souvent répété qu'à cet âge il savait autant de mathématiques qu'il en a possédé pendant tout le cours de sa vie.

Mais un événement terrible vint attrister son âme, éminemment sensible et tendre.

En 1793, arriva le siège de Lyon par les troupes de la Convention. Aux approches de l'investissement, son père était rentré dans la ville, et, pendant le siège il avait repris les fonctions de juge de paix, qu'il avait autrefois exercées dans son quartier. La prise de la ville fut suivie, comme on le sait, d'horribles massacres, organisés par Collot d'Herbois et Foucher. On voulait détruire jusqu'au nom même d'une ville qui avait osé secouer le joug de la tyrannie républicaine. Jean-Jacques Ampère fut au nombre des victimes de la Terreur lyonnaise. On lui fit un crime d'avoir exercé les fonctions de juge de paix pendant le siège. Il fut guillotiné sur la place Bellecour.

La douleur que causa au jeune Marie Ampère la mort affreuse de son père faillit lui faire perdre la raison. Il demeura près d'une année dans un état voisin de l'idiotisme. On le voyait, pendant des journées

entières, arranger de petits tas de sable, sans aucun sentiment de ce qui se passait autour de lui.

Ce fut la lecture d'un ouvrage de science dû à la plume d'un écrivain immortel, les *Lettres de Jean-Jacques Rousseau sur la botanique*, qui le sauva de la stupeur qui menaçait sa raison et sa vie. La lecture des *Lettres sur la botanique*, qu'un ami lui procura, ramenant son esprit égaré au spectacle de la nature, calma l'agitation de son esprit. La vue et l'étude des plantes, la composition de petits poèmes latins, et la lecture d'Horace dans l'original, achevèrent sa guérison.

La poésie, jointe à l'herborisation dans la campagne, rendirent donc l'activité et le courage à cette âme ébranlée. Errant dans les bois, il jetait aux échos les vers des poètes latins, et ceux qu'il composait lui-même, dans la langue d'Horace ; ce qui ne l'empêchait pas de faire une abondante moisson de plantes et de fleurs. Au retour, il arrangeait son butin dans un herbier ; et comme il avait à sa disposition un petit jardin, il disposait ses plantes en familles naturelles, selon la sublime méthode dont Bernard de Jussieu venait d'enrichir la botanique.

Les premières années de l'enfance et de la jeunesse d'Ampère avaient été consacrées aux mathématiques ; les années de 1794 à 1797 furent données aux sciences naturelles. On le vit, plus tard, étudier la chimie et la physique ; puis passer à la métaphysique et à la philosophie, jusqu'à ce que la découverte de l'électro-dynamique, en 1820, vint fixer son active et féconde intelligence dans le domaine de la physique.

Le sentiment de la nature et la culture de la poésie avaient renouvelé son être. C'est alors qu'un événement décisif se produisit dans sa vie.

Un jour de l'été de 1796, comme il herborisait aux environs de Lyon, « aux bords

d'un ruisseau solitaire, » ainsi qu'il le dit, dans un journal de ses pensées intimes, il fit la rencontre de deux jeunes filles. L'une d'elles, mademoiselle Julie Carron, qui appartenait à une famille peu fortunée, mais pieuse et distinguée, et habitait le village de Saint-Firmin, près de Polémieux, fit sur le cœur du jeune savant une impression profonde. Il aima, il voulut plaire, et alors commença toute une idylle.

Chastes élans de deux cœurs simples et purs; tendres épanchements qui naissent de la sympathie mutuelle de deux êtres sensibles; l'estime et l'amour réunis dans les mêmes âmes, telles furent les suites de la rencontre faite, un jour d'été, le long d'une prairie. Le jeune Ampère avait senti à la première vue qu'il aimait Julie Carron. Introduit dans la famille, il l'aima bien davantage, et n'eut bientôt plus qu'une pensée : unir sa destinée à la sienne.

Mais il était pauvre et la jeune fille était peu fortunée. Les parents exigèrent qu'avant de songer au mariage, le jeune homme eût un état. On décida qu'il irait s'établir à Lyon, pour donner des leçons particulières de mathématiques, jusqu'au moment où ses ressources pourraient suffire à l'entretien d'un ménage.

Il prit donc congé, pour un temps, de celle qu'il aimait, et se rendit à Lyon. Là, il eut la bonne fortune de rencontrer des amis de grand esprit et de grand cœur qui travaillaient courageusement à acquérir de solides connaissances scientifiques et littéraires, en prévision de leur avenir. C'était une petite société de jeunes gens, qui, retenus tout le long du jour par un travail ingrat ou des occupations fastidieuses, se réunissaient, dès 4 heures du matin, dans une mansarde de la rue des Cordeliers, pour s'entretenir de littérature, de science et de philosophie.

Dans ce cénacle matinal, le jeune Ampère fut initié à la chimie par la lecture et la

discussion, faites en commun, du *Traité de chimie de Lavoisier*, qui venait de paraître peu d'années auparavant, et qui occupait alors toute l'Europe savante, car ce livre impérissable ouvrait d'immenses horizons à la connaissance de la nature. Ampère s'assimila promptement la science nouvelle créée par le génie de Lavoisier, et dans laquelle il devait, plus tard, se distinguer



Marie Ampère.

lui-même, par des découvertes ou des considérations originales.

Du reste, aucune science ne restait en dehors du cercle de sa dévorante activité. Il savait le latin, le grec et l'italien. Il a possédé à fond la physique, la chimie, la mécanique rationnelle, les mathématiques transcendentes, et s'est adonné avec une véritable passion à la métaphysique et aux autres branches de la philosophie. C'était un esprit universel, qui se répandait sur tout, en y laissant la trace de son origina-

lité, de sa finesse ou de sa puissance. Il était poète, et on a de lui des œuvres rimées, appartenant à tous les genres. Il a composé un poème sur l'histoire naturelle, comme l'avait fait le grand Haller. Il a ébauché un autre poème épique sur Christophe Colomb et la découverte de l'Amérique. Il a écrit des tragédies et des comédies, des sonnets et des charades. Il a laissé un très grand nombre de pièces de vers, marquées au coin du sentiment et de l'inspiration.

Nous citerons les vers qu'il composa à l'occasion d'un bouquet de jasmin, de troène et de campanules que mademoiselle Julie Carron avait cueilli dans le jardin de Saint-Firmin.

Que j'aime à m'égarer dans ces routes fleuries
Où je t'ai vue errer sous un dais de lilas !
Que j'aime à répéter aux Nymphes attendries
Sur l'herbe où tu t'assis, les vers que tu chantas !
Au bord de ce ruisseau, dont les ondes chéries
Ont à mes yeux séduits réfléchi tes appas,
Sur les débris des fleurs que tes mains ont cueillies,
Que j'aime à respirer l'air que tu respiras !
.....
Les voilà ces jasmins dont je t'avais parée ;
Ce bouquet de troène a touché tes cheveux.

Nous n'avons plus aujourd'hui l'idée de ces organisations merveilleuses, propres à s'exercer dans tous les genres de la littérature, des sciences et des arts. L'habitude de se confiner dans une section spéciale et unique de la science, fait que l'on ne peut plus prétendre à ces connaissances encyclopédiques, qui n'étaient pas rares chez les hommes d'autrefois.

La famille Carron se décida enfin à accorder au jeune savant la main de sa Julie. Le mariage se fit à Lyon, le 2 août 1799 Ampère avait alors 24 ans.

Marié à une femme qu'il adorait, Ampère passa deux années de bonheur sans nuages, mais deux années seulement. Sa femme lui avait donné un fils, qui reçut le nom de Jean-Jacques, en souvenir de son malheu-

reux grand-père, et qui devait lui-même se faire un nom très distingué dans les lettres. On sait que Jean-Jacques Ampère, après de brillantes études et de remarquables publications critiques, est mort, en 1864, professeur de littérature française au Collège de France et membre de l'Institut.

Devenu père de famille, Marie Ampère chercha une situation plus assurée que celle de professeur particulier de mathématiques, et il accepta, en 1801, la place de professeur de physique au lycée de Bourg (Ain). Mais il fut obligé de se séparer de sa femme et de son jeune enfant.

Il passa un an dans ce poste obscur, souffrant d'être éloigné des êtres qu'il aimait. Enfin, en 1802, il obtint la place de professeur de physique au lycée de Lyon, qui était depuis longtemps le but de son ambition.

En se rendant à Bourg, il avait laissé sa jeune femme malade. Il la trouva mortellement frappée. Atteinte d'une affection de poitrine, elle succomba, le 13 juillet 1804, emportant avec elle tout le bonheur du pauvre savant.

Ampère ressentit, à la mort prématurée de sa jeune femme, le même désespoir que lui avait fait éprouver la fin tragique de son père, dans la même ville de Lyon. Il demeura quelque temps comme insensible à tout ce qui l'environnait ; mais la présence de son enfant et sa passion pour l'étude le sauvèrent une fois encore.

Cependant le séjour de Lyon lui était devenu insupportable, et ce fut avec joie qu'il apprit qu'on l'appelait à Paris. Le mathématicien Delambre était inspecteur général de l'Université. Dans une de ses tournées d'inspection il s'était trouvé en rapport avec le professeur de physique du lycée de Lyon, et ce dernier lui avait soumis un travail d'une grande originalité : la *Théorie mathématique du jeu*. Delambre, à l'examen de ce mémoire, avait compris qu'il

avait mis la main sur un mathématicien de haute volée, et, de retour à Paris, il n'eut rien de plus pressé que de faire nommer Marie Ampère répétiteur d'analyse à l'École polytechnique.

Une nouvelle existence commença pour notre savant, à son arrivée à Paris. Mis en rapport avec ce que la capitale renferme de plus illustre, dans les sciences et dans la philosophie, admis dans la célèbre *Société d'Arcueil*, où il trouve, en même temps que Laplace, Berthollet et Chaptal, les Cabanis, les Testutt de Tracy, les Maine de Biran, etc., il s'applique, avec une ardeur sans égale, à l'étude de toutes les sciences, et peut enfin donner un libre essor à son génie.

En 1809, il fut nommé professeur à l'École polytechnique, où il était entré simple répétiteur. Il devint ensuite inspecteur général de l'Université, et fut admis, en 1814, à l'Académie des sciences, en remplacement du mathématicien Bossut.

Ampère a écrit sur des sujets tellement divers qu'il faudrait un volume pour exposer tous ses travaux. Nous nous bornerons à parler de ses recherches en physique, particulièrement sur l'électricité, sujet qui nous intéresse seul dans la présente Notice.

C'est en 1820 qu'Ampère découvrit les lois de l'action que les courants électriques exercent les uns sur les autres. On les réunit aujourd'hui sous le nom de *lois d'Ampère*, comme on appelle *lois de Kepler* celles qui expliquent les mouvements des planètes autour du soleil.

On connaissait, depuis quatre ou cinq siècles, la propriété de l'aiguille aimantée de se tourner constamment à peu près vers le nord, mais la cause de cette direction constante était un mystère absolu. La science des aimants, ou le magnétisme, n'existait pas, même de nom, dans les premières années de notre siècle. Ce fut un physicien danois, Ørsted, qui reconnut, en 1819, un

fait, immense dans ses conséquences, à savoir : qu'un courant électrique agit sur la direction de l'aiguille aimantée, qu'il la dévie de sa direction naturelle, et tend à la placer, pour ainsi dire, en croix avec sa propre direction.

L'annonce de la découverte d'Ørsted arriva à Paris par une lettre écrite de Genève, au président de l'Académie des sciences. Ampère possédait un modeste laboratoire de physique dans la maison qu'il habitait rue des Fossés-Saint-Victor. Dès qu'il fut rentré chez lui, il s'empressa de répéter l'expérience d'Ørsted, qui venait d'être annoncée à l'Institut ; et, frappé de la portée d'un pareil fait, il s'occupa, sans perdre de temps, de rechercher les conditions dans lesquelles se produit la déviation de l'aiguille aimantée par le courant électrique. C'est alors qu'il improvise un mode de suspension des fils parcourus par l'électricité et qu'il invente la petite table couverte de minces supports et de fils conducteurs, que l'on appelle aujourd'hui la *table d'Ampère*, et à l'aide de laquelle on exécute toutes les expériences relatives à l'action mutuelle des courants les uns sur les autres.

Il n'y a peut-être pas d'exemple dans la science d'une suite de découvertes de premier ordre accomplies dans un intervalle de temps aussi court. En effet, dès la séance suivante de l'Institut, c'est-à-dire une semaine seulement écoulée, Ampère apportait à l'Académie des sciences l'énoncé général de sa grande découverte, énoncé que l'on peut formuler ainsi :

« Deux fils parallèles parcourus par un courant électrique s'attirent quand l'électricité les parcourt dans le même sens ; ils se repoussent, au contraire, si les courants électriques s'y meuvent en sens opposés. »

Les fils de deux piles semblablement placés, de deux piles dont les pôles cuivre et zinc se correspondent respectivement, s'attirent donc toujours. Il y a, de même,

toujours répulsion entre les fils conducteurs de deux piles, quand le pôle zinc de l'une est en regard du pôle cuivre de l'autre.

Ces singulières attractions et répulsions n'exigent pas que les fils sur lesquels on opère appartiennent à deux piles différentes. En pliant et repliant un fil conducteur, on peut faire en sorte que deux de ses portions en regard soient traversées par le courant électrique, ou dans le même sens, ou dans les sens opposés. Les phénomènes sont alors identiques à ceux qui résultent de l'action des courants provenant de deux piles distinctes.

Ampère présuma que la terre agirait comme un aimant sur les courants électriques. L'expérience lui révéla la vérité de cette prévision. Pendant plusieurs semaines les savants nationaux et étrangers se rendirent en foule dans son humble laboratoire de la rue des Fossés-Saint-Victor, pour y voir le fil conducteur servant à relier les deux pôles d'une pile, s'orienter par la seule action du globe terrestre.

Ampère n'avait pas été absolument étranger à la grande découverte d'Arago concernant l'aimantation artificielle du fer et de l'acier par un courant électrique, phénomène que nous avons exposé avec détails en parlant des travaux d'Arago. Mais ce qui lui appartient en propre, et ce que l'on ne saurait lui dénier, c'est la découverte du télégraphe électrique. A peine Ampère eut-il reconnu l'influence que le courant électrique exerce à distance sur l'aiguille aimantée, qu'il devina la possibilité d'établir une véritable correspondance télégraphique, au moyen de fils conducteurs que l'on ferait parcourir par un courant électrique, envoyé au loin par une pile voltaïque

Voici le passage, extrêmement clair et précis, dans lequel Ampère expose la construction d'un véritable télégraphe électrique.

« D'après le succès de cette expérience, on pourrait, au moyen d'autant de fils conducteurs et d'aiguilles aimantées qu'il y a de lettres, et en plaçant chaque lettre sur une aiguille différente, établir, à l'aide d'une pile placée loin de ces aiguilles, et qu'on ferait communiquer alternativement par ses extrémités à celles de chaque fil conducteur, une sorte de télégraphe propre à écrire tous les détails qu'on pourrait transmettre, à travers quelques obstacles que ce soit, à la personne chargée d'observer les lettres placées sur les aiguilles. En établissant sur pile un clavier dont les touches porteraient les mêmes lettres, et établiraient la communication par leur abaissement, ce moyen de correspondance pourrait avoir lieu avec assez de facilité, et n'exigerait que le temps nécessaire pour toucher d'un côté et lire de l'autre chaque lettre ¹. »

Avec cette seule description, rien ne serait plus facile que de construire un télégraphe électrique. Il faudrait employer 24 fils conducteurs, mais ce ne serait pas là une difficulté, puisque les câbles conducteurs en usage pour la téléphonie renferment une vingtaine de fils isolés, et souvent un plus grand nombre.

Le dernier ouvrage qu'Ampère rédigea est la *Classification des sciences*. La première édition fut publiée en 1838, la seconde parut en 1833, par les soins de son fils. Voici, d'après Littré, le principe qui a présidé à cette belle classification.

« Toute la science humaine se rapporte uniquement à deux objets généraux, le monde matériel et la pensée. De là naît la division naturelle en sciences du monde ou *cosmologiques*, et sciences de la pensée ou *noologiques*. De cette façon, M. Ampère partage toutes nos connaissances en deux règnes; chaque règne est à son tour l'objet d'une division pareille: les sciences cosmologiques se divisent en celles qui ont pour objet le monde inanimé, et celles qui s'occupent du monde animé: de là deux embranchements qui dérivent des premières et qui comprennent les sciences mathématiques et physiques, et deux autres embranchements qui dérivent des secondes, et qui comprennent les sciences médicales. La science de la pensée, à son tour, est divisée en deux sous-règnes, dont l'un renferme les sciences noologiques proprement dites et les sciences sociales; et il en résulte, comme dans l'exemple précédent, quatre embranchements.

¹ *Annales de chimie et de physique*, du 20 octobre 1820.

C'est en poursuivant cette division, qui marche toujours de deux en deux, que M. Ampère arrive à ranger dans un ordre parfaitement régulier toutes les sciences, et les placer dans des rapports qui vont toujours en s'éloignant. Ce tableau, s'il satisfait les yeux, satisfait aussi l'esprit ; et c'est certainement avec curiosité et avec fruit que l'on voit ainsi se dérouler la série des sciences, et toutes provenir de deux points de vue principaux : l'étude du monde et l'étude de l'homme. Sous ces noms que M. Ampère a classés, sous ces chapitres qu'il a réunis, se trouve renfermé tout ce que l'humanité a conquis et possède de plus précieux. Là est le grand héritage de puissance et de gloire que les nations se lèguent et que les siècles accroissent. »

L'ouvrage que nous venons de mentionner, d'après Littré, était à peine achevé lorsque Ampère partit, en mai 1836, pour sa tournée d'inspecteur général de l'Université. Sa santé donnait alors de vives inquiétudes ; mais son fils et ses amis pensèrent que le climat du Midi lui serait favorable. Ces espérances furent cruellement déçues. Ampère arriva mourant à Marseille. Une affection de poitrine, déjà ancienne, dont il souffrait, s'était aggravée, et elle avait été suivie d'une congestion cérébrale. Malgré les soins qui lui furent prodigués au collège de Marseille, où tout le monde éprouvait pour lui la plus respectueuse tendresse, il expira le 40 juin 1836.

Quand on étudie la vie du créateur de l'électro-dynamisme, on éprouve autant de sympathie pour l'homme que d'admiration pour le savant. Ampère a laissé un des plus frappants exemples de l'universalité du savoir. Celui qui, à l'âge de 18 ans, avait lu toute la grande *Encyclopédie de Diderot et d'Alembert* celui qui, au milieu de sa carrière, créait la science nouvelle de l'électromagnétisme, faisait connaître le principe de la télégraphie électrique, et terminait sa vie par la codification des connaissances humaines avec sa *Classification des sciences*, a laissé la démonstration manifeste qu'un homme, quoi qu'on en dise, peut posséder toutes les sciences, et cela, non d'une manière superficielle, mais en allant au

fond des choses. Tel est le véritable caractère d'Ampère, comme savant.

Quant aux qualités de son cœur, elles étaient parfaites. Il était sentimental en amitié, comme il l'avait été en amour. Sa tendresse pour ses amis était sans bornes. Il étendait même son affection à l'humanité tout entière. De même qu'à 18 ans il avait inventé une langue universelle, destinée à faire de tous les hommes des frères, à 50 ans il composait un ouvrage de morale et de philosophie, où il cherche à écarter les causes qui s'opposent au bonheur de l'humanité, en général.

Cet homme de cœur, ce savant de génie, si malheureux et si cruellement éprouvé pendant sa jeunesse, fut toujours désintéressé, modeste et naïf. Sa naïveté allait jusqu'à la gaucherie. Il eut cette bonhomie et cette inexpérience des hommes que l'on avait déjà remarquées dans le fabuliste La Fontaine, et, comme ce dernier, il passa pour le type de l'homme distrait. Mais on a beaucoup trop insisté, selon nous, sur les distractions d'Ampère. Les anecdotes, vraies ou fausses, qui courent, à ce propos dans les écoles et dans les Facultés, ne prouvent rien autre chose, sinon que, souvent préoccupé de ses recherches scientifiques, Ampère oubliait quelquefois les conventions et les habitudes de la vie courante. Mais où est le savant exempt de distractions ? Que, devant son tableau, Ampère efface les chiffres avec son mouchoir, et mette dans sa poche le linge, qui sert à essuyer le tableau, c'est ce qui arrive à chacun de nous, dans la préoccupation d'un calcul, et cela n'a rien de bien risible. Il est vraiment absurde de voir s'égayer des prétendues distractions d'Ampère des personnes qui ne savent pas un mot de ses grandes découvertes scientifiques et de l'universalité de son génie. Attachons-nous donc à effacer, s'il est possible, ce trait injuste et faux du

portrait d'un grand homme. Il ne faut pas laisser tourner en dérision ceux qui furent l'honneur et la gloire de l'humanité. Il ne faut pas que la statue des maîtres de la science apparaisse avec des plis disgracieux devant la postérité. Il ne faut pas permettre à l'ignorance et à la malignité publiques d'habiller en caricatures nos héros et nos dieux.

CHAPITRE III

MICHEL FARADAY ; SA VIE ET SES DÉCOUVERTES EN ÉLECTRICITÉ.

Ampère nous a dévoilé une science nouvelle : l'électro-magnétisme ; Faraday nous a dotés d'une autre branche de l'électricité : l'induction.

Michel Faraday était le fils d'un ouvrier forgeron de Newington, près de Londres. Après avoir reçu quelques leçons élémentaires dans l'école communale de ce bourg, il fut envoyé à Londres, à l'âge de 13 ans, et placé, comme apprenti, chez un relieur, nommé Riebeau, ayant sa boutique à Manchester-square. Il y demeura de 1804 à 1813. Pendant les longues années où il fut employé comme ouvrier chez Riebeau, bien des livres passèrent par les mains du jeune Michel Faraday. Mais il ne se bornait pas à les coudre, à les couvrir et à les dorer : il en lisait quelques-uns, surtout ceux qui traitaient de sciences. Il s'était surtout attaché à un petit ouvrage écrit par madame Marcet, femme du physicien de Genève, *Entretiens sur la chimie*. Il lut ce livre avec avidité, et répéta même quelques-unes des expériences qui s'y trouvent décrites.

Une circonstance fortuite vint seconder ses dispositions naissantes pour l'étude de la chimie. M. Dance, membre de l'*Institution royale*, était un des clients de l'atelier de reliure de Riebau. Ayant remarqué l'intelligence du jeune ouvrier, et son désir

d'étudier la chimie, il le conduisit au cours que Davy professait à l'*Institution royale*.

Michel Faraday prit des notes sur ce cours, les rédigea, et fit de sa rédaction un volume, qu'il adressa à Davy, avec une lettre où il le pria de vouloir bien l'aider « à quitter le commerce, qu'il détestait, pour la science, qu'il aimait ».

L'illustre chimiste lui répondit en termes favorables ; et une place de garçon de salle, ou aide-préparateur, étant vacante, Davy la lui fit accorder, en lui conseillant, toutefois, de ne pas renoncer à sa profession de relieur.

Nous avons longuement raconté, dans la vie d'Humphry Davy, ses voyages dans le midi de la France, à Genève et en Italie. Il se faisait accompagner par le jeune Faraday. On a dit que Faraday remplissait auprès de Davy les fonctions de secrétaire. La vérité est qu'il lui servait de valet de chambre. Le souvenir du séjour de Davy à Genève s'est longtemps conservé, dans cette société aristocratique, académique et savante qui comptait les Pictet, les de Saussure, les de la Rive, les Marcet, les de Candolle. On était frappé, d'une part, de la douceur et des manières parfaites du jeune secrétaire de Davy, et, d'autre part, de la hauteur avec laquelle ce dernier le traitait trop souvent. Il le tenait à distance, et supportait avec peine de le voir l'objet des prévenances et de l'estime des savants de Genève. On ne sera pas surpris d'apprendre que Davy ressentit bientôt une jalousie non dissimulée des succès scientifiques de son élève, et qu'il apporta même certaines entraves à son avancement.

Mais l'âme de Faraday était d'une essence exquise. Loin d'éprouver de l'amertume pour la dureté et l'injustice de Davy à son égard, il n'oublia jamais ce qu'il devait à son premier protecteur.

J.-B. Dumas, dans son *Éloge de Faraday*, lu à l'Académie des sciences en 1868, raconte un trait touchant, qui prouve bien

que Faraday conserva toujours un souvenir reconnaissant à Davy, et qu'il lui pardonnait son orgueil et ses injustices.

« Me trouvant chez M. Faraday, dit J.-B. Dumas, au déjeuner de famille, vingt ans après la mort de Davy, M. Faraday remarqua sans doute que je répondais froidement à quelques éloges que le souvenir des grandes découvertes de Davy venait de provoquer de sa part. Il n'insista point ; mais après le repas, il me fit descendre, sans affectation, à la bibliothèque de l'Institution royale, et m'arrêtant devant le portrait de Davy :

« C'était un grand homme, n'est-ce pas ? » me dit-il. Et, se retournant, il ajouta : « C'est là qu'il m'a « parlé pour la première fois. »

Revenu en Angleterre avec Humphry Davy, en 1814, Faraday reprit ses modestes fonctions au laboratoire de l'*Institution royale*. Il fit en chimie de rapides progrès, et Davy put lui confier quelques analyses. Il commença alors à entreprendre certaines recherches personnelles, et à publier des notes, ou mémoires, dans les recueils scientifiques.

A la mort de Davy, Faraday le remplaça, comme professeur de chimie, à l'*Institution royale*.

L'*Institution royale de Londres* est un de ces établissements privés, si nombreux en Angleterre, où une réunion de savants, d'hommes du monde et de grands seigneurs, grâce à une sympathie commune pour le progrès des sciences, consacrent des sommes considérables à faciliter les recherches des savants et à favoriser l'enseignement, à la fois élevé et élémentaire, donné par les professeurs dans les cours du soir. Les auditeurs de ces leçons, qui se font dans le grand amphithéâtre, sont tenus au courant, d'une manière régulière, de tous les progrès importants de la science, par les hommes les plus éminents de l'Angleterre.

C'est dans le laboratoire de l'*Institution royale* que Davy fit son immortelle découverte des métaux alcalins, et c'est dans ce même laboratoire que Faraday passa toute

sa vie de savant. C'est dans l'amphithéâtre du même établissement que Faraday conquiert sa popularité comme professeur.

S'étant marié, en 1821, il fut autorisé à occuper, dans l'*Institution royale*, l'appartement qui avait appartenu à Davy, à Young et à Brande. Il vécut 46 ans à l'*Institution de Londres*, sortant à peine de son laboratoire.

Uni à une personne digne de lui et qui partageait et comprenait toutes ses impressions et tous ses sentiments, Michel Faraday eut une vie aussi paisible que modeste. Il refusa toutes les distinctions honorifiques que le gouvernement de son pays voulut lui décerner. Il se contenta d'un traitement modique et d'une pension de 300 livres sterling, qui suffisaient strictement à ses besoins, et n'accepta d'autre supplément que la jouissance, pendant l'été, dans les dernières années de sa vie, d'une maison de campagne à Hampton-Court, que la reine d'Angleterre avait gracieusement mise à sa disposition.

Faraday avait un remarquable talent de professeur. Bien que privé de toute éducation littéraire, il était d'une parfaite correction dans son langage ; chez lui, l'expression était toujours claire et méthodique.

Une autre faculté précieuse, c'était sa dextérité manuelle, son habileté dans les manipulations du laboratoire ou du cours. Ingénieur et fertile en ressources, il exécutait de ses mains tous les appareils destinés à ses recherches ou à ses démonstrations. Il prévoyait tout, prévenait tous les accidents, et, sous ses doigts exercés, les expériences réussissaient toujours.

Il avait une devise que nous recommandons aux jeunes physiciens : « *to work, finish, publish* », « travailler, terminer, publier ».

Il ne se laissait guider d'avance par aucune idée préconçue, et ne demandait rien qu'à l'expérience, devant laquelle il s'inclinait, sans raisonner, sans discuter, ayant pour règle cette autre pensée, que nous signalons

rons, comme la première, aux personnes engagées dans des recherches scientifiques : « *En physique l'absurde n'est pas toujours l'impossible* ».

Appartenant à toutes les académies de l'Europe, il reçut un grand nombre de récompenses, médailles et diplômes de diverses sociétés savantes. En France, on crut



Michel Faraday.

devoir lui accorder le grade de commandeur de la Légion d'honneur.

Tous ces titres, toutes ces récompenses, expression de la considération générale dont il jouissait, ne parvenaient pourtant pas à l'enorgueillir. Sa modestie et son désintéressement n'en reçurent jamais aucune atteinte. L'*Institution royale* étant sa tribune scientifique, il refusa les postes les plus avantageux, pour rester fidèle à l'établissement qui avait eu la primeur de ses découvertes. On lui offrit les titres de baronnet,

ce qui l'eût rendu l'égal des hommes les plus considérables de l'Angleterre; plus modeste que son maître, Humphry Davy, il refusa, estimant que, « ce titre ne pouvant rien lui apprendre, il ne voyait pas en quoi il pouvait lui être utile ».

Nous avons dit que Faraday s'était marié en 1821. Il avait épousé miss Bernard, fille d'un orfèvre de Pater noster Row. Cette union fut parfaitement heureuse, mais elle resta stérile. Comme Davy, comme Berzelius et Wollaston, Faraday mourut sans enfants.

Sa vie était très régulière et retirée. Il se tenait à l'écart des réunions du monde. Après l'admiration que lui inspiraient toujours les nouveaux progrès de la science, il n'éprouvait de véritable enthousiasme que pour les grandes scènes de la nature. La vue d'un beau coucher de soleil, un orage, une tempête, l'aspect des forêts ou des montagnes, le ravissaient. Les préoccupations du savant n'étouffèrent jamais l'élan poétique et artistique de son esprit, ni ses sentiments religieux.

Ces sentiments religieux, Faraday les poussait, d'ailleurs, très loin. Il existe en Angleterre une secte de protestants, les *Sandemaniens*, qui comptent à peine deux mille adhérents, et qui sont de véritables illuminés. Faraday était président de cette secte religieuse; et il se livrait souvent à la prédication dans les assemblées des fidèles à ce culte dissident.

Après les fatigues d'une vie si active, si laborieuse, et bien qu'il n'eût encore rien perdu de son intelligence, Faraday sentit sa mémoire s'affaiblir et ses forces s'éteindre progressivement. Il jugea dès lors que le moment était venu de prendre sa retraite.

Établi dans la maison de campagne d'Hampton-Court, qu'il devait à la sollicitude de la reine, il vécut encore quelques années; mais ses infirmités s'accrurent, ses forces diminuèrent, et, après quelques jours

de souffrances, il mourut, le 25 août 1867, à l'âge de 76 ans.

Faraday était de taille moyenne, d'un air ouvert et intelligent, mais timide. Il parlait avec facilité, mais d'une façon peu intelligible, au moins pour les étrangers. Ses livres manquent de méthode, et ne sont autre chose qu'une suite de procès-verbaux d'expériences, enregistrées comme elles ont été exécutées.

Il eut l'avantage d'avoir pour successeur un homme assez célèbre pour continuer son œuvre, et qui cependant, ne pouvait parvenir à le faire oublier, M. John Tyndall.

Il nous reste à parler des travaux scientifiques de Michel Faraday.

Il y a deux plans dans sa vie scientifique. La chimie l'occupa d'abord ; il se consacra ensuite à la physique, particulièrement à l'électricité.

En chimie, il étudia la fabrication de l'acier et les qualités que ce corps métallurgique prend par son alliage avec l'argent et le platine.

Un de ses principaux titres de gloire, c'est d'avoir liquéfié et même solidifié plusieurs gaz, rangés jusqu'alors parmi les gaz permanents. Il fit usage à la fois, dans ce but, de la pression et d'un froid très intense. L'acide carbonique est au rang des gaz que Faraday réduisit à l'état liquide, non sans courir de grands dangers, en raison des fréquentes explosions des vases où l'on soumettait ce gaz à d'énormes pressions.

Faraday est l'auteur d'un remarquable travail sur la fabrication du verre destiné aux usages de l'optique. Son mémoire sur ce sujet a ouvert la voie à des essais subséquents, qui ont servi utilement les intérêts de l'industrie, comme ceux de la science.

Il était destiné à Faraday de faire progresser d'un pas immense l'électro-magnétisme. Même après les recherches d'Ersted, d'Ampère, de Davy et d'Arago, sa découverte de l'électricité d'induction, faite

en novembre 1822, frappa d'admiration le monde savant.

Si un fil métallique, comme celui d'un télégraphe électrique, étant traversé par un courant, un autre fil métallique est placé dans son voisinage, mais séparé par un corps isolant, ce dernier fil éprouve une influence singulière. Au moment où l'on introduit le courant dans le fil principal, un courant en sens contraire apparaît immédiatement dans le fil voisin. On a appelé *courant induit*, le courant ainsi provoqué. Mais le *courant induit* cesse immédiatement, quoique le fil principal continue d'être parcouru par l'électricité. En d'autres termes, le *courant induit* est instantané. Lorsqu'on interrompt la communication du fil principal avec la pile qui fournit l'électricité du courant primitif, ou du courant *inducteur*, le *courant induit* se reproduit, mais en sens inverse. Ainsi, au moment où l'on introduit, et au moment où l'on interrompt le passage de l'électricité dans le fil principal, le *courant induit* apparaît, pendant un instant, dans le fil métallique voisin.

La découverte de l'*induction* est devenue l'origine d'une immense série d'applications de toute nature. Les machines magnéto et dynamo-électriques ne sont que des applications du grand phénomène de l'induction, découvert par Faraday.

Une des plus belles expériences de ce physicien est celle au moyen de laquelle il démontra l'influence de l'électricité et du magnétisme sur la lumière. Si l'on prend un morceau de cristal et qu'on l'entoure d'un appareil électro-magnétique très puissant, on est témoin d'un phénomène optique des plus remarquables : la lumière semble devenir *magnétique*.

Nous n'examinerons pas la découverte faite par Faraday des lois sur les équivalences électriques. Mais tout le monde s'intéressera à son observation fondamentale sur le *diamagnétisme*.

Le fer n'est pas le seul métal attiré par l'aimant. Trois autres métaux, le cobalt, le nickel et peut-être le chrome, partagent avec le fer cette propriété. Faraday fait voir d'abord qu'un très grand nombre de corps, quand on les met en face d'aimants d'une puissance considérable, sont magnétiques comme le fer. Toutefois l'attraction qu'exerce sur eux l'aimant est si faible, qu'il faut des instruments très précis pour la constater.

Si l'on soumet à cette attraction et à ces mesures tous les corps connus, on reconnaît qu'ils peuvent se partager en deux groupes, caractérisés, les uns par la propriété d'être attirables à l'aimant, comme le fer; les autres, par la propriété d'être repoussés par les pôles de l'aimant, comme le bismuth. Les corps qui, comme le bismuth, sont repoussés par les pôles de l'aimant sont dits *diamagnétiques*. Le fer, qui possède la faculté contraire, est *magnétique*. Seulement, aucun corps connu n'est magnétique avec une énergie comparable à celle que possède le fer.

Tous les corps de la nature participent, dans un sens ou dans l'autre, à ces propriétés : les gaz eux-mêmes, l'air, les flammes, sont *diamagnétiques*.

Nous ne pousserons pas plus loin l'analyse des travaux de Faraday, qui n'ont pas coûté à leur auteur moins de quarante et une années d'une vie entièrement consacrée au travail.

CHAPITRE IV

SIR WILLIAM THOMSON : SES TRAVAUX RELATIFS À L'ÉLECTRICITÉ.

On ne nous pardonnerait pas, dans le monde des électriciens, si, après avoir exposé la vie et les travaux des trois fondateurs de la science électro-magnétique moderne,

Arago, Ampère et Faraday, nous ne joignons à cette trilogie du génie le nom de l'illustre physicien qui tient en Angleterre le sceptre de l'électricité, du physicien éminent à qui nous devons le succès de la télégraphie transatlantique. D'ailleurs, sir William Thomson, au point de vue scientifique, continue Faraday, dont nous venons d'exposer les travaux, comme Faraday continuait Arago.

Sir William Thomson est né à Belfast, au mois de juin 1824. Son père était professeur de mathématiques à l'Université de Glasgow. A l'âge de onze ans, William Thomson était un des élèves les plus distingués de son père, et il se faisait déjà remarquer par de hautes facultés mathématiques.

Au sortir de l'Université de Glasgow, il entra au collège de Saint-Pierre, à Cambridge. Il en sortit, et obtint le premier *prix Smith*, en 1845.

En 1846, à l'âge de vingt-deux ans, il fut nommé professeur de philosophie naturelle à l'Université de Glasgow, chaire qu'il occupe encore aujourd'hui avec le plus grand éclat.

A dix-sept ans, William Thomson avait déjà publié un mémoire sur le *mouvement uniforme de la chaleur dans les corps homogènes et ses relations avec la théorie mathématique de l'électricité*, travail qui attira beaucoup l'attention des physiciens. Cette méthode, qu'il développa plus tard, en la combinant avec les recherches de Faraday, est d'une haute importance pour la discussion des questions d'électro-statique et de magnétisme.

Ses recherches électro-statiques l'amènèrent à construire de très beaux instruments de mesure électro-statique : l'*électromètre à cadran*, qui est employé pour toute espèce d'essais électriques, dans la construction des télégraphes, l'*électromètre portatif* et l'*électromètre absolu*. On peut dire, par un énoncé général, que c'est à

sir William Thomson qu'est dû notre système actuel d'électrométrie pratique.

En 1854, Faraday, opérant sur un câble télégraphique d'essai, avait recherché la cause du retard qu'éprouve la propagation des signaux télégraphiques sous-marins. Il avait ensuite observé, pour la première fois, ce retard sur le câble sous-marin qui existe entre Harwich et La Haye. M. William Thomson, reprenant la question, publia sur la cause de ce phénomène un travail dont un des résultats pratiques était qu'avec des câbles de dimensions latérales similaires, les retards dans les transmissions de signaux sous-marins sont proportionnels aux carrés des longueurs. Cette loi est connue aujourd'hui sous le nom de *loi des carrés*.

Ce travail théorique devait trouver bientôt la plus brillante et la plus utile application que l'on pût imaginer. Tant il est vrai que, dans les sciences, il faut toujours poser des principes ou créer des théories, et attendre le moment de leur application, qui se fait rarement désirer.

En 1856, on procédait à la tentative extraordinaire de relier l'Angleterre à l'Amérique par un câble télégraphique déroulé au fond de l'Océan. D'après les faits constatés par M. William Thomson sur le retard des signaux sous-marins, on pouvait redouter un insuccès complet. Mais ce dernier parvint à surmonter toutes les difficultés, grâce à son admirable invention du *galvanomètre à miroir*. C'est au moyen de cet instrument que furent lues les premières dépêches transmises par le câble de 1858.

On sait que le câble de 1858 fut rapidement détruit au fond de la mer, et qu'un autre fut bientôt jeté, pour le remplacer. Les travaux de M. William Thomson et d'autres physiciens avaient tellement fait avancer l'étude de la question de la construction et de la pose des câbles, que le second câble atlantique fut posé avec la plus grande facilité, en 1866.

L'admirable succès du professeur Thomson reçut bientôt sa récompense. Le physicien de Glasgow fut annobli et devint sir William Thomson. Toute l'Angleterre applaudit à cette haute distinction.

On doit à sir William Thomson un nouvel instrument, le *siphon recorder*, pour enregistrer les signaux sur les lignes sous-marines. Cet appareil fut appliqué, pour la



Sir William Thomson.

première fois, aux stations télégraphiques du câble qui relie l'Angleterre avec les Indes. On l'emploie aujourd'hui sur presque tous les grands câbles océaniques, et sur quelques autres plus courts, comme celui de Marseille à Alger.

Sir William Thomson est membre de la *Société royale de Londres* et de la *Société royale d'Édimbourg*. La première de ces sociétés lui a décerné sa *grande médaille*, et la seconde la *Keith medal*. Il est l'un des

huit associés étrangers de l'Académie des sciences de Paris et membre honoraire de plusieurs autres sociétés savantes. Les Universités de Dublin et de Cambridge lui ont conféré le titre de membre honoraire et celle d'Oxford un titre analogue.

Nous ne pouvons nous empêcher de mentionner les travaux de sir William Thomson sur la *théorie des marées*, spécialement en vue de la construction pratique des tables de marées. C'est à la suite de ces travaux qu'il fut nommé président du *comité des marées*, à l'*Association britannique*. Ce comité, constitué en 1867, continua ses travaux jusqu'en 1876. Ses rapports sont compris dans les volumes publiés par l'*Association britannique*.

En s'occupant de ce genre de travaux, sir William Thomson imagina et construisit trois machines spéciales relatives aux marées : un *marimètre*, un *analyseur harmonique* et un *prédicteur de marées*, qui sont actuellement passés dans la pratique.

On doit à sir William Thomson un appareil de sondage et un modèle de boussole marine qui sont aujourd'hui d'un usage régulier sur la plupart des grands steamers qui traversent l'Océan et sur la plupart des vaisseaux de guerre de la France et d'autres nations.

Les diverses industries électriques doivent beaucoup à sir William Thomson. Il a donné, non seulement les lois théoriques, mais encore les instruments pratiques destinés à appliquer ces lois, et il a poussé les électriciens dans la voie des travaux utiles. Les instruments de mesure qu'il a imaginés sont des plus délicats, et le système d'unités qu'il a travaillé pendant trente-deux ans à faire adopter est le seul qui soit aujourd'hui en usage.

L'électricité, grâce à la télégraphie, tend à fusionner les peuples et à unifier le langage dans le monde entier; d'autre part, les électriciens sont les premiers qui aient

employé un langage commun, indépendant de toute nationalité. La langue universelle rêvée par quelques philosophes du dernier siècle, a donc été réalisée par les physiciens de nos jours.

CHAPITRE V

PREMIÈRE PÉRIODE DE LA CRÉATION DES MOTEURS ÉLECTRIQUES. — PRINCIPE SUR LEQUEL REPOSE LE JEU DES MOTEURS ÉLECTRIQUES DE LA PREMIÈRE PÉRIODE. — EXPÉRIENCE DE JACOBI, EN RUSSIE, SUR LA NÉVA, EN 1839. — LES MOTEURS ÉLECTRIQUES DE GUSTAVE FROMENT.

Les *moteurs électriques*, c'est-à-dire les appareils dans lesquels on tire parti du mouvement qui peut se produire dans des corps électrisés, ont eu deux périodes bien distinctes. La première, qui s'étend de 1843 à 1873, n'a produit que des résultats négatifs; et les déceptions éprouvées par nombre d'inventeurs qui s'étaient engagés dans cette voie, avaient complètement découragé leurs successeurs. La seconde période, qui s'étend de 1873 jusqu'au moment actuel, a été couronnée d'un succès à peu près complet.

De 1848 à 1873, la construction des moteurs électriques reposa sur le principe découvert par Arago, à savoir l'aimantation temporaire du fer ou de l'acier par le courant électrique. Le fait de l'action des courants sur eux-mêmes, découvert par Ampère, a servi de base à une disposition mécanique un peu différente.

Comment le fait de l'aimantation temporaire du fer par un courant électrique, peut-il s'appliquer à la constitution d'un moteur électrique? Regardez fonctionner le télégraphe électrique de Morse, et vous répondrez tout de suite vous-même à cette question.

Le télégraphe électrique de Morse, dont nous représentons un modèle dans la figure 190, est mis en mouvement par un

courant électrique, lequel, partant d'une pile placée à la station de départ, vient circuler, à la station d'arrivée, autour d'un électro-aimant, H. Une armature de fer, K, placée en face de l'électro-aimant, est attirée par le courant. A cette armature est attaché un levier recourbé W, qui est en fer pur. Ce levier de fer est retenu, repoussé

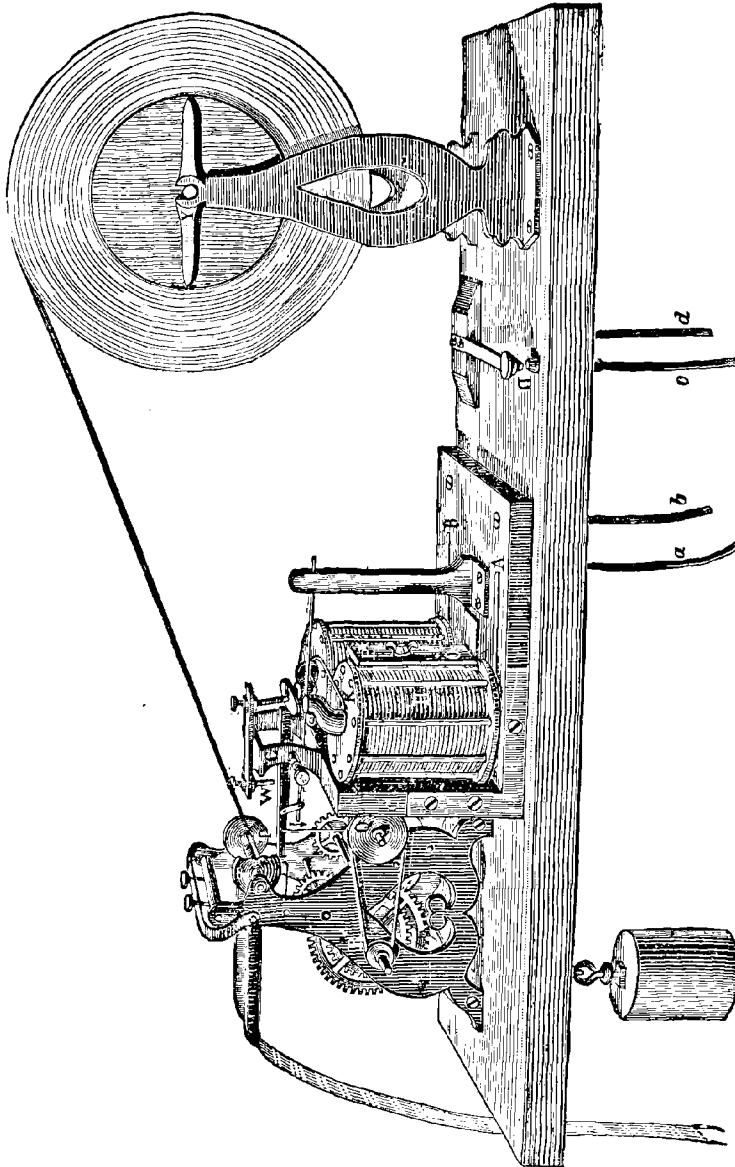


Fig. — 190. — Télégraphe Morse.
H, électro; W, imprimant sa trace sur le papier tournant; Z, rouleau des provisions de papier.

par un petit ressort. Quand le courant électrique venant à circuler autour du levier de fer, le transforme en aimant temporaire, tout aussitôt cet aimant temporaire attire son armature, laquelle fait un mouvement en avant, et vient s'appliquer contre le fer

artificiellement aimanté. Mais si l'on interrompt la circulation du courant électrique autour de l'électro-aimant, ce dernier devient inerte, et alors le ressort antagoniste, n'étant plus contre-balancé ramène le levier de fer W, à sa position première. Il y a donc

un déplacement en avant, suivi d'un déplacement en arrière, c'est-à-dire un mouvement rectiligne, produit par le seul fait de l'interruption et du rétablissement alternatif du courant électrique.

Le mouvement qui se manifeste dans un télégraphe Morse peut se produire avec d'autres dispositions; et si on le produit dans des dimensions agrandies, sur une échelle plus considérable, on a un *moteur électrique*.

De fait, le télégraphe Morse a été le premier moteur électrique; et c'est en imitant ses dispositions, c'est-à-dire en tirant parti de l'aimantation temporaire du fer par le courant électrique, que l'on a construit, pendant vingt ans, quantité de moteurs ayant l'électricité pour agent.

Ce mouvement rectiligne de va-et-vient du levier du télégraphe Morse, on peut, en effet, le transformer, par une roue d'angle ou une pédale de rémouleur, en un mouvement circulaire, et imprimer ainsi un mouvement de rotation à l'arbre d'une machine.

Se fondant sur le principe d'Ampère, si l'on introduit un barreau de fer dans un électro-aimant creux, le barreau sera alternativement attiré à l'intérieur de l'aimant creux, ou rejeté hors du même cylindre, selon que l'on fera circuler le courant de l'aimant creux dans un sens ou dans un autre. On a ainsi un mouvement de bas en haut et de haut en bas, tout fait comparable au mouvement du piston du cylindre d'une machine à vapeur. Il n'est rien de plus facile, dans une machine à vapeur, que de transformer le mouvement vertical du piston en mouvement circulaire. Par le même moyen mécanique, on peut transformer en un mouvement circulaire le mouvement vertical du levier de l'aimant creux, et faire ainsi tourner l'arbre moteur d'un atelier.

Autre disposition. Entre deux électro-aimants on dispose une tige en fer, pourvue

d'une crémaillère, c'est-à-dire creusée de dents, dans lesquelles engrène un pignon. Les deux électro-aimants sont rendus tantôt actifs, tantôt passifs, par l'établissement ou par l'interruption du courant électrique qui les anime. Dès lors, chaque dent de la tige de fer de la crémaillère étant successivement attirée, le pignon auquel les deux tiges sont attachées tourne directement, sans nécessiter de transformation du mouvement par une roue d'angle, ou par une pédale de rémouleur.

Voilà les trois combinaisons mécaniques qui ont été imaginées pour faire marcher des moteurs par l'aimantation artificielle d'un levier de fer, successivement établie et suspendue. Avec cet énoncé général, on comprendra le jeu de tous les moteurs électriques qui ont été construits de 1843 à 1873.

Le premier en date et l'un des plus remarquables de ces appareils fut créé en Russie, en 1839, par l'illustre inventeur de la galvanoplastie, le physicien Jacobi, qui réussit à mettre en mouvement un bateau sur la Néva.

On possède des renseignements très précis sur l'expérience de Jacobi et sur son appareil, grâce au mémoire extrêmement curieux que l'auteur fit paraître sur cette question, en 1843.

La pile qui alimentait l'appareil mécanique de Jacobi était la pile de Grove, alors nouvellement inventée. Le mécanisme se composait d'aimants artificiels produits par le courant de la pile.

Les électro-aimants étaient, les uns droits, les autres en fer à cheval. Ils s'attiraient les uns les autres par leurs pôles de nom contraire, et se repoussaient par leurs pôles de même nom. Et comme ils étaient portés sur un axe commun horizontal, les mouvements alternatifs d'attraction et de répulsion faisaient tourner cet axe. Les roues à aubes du bateau à vapeur étant attachées à

l'extrémité du même arbre, la rotation de cet arbre mettait les roues en mouvement au sein de l'eau.

Nous représentons dans la figure 191 le mécanisme moteur du bateau électrique de Jacobi. Deux rangées circulaires d'électro-aimants en forme de fer à cheval, a, a', a'' sont portés par deux supports verticaux. Entre ces deux rangées d'électro-aimants en fer à cheval, se trouve une sorte d'étoile à six branches, portant six paires d'électro-aimants droits b, b', b'' . Un commutateur, C, composé de quatre roues, règle le sens des courants dans l'appareil, de manière que, lorsque les électro-aimants droits se trouvent entre deux pôles consécutifs d'électro-aimants en fer à cheval, ils soient toujours attirés par l'un des électro-aimants, et repoussés par l'autre, le changement de sens ayant lieu au moment où les pôles mobiles se trouvent en face des pôles fixes. Par suite de ces attractions et répulsions, l'arbre A tourne et fait tourner les roues du bateau.

Une chaloupe, montée par douze personnes, navigua, grâce à ce mécanisme, sur les eaux de la Néva. Mais quelle disproportion entre le poids de la machine et l'effort qu'elle développait ! Le moteur de Jacobi, qui était d'un poids très considérable, jouissait à peine de la force d'un cheval-vapeur ! Quelle masse n'aurait-il pas fallu lui donner pour qu'il fournît la force de dix à douze chevaux ? L'expérience de Jacobi ne pouvait donc que décourager les physiiciens qui méditaient de tirer parti de la force des électro-aimants attirant une armature de fer.

C'est pourtant la voie que suivit, et dans laquelle persévéra pendant vingt années, un mécanicien du plus rare mérite, Gustave Froment, élève de l'École polytechnique, qui avait embrassé la carrière de la construction des machines de précision, et qui devint membre de l'Institut,

comme Gambey et Bréguet. Honoré de l'amitié de cet homme éminent, j'ai assisté, dans ses ateliers, aux incessantes tentatives qu'il faisait pour résoudre cette espèce de quadrature du cercle de l'électricité. J'admiraits son ardeur et sa persévérance, mais je ne partageais pas ses illusions. Et, de fait, Gustave Froment usa ses plus belles années et dépensa des sommes considérables à construire des moteurs électriques, qui avaient toutes sortes de défauts et bien peu d'avantages.

Nous passerons en revue, mais très rapi-

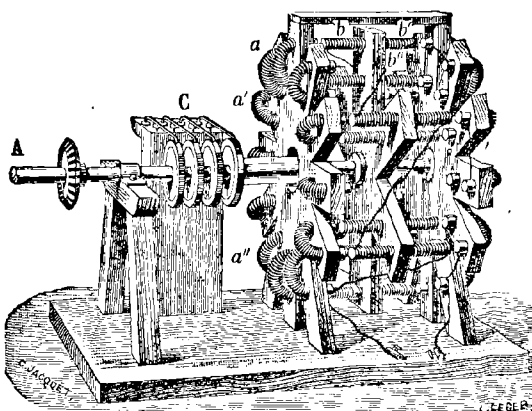


Fig. 191. — Mécanisme moteur du bateau électrique de Jacobi (1839).

dement, les divers mécanismes électromagnétiques imaginés par Gustave Froment.

Son premier moteur, construit en 1844, et que nous représentons dans la figure 192, a été longtemps un type classique, qui a été reproduit par un grand nombre de constructeurs, comme spécimen de moteur électrique, destiné aux cours de physique.

MM. du Moncel et Géraldy, dans leur ouvrage *L'Électricité comme force motrice*, publié en 1883, décrivent ce petit jouet en ces termes :

« C'était, disent MM. du Moncel et Géraldy, un électro-moteur à manivelle, dans lequel la force attractive, communiquée à l'armature articulée sur l'électro-aimant lui-même, se trouvait transformée

en mouvement circulaire, au moyen d'un double levier articulé agissant sur une bielle, et par suite sur une manivelle adaptée à l'axe d'un volant un peu lourd. Un excentrique adapté à ce même axe, derrière le volant, et que pouvait rencontrer à chaque tour un ressort relié par l'intermédiaire de l'électro-aimant au circuit de la pile, constituait le commutateur, et celui-ci, établissant la fermeture du circuit lorsque l'armature se trouvait à son maximum d'écartement de l'électro-aimant, provoquait de la part de celui-ci une impulsion, qui fai-

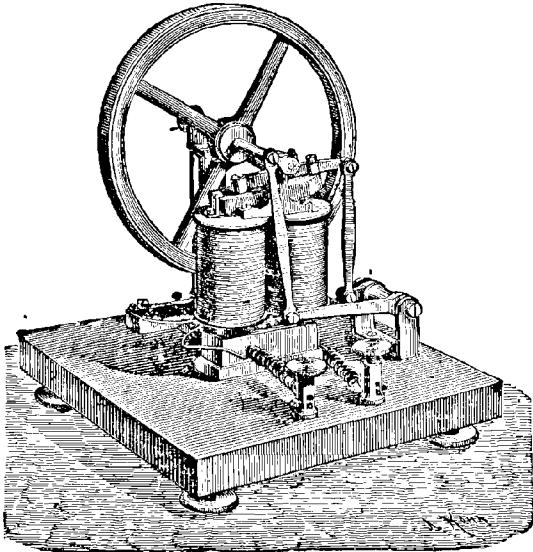


Fig. 192. — Premier moteur à mouvement alternatif de Gustave Froment.

sait tourner le système jusqu'à l'entier abaissement de l'armature. En ce moment, l'excentrique laissait échapper le ressort de contact, l'électro-aimant devenait inerte, et en raison de la vitesse acquise du volant le mouvement était continué jusqu'à ce que l'armature fût relevée et eût dépassé le point mort correspondant à la verticale ; on se trouvait donc avoir ainsi un mouvement circulaire continu, comme celui que l'on obtient avec les meules à repasser des émouleurs. »

Cet appareil, ainsi que tous les autres moteurs de Gustave Froment, fait partie des collections du Conservatoire des arts et métiers.

Après ce moteur, Gustave Froment, en 1845, en combina un autre, fondé sur le principe des roues à aubes, et dans lequel la force électro-magnétique agit directement

sur l'arbre moteur, sans transformation de mouvement. C'est le modèle le plus connu et que l'on trouve le plus souvent dans les cabinets de physique. Nous le représentons dans la figure 193.

MM. du Moncel et Géraldy, dans l'ouvrage déjà cité, le décrivent en ces termes :

« Quatre électro-aimants, fixés sur une boîte en fonte, sont disposés suivant le rayon d'une roue qui est ajustée sur l'arbre moteur, et cette roue a sa circonférence munie d'un certain nombre d'armatures de fer doux. Un commutateur composé de ressorts à galets, mis en rapport avec chacun des électro-aimants et placé devant des contacts de pile,

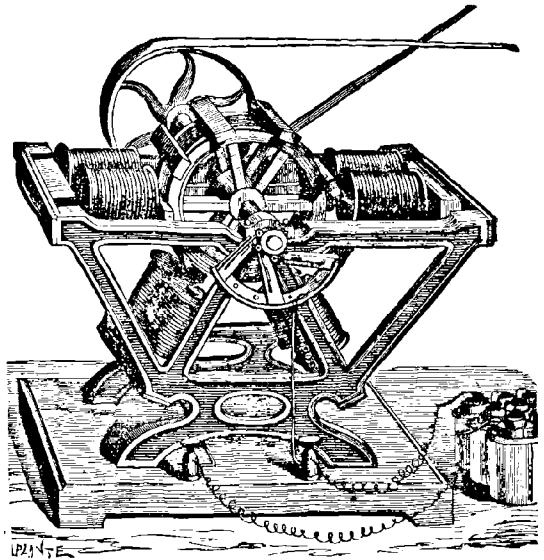


Fig. 193. — Deuxième moteur électrique à rotation directe de Gustave Froment.

est mis successivement en action par l'intermédiaire de petites cornes, sous l'influence de la rotation de l'arbre moteur, et fait passer successivement et alternativement le courant dans les deux couples d'électro-aimants dont l'action sur les armatures est conspirante. Ces armatures, cédant alors à l'attraction électro-magnétique qui agit sur elles, entraînent la roue sur laquelle elles sont fixées en déterminant un mouvement de rotation continu. »

Le moteur électrique à rotation directe de Gustave Froment est souvent appliqué à faire mouvoir de petites pompes à eau,

dans les cours de physique, afin de mettre en évidence les principes sur lesquels sont fondés les moteurs électro-magnétiques. Quelques physiciens s'en sont servi pour entretenir le mouvement de certains appa-

reils pendant leurs expériences de laboratoire.

Gustave Froment avait construit beaucoup d'autres moteurs. Nous les passerons sous silence, pour signaler celui qui a laissé le

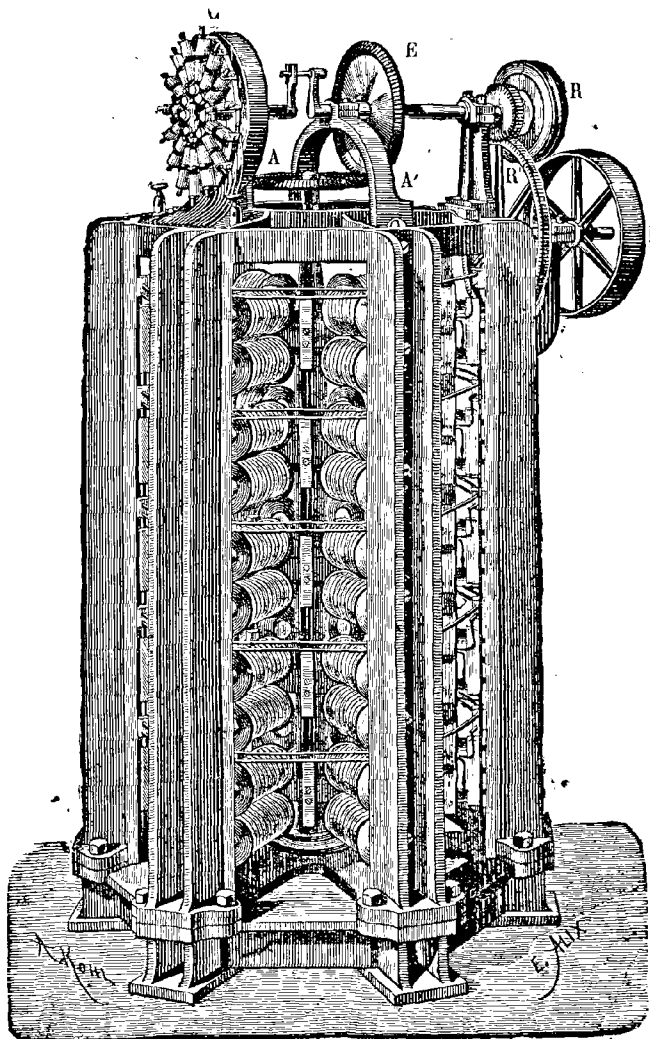


Fig. 154. — Grand moteur électro-magnétique de Gustave Froment.

plus de souvenirs. Nous voulons parler du grand *électro-moteur vertical*, qui servait, dans ses ateliers, à actionner les machines à diviser. Nous représentons cet appareil dans la figure ci-dessus.

Les électro-aimants, composés de bobines de fil de cuivre isolés parcourus par le cou-

rant électrique, sont fixés verticalement, les uns au-dessous des autres, sur six montants en fonte, formant les arêtes d'un prisme hexagonal, très solidement établi. L'arbre moteur est placé au centre de cet assemblage d'électro-aimants. Il porte, sur toute sa hauteur, une ou plusieurs séries d'arma-

tures verticales, placées dans le prolongement les unes des autres, et disposées de manière à correspondre à chacune des paires de bobines. L'arbre moteur, AA', se termine, supérieurement, par une roue d'angle, E, qui, par l'intermédiaire d'une autre roue d'angle, de même diamètre, R, fait fonctionner le commutateur, C, ainsi qu'un système d'engrenage, R', destiné à diminuer la vitesse du mouvement de la machine.

L'arbre moteur transmettait son mouvement aux machines à diviser par l'intermédiaire de la poulie, P.

Le commutateur, C, était composé d'une série de doubles galets rayonnant autour de l'axe moteur, et qui s'appuyaient sur des plaques alternativement isolantes et conductrices mises en rapport avec les divers systèmes d'électro-aimants.

Malgré ses dimensions et son air de robustesse, la force de cet électro-aimant ne dépassait pas un quart de cheval-vapeur.

CHAPITRE VI

DÉFAUT DES MOTEURS FONDÉS SUR LA SIMPLE ATTRACTION MAGNÉTIQUE.

Après Gustave Froment beaucoup d'inventeurs se sont appliqués à construire des moteurs fondés sur la simple attraction du fer par les aimants artificiels ou permanents.

Tous ces appareils ne donnaient que des résultats insignifiants, et l'on va comprendre le motif de ces insuccès.

On ne cherchait à utiliser que la force attractive directe de l'aimant, qui est extrêmement limitée, car elle décroît comme le carré de la distance, et qui, d'ailleurs, reste à peu près la même pour les plus forts organes électro-magnétiques, comme pour de petits. En second lieu, la disposition des commutateurs permettait aux courants induits de *fermeture*, qui prenaient naissance dans les

organes électro-magnétiques, de se développer, et de réagir en sens inverse du courant transmis. En troisième lieu, comme les aimantations et les désaimantations ne s'effectuaient que lentement dans des électro-aimants un peu gros, on ne pouvait utiliser qu'une très faible partie de leur magnétisme, qui devenait même nuisible, quand on n'en avait plus besoin.

On a fait encore remarquer que les actions directes exercées entre les armatures et les électro-aimants, pouvant faire fléchir les supports, exigeaient des écarts trop grands entre les pièces magnétiques, et faisaient perdre le meilleur de leur puissance de travail.

Disons enfin que les commutateurs étaient promptement détériorés par les étincelles électriques, qui oxydaient et usaient les conducteurs.

Il serait donc absolument sans intérêt pour nos lecteurs de décrire les moteurs électriques, en quantité si considérable, que les inventeurs ont créés et mis au monde, d'après le principe de la simple attraction magnétique. Les personnes pour lesquelles ces questions rétrospectives ont de l'intérêt, trouveront la description complète et les dessins des principaux de ces appareils dans l'ouvrage de MM. du Moncel et Géraldy, *l'Électricité comme force motrice*.

Aucun de ces appareils ne développant pas plus de force qu'un quart de cheval-vapeur, ne peut mériter le nom de moteur. Ce sont des espèces de jouets, que l'on fait fonctionner pour actionner de petits mécanismes enfantins, ou pour servir de démonstration, dans les cours de physique.

Gustave Froment lui-même, sur la fin de sa vie, avait renoncé à poursuivre le problème auquel il avait attaché tant d'importance; et il est mort avec la triste conviction de l'impossibilité de tirer parti de la force motrice de l'électricité.

Esprit pénétrant et ingénieux, Gustave

Froment avait consacré sa vie aux applications de la science pratique, et surtout à la construction des instruments de précision destinés à l'astronomie, à la navigation, à la géodésie et à la physique. Dès sa jeunesse, il avait montré une aptitude extraordinaire pour la mécanique. A l'âge de quatorze ans, lorsqu'il était encore à la pension de Sainte-Barbe, il inventa un compteur automatique qui enregistrait le nombre de pas qu'il faisait par jour. En d'autres termes, il inventa, au collège, le *podomètre*, aujourd'hui si connu et si en usage.

Comme nous l'avons dit, Gustave Froment s'occupa, pendant toute sa vie, de la construction des moteurs électriques. Il les appliquait à ses machines à diviser, notamment pour graduer les limbes des cercles destinés à la mesure des angles. Sa machine à diviser, actionnée par son grand moteur électro-magnétique, fonctionnait toute seule. Le soir, quand le mouvement et le bruit avaient cessé dans les rues de Paris, elle se mettait à l'œuvre d'elle-même, et travaillait jusqu'au matin. Avec le chant du coq, elle rentrait au repos.

On sait que Gustave Froment est arrivé à diviser un millimètre en mille parties égales, et à tracer des devises, visibles seulement au microscope, dans des espaces ayant à peine un millimètre de diamètre. C'est lui qui exécuta, comme nous l'avons dit, les appareils de Léon Foucault destinés à démontrer le mouvement de rotation de la terre sur son axe. On lui doit également d'ingénieux perfectionnements dans la construction des télégraphes électriques.

Ses ateliers étaient un vrai musée de la science et de l'industrie. Personne plus que lui n'a aidé les savants à réaliser leurs conceptions, par les précieux conseils qu'il donnait, libéralement, à tous les jeunes physiciens, et par la perfection de son travail ; car il unissait au même degré les connaissances théoriques et la science pratique.

C'était, de plus, une nature droite, obligeante, dévouée.

Gustave Froment est mort, en 1865, âgé seulement de cinquante ans. De profonds chagrins avaient usé son âme trop sensible.

CHAPITRE VII

LES PETITS MOTEURS ÉLECTRO-MAGNÉTIQUES. — LE MOTEUR DE M. MARCEL DEPREZ ET SES APPLICATIONS. — LE MOTEUR TROUVÉ ET SES APPLICATIONS. — LA NAVIGATION ÉLECTRIQUE.

Après la condamnation fulminée dans le chapitre précédent contre les moteurs purement électro-magnétiques, il convient, pour en adoucir la dureté, d'ajouter qu'une classe de moteurs électro-magnétiques, fondés sur des principes un peu différents, échappe en partie à la sévérité de cette sentence physico-chimique. Nous voulons parler du *petit moteur électro-magnétique*, construit en 1865, par M. Marcel Deprez, et adopté, en 1870, par M. Trouvé.

M. Marcel Deprez a eu l'idée de placer longitudinalement, entre les branches d'un aimant permanent, en fer à cheval, une des *bobines Siemens*, ou machines dynamo-électriques Siemens, que nous avons décrites dans ce volume (fig. 72, page 126). On a vu que la *bobine Siemens* consiste en une sorte de navette cylindrique en fer, autour de laquelle on enroule longitudinalement le fil conducteur. Le courant électrique aimante le fer de la navette ; et, à chaque demi-tour, on l'oblige, par un mécanisme particulier, à changer de direction ; si bien que la navette, aimantée alternativement en sens contraire, est successivement attirée et repoussée par les pôles de l'aimant en fer à cheval qui l'entoure. De là résulte le mouvement rapide de rotation, propre à la bobine Siemens.

Le moteur Marcel Deprez consiste donc en une bobine Siemens entourée d'un gros

aimant permanent. Il ne pèse pas plus de 4 kilogrammes, et avec 8 couples de la pile de Bunsen, il développe, à la vitesse de 3000 tours, 2,5 kilogrammètres. Si la vitesse de la machine tend à s'exagérer, un petit *régulateur à boules* agit sur le commutateur, et rompt le courant, qui passe de nouveau quand la machine a repris sa vitesse normale.

Nous représentons dans la figure ci-dessous le moteur de M. Marcel Deprez.

Cet appareil a été appliqué aux ma-

chines à coudre. Le mouvement du pied est remplacé avec avantage par ce petit moteur. On sait que la machine à coudre, actionnée par le pied, peut amener certains désordres dans la santé des ouvrières. Quelques fabricants ont eu l'idée d'adapter à une machine à coudre le petit moteur de M. Marcel Deprez, et cette disposition a été accueillie avec faveur dans divers ateliers.

Un constructeur de machines à Paris, M. Trouvé, a substitué un électro-aimant

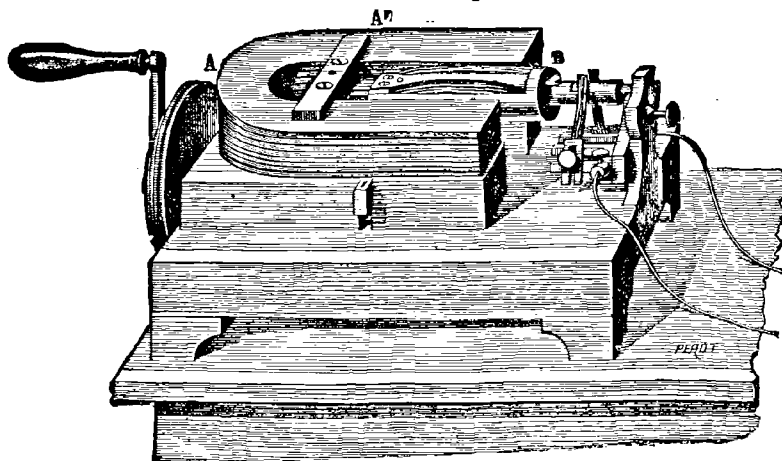


Fig. 195. — Petit moteur électro-magnétique de M. Marcel Deprez

A A, aimant permanent en fer à cheval ; B, bobine Siemens.

à l'aimant permanent dont M. Deprez fait usage.

M. Trouvé s'était d'abord proposé d'appliquer son petit moteur à un vélocipède. En 1880, il avait fait marcher un vélocipède sur le trottoir de la rue de Valois, près de ses magasins, avec la rapidité d'un fiacre, C'était une chose sans importance ; mais à l'Exposition d'électricité de 1881 on vit une application plus sérieuse de cet appareil.

Le 26 mai 1881, les passants s'arrêtaient sur les ponts de Paris, pour regarder, au milieu des nombreux *bateaux-mouches* et *hirondelles* qui sillonnaient la Seine, une légère embarcation qui remontait le fleuve

sans moteur apparent, car on n'apercevait ni machine à vapeur ni cheminée. L'embarcation s'arrêtait, reprenait sa marche ou la ralentissait, sans un mouvement de son « patron », que l'on voyait se tenant immobile à l'arrière.

Ce canot, à l'allure si étrange, était actionné par le petit moteur électrique construit par M. Trouvé. La figure 196 fera connaître les dispositions de ce moteur.

Au lieu de se servir d'un aimant permanent, comme M. Marcel Deprez, M. Trouvé, disons-nous, emploie un électro-aimant, entre les pôles duquel est placée la bobine Siemens. Le courant circule dans le fil de l'électro-aimant, et passe ensuite, au moyen

des *balais*, du commutateur, dans le fil de la bobine, CC'. Tout l'appareil est ainsi traversé par le courant de la pile. Le courant aimante le fer de l'électro-aimant, A A, et celui de la bobine tournante, C C, et les pôles magnétiques se trouvent déterminés. Ces pôles changent de sens dans la bobine, à chaque révolution, comme dans le moteur

Marcel Deprez. Il se produit donc une suite d'attractions presque continuelles, qui dominent de beaucoup les répulsions. Ces attractions se continuent jusqu'à l'interruption du courant.

La figure ci-dessous donne la perspective du moteur de M. Trouvé, monté sur son support et en demi-grandeur; la figure 197

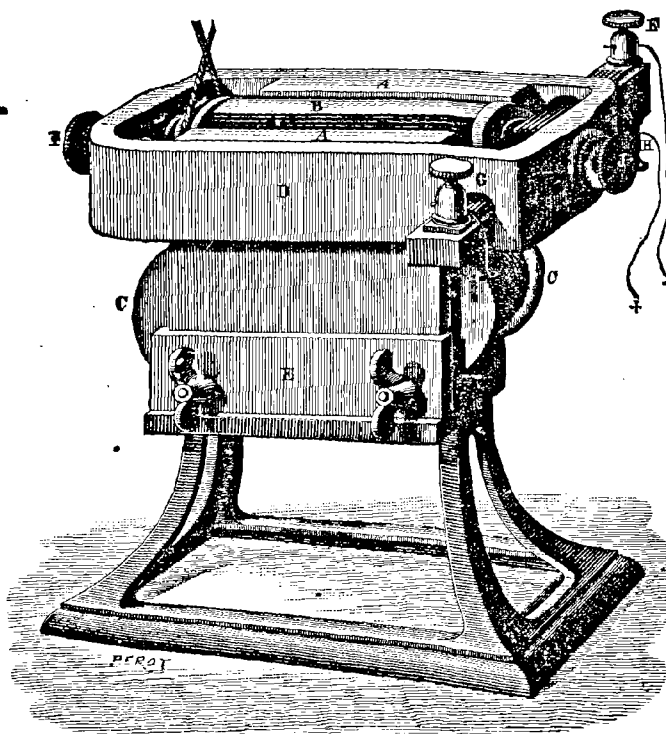


Fig. 196. — Petit moteur électro-magnétique de M. Trouvé (1/2 grandeur).

A, A, pôles de l'électro-aimant fixe. — B, fer de recouvrement de la bobine Siemens. — CC', bobine de l'électro-aimant, AA. — IJ, axe de la bobine. — P, H, pôles de la pile motrice. — D, cadre en cuivre. — E, bâti en fonte, indépendant.

montre une perspective du même appareil, au quart d'exécution.

Un cadre en cuivre, D, fixé sur les branches de l'électro-aimant, dont on aperçoit la bobine à l'intérieur de la caisse, E, porte tous les accessoires du moteur : *balais*, *frotteurs*, qui distribuent le courant au commutateur, contre-pointes, entre lesquelles la bobine pivote et qui permettent d'en régler le jeu, etc., etc. Une roue dentée est montée verticalement sur l'électro-aimant, de manière à répondre à toutes les appli-

cations, grâce à la variété de ses transmissions, soit par corde, par chaîne Galle ou Vaucanson, soit par engrenage. Cette roue est indépendante à volonté, et permet ainsi d'avoir la vitesse directe du moteur comme les vitesses décroissantes correspondant aux différents diamètres des poulies de la roue.

Il est difficile d'augmenter la force de ce moteur sans changer les dimensions des organes. Pour obtenir cet accroissement d'effet, M. Trouvé place deux bobines, au lieu

d'une, entre les pôles de l'électro-aimant. Le courant passe dans une des deux bobines séparément. Au moyen d'une chaîne Galle, qui les relie, la bobine magnétisée tourne, entraînant l'autre dans sa rotation. Ces deux bobines sont en dérivation; si, au contraire, on actionne les deux bobines à la fois, elles sont montées en tension. On produit ainsi une force double.

M. Trouvé emploie l'un ou l'autre des

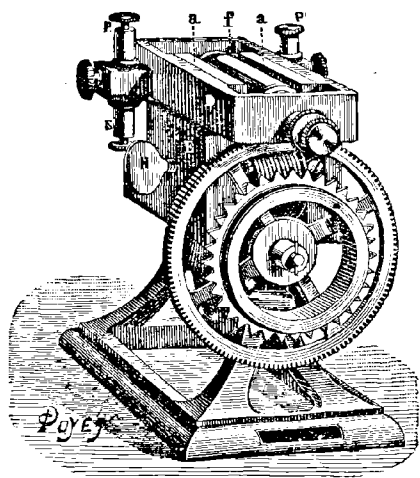


Fig. 197. — Petit moteur électro-magnétique de M. Trouvé (1/4 de grandeur).

deux systèmes, suivant la force de l'électricité dont il dispose.

L'ensemble du moteur est supporté par un bâti, E, en fonte, sorte de socle tout à fait indépendant, et qui ne sert que lorsque le moteur n'est pas directement fixé sur les objets à mettre en action. Il y est maintenu par la vis, H.

Le moteur, tel qu'il vient d'être décrit pèse 3 kilogrammes 300 environ, et son rendement effectif dépasse ce poids en *kilogrammètres*, par seconde.

Pour obtenir une force double, triple, quadruple, etc., M. Trouvé a préféré jusqu'à présent grouper, ainsi qu'il vient d'être dit, un nombre correspondant de ses bobines autour de ses moteurs, plutôt que de

les faire de dimension double, triple, quadruple, etc. Grâce à cette disposition, M. Trouvé donne toujours, à coup sûr, la force qu'on lui demande ou qu'il a en vue, sans que le rapport existant entre la puissance du moteur et son poids, soit changé.

Pour actionner son moteur, dont les prétentions sont fort modestes, M. Trouvé ne se sert point de machine dynamo-électrique, mais tout simplement d'une pile, de la pile au bichromate de potasse, qu'il a rendue très pratique dans son fonctionnement.

Nous représentons dans la figure 198 a pile au bichromate de potasse telle que l'emploie M. Trouvé, pile, qui, aujourd'hui très répandue dans les cabinets de physique, se compose :

1° D'une auge en bois de chêne, munie d'autant de cuves en ébonite qu'il y a d'éléments, et surmontée d'un treuil, avec rochet et encliquetage;

2° De six éléments au bichromate de potasse;

3° Du liquide excitateur, composé d'acide sulfurique et de bichromate de potasse.

Au moyen du treuil à manivelle, M, on peut faire plonger les éléments dans le liquide excitateur, ou les en faire complètement sortir. Il est donc facile de varier la production d'électricité suivant le plus ou moins d'immersion. Un arrêt, O, en bois, empêche les zincs de sortir complètement des cuves; en supprimant cet arrêt, la hauteur du treuil permet de rendre les zincs indépendants, de manière à vider ou à remplir aisément les cuves. La surface antérieure de l'auge est manie, à cet effet, d'une charnière, qui permet de l'ouvrir pour tirer les cuvettes sans déranger les éléments.

Les éléments de cette pile sont formés d'une lame de zinc et de deux charbons cuivrés galvaniquement, dans leur partie supérieure (fig. 199). Ce cuivrage a pour but de consolider les charbons, matière tou-

jours un peu frais, et de diminuer considérablement la résistance du circuit extérieur de la pile en augmentant la conductibilité du charbon.

Le zinc amalgamé présente à sa partie

supérieure, une encoche, qui sert à le fixer à l'axe métallique recouvert d'une chemise en caoutchouc, sur lequel repose tout le système. Cette couche permet de déplacer très rapidement les zincs, soit pour les

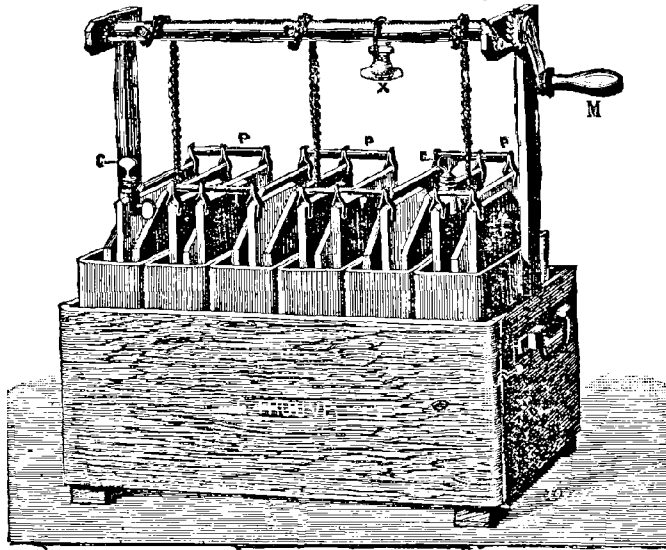


Fig. 198. — Pile au bichromate de potasse.

amalgamer, soit pour tout autre motif.

M. Trouvé a modifié la composition du liquide excitateur de la pile au bichromate de potasse. Comme il est difficile, dans la pratique, d'avoir sous la main des poids et

des balances, il suffit, d'après M. Trouvé, pour faire rapidement un liquide excitateur assurant un fonctionnement constant, de mettre, dans une grande grande terrine, un kilogramme de bichromate de potasse pul-

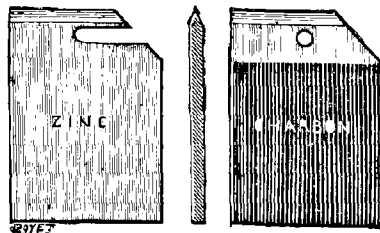


Fig. 199. — Éléments de la pile au bichromate de potasse.

vérisé, d'y verser le contenu de trois cuves (de la pile) pleines d'eau ordinaire, d'agiter avec une baguette, un certain laps de temps, pour en dissoudre le plus possible; enfin, d'ajouter lentement une cuve aux trois quarts pleine d'acide sulfurique en remuant

jusqu'à la fin. L'acide sulfurique, en élevant la température du mélange, favorise la dissolution, qui doit être complète.

Nous avons dit que M. Trouvé appliqua, en 1884, son moteur à la propulsion d'un bateau sur la Seine. La disposition employée

par M. Trouvé, pour transmettre à l'hélice le mouvement produit par son appareil, est représentée par la figure 200.

Le moteur électrique, M, placé sur la tête du gouvernail, communique, au moyen d'une chaîne sans fin, avec une hélice, encastrée dans le gouvernail. Le tout est donc mobile. Deux piles au bichromate de potasse sont disposées au fond du canot.

Leurs fils conducteurs passent à travers les *tirveilles*¹, qui, en même temps, contiennent chacune un commutateur destiné à lancer ou à en interrompre le courant. On peut donc, sans se déranger, conduire l'embarcation, ralentir son mouvement, l'arrêter complètement, ou la mettre en marche. De plus, l'hélice tournant avec le gouvernail, dont elle fait partie, peut actionner le canot

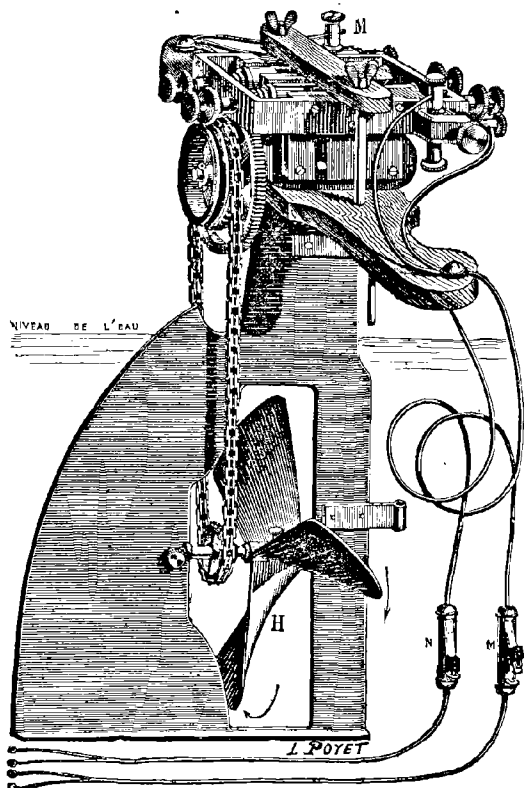


Fig. 200. — Mécanisme moteur de l'hélice du bateau électrique de M. Trouvé.

sur le côté, et permet ainsi de virer de bord presque sur place (fig. 201).

A l'Exposition d'électricité de 1881, M. Trouvé avait placé le modèle de son bateau électrique dans bassin de la grande nef, et les visiteurs s'amusaient à voir ses petites évolutions sur l'eau clémente de ce tranquille Océan de Lilliput.

A la même Exposition, on vit quelques

autres moteurs, fondés sur le principe de la simple attraction magnétique.

Dans la section américaine fonctionnait, avec une extrême rapidité, un petit moteur, à peine gros comme le poing, construit par M. Griscom. C'était toujours, à quelques variantes près, le type du moteur ima-

1. Cordes légères, garnies de nœuds, qui remplacent la barre du gouvernail, quand il s'agit de conduire une embarcation à l'aviron.

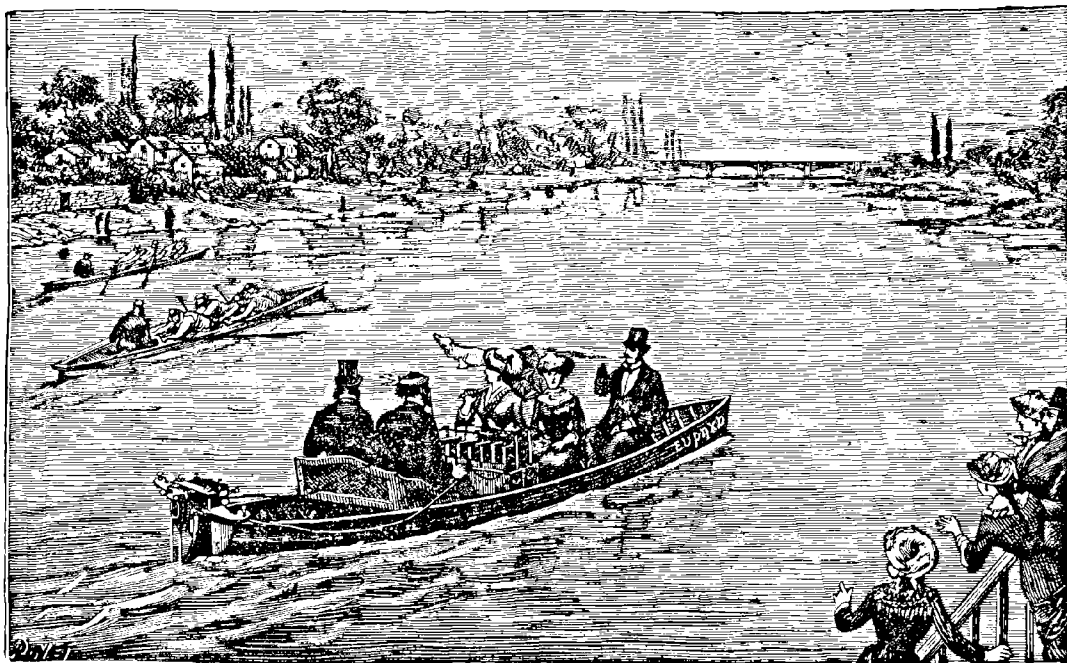


Fig. 201. — La navigation par l'électricité.

gine par M. Marcel Deprez et adopté par M. Trouvé, c'est-à-dire la bobine Siemens entraînée par la réaction du courant des fils sur le fer des électro-aimants. Seulement, dans le moteur de M. Griscom, les électro-aimants enveloppent la bobine sur une portion de son diamètre et la recouvrent en partie.

Le moteur de M. Griscom est surtout destiné, comme le moteur Marcel Deprez, à mettre en mouvement des machines à coudre. Il est alimenté par une pile au bichromate de potasse, de six éléments, enfermés dans une boîte. En appuyant sur une pédale, on fait plonger plus ou moins les zincs dans les bocaux, et l'on diminue ou l'on augmente ainsi, à volonté, la vitesse du moteur.

Beaucoup d'autres appareils, fondés, comme les moteurs Marcel Deprez, Trouvé, Griscom, etc., sur la simple attraction d'un aimant artificiel, se voyaient à l'Exposition d'électricité de 1884. Mais ce n'étaient là

que des sortes de joujoux, capables de développer la force d'un enfant, ou tout au plus celle d'un homme. Il est peut-être bon de pouvoir, à l'occasion, se procurer la force d'un homme, sans foyer, sans vapeur, mais ce n'est pas là, évidemment, le but que l'on poursuit quand on veut créer avec l'électricité un moteur universel.

CHAPITRE VIII

DÉCOUVERTE DE LA *réversibilité* DES MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES. — IMPORTANCE FONDAMENTALE DE CETTE DÉCOUVERTE.

C'est en 1873 que se fit, dans la théorie et la pratique du moteur électrique, une véritable révolution, qui vint mettre les chercheurs dans la voie bonne et féconde, et ouvrir une ère nouvelle à la mécanique de l'électricité.

Les machines magnéto- et dynamo-électriques. — I.

triques fournissent de l'électricité avec abondance et puissance, et c'est le mouvement qui produit l'électricité dans ces machines. Réciproquement, quand on dirige un courant électrique suffisant dans cette même machine magnéto-électrique, ou dynamo-électrique, elle se met en mouvement.

Puisque c'est le mouvement qui produit l'électricité, dans la machine dynamo-électrique, et que la même machine, quand on l'alimente d'électricité, fournit le mouvement, rien n'empêche de réunir les deux appareils. Au moyen du mouvement on produira l'électricité dans une machine dynamo-électrique, et cette électricité envoyée par un fil à une seconde machine dynamo-électrique, placée à une distance quelconque, mettra en mouvement cette dernière machine, laquelle, dès lors, pourra accomplir le travail mécanique qu'on lui demandera.

En d'autres termes, fournissez du mouvement à une machine dynamo-électrique, elle vous donnera de l'électricité ; fournissez à la même machine de l'électricité, elle vous donnera du mouvement.

Cette idée n'est rien moins que le transport de la force mécanique d'un point à un autre, conception d'une importance capitale, capable d'accomplir une véritable révolution industrielle. Seulement, cette révolution ne pouvait se produire que quand on avait reconnu, par expérience, que la même machine peut donner à volonté de l'électricité, si on la met en mouvement par une force (naturelle ou artificielle), ou, au contraire, du mouvement, si on l'alimente d'électricité.

On a appelé *réversibles* les machines électro-dynamiques, parce qu'elles peuvent transformer le travail mécanique en électricité, ou, à l'inverse, l'électricité en travail mécanique.

A quel physicien faut-il attribuer l'idée de transporter la force à distance par la

machine dynamo-électrique? C'est en 1873, à l'Exposition d'électricité de Vienne (Autriche), que M. Hippolyte Fontaine, ingénieur alors attaché à l'exploitation des machines dynamo-électriques Gramme, réalisa le premier cette application, c'est-à-dire s'avisait de réunir deux machines électrodynamiques pour transporter la force à une autre machine.

Cette découverte, comme nous l'avons admis dans la première édition de cet ouvrage, n'est point le fait d'un simple hasard. Une lettre de M. C. Félix, directeur de la sucrerie-distillerie de Sermaize (Marne), insérée dans le numéro du 25 novembre 1886, du *Moniteur Industriel*, éclaircit parfaitement l'histoire, restée jusqu'ici très obscure, de cette importante découverte.

Ce n'est point le hasard, nous le répétons, qui suggéra à M. Hippolyte Fontaine l'idée d'accoupler deux machines dynamo-électriques Gramme pour produire, de l'électricité avec la première, et de la force, à distance, avec la seconde. C'est un conseil de M. C. Félix, une suggestion de sa part, qui amena M. Hippolyte Fontaine à faire cet essai, qui devait être l'origine de toute une révolution dans la question du moteur électrique, en créant ce que l'on nomme aujourd'hui la *réversibilité* des machines dynamo-électriques.

Voici la lettre adressée par M. C. Félix au *Moniteur Industriel*.

Sermaize, le 20 novembre 1886.

Monsieur le Rédacteur en chef,

Dans l'article, *Le transport électrique de la force* inséré dans le *Moniteur Industriel* du 18 novembre 1886, se trouve le passage suivant :

« ... Personne n'ignore plus aujourd'hui que c'est à l'Exposition de Vienne, en 1873, bien avant que M. Marcel Deprez ne s'emparât de la question, que M. H. Fontaine découvrit la réversibilité des machines, et qu'il la fit servir à retransformer l'énergie électrique en énergie mécanique, c'est-à-dire

« à l'emploi d'une machine comme réceptrice ou « moteur électrique. »

A la vérité, c'est à l'Exposition de Vienne, en 1873, et, pour préciser plus complètement, le 10 ou le 11 juin de ladite année, que l'idée de la réversibilité des machines a surgi pour la première fois. C'est même M. Hippolyte Fontaine qui, le premier, en a reçu communication. Mais dire qu'elle lui est venue, à lui tout seul, c'est une inexactitude, qu'il n'est que juste de rectifier.

A Vienne, M. Hippolyte Fontaine avait une machine dynamo-électrique actionnée par un moteur à gaz. Par définition, cette machine devait servir pour l'éclairage d'un phare, qui, bien entendu, n'existait pas. Une autre machine, exposé également par M. Fontaine, à côté de la précédente, servait comme moteur électrique, et fonctionnait par le moyen d'une pile.

M. C. Félix, dont le *Moniteur Industriel* a bien voulu rappeler les expériences à Sermaize, s'étant arrêté près de l'exposition de M. H. Fontaine, lui fit cette remarque : « Puisque vous avez une première machine qui produit de l'électricité et une seconde qui en consomme, pourquoi ne pas faire passer directement l'électricité de la première dans la seconde et supprimer votre pile ? De cette façon vous auriez une double transformation du mouvement en électricité et de l'électricité en mouvement ; votre exposition, par suite, serait beaucoup plus intéressante et aurait davantage de mérite. »

L'opération n'était ni longue ni dispendieuse. Elle fut faite en quelques instants. Et voilà comment « la réversibilité des machines et le moyen de retransformer l'énergie électrique en énergie mécanique » ont été découverts.

En insérant la présente, Monsieur le Rédacteur en chef, dans votre plus prochain numéro, vous n'enlèverez rien au mérite bien connu de M. H. Fontaine, et vous aurez éclairci un petit point d'histoire industrielle qui ne manque certainement pas d'intérêt pour vos lecteurs.

Veillez agréer, etc.

Signé : C. Félix.

On sait donc maintenant, d'une façon indubitable, comment M. Hippolyte Fontaine fut conduit à la découverte de la réversibilité des machines productrices d'électricité. La lettre de M. C. Félix ne diminue point le mérite de ce savant électricien, car s'il fallait un esprit ingénieux et fin, comme celui de M. C. Félix, pour prévoir le résultat de l'union des deux machines Gramme, il fallait aussi l'expérience

et la science profonde de M. Hippolyte Fontaine pour mettre en pratique cette idée.

Quoi qu'il en soit, l'expérience de la réversibilité de la machine dynamo-électrique qui venait d'être faite dans les conditions énumérées ci-dessus, fut répétée par M. Hippolyte Fontaine devant les ingénieurs et amateurs d'électricité qui se trouvaient à l'Exposition de Vienne.

La machine dynamo-électrique était actionnée par un moteur à gaz. L'électricité produite était transmise, à travers un câble de 100 mètres de longueur, à une seconde machine dynamo-électrique, identique à la première. Cette machine réceptrice, excitée par le courant transmis ; tourna, et fit fonctionner une pompe centrifuge.

Cette expérience mémorable fut répétée devant l'Empereur d'Autriche, le jour de sa visite à la section française, le 3 juin 1873.

Là se trouvait la véritable solution du problème du moteur électrique ; seulement, la solution était tout autre que celle que l'on avait poursuivie pendant trente ans. Pour faire marcher un moteur à vapeur, il suffit de jeter du charbon dans le foyer ; on s'était persuadé que, pour faire fonctionner un moteur électrique, il suffirait de brûler du zinc dans la pile voltaïque. Malheureusement, la pile voltaïque est coûteuse et insuffisante. Il a fallu produire autrement l'électricité, et, fait singulier, on se sert de cette machine à vapeur même, que l'on voulait supprimer, pour obtenir économiquement l'électricité destinée à alimenter les moteurs électriques.

Mais alors, dira-t-on, pourquoi ne pas conserver la machine à vapeur, comme moteur direct ?

Le pourquoi, le voici. La machine à vapeur ne produit son travail que sur place. Au contraire, les moteurs électriques donnent le moyen de transmettre au loin la force. On peut, ainsi, la conduire partout. On peut recueillir la puissance de toutes sortes

de sources naturelles ou artificielles, comme la vapeur, les torrents, les chutes d'eau, du vent, les marées, et conduire ces puissances mécaniques, au moyen d'un simple fil, jusqu'au point où l'on veut produire le travail.

Tel est l'avantage spécial du moteur électrique fondé sur la *réversibilité* des machines dynamo-électriques, et cet avantage est incomparable. Il est appelé à réaliser un jour une véritable révolution dans l'emploi de la force mécanique.

CHAPITRE IX

LABOURAGE ET AUTRES TRAVAUX AGRICOLES ACCOMPLIS PAR LE TRANSPORT DE LA FORCE AU MOYEN DE L'ÉLECTRICITÉ, EN 1879. — APPAREILS DE MM. CHRÉTIEN ET FÉLIX, A SERMAIZE. — LE TRAMWAY ÉLECTRIQUE DE M. WERNER SIEMENS EXPÉRIMENTÉ A BERLIN EN 1880, ET EN 1881 A L'EXPOSITION D'ÉLECTRICITÉ A PARIS. — M. WERNER SIEMENS, DE BERLIN, SES TRAVAUX. — LES FRÈRES SIEMENS.

Au mois de mai 1879, une expérience superbe fut faite par un industriel de grand mérite M. C. Félix, dans sa ferme-sucrerie de Sermaize, le même dont nous avons rapporté l'importante lettre, dans le chapitre précédent.

De concert avec un très habile ingénieur, M. Chrétien, M. C. Félix voulait essayer le labourage par l'électricité, en transmettant de son usine le courant électrique et la force qui en résulte, jusqu'au champ à labourer.

La charrue dont on se servit ressemblait à celle qui est en usage pour le labourage à vapeur. Elle était à double renversement, avec trois socs de chaque côté. Sur deux treuils placés aux deux extrémités du sillon à tracer, s'enroulait d'un côté et se déroulait de l'autre, un câble d'acier, qui entraînait la charrue. Les chariots qui portaient des treuils, portaient en même temps deux machines dynamo-électriques Gramme chacun. Ces machines dynamo-électriques étaient mises en mouvement par le courant élec-

trique envoyé de l'usine. A cet effet, deux autres machines Gramme étaient reliées à chaque treuil par deux fils de 30 à 40 millimètres carrés de section (fig. 202).

Voici comment le mouvement des machines se communiquait à chaque treuil. Un arbre central, en rapport avec chaque chariot, portait, à l'une de ses extrémités, une poulie qui tournait par le mouvement des machines : à l'autre extrémité étaient deux pignons, dont l'un engrenait sur le treuil, tandis que l'autre actionnait l'essieu des roues. Quand le chariot avait tracé un sillon dans un sens, à l'aide d'un commutateur, on faisait passer le courant dans les machines Gramme du deuxième treuil, lequel, à son tour, faisait mouvoir la charrue dans un autre sens. Quand le deuxième sillon était tracé, les chariots étaient eux-mêmes transportés par l'action des machines sur le second pignon de l'arbre central.

Deux machines dynamo-électriques Gramme, ordinaires, étaient actionnées par le moteur de l'usine, et leur électricité conduite par un fil de cuivre de 3 millimètres de section, faisait tourner, à 400 et 620 mètres de là, deux autres machines Gramme identiques. Ces machines, placées sur leur chariot respectif, aux deux extrémités du rectangle de terrain mis en labour et successivement animées par le courant, tiraient à elles, avec une vitesse de 40 à 50 mètres par minute, une charrue Brabant double, traçant des sillons larges de 30 centimètres et profonds de 20. La longueur des sillons étant de 220 mètres, les deux chariots étaient reliés par une longueur de 240 mètres de fil conducteur.

Avec les mêmes machines et du fil de cuivre de 10 millimètres carrés de section, on transporta le travail de l'usine à une distance de 2 kilomètres.

D'après les mesures dynamométriques prises par MM. Chrétien et Félix, tant à l'usine que sur le terrain. la moitié de la

puissance empruntée à l'usine était, en moyenne, transmise à la charrue.

La charrue de Sermaize labourait de 30 à 40 ares par heure, c'est-à-dire 3 à 4 hec-

tares dans une journée de dix heures.

MM. Félix et Chrétien appliquèrent le même système de transmission à décharger les bateaux qui amenaient les betteraves à

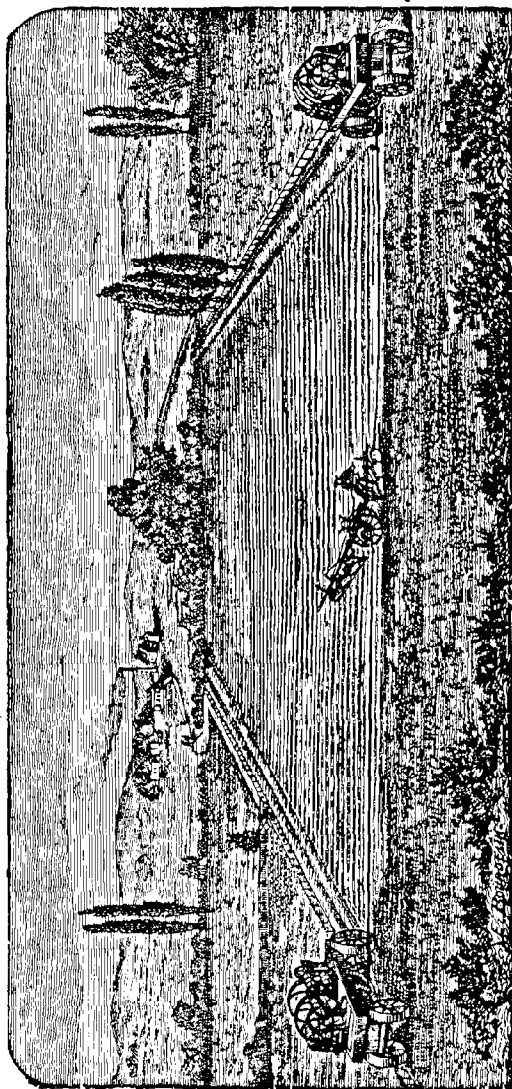


Fig. 202. — Labourage par l'électricité de la ferme-sucrière de Sermaize.

la sucrerie de Sermaize, et à en charger les wagons qui les transportaient à l'usine.

Le succès des expériences pour l'emploi de l'électricité comme force motrice, faites à Sermaize, a conduit à entreprendre les mêmes essais pour une série d'autres travaux mécaniques.

M. Arbey, par exemple, a fait usage de ce moyen pour mouvoir deux scies, l'une rotative, servant à diviser en planches des troncs d'arbres entiers, l'autre verticale, faisant des travaux plus délicats.

M. Piat a fait l'application du même système à une *hacheuse* de M. Chénot, actionnant, dans les carrières, des concasseurs de

pierre, ainsi qu'un marteau-pilon fort ingénieux.

J. Barral, qui a résumé, dans une brochure publiée en 1882, les résultats des diverses tentatives faites pour appliquer l'électricité aux travaux agricoles, mentionne également l'application de l'électricité pour commander des pompes centrifuges.

« Sur l'axe de la pompe, dit J. Barral, on fixe une poulie qui est entraînée par la simple friction des galets montés sur la machine Gramme. Un levier qu'on manœuvre sans effort, à la main, augmente ou diminue l'adhérence, pour accélérer ou ralentir la vitesse de la pompe. Ces grandes pompes rotatives sont employées aujourd'hui aux usages les plus variés sur les bords de la mer, par exemple dans les wakings du Nord, dont le sol est au-dessous du niveau des eaux, on les emploie pour faire des dessèchements ; dans le Midi, on les utilise pour les irrigations et pour la submersion des vignes. C'est ainsi qu'actuellement, dans l'arrondissement de Béziers, M. Dumont organise des installations pour appliquer la transmission électrique à la submersion des vignes. L'avantage est manifeste, si l'on considère qu'on n'a plus besoin de monter une machine à vapeur à côté de chaque pompe, si l'on remarque en outre qu'avec les machines électriques prenant leur force sur une machine fixe à vapeur centrale, on peut employer les moteurs à condensation et diminuer de beaucoup la quantité de combustible nécessaire. »

D'autres essais, faits en 1884, dans quelques usines, pour transporter la force à distance, ont donné également de bons résultats.

M. H. de Parville, dans son ouvrage *L'Électricité et ses applications*, expose en ces termes les applications les plus intéressantes du transport de la force, faites après les essais de MM. Félix et Chrétien à Sermaize :

« A la fonderie de Ruelle, on commande électriquement à distance des machines-outils, des perceuses, etc. Dans les magasins de la Belle-Jardinière à Paris, on fait passer par un fil la force de la machine à vapeur qui est dans les caves au quatrième et au cinquième étages, et on fait mouvoir ainsi des machines à coudre, des scies à rubans, etc. Aux Magasins du Louvre un fil suspendu à travers la rue Saint-Honoré, envoie de la force empruntée au moteur placé dans les caves, jusque dans la rue de Valois, à 150 mètres de distance.

Depuis deux ans, les applications se multiplient. On commence déjà à commander dans les mines certains appareils par transmission électrique. Le moteur est installé près des puits, et la force est conduite dans les galeries souterraines par un fil métallique. En Suisse et dans quelques villes d'eau des Pyrénées, on se sert de la force de petits torrents pour produire la lumière électrique nécessaire à l'éclairage des hôtels. A Saint-Moritz, dans les Grisons, on voit un étincelant foyer de lumière alimenté par la chute d'un petit torrent.

L'Exposition renfermait, du reste, des exemples très nombreux et bien choisis des transmissions électriques. Si toutes les machines fonctionnaient sans moteur apparent, sans bruit, sans embarras, c'est que la force leur était envoyée télégraphiquement. L'électricité fabriquée dans la galerie parallèle à la Seine arrivait par les nombreux fils qui couraient dans l'espace et le long des murs jusqu'aux petits moteurs dynamo-électriques. On poussait un bouton, et tout s'ébranlait, sans plus de cérémonie. C'est ainsi que fonctionnaient les outils, raboteuses, foreuses, tours, machines à coudre, brodeuses, tisseuses, etc. Une pompe Nent et Dumont élevait et refoulait de l'eau, empruntant sa force par un fil à un moteur à vapeur de 20 chevaux installé sous la galerie sud. En 1867, il y a quatorze ans, la même pompe Nent et Dumont fonctionnait au Champ-de-Mars, actionnée à distance par un câble télodynamique Hira. Aujourd'hui le câble s'est avancé au point de devenir un fil, et, au lieu de porter la force à quelques kilomètres, il la transporterait tout aussi bien jusqu'à Rouen, jusqu'à Lyon.

A côté travaillait la perforatrice à diamant noir de M. Taverdan. Aujourd'hui on emploie l'air comprimé pour la commande des perforatrices au fond des tunnels. C'est ainsi que l'on a percé les trous de mines au mont Cenis et au Saint-Gothard. La transmission par air comprimé entraîne l'établissement et l'entretien de tuyaux, qu'il faut continuellement allonger et déplacer. C'est coûteux, incommode, et le rendement de force transmise peut descendre jusqu'à 5 pour 100 de la force employée. Avec un fil qui se déroulera à mesure des besoins, on transportera la force au front de taille relativement sans frais, et avec un rendement de 50 pour 100. La perforatrice de l'Exposition donnait très bien une idée des avantages que l'on obtiendra dans ce cas avec le système électrique.

Les différents ventilateurs du Palais, notamment le ventilateur de MM. Geneste et Herscher, qui amenait l'air dans les salons hermétiquement clos des auditions téléphoniques, étaient mus par transmission électrique. En un mot, tout, à l'Exposition fonctionnait électriquement. L'électricité y régnait sans partage.

Une application intéressante frappait surtout

visiteur : l'ascenseur électrique installé au sud-est du Palais, imaginé par MM. Siemens frères de Berlin. On peut décrire l'ascenseur en quelques lignes.

On voyait, s'élevant au milieu de la cage de l'ascenseur et dans toute sa hauteur, une solide tige de fer ressemblant à une crémaillère. Cette tige tra-

verse à frottement la plate-forme, où prennent place dix personnes. Une petite machine dynamo électrique est cachée sous le plancher de la plate-forme. On lui envoie de l'électricité par un fil ; elle se met à tourner, et elle entraîne dans son mouvement deux pignons dentés, symétrique-

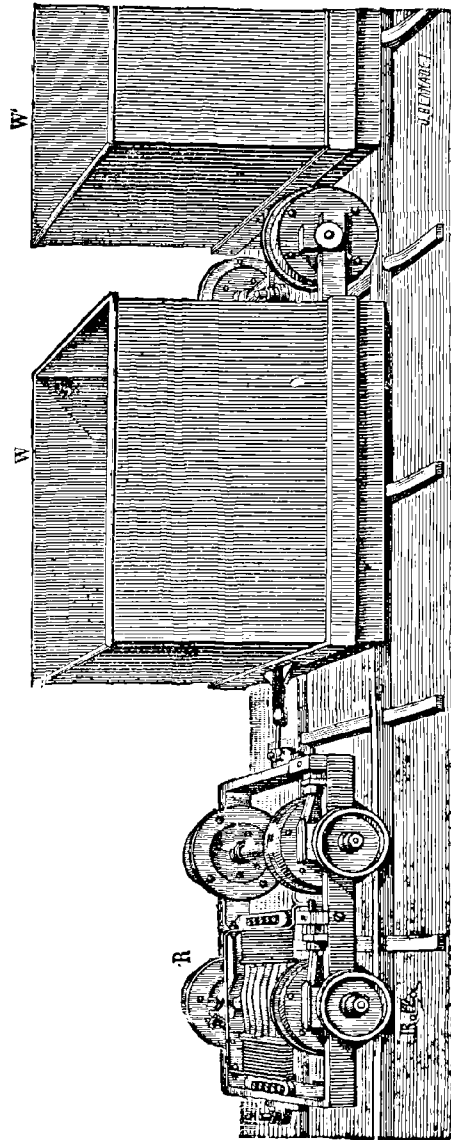


Fig. 203. — Le petit tramway électrique postal de M. Werner Siemens.

R, remorqueur électro-magnétique, composé d'une bobine Siemens ; W W', petits wagons portant les lettres et paquets.

ment disposés, qui engrènent les dents de la crémaillère : la plate-forme se hisse ainsi le long de la tige centrale ; comme l'électricité arrive continuellement le long de la tige à la machine, la plate-forme monte jusqu'à ce qu'on l'arrête. Pour redescendre, on renverse le sens du courant ; la machine tournant en sens contraire, le pignon engrène dent par dent, et s'abaisse comme on descendrait une par une les marches d'un escalier. La plate-

forme suit et ramène au rez-de-chaussée les dix personnes qu'elle avait emportées. Si le courant n'arrive plus, soit qu'il soit interrompu volontairement ou involontairement, la roue dentée à crochet reste engrenée avec les deux crémaillères, et la plate-forme se maintient suspendue. Plus d'accident à redouter, plus de piston profond, plus besoin d'eau !

L'application de l'électricité au labourage

faite à la sucrerie de Sermaize par MM. Chrétien et Félix, devait conduire à essayer la traction, par le même système, des convois de chemins de fer. Cette innovation ne tarda pas à être réalisée.

C'est à M. Werner Siemens, de Berlin, qu'est dû l'honneur de la première tentative de ce genre.

M. Werner Siemens avait présumé à l'application de la traction électrique sur les voies ferrées, par une autre invention, plus modeste, et pour ainsi dire, préparatoire. Nous voulons parler du *chemin de fer électrique postal*, qui fut réalisé à Berlin, en 1880, d'après l'idée qu'avait émise, en 1879, M. Ch. Bontemps, employé des télégraphes français. C'était une sorte de petit chemin de fer portatif, dont l'électricité était le moteur. Une bobine Siemens, tournant de son propre mouvement, établie sur le remorqueur, entraînait les roues d'un petit chariot sur les rails, et avec lui, une série de boîtes, où l'on déposait les lettres et les petits paquets.

Le *chemin de fer postal* de M. Werner Siemens était destiné, dans la pensée de l'inventeur, M. Ch. Bontemps, et de M. Werner Siemens, qui avait réalisé pratiquement cette idée, à faire le service du transport des lettres dans les villes, avec plus d'avantages que ne le font les tubes pneumatiques. Cependant cette ingénieuse invention ne fut pas appliquée à Berlin, à cause de quelques difficultés d'installation, et de la place que l'appareil aurait exigée. On ne doit pas, toutefois, la considérer comme abandonnée. Elle trouvera un jour ou l'autre son application.

La figure 203 donne l'idée du petit *tramway postal* disposé par M. Werner Siemens.

Il faut dire, toutefois, qu'avant même M. Siemens, M. Marcel Deprez avait réalisé le projet de M. Ch. Bontemps, de concert avec ce dernier.

Un petit chemin de fer postal avait été

installé, à titre d'essai, par M. Marcel Deprez, dans la cour de l'administration des télégraphes, et le résultat de cet essai n'avait rien laissé à désirer.

Cependant, pas plus à Paris qu'à Berlin, le projet de remplacer les tubes pneumatiques, dans le service postal, par une petite locomotive électrique, ne fut adopté par l'administration.

Arrivons au *chemin de fer électrique* de M. Werner Siemens.

C'est à l'Exposition d'électricité de Berlin, en 1879, qu'apparut, pour la première fois, le système de transport électrique des convois sur les voies ferrées, réalisé par M. Werner Siemens. Ce spécimen était, toutefois, de proportions très réduites; ce n'était qu'une sorte de joujou. Cependant, le principe était posé: on voyait, pour la première fois, un moteur électrique se déplacer, entraînant un poids sur des rails.

Chacun comprend immédiatement quels sont les avantages d'une telle disposition pour les voies ferrées. Avec les locomotives, le moteur est obligé de dépenser une grande partie de sa force à traîner son énorme masse, à se remorquer lui-même. Avec la traction électrique, rien de pareil: la voiture ne supporte que le poids de la machine électro-magnétique réceptrice; le générateur d'électricité est placé en un point quelconque; et l'électricité, grâce à sa merveilleuse faculté de transport, court le long d'un fil conducteur, pour venir animer le moteur. Si l'on considère qu'une locomotive pèse autant à elle seule qu'un convoi entier, on comprendra de quel avantage serait l'électricité employée comme moteur dans les chemins de fer. Débarrassé de l'énorme poids qu'il lui fallait traîner, le moteur gagne le double en puissance.

Le système de transport sur les voies ferrées de M. Werner Siemens, se composait d'une machine dynamo-électrique montée

sur des roues, et en rapport avec une machine dynamo-électrique fixe, qui lui fournissait l'électricité. Les véhicules que remorquaient cette locomotive électrique étaient de petits chariots très bas, portant une banquette à deux faces.

Le conducteur qui amenait l'électricité à la machine dynamo-électrique, était une barre de fer placée entre les deux rails, isolée au moyen de blocs de bois, et sur laquelle frottaient, en passant, les lames flexibles reliées à la machine réceptrice.

Ce n'était encore là que l'embryon du système de traction électrique sur les voies ferrées, mais l'embryon devait se développer. Avant même l'Exposition d'électricité de Paris, c'est-à-dire au mois de mai 1881, un véritable service de tramways électriques fut inauguré à Berlin, entre l'École des Cadets et Lichtenfeld, sur une distance de 2450 mètres.

Nous nous bornons à mentionner en quelques lignes le point de départ du chemin de fer à traction électrique, parce que nous aurons à traiter ce sujet d'une manière spéciale dans la suite de ce volume, c'est-à-dire à parler des chemins de fer électriques dans la Notice générale sur les voies ferrées.

La création du chemin de fer électrique de Berlin aurait suffi pour rendre célèbre le nom de M. Werner Siemens. Mais cette invention n'est qu'une des nombreuses créations, dans l'ordre mécanique, que l'on doit à M. Werner Siemens, ou plutôt aux frères Siemens. En effet, la famille Siemens forme, dans la science et dans l'industrie, une sorte de dynastie, qui s'étend à l'Allemagne, à l'Angleterre et à la Russie. L'inventeur du chemin de fer électrique est M. Werner Siemens, le *Siemens de Berlin*, comme on l'appelle, par opposition au *Siemens de Londres*, ou William Siemens. Le *Siemens de Russie* est M. Carl Siemens. Un autre, Fré-

déric Siemens, est directeur de très importantes verreries en Bohême, et d'établissements industriels à Dresde.

Le chef de cette famille justement célèbre, M. Werner Siemens, est né le 13 décembre 1816, à Lenthe (Hanovre), dans cette ville où, un siècle auparavant, mourait l'illustre



M. Werner Siemens.

Leibniz. Sa famille ne négligea rien pour faire de lui un homme utile et distingué. On l'envoya de bonne heure au gymnase de Lubeck, où il fit toutes ses études universitaires. Il en sortit à l'âge de dix-huit ans, pour entrer dans l'artillerie prussienne. En 1837, M. Werner Siemens fut nommé officier dans cette arme; ce qui lui permit de satisfaire, dans une certaine mesure, sa passion naturelle pour les sciences physiques et leurs applications.

M. Werner Siemens resta jusqu'en 1849

dans l'armée active, qu'il quitta alors définitivement, pour se consacrer exclusivement à la mise en pratique des nouvelles découvertes en électricité.

Il était encore au service lorsqu'il établit en Prusse les premières lignes télégraphiques dont ce pays fut pourvu, et dont l'exécution avait été confiée à l'État-major prussien.

M. Werner Siemens avait déjà, en 1847, proposé l'emploi de la gutta-percha pour la préservation des lignes télégraphiques souterraines. Un an plus tard, il faisait, dans le port de Kiel, à l'aide de fils de gutta-percha, d'intéressantes expériences sur un nouveau système de torpilles.

Ces divers travaux, entrepris avec une supériorité de vues incontestable et une singulière dextérité pratique, avaient attiré l'attention de l'Académie de Berlin, qui, en 1850, admettait dans ses rangs leur laborieux auteur. Quelques années plus tard, M. Werner Siemens devenait correspondant étranger de l'Académie des sciences de Paris.

M. Werner Siemens ayant quitté l'armée, en 1850, fonda à Berlin l'importante usine *Siemens et Halske*, qui figure au premier rang des établissements consacrés à la fabrication des machines et engins se rapportant à l'électricité.

En 1865, M. Werner Siemens créa en Russie le système de l'expédition des dépêches par l'air comprimé. Son frère, William Siemens, l'établissait, en 1870, en Angleterre.

Parmi les autres inventions qu'on doit à M. Werner Siemens, nous signalerons sa *poulie-signal*, à l'usage des chemins de fer, — un *alcoomètre* particulier, — enfin sa lampe électrique à *compensation*, dont nous avons parlé dans le cours de ce volume, et qui éclaire, à Paris, l'Éden-Théâtre.

Ce célèbre physicien-constructeur appartient à la plupart des académies de l'Eu-

rope. Il fut, pendant quelque temps, membre du parlement de Berlin.

La fortune s'est montrée libérale pour le fécond inventeur. Mais M. Werner Siemens, guidé par un cœur excellent, sait faire un emploi intelligent et généreux de sa fortune. Il a présidé seul à l'éducation de ses frères, dont l'un, William Siemens, qui occupait en Angleterre une position considérable, est mort à Londres, le 19 novembre 1883.

William Siemens, qui s'était fait naturaliser Anglais, était né à Lenthe (Hanovre) en 1823. Il entra à l'École polytechnique de Magdebourg, ensuite à l'Université de Göttingue. Chargé par son frère, Werner, de faire connaître et breveter en Angleterre un nouveau procédé de dorure galvanique, il finit par créer en Angleterre un établissement analogue à celui de Berlin.

William Siemens imagina, en 1851, son *compteur à eau*, qui est encore très répandu en Angleterre et dans d'autres pays. Son fourneau à *gaz régénérateur*, imaginé de concert avec son frère, Frédéric, fut une précieuse innovation, car il amena la découverte d'un nouveau procédé de fabrication de l'acier au moyen de ce fourneau, et ce procédé rend les plus grands services à la métallurgie de la Grande-Bretagne.

William Siemens était une des premières autorités dans les questions de lumière électrique. Personne n'a autant que lui contribué au progrès et à la diffusion des industries ayant l'électricité pour base. C'est William Siemens qui fit tous les plans pour la construction et pour la pose du premier câble sous-marin transatlantique. Il fit construire à Newcastle, chez M. Mitchell, le steamer *le Faraday*, pour les études relatives à ce grand travail.

C'est M. Carl Siemens, son frère, qui exécuta l'entreprise difficile de la pose, au fond de l'Océan, du premier câble sous-

marin allant de l'Irlande aux États-Unis. C'est enfin dans l'usine télégraphique de MM. Siemens frères, à Woolwich, que fut construit le câble sous-marin pour la ligne Indo-Européenne.

En reconnaissance des services qu'il avait rendus à la science et à sa patrie d'adoption, la reine d'Angleterre conféra à William Siemens le titre de chevalier, et la plupart des sociétés savantes de l'Europe avaient tenu à honneur d'inscrire son nom sur la liste de leurs membres titulaires ou correspondants.

William Siemens, comme son frère de Berlin, réunissait en lui le génie de la recherche scientifique et celui de l'application pratique. Il appartenait à cette classe d'ingénieurs, dont le nombre tend à s'accroître aujourd'hui, et qui, après de profondes recherches dans le domaine de la théorie, démontrent la justesse de leurs vues par la construction de machines et d'appareils, où prennent visiblement corps toutes les conceptions de leur pensée.

William Siemens a décrit lui-même, dans une série de petites publications, toutes ses inventions, qui ont, pour la plupart, une grande portée industrielle. En outre, il a publié de nombreux mémoires sur diverses branches de l'industrie du fer et de l'acier, sur la télégraphie et sur la transformation pratique de la chaleur en force, en magnétisme et en électricité.

Un de ses derniers travaux est sa théorie de la constitution du soleil. Le Dr Siemens développe, dans ce mémoire, l'ingénieuse hypothèse d'une action électrique du soleil s'exerçant sur les diverses planètes.

CHAPITRE X

M. MARCEL DEPREZ, SA VIE ET SES TRAVAUX. — LES APPAREILS DE M. MARCEL DEPREZ POUR LE TRANSPORT DE LA FORCE PAR L'ÉLECTRICITÉ A L'EXPOSITION D'ÉLECTRICITÉ DE PARIS EN 1881.

C'est à l'Exposition d'électricité de Paris, en 1881, que l'on eut, pour la première fois, en France, une idée du résultat des travaux de M. Marcel Deprez sur le transport de la force à grande distance par l'électricité. Beaucoup de systèmes analogues se voyaient à cette même Exposition; mais, plus que tout autre, celui de M. Marcel Deprez attirait l'attention des savants. Comme dans tous ces systèmes, on trouvait, à l'origine, une machine dynamo-électrique, mise en mouvement par un moteur; seulement, dans l'installation de M. Marcel Deprez, le moteur électrique était complexe, et composé de deux machines associées, l'une, analogue à la machine Gramme et produisant l'électricité, l'autre pourvue d'organes particuliers, fonctionnant partie mécaniquement, partie à la main, et dont la description nous mènerait trop loin.

La figure 205 donne l'idée de cet ensemble. On voit la machine dynamo-électrique, A, en tout semblable à la machine Gramme. Sur la table plane, B, qui surmonte la machine productrice d'électricité, est la série d'organes destinés à distribuer le courant dans telle ou telle direction, au moyen de petites bornes de cuivre, *b, b' b''*.

De ce générateur de force partait, comme dans toutes les installations de ce genre, un système de deux fils emportant le courant électrique; mais, et c'est là le point caractéristique qui rendait l'exposition de M. Marcel Deprez intéressante, au lieu d'aller à une seule machine mise en mouvement par le courant, on voyait tout le long de ces fils conducteurs, sur une étendue d'environ 1800 mètres, des fils

secondaires se détacher, pour aller animer, chacun, son petit moteur électrique et sa machine-outil. La machine principale donnait ainsi le mouvement et la vie à une série d'environ vingt-sept appareils distincts, tous indépendants, et représentant autant d'ateliers ou de domiciles particuliers. Ce fut là le premier exemple de la distribution électrique de la force.

Avant d'exposer les travaux de M. Marcel

Deprez sur le transport de la force, nous donnerons quelques renseignements biographiques sur ce physicien éminent; et cela d'autant plus que M. Marcel Deprez est français, et qu'il représente une génération d'électriciens qui, continuant les travaux d'Ampère et d'Arago, conserveront à la France, dans la science électrique, la brillante place qu'elle conquiert pendant les premières années de notre siècle.

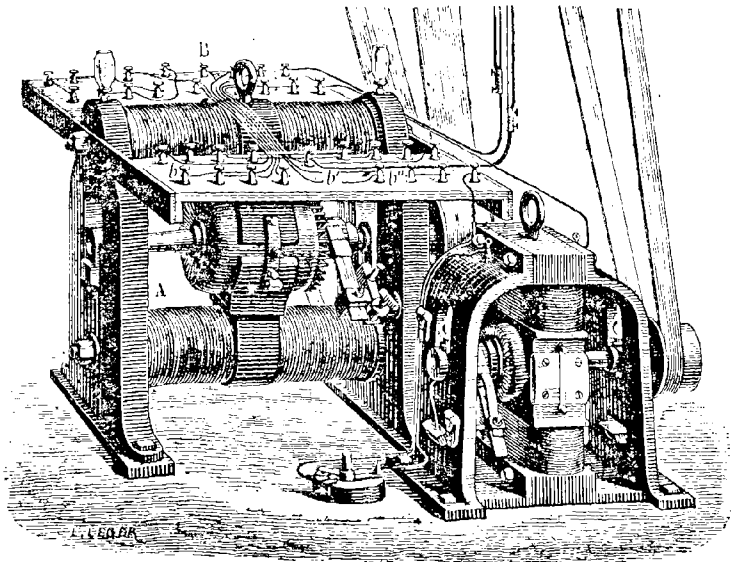


Fig. 205. — Machine distribuant le courant électrique.

M. Marcel Deprez est né le 19 décembre 1843, à Châtillon-sur-Loing, qui est également le lieu de naissance du physicien Antoine César Becquerel, père de M. Edmond Becquerel, et dont les travaux sur l'électricité furent si nombreux et si appréciés.

Sa vocation spéciale pour la mécanique se révéla, chez lui, dès le commencement de ses études. Et quand nous parlons de mécanique, nous n'entendons pas cette science banale qui consiste seulement à combiner des leviers ou des roues; mais cette science, immense par son étendue, qui comprend l'étude entière de la force et

du mouvement, depuis le calcul des révolutions célestes jusqu'aux mouvements intimes et moléculaires des corps; qui embrasse la marche des astres, comme celle de la plus humble machine. Cette science en suppose beaucoup d'autres. Elle exige une possession approfondie des mathématiques supérieures, et une compréhension complète des parties de la physique où l'on étudie les agents qui se rattachent à la force, tels que la chaleur et l'électricité.

M. Marcel Deprez n'est pas passé par les écoles savantes: il n'a été élève ni de l'École polytechnique, ni de l'École centrale. Vers sa vingtième année, il entra, comme secré-

taire, auprès de M. Combes (de l'Institut), directeur de l'École des mines, et ingénieur d'un rare mérite. Il trouva là un milieu scientifique propre à favoriser ses études, sous la protection assurée d'un savant éminent.

L'esprit inventif de M. Marcel Deprez se montra dès cette époque.

Ses travaux peuvent être rangés en trois séries : les premiers, relatifs aux machines à vapeur, les seconds relatifs à l'étude des pressions élevées, des mouvements très rapides et très peu étendus, les derniers concernant l'électricité.

Pour la première série, il indiqua des modes nouveaux et très avantageux de distribution de la vapeur ; pour la seconde, il créa des appareils permettant de mesurer et d'enregistrer les prodigieuses pressions produites par les gaz détonant dans l'âme d'un canon, ainsi que les vitesses énormes imprimées au projectile, dans un temps excessivement court.

Des mêmes principes mathématiques, M. Marcel Deprez fit sortir un mode de mesure des pressions et des vitesses dans les chemins de fer. Comme application de ces données, il construisit un *wagon-dynamomètre*, qui est aujourd'hui en usage sur le réseau de l'Est, à l'aide duquel on peut se rendre compte de tous les éléments de la marche du train, vitesse, travail dépensé, etc., et les enregistrer automatiquement.

Mais c'est surtout par ses recherches sur le transport de la force au moyen du courant électrique que M. Marcel Deprez s'est fait connaître. Arrivons donc à cet ordre de travaux.

CHAPITRE XIII

DIFFICULTÉS PROPRES AU TRANSPORT DE L'ÉLECTRICITÉ A GRANDE DISTANCE. — EXPÉRIENCE FAITE PAR M. MARCEL DEPREZ, A L'EXPOSITION DE MUNICH, EN 1881. — EXPÉRIENCE FAITE A PARIS, EN 1883, A LA GARE DU NORD. — L'EXPÉRIENCE DE GRENOBLE.

Le principe de la *réversibilité* des machines dynamo-électriques étant le point



M. Marcel Deprez.

essentiel du transport de la force par l'électricité, et ce principe ayant été présenté au public dès l'année 1873, ainsi que nous l'avons raconté, on se demande quelles sont les difficultés qui ont empêché le transport de la force d'entrer dans la pratique ; comment il n'a pas été appliqué dès l'abord, et quels progrès il restait à accomplir pour le faire adopter dans l'industrie.

Ces difficultés, les voici.

Dans les premières expériences que l'on fit sur ce sujet, on reconnut que le trans-

port électrique de la force entraînait une perte notable, et que l'on ne pouvait jamais recueillir tout ce qu'on avait dépensé. Il n'y a, du reste, là rien de surprenant. En mécanique, comme dans l'ordre social, tout service se paye; ce n'est qu'au prix d'une certaine perte que l'on obtient un avantage quelconque. La proportion entre la force effective que l'on recueille et celle que l'on perd, est ce que l'on nomme le *rendement*. Votre moteur, à son point de départ, développe une puissance de 20 chevaux-vapeur; à l'arrivée, votre récepteur électrique ne permet d'en utiliser que 10 : le *rendement* est de 50 pour 100.

Les premières expériences faites, après la célèbre expérience de labourage électrique de la ferme-sucrerie de Sermaize, que nous avons rapportée plus haut, firent reconnaître que, dès que la distance entre les deux machines devenait un peu grande, le *rendement* s'abaissait rapidement; si bien qu'au bout de quelques centaines de mètres, on ne récupérait plus qu'une fraction insignifiante de la force primitive.

On sut bientôt ce qui occasionnait cette perte. Pour se rendre d'une des machines à l'autre, l'électricité doit suivre un fil conducteur. Pendant ce trajet, elle rencontre dans le fil une certaine résistance, qui entrave sa marche; en sorte qu'elle dépense son énergie en chemin, et qu'au bout d'une certaine distance, elle n'est plus en état de fournir du travail. Plus le fil est long, plus la résistance au passage de l'électricité est grande, et, par conséquent, plus le transport perd de son efficacité.

On possède, il est vrai, le moyen de triompher de la résistance du conducteur. Tous les physiciens savent que plus un conducteur est gros, moins il oppose de résistance au passage de l'électricité : c'est pour cela que la terre est le meilleur de tous les conducteurs, en raison de son énorme masse. Il suffirait donc de prendre

un fil assez gros pour supprimer, ou, au moins, pour diminuer, à volonté, la résistance que rencontre l'électricité dans son voyage d'une machine à l'autre. Ceci est de toute évidence : en employant un conducteur d'une grosseur suffisante, on pourrait opérer le transport de la force à une distance quelconque. Seulement, pour grossir ainsi le fil, il faut employer des quantités considérables de métal, ce qui devient excessivement cher. Avec un gros conducteur le transport n'aurait aucun avantage; car, on le comprend bien, si l'on recueille des forces, c'est pour les utiliser; et si leur transport est par trop coûteux, il faut y renoncer. Pour que l'opération soit rémunératrice, il faut nécessairement faire usage de fils fins et peu coûteux.

D'autre part, les transports à petite distance, tels que ceux dont nous avons parlé, et qui ont été tentés depuis l'année 1873, seraient, dans la pratique industrielle, tout à fait inutiles. En effet, si une grande force, une puissante chute d'eau, par exemple, se trouve à peu de distance d'un centre de fabrication, les usines iront bien la trouver, elles s'établiront à ses alentours. Ce n'est que dans le cas où la source d'énergie mécanique est très éloignée qu'il est utile d'amener la force à l'usine. Dans ces conditions seulement, le transport électrique trouve sa véritable utilité, et s'impose, pour ainsi dire.

Il faut donc accepter ces deux conditions : grande distance et fil fin, c'est-à-dire forte résistance entre les deux machines, résultant de cette double obligation.

Tel était l'obstacle qu'avaient rencontré les auteurs des premières expériences sur le transport de la force, et ils n'avaient pu en triompher. La question n'avancait pas; on commençait même à mettre en doute l'exactitude des principes sur lesquels reposait l'entreprise, lorsque M. Marcel Deprez commença à s'occuper de cette

question, et parvint à trouver la solution cherchée.

On peut dire, en un seul mot, par quel moyen M. Marcel Deprez triompha de la difficulté qui nous occupe : ce fut en employant l'électricité à haute tension. L'électricité se comporte, en effet, comme le ferait un corps peu compressible, l'eau, par exemple. Si l'on veut transmettre beaucoup de force au moyen de l'eau, comme dans la presse hydraulique, il faut en employer peu, en lui faisant supporter de fortes pressions. On ne saurait dire au juste ce que c'est que la *tension* de l'électricité, mais il est certain que l'électricité se comporte comme un liquide soumis à une pression ; en sorte qu'une petite quantité d'électricité fortement tendue peut transmettre beaucoup de travail. Or, la perte d'électricité qu'on est obligé de subir quand on transporte la force par un fil conducteur, ne dépend pas de la *tension*, elle dépend seulement de la quantité d'électricité qui passe. Pour augmenter à volonté la force qu'on recueille, sans augmenter la perte, il faut donc accroître le degré de la *tension* électrique.

Arrêtons-nous un instant sur ce qu'il faut entendre par la *tension électrique*. Nous avons comparé la tension de l'électricité à la compression de l'eau, et l'assimilation est exacte. Quel travail peut-on obtenir d'un mètre cube d'eau ? Personne ne peut le dire. Cela dépend de la hauteur de la chute, qui rendra ce mètre cube d'autant plus puissant en effets mécaniques, qu'il tombera d'une plus grande hauteur. Une certaine quantité d'électricité peut, de même, suivant la façon dont elle est produite ou accumulée, se présenter avec une pression plus ou moins grande. Prenons une machine électrique à frottement, donnant de l'électricité statique, et essayons d'en tirer une étincelle ; nous en obtiendrons à 1 millimètre d'abord, puis à 1 centimètre, ensuite plus loin. Toutes les étincelles sont à peu près pareilles, il n'y a

pas plus d'électricité dans l'une que dans l'autre ; mais, pour franchir une distance d'un centimètre, il faut à l'électricité plus de *tension* que pour franchir un millimètre.

Dans les machines dynamo-électriques, qui sont aujourd'hui nos producteurs industriels d'électricité, la tension, dans une machine donnée, s'accroît avec la vitesse de rotation ; seulement, cela se conçoit, on ne peut augmenter indéfiniment la vitesse de cette machine. Les premières machines qui furent construites ne donnaient pas de tensions élevées, même en accélérant leur mouvement jusqu'à leur limite. Pour dépasser ces résultats, il fallut modifier l'appareil lui-même, dans un sens alors ignoré.

Voilà donc ce que les physiciens entendent par la *tension* de l'électricité.

L'influence de la *tension* sur le transport était vaguement aperçue avant les travaux de M. Marcel Deprez, lesquels furent entrepris par lui en 1879. Seulement, on n'était pas pour cela très avancé ; car si l'on comprenait qu'il fallait marcher vers la haute tension, on ne savait ni comment l'employer, ni même comment la produire.

M. Marcel Deprez commença par étudier les lois du transport électrique de la force, et il les formula d'une façon simple et claire. Il posa en fait que le *rendement* ne devait pas forcément s'affaiblir avec l'accroissement de la distance, et formula ce principe, devenu célèbre, que le *rendement* est, théoriquement, *indépendant de la distance*. Ensuite, en s'appuyant sur les seules et peu nombreuses expériences faites jusque-là avec les machines dynamo-électriques, il montra quelles devaient être les dispositions nouvelles des machines dynamo-électriques, pour donner, à coup sûr, une tension déterminée au courant.

M. Marcel Deprez exposa pour la pre-

mière fois, ces idées, au Congrès international d'électricité de Paris, en 1881.

Il chercha ensuite à faire passer dans les faits ce qu'il avait conçu dans son esprit.

Après celle de Paris, une Exposition d'é-

lectricité s'était ouverte à Munich. C'était en 1882, M. Marcel Deprez venait de communiquer à la commission officielle de cette Exposition ses théories sur le transport de la force. On lui demanda de les appliquer immédiatement. On lui pro-

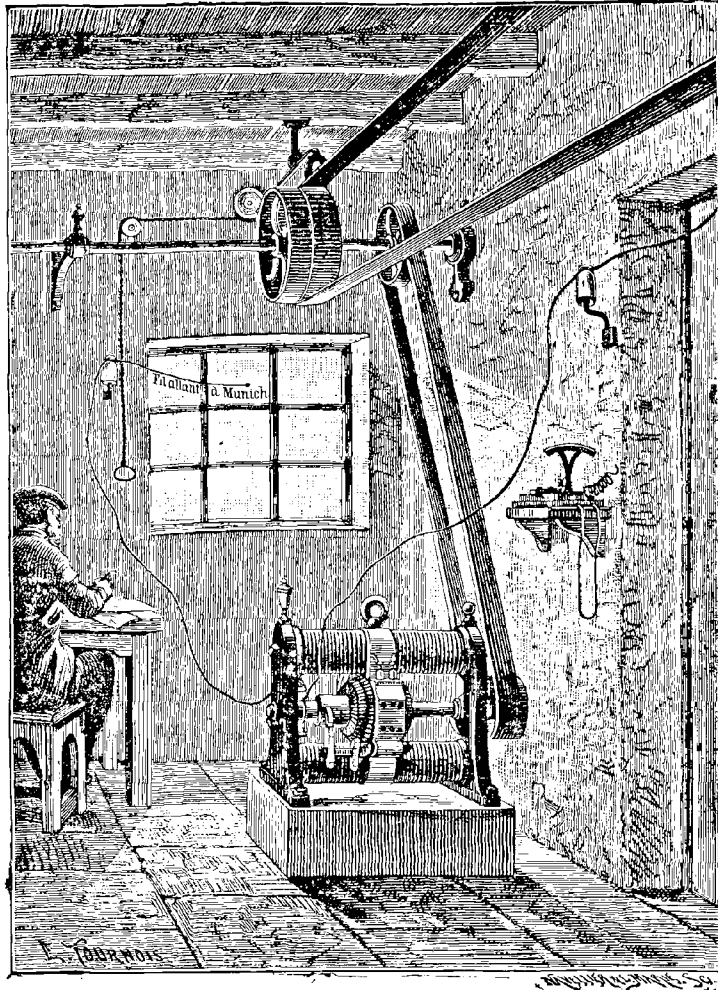


Fig. 207. — Machine dynamo-électrique génératrice d'électricité, de M. Marcel Deprez, ayant fonctionné à Miesbach, pour le transport du courant électrique à Munich, en 1882.

posa, dans ce but, une ligne télégraphique qui n'avait pas moins de 50 kilomètres de longueur. Rien d'analogue n'avait encore été fait; la distance qu'il s'agissait de franchir dépassait tout ce qui avait été vu jusque-là. De plus, on n'avait jamais opéré avec les fils télégraphiques, qui, placés à

l'air, et isolés sans aucuns soins spéciaux, pouvaient faire surgir de graves difficultés.

Malgré les hasards, malgré les craintes de ses amis, M. Marcel Deprez accepta.

Deux machines dynamo-électriques Gramme furent envoyées de Paris en Bavière. L'une fut placée à Miesbach, village

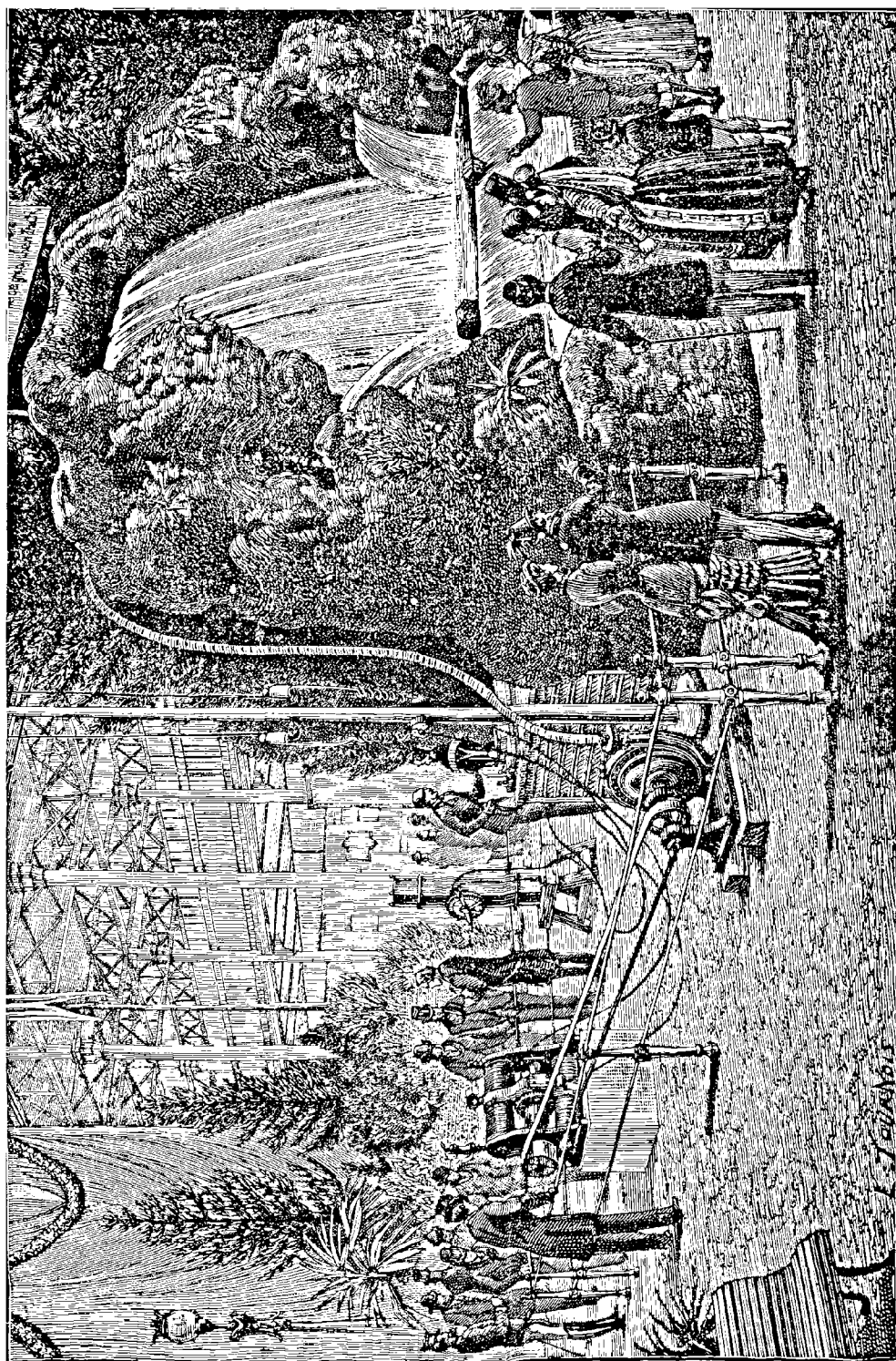


Fig. 208. — Machine dynamo-électrique réceptrice, de M. Deprez, actionnée, à l'Exposition de Munich, à l'Exposition de Munich, par le courant électrique venant de Miesbach (50 kilomètres), et faisant agir une pompe élévatoire et une cascade.

à 57 kilomètres de Munich ; l'autre fut installée au Palais de Cristal, dans cette capitale. Un fil télégraphique de 4 mm. de diamètre, amenait le courant ; un fil semblable le ramenait à la machine génératrice.

La figure 207 représente la machine génératrice de Miesbach, avec le petit local où elle fonctionnait.

Lorsque vint l'heure de cette expérience, tous les membres de la commission allemande se trouvaient réunis ; et il faut bien le dire, tout en ayant demandé l'expérience à l'ingénieur français, ils croyaient peu à son succès. Aussi lorsque, au signal de M. Marcel Deprez, la machine de Munich entra en mouvement, y eut-il un moment de grande anxiété. Mais bientôt éclata un grand et profond enthousiasme : la transmission était parfaite !

La machine de Munich était employée à faire marcher une pompe, qui actionnait une cascade. La figure 208 donne l'idée de cette belle et intéressante expérience.

On constata un travail reçu d'un tiers de cheval-vapeur seulement, et le faible rendement d'environ 30 pour 100.

Le résultat, on le voit, était peu encourageant.

M. Marcel Deprez, qui, à tort ou à raison, était peu satisfait de l'emploi des machines ordinaires, c'est-à-dire, des machines dynamo-électriques Gramme, se mit à faire construire des machines dynamo-électriques conformes à ses théories, c'est-à-dire produisant de l'électricité à haute tension.

On construisit d'abord une seule nouvelle machine dynamo-électrique. Elle devait servir de *génératrice*, c'est-à-dire engendrer le courant électrique par l'action du moteur.

La figure 209 représente ce type nouveau de *machine génératrice*.

Comme toutes les machines dynamo-électriques, elle se compose de deux bobines électro-magnétiques, AB, A'B', mais le

mode d'enroulement du fil diffère de celui qui est en usage dans les machines Gramme et Siemens. Le récepteur des courants, D, ainsi que les balais, EE', ont également été modifiés par M. Marcel Deprez, pour s'adapter à cette machine génératrice, dont l'objet spécial est de produire de l'électricité à haute tension.

Pour machine *réceptrice*, on prit une ancienne machine de Gramme, du plus grand type, que l'on transforma, comme on avait fait déjà.

Cette nouvelle expérience se fit dans les ateliers du chemin de fer du Nord, au mois de mars 1883. Les deux machines *génératrice* et *réceptrice* dont il vient d'être question, étaient côte à côte. Seulement, le fil qui les réunissait allait jusqu'au Bourget, pour revenir ensuite à Paris, et présentait ainsi une longueur totale de 17 kilomètres. Le transport s'opérait donc comme si les machines eussent été à 8 kilomètres et demi l'une et l'autre.

L'expérience du chemin de fer du Nord fut poursuivie par la malchance. La machine de Gramme transformée n'était pas en très bon état, et l'on n'avait pas eu le temps de la réparer. La machine génératrice nouvelle, à son arrivée à la gare du Nord, reçut une averse énorme ; elle fut complètement trempée, condition néfaste pour un tel appareil, dont la conductibilité perd sensiblement, si on le laisse inonder par l'eau.

Cependant, une commission avait été nommée par l'Académie des sciences, pour assister à l'expérience du chemin de fer du Nord ; la commission avait fixé le jour : il fallut opérer, bon gré, mal gré.

En dépit de ces conditions défectueuses, la commission de l'Institut constata un travail reçu de quatre chevaux-vapeur et demi, avec un rendement de 48 pour 100.

Le progrès était manifeste. On avait

obtenu un rendement supérieur à celui de Munich.

L'aspect général de l'expérience du

chemin de fer du Nord est reproduit par la figure 210 (page 373).

Après cette expérience, les demandes

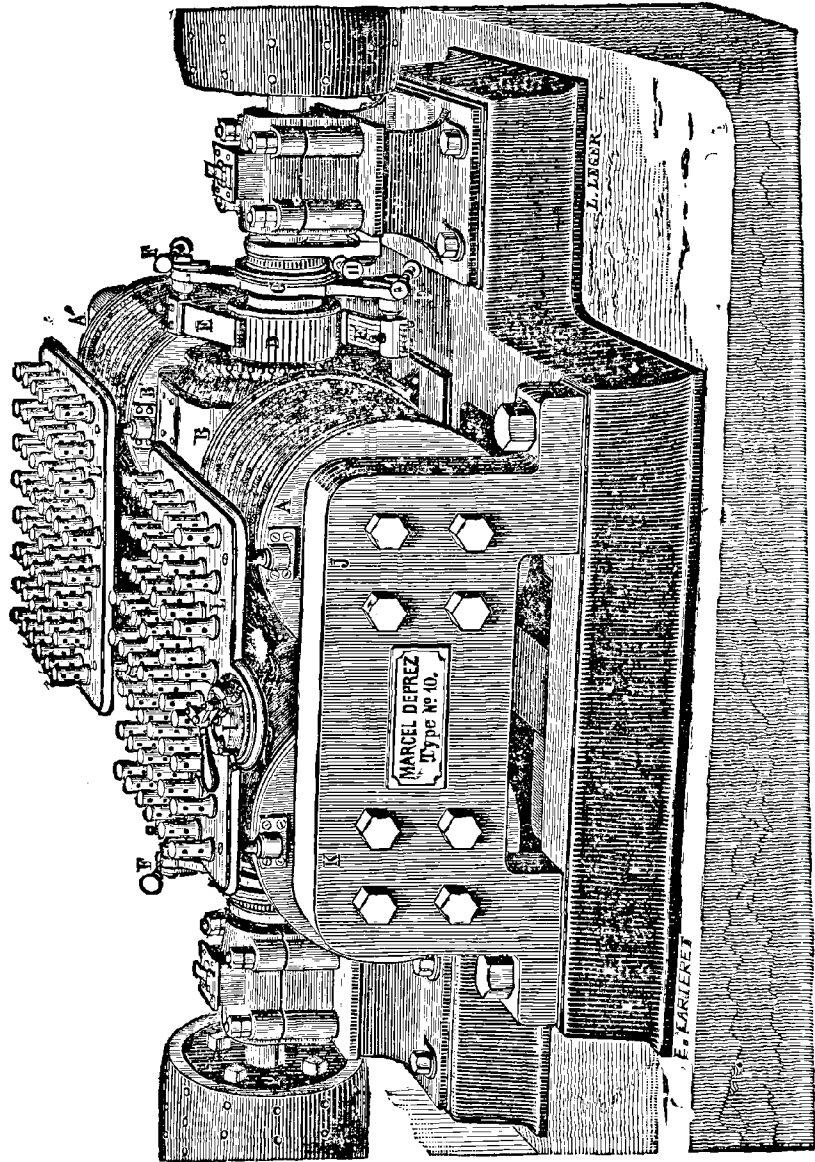


Fig. 209. — Machine dynamo-électrique de M. Marcel Deprez.

d'application commencèrent à arriver à M. Marcel Deprez. Il accepta celle qui était formulée par la ville de Grenoble, pays extrêmement riche en forces naturelles, et résolut de réaliser là une expérience qui fût une véritable application pratique, c'est-à-dire dans laquelle, au lieu d'avoir, comme

à Paris, les deux machines génératrice et réceptrice côte à côte, on se placerait dans les véritables conditions de la nature, à savoir : la force mécanique au loin et la réception de cette force à une grande distance.

Les machines dynamo-électriques qui

avaient servi à Munich, furent employées à Grenoble. La machine génératrice fut installée à Vizille, près d'une puissante chute d'eau; l'autre à Grenoble (distance 14 kilomètres). Les fils conducteurs n'étaient pas les fils du télégraphe électrique, mais des fils en bronze siliceux, qui n'avaient que 2 mm. de diamètre.

C'est dans ces conditions qu'au mois de mai 1883, le transport de la force résultant de la chute d'eau de Vizille fut fait à la ville de Grenoble. Une commission municipale, nommée à cet effet, constata un travail reçu de 7 chevaux-vapeur, avec un rendement de 62 pour 100.

Les expériences durèrent deux mois, en travaillant deux heures chaque jour; ce qui constituait un véritable travail industriel. La population de Grenoble était émerveillée de voir la chute d'eau de Vizille venir faire marcher une cascade, et alimenter des becs d'éclairage électrique, dans le *Hall public*. Le succès fut donc, cette fois, définitivement acquis, et tous les doutes s'évanouirent.

Nous ajouterons, d'ailleurs, qu'on reprit à Grenoble la *distribution électrique de la force*, déjà essayée à l'Exposition de Paris, en 1881, en y joignant, cette fois, l'élément de la distance.

Dans le journal *La Lumière électrique*, du 15 septembre 1883, M. le docteur Cornélius Herz rendait compte sommairement, en ces termes, du résultat des expériences de Vizille à Grenoble :

« Depuis plus de deux mois, des expériences nouvelles de transport et de distribution électrique de la force de 20 chevaux-vapeurs ont été faites par M. Marcel Deprez, de Vizille à Grenoble, à la distance de 14 kilomètres. Le conducteur reliant les deux stations était un fil en bronze siliceux de deux millimètres de diamètre, la force reçue à Grenoble s'est élevée à sept chevaux, et le rendement mécanique industriel a atteint soixante-deux pour cent.

Le transport de la force n'a que quelques années d'existence. Au Congrès d'électricité, en 1881, des contradictions, des doutes, entourèrent l'exposé des

doctrines de M. Marcel Deprez, alors appuyées à peine sur des essais de laboratoire. Deux années ne se sont pas écoulées, et nous voyons aujourd'hui les machines marcher dans des conditions réellement pratiques. Les conséquences de cette découverte sont appréciées de tous : l'accroissement immense de richesse qui résultera de la récolte et de l'apport dans les villes d'une quantité illimitée de force, les heureuses modifications sociales, l'agrandissement de l'initiative individuelle, en seront les premiers effets.

La municipalité de Grenoble, qui exploite elle-même son usine à gaz et qui possède, dans les belles montagnes du Dauphiné, des forces naturelles d'une puissance inépuisable, a suivi, avec le plus vif intérêt, le développement de la découverte de M. Marcel Deprez dans ses progrès successifs à l'Exposition internationale d'électricité en 1884, puis à Miesbach-Munich, en Bavière, en 1882, ensuite au chemin de fer du Nord, à Paris, en 1883.

Le maire, M. Édouard Rey, a voulu créer une œuvre utile à ses concitoyens, et c'est aux frais de la ville que toutes les installations ont été effectuées. Les démonstrations qui viennent d'avoir lieu ont enthousiasmé les populations de l'Isère. »

Après le succès des expériences de Grenoble, MM. de Rothschild se déclaraient prêts à accorder au *Syndicat français d'électricité*, qui dirige l'entreprise de M. Marcel Deprez, leur concours financier, à condition qu'un programme d'expériences à exécuter de Paris à Creil serait rempli par ce physicien. Ce programme, arrêté par les ingénieurs du chemin de fer du Nord, était le suivant :

« Le problème du transport à distance de la force par l'électricité doit être résolu à divers points de vue pour que la solution ait une valeur industrielle.

« Il faut démontrer la possibilité technique du transport, sans danger, d'une grande force à une grande distance.

« Il faut s'assurer de la résistance des appareils, machines et conducteurs, à une marche continue de plusieurs mois pendant dix à vingt heures par jour.

« Il faut voir comment se comporteront les appareils électriques avec les faibles variations du moteur, généralement hydraulique, et surtout avec les grandes et brusques variations du travail utilisé.

« Il faut déterminer aussi exactement que possible le rendement des appareils pour diverses valeurs du travail moteur et diverses vitesses des ma-

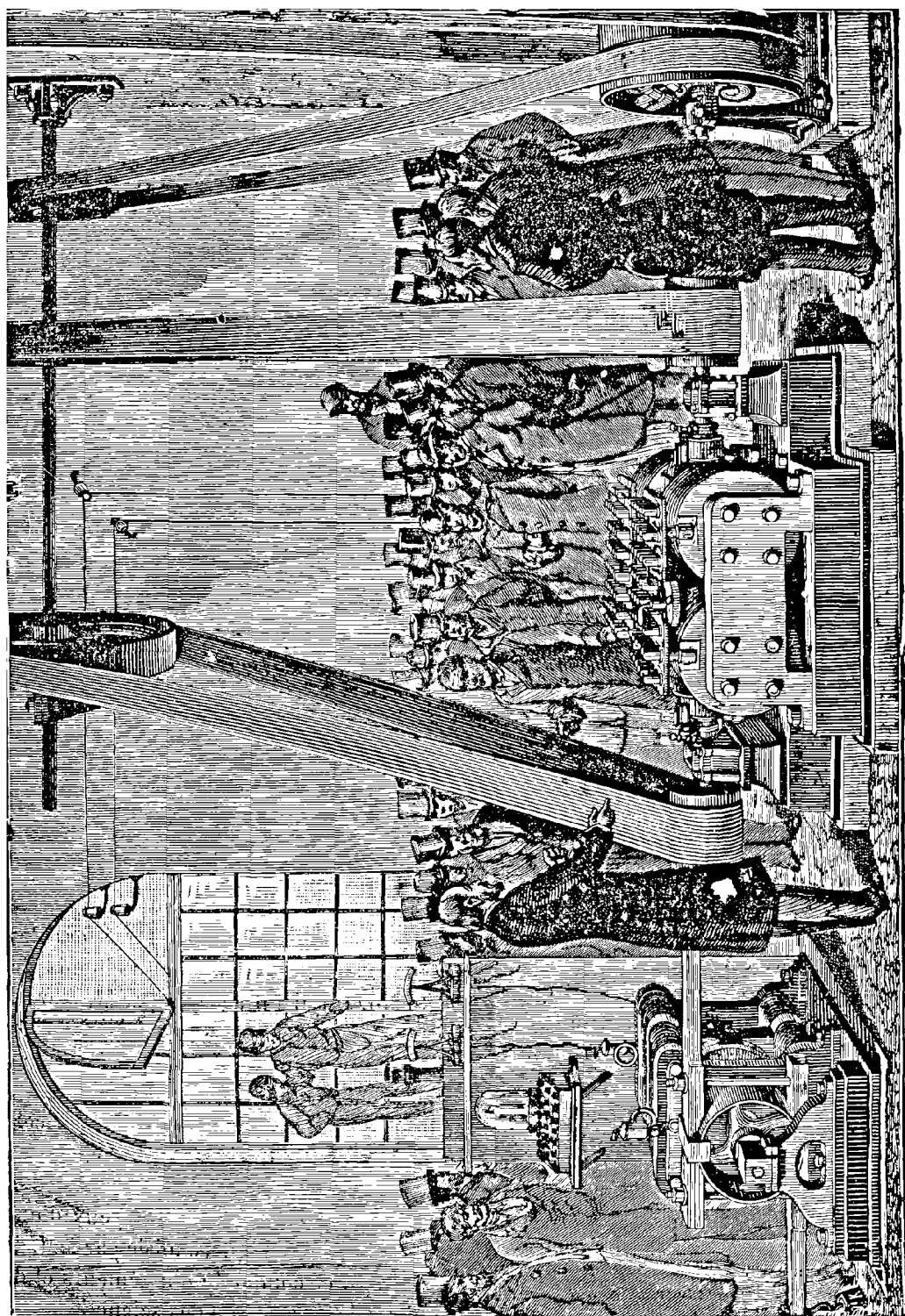


Fig. 240 — Expérience du transport de l'énergie mécanique, faite par M. Marcel Deprez dans les ateliers du chemin de fer du Nord, au mois de mars 1883.

chines électriques, non seulement en mesurant le rapport des travaux sur les arbres des machines électriques, mais encore sur l'arbre moteur animé des vitesses ordinaires des machines hydrauliques et sur les arbres récepteurs des machines mixtes en mouvement par les réceptrices électriques.

« Il faut démontrer la possibilité de la distribution de la force transmise par une seule génératrice et reçue par diverses réceptrices, et faire pour chaque réceptrice les constatations et les mesures indiquées ci-dessus.

« Il faut déterminer la valeur des éléments électriques qu'il est nécessaire de connaître pour établir un projet de transmission électrique de la force, de sorte qu'il est nécessaire de connaître les lois de la résistance des matériaux pour établir un pont ou les lois physiques qui régissent la vapeur pour étudier un projet de machine à vapeur.

« Enfin, et comme conclusion, il faut déterminer les éléments permettant d'établir aussi approximativement que possible le prix de revient d'installation et d'exploitation, et donnant le moyen de comparer, dans une circonstance donnée, la solution du transport d'une force hydraulique ou une autre située à une certaine distance, à la solution ordinaire d'une machine motrice installée à côté des machines à mettre en mouvement. »

Pour faire ces expériences d'une manière aussi probante que possible, tout en maintenant les dépenses à un chiffre qui ne fût pas excessif, M. Marcel Deprez proposa de substituer au premier projet de transport, de 500 chevaux-vapeur à 50 kilomètres, un second projet, comportant le transport à 50 kilomètres d'une force de 200 chevaux, pouvant être portée exceptionnellement à 250 et même à 300 chevaux pendant quelques heures, c'est-à-dire pendant le temps nécessaire à la constatation et à la mesure de quelques données intéressantes.

En adoptant cette limite de force à transmettre, le programme de l'installation pouvait être le suivant :

« *Au départ.* — Établir à Creil, à 50 kilomètres de la gare de la Chapelle, deux locomotives, empruntées à la Compagnie du Nord, d'une force de 100 à 150 chevaux-vapeur chacune ; leur faire commander, à l'aide de courroies, un arbre pris pour origine de toutes les mesures et considéré comme arbre moteur ; donner à cet arbre des vitesses pouvant varier entre 100 et 300 tours par minute et commander, par cet arbre moteur, la machine électrique généra-

trice, dont la vitesse de rotation des anneaux est fixée par M. Marcel Deprez à 200, 400 ou 600 tours par minute, et qui doit produire un courant électrique de 20 ampères d'intensité et 7500 volts de force électro-motrice.

Le courant sera transmis de Creil à Paris, gare de la Chapelle, par l'intermédiaire d'un conducteur en bronze siliceux, de 5 millimètres de diamètre, supporté par des poteaux télégraphiques ; un second fil, semblable au premier, formera le circuit du retour de Paris à Creil.

A l'arrivée. — A son arrivée à la Chapelle, le courant sera divisé entre trois machines électriques, dites réceptrices, qui devront produire chacune une puissance d'environ 25 à 20 chevaux-vapeur, à la vitesse maxima de 800 tours par minute, et actionner, au moyen d'une transmission intermédiaire :

« 1° Les machines à l'éclairage électrique qui fonctionnent en moyenne 12 heures par jour et absorbent, d'une manière régulière et constante, de 15 à 20 chevaux-vapeur.

2° Les pompes de compression de l'installation hydraulique, qui fonctionnent jusqu'à 20 heures par jour et qui nécessitent 35 à 40 chevaux de force, avec des variations assez grandes de débit, régulées toutefois par la présence des accumulateurs hydrauliques.

3° Une partie des machines-outils des ateliers de réparation de la Chapelle, lesquelles fonctionnent environ de 8 à 10 heures par jour et qui exigent de 12 à 15 chevaux, tout en étant en outre soumises à des variations assez grandes et très brusques comme vitesses de fonctionnement. Faite dans ces conditions absolument industrielles, et continuée pendant plusieurs mois, l'expérience sera complètement décisive. »

Tel était le programme, tracé par les ingénieurs de la Compagnie du chemin de fer du Nord, qui fut accepté par M. Marcel Deprez.

Dès le mois d'octobre 1885, les machines dynamo-électriques pour la production de l'électricité, et les machines réceptrices, construites l'une et l'autre sur un modèle combiné par M. Marcel Deprez, étaient mises en expérience, sous les yeux d'une commission scientifique, choisie par MM. de Rothschild, et composée d'ingénieurs et de membres de l'Académie des sciences.

La force motrice était fournie, à Creil, par deux locomotives, et transmise à une seule machine dynamo-électrique, dite généra-

trice, par l'intermédiaire d'une poulie dynamométrique, qui enregistrait à chaque moment la force dépensée.

La machine dynamo-électrique de la Chapelle, dite *réceptrice*, est de dimensions plus restreintes que la génératrice, puisqu'elle ne reçoit que la moitié environ de la force consommée à Creil.

La distance de Paris à Creil étant de 56 kilomètres, le fil transmetteur, aller et retour, avait une longueur de 112 kilomètres. Il était en bronze siliceux, de 3 millimètres de diamètre.

La force reçue de la Chapelle pouvait être mesurée au frein.

La machine réceptrice était appliquée à faire mouvoir les pompes des accumulateurs hydrauliques Armstrong, employés à la manœuvre des cabestans de la gare de la Chapelle, ainsi qu'une machine hydraulique, système à double enroulement de M. Marcel Deprez, qui distribue une partie de la force motrice reçue à la Chapelle, et met en mouvement un marteau-pilon de 80 kilos et de 0^m,80 de chute, un treuil, un frein électrique, un tour et un appareil pour la commande des aiguilles. Ce qui, en totalité, représentait une force motrice utile de 40 chevaux-vapeur, alors qu'on dépense à Creil 88 chevaux.

La commission d'examen, présidée, depuis le mois d'octobre jusqu'au 26 juillet 1886, par M. Collignon, tint de nombreuses séances, et releva plusieurs centaines de points d'observation.

Elle constata, pendant plus de six mois, la régularité et la continuité du fonctionnement des machines; et, chose à remarquer, elle n'eut à déplorer aucun accident, du fait des hautes tensions employées par M. Marcel Deprez, tensions qui atteignaient quelquefois 6,500 volts.

Au mois de mai 1886, MM. de Rothschild demandèrent à un certain nombre de notabilités de la science et de l'industrie de vou-

loir bien suivre les expériences et contrôler la valeur des résultats.

Une grande commission, présidée par MM. de Freycinet, alors ministre des affaires étrangères, et Bertrand, l'un des deux secrétaires perpétuels de l'Académie des sciences, fut constituée. En faisaient partie : MM. de Lesseps, Alphand, Daubrée, général Menabrea, Cornu, Mascart, Becquerel, A. Sartiaux, Aron, Maurice Lévy, etc.

Elle désigna immédiatement une sous-commission, sous la présidence de M. Bertrand, et chargea M. Maurice Lévy de rédiger un rapport d'ensemble sur les expériences de M. Marcel Deprez et sur les résultats obtenus.

Après quelques opérations préliminaires, le 24 mai 1886, cette sous-commission procéda aux expériences de contrôle.

Elle fit tourner la machine génératrice à des vitesses oscillant entre 170 et 220 tours, et constata un travail utile à la réceptrice variant entre 27 chevaux-vapeur pour la vitesse la plus faible et 52 chevaux pour la vitesse maximum.

Les forces motrices correspondantes absorbées par la génératrice étaient de 66 et 116 chevaux-vapeur.

D'où un rendement de 44 et 45 pour 100.

Dans le rapport qu'il rédigea, au nom de la commission, M. Maurice Lévy constata que les résultats de la commission étaient identiques avec ceux qui avaient été journellement observés par les ingénieurs attachés à l'expérience.

En terminant, le rapporteur, au nom de la science et de l'industrie, adresse ses chaleureuses félicitations à M. Marcel Deprez « pour les admirables résultats qu'il a obtenus ».

A côté de la flatteuse appréciation contenue dans le rapport de M. Maurice Lévy, il convient de placer des jugements beau-

coup moins favorables, émis par des ingénieurs de mérite, dans des recueils autorisés.

Le *Bulletin international d'Électricité* apprécie en ces termes les expériences de Creil :

« Le programme, dit ce recueil, n'a pas été rempli. La machine génératrice d'électricité fonctionnant à Creil n'a pu utiliser qu'un peu plus que la moitié de la force mise à sa disposition. Au lieu de recevoir à Paris 100 chevaux-vapeur, avec un rendement de 50 pour 100, on a obtenu au maximum 52 chevaux, avec un rendement de 45 pour 100. Au lieu d'avoir à Paris trois réceptrices, entre lesquelles on devait distribuer le courant électrique, des raisons d'ordre administratif ont contraint M. Deprez à opérer avec une seule réceptrice.

Si la machine génératrice d'électricité a donné lieu à toutes sortes de mécomptes lorsqu'on a voulu modifier les principes de Gramme, la réceptrice, dont l'anneau est un véritable anneau Gramme, a toujours très bien fonctionné, sans exiger la moindre réparation.

M. Maurice Lévy a condamné l'isolement du conducteur, et a expliqué par une condensation électrique l'accident du 5 décembre 1885, où la génératrice et plusieurs postes télégraphiques ont été mis hors de service. L'emploi de fils nus placés hors de toute atteinte, à une distance de 1 mètre des fils téléphoniques ou télégraphiques, et isolés seulement au voisinage et à l'intérieur des ateliers, se recommande donc dans les applications futures de l'électricité.

Au début, il n'était question que d'une génératrice et de trois réceptrices. On a reconnu que, si l'on ne voulait pas exposer ces machines à une destruction plus ou moins complète à chaque variation de quelque importance à vaincre, il fallait recourir à des excitatrices séparées. Chaque machine s'est ainsi trouvée doublée d'une excitatrice, d'où diminution sensible du rendement, par suite de la force absorbée par celle-ci, augmentation des dépenses de premier établissement et complication du matériel.

La distribution de la force à la Chapelle est obtenue par un procédé auquel l'électricité n'a rien à voir. L'arbre de la réceptrice commande mécaniquement, par courroie, une machine Gramme, qui à son tour joue le rôle de génératrice, et envoie un nouveau courant dans diverses réceptrices.

En résumé, la commission d'examen a procédé, le 24 mai 1886, à une expérience, une seule, qui a duré 2 ou 3 heures (la durée n'est même pas indiquée), et pendant laquelle la force électromotrice a varié de 4,887 à 6,290 volts pour la génératrice, et de 3,902 à 5,081 volts pour la réceptrice ; le travail fourni à la

génératrice a varié de 66,7 à 116 chevaux, et le travail recueilli au frein de la réceptrice de 27,2 à 52 chevaux ; le rendement mécanique industriel a varié de 40,78 pour 100 au début à 44,81 pour 100 à la fin.

Au point de vue scientifique, le seul point qui mérite d'être signalé dans les expériences de Creil, c'est la production de courants de très haute tension sans qu'il y ait eu de déperdition sensible par le conducteur isolé et mis sous plomb. »

Mais la critique la plus éloquente des expériences de Creil est venue de M. Hippolyte Fontaine, qui a démontré, par une expérience remarquable, qu'il n'était pas nécessaire de créer, pour le transport de la force à distance, l'énorme et coûteuse machine dynamo-électrique dont M. Marcel Deprez a fait usage ; et qu'en réunissant trois ou quatre machines dynamo-électriques ordinaires, telles que l'industrie les fabrique aujourd'hui, on peut obtenir et même dépasser les résultats fournis par la grosse machine génératrice et réceptrice de Creil.

Le recueil que nous avons précédemment cité, le *Bulletin international d'Électricité*, expose fort clairement l'objet et les conséquences de l'intéressante expérience de M. Fontaine, communiquée par l'auteur à l'Académie des sciences dans la séance du 25 octobre 1886.

« La communication présentée, dit le *Bulletin international d'Électricité*, à l'Académie des sciences par M. Hippolyte Fontaine, permet d'envisager la question sous son véritable jour. Il ne s'agit plus ici de la poursuite de l'inconnu, de la recherche de machines-phénomènes, que les membres de l'Institut et quelques invités choisis sont admis à contempler, pendant leur existence éphémère ; la solution est obtenue dans des conditions de distance identiques à celles de l'expérience de Creil et avec un rendement industriel supérieur, par l'intelligent emploi d'un matériel simple et peu coûteux. Le transport électrique de la force, qui paraissait être le privilège des millionnaires, est maintenant à la portée des industriels.

Pour comprendre l'importance du progrès accompli, il convient de rappeler la suite des études poursuivies depuis 1881.

« Après l'Exposition d'électricité, un syndicat français, confiant dans l'étoile naissante de M. Marcel Deprez, fournit à celui-ci les moyens de réaliser les idées qu'il avait développées dans le Congrès inter-

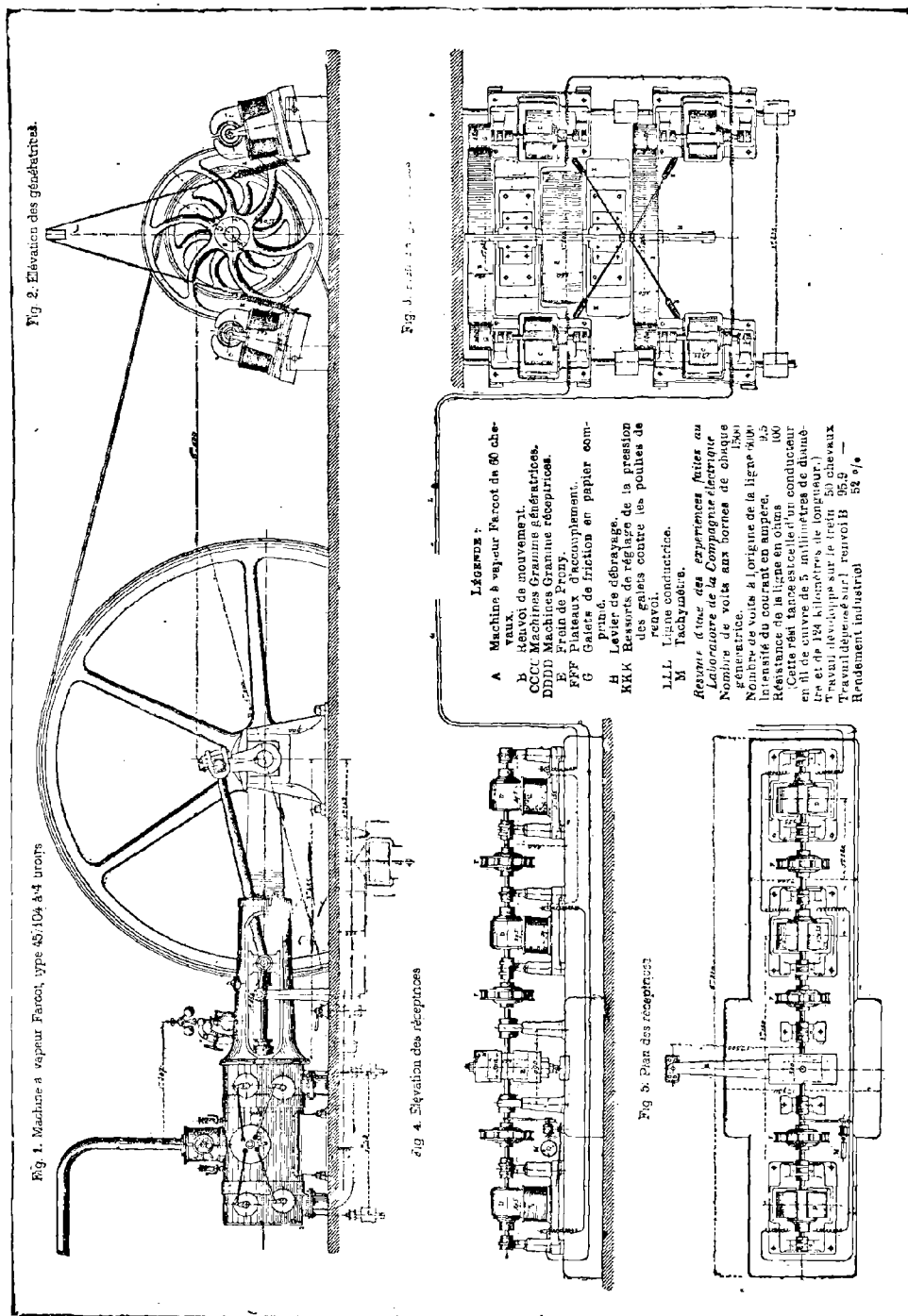


Fig. 211. — Transport de force à grande distance par machines Gramme couplées en série.

n tional des électriciens. Par la vertu des mathématiques, cet inventeur affirmait la possibilité, « avec deux machines identiques Gramme du type G, de transmettre un travail utile de 10 chevaux à

« 50 kilomètres de distance, au moyen d'un fil télégraphique ordinaire, la force motrice initiale étant « d'environ 16 chevaux. »

« La première expérience exécutée à Munich, en 1882, ne répondit pas à cet espoir : elle eut un caractère purement scientifique; des accidents répétés troublèrent les essais, et d'ailleurs la force transmise atteignait à peine un demi-cheval-vapeur. Il fallait beaucoup de bonne volonté pour attribuer à cette tentative hasardée un caractère industriel.

« Les recherches furent reprises alors, en partant d'un principe dont l'inexactitude est aujourd'hui démontrée. On voulut faire de grosses machines électriques, capables de produire ou de recevoir un courant électrique correspondant à une puissance de 100 ou 200 chevaux-vapeur.

« Le programme des expériences de Creil, élaboré par une commission spéciale, est conçu dans cet esprit, et nous savons aujourd'hui qu'on a dépensé près d'un million pour ne pas même arriver à sa réalisation complète.

« Au point de vue des applications industrielles, la grosse machine était une erreur. L'électricité échappe à la loi commune des appareils généralement employés. S'il est incontestable, par exemple, qu'un moteur à vapeur de 100 chevaux est beaucoup plus économique que dix moteurs de 10 chevaux chacun, on peut affirmer que, en fait de machines électriques pour le transport de la force, il n'y a pas avantage à remplacer quatre ou cinq dynamos par une seule quatre ou cinq fois plus puissante. Les défauts pratiques de la méthode de M. Marcel Deprez sont, en outre, faciles à saisir : les grosses machines offrent jusqu'ici des difficultés de construction qui en augmentent singulièrement le prix ; leur masse oblige à des travaux coûteux de fondation; enfin elles ne peuvent, dans une exploitation, se prêter à la variété des services qu'on est en droit de demander aujourd'hui à l'électricité.

« Les essais exécutés dans le laboratoire de la *Compagnie électrique*, en présence de M. Mascart, membre de l'Institut, et de M. Potier, professeur à l'École polytechnique, ont été conçus dans un tout autre ordre d'idées. Au lieu de demander à une seule génératrice colossale le courant nécessaire, on a fait coopérer à sa production un certain nombre de dynamos, de construction courante, sans les soumettre à la moindre préparation. Par un simple couplage en tension, on s'est trouvé en mesure d'envoyer dans la ligne un courant de tout point comparable à celui de la génératrice de Creil dans ses plus beaux jours. Même disposition pour les réceptrices; de sorte que le transport électrique de la force à distance a été ramené à sa plus simple expression. Il suffit de se reporter à la communication de M. Fontaine pour comprendre les conséquences de cette heureuse disposition : emploi d'un type unique de machines, capables de se remplacer l'une l'autre en

cas d'avarie; groupement proportionné au travail à effectuer; possibilité d'utiliser les machines séparément; économie dans l'achat et l'installation du matériel, etc.

« Nous croyons inutile d'insister davantage sur ce sujet, mais il nous faut dire que le programme arrêté par M. Fontaine a été exécuté, sous sa direction, au moyen des nouvelles machines Gramme, avec le concours de M. Dehenne, directeur, et M. Nysten, ingénieur-électricien de la *Compagnie électrique*. »

Avec le commentaire donné par le *Bulletin international d'électricité* de la communication adressée par M. Hippolyte Fontaine à l'Académie des sciences, on comprendra le but et la portée de cette expérience intéressante, par laquelle l'auteur prouve que, pour transporter au loin une force naturelle au moyen d'un courant électrique, il n'est pas nécessaire d'avoir recours aux énormes machines dynamo-électriques que M. Marcel Deprez a cru devoir faire construire pour l'expérience de Creil.

La figure 211 fait voir, en coupe, la disposition générale de l'expérience de M. Hippolyte Fontaine. La légende accompagnant cette figure, donne l'explication de cet ensemble d'appareils.

Voici la note adressée à l'Académie des sciences par M. Hippolyte Fontaine :

« Depuis 1873, date de nos premières expériences sur le transport de la force par l'électricité, nous avons réalisé un grand nombre d'applications industrielles dans les usines, les arsenaux et les mines.

« Généralement, chacune de nos installations est constituée au moyen d'une seule machine Gramme, placée près du moteur initial, et servant à produire le courant électrique au départ; d'une deuxième machine Gramme, recueillant le courant et le transformant en travail mécanique à l'arrivée, et d'un double conducteur en fil de cuivre, reliant les deux dynamos. Le maximum de la force utile ainsi transmise a été de 20 chevaux; la plus grande résistance de la ligne parcourue a été de 8 ohms.

« Nous avons également établi plusieurs distributions électriques, notamment à l'Hôtel de ville de Paris, aux Magasins généraux de Paris et de Roubaix, où une seule machine Gramme génératrice envoie le courant dans plusieurs réceptrices d'iné-

gales vitesses et de puissances variables, indépendantes les unes des autres.

« Dans toutes ces applications, le poids total des machines génératrices correspond à environ 200 kilogrammes par cheval transporté, et le prix du matériel est approximativement de 3 francs le kilogramme. Ces chiffres ont une grande importance, car c'est ordinairement le prix élevé des appareils qui prive l'industrie des progrès scientifiquement acquis.

« Les expériences sur lesquelles nous appelons aujourd'hui l'attention de l'Académie, faites dans des conditions nouvelles, doivent avoir pour conséquence de diminuer très notablement le prix de revient des transports de forces motrices, et, par suite, d'en développer beaucoup l'usage.

« Pour faire ces expériences, nous nous sommes adressé à la Compagnie électrique, propriétaire des brevets de M. Gramme. Cette Compagnie a mis à notre disposition son laboratoire, son matériel et son personnel; c'est donc grâce à son concours que nous avons réussi à les réaliser.

« Les machines Gramme employées par nous sont établies sur un nouveau type, appelé *type supérieur*; elles ont été étudiées par l'inventeur et exécutées sous sa direction personnelle.

« Le générateur d'électricité est constitué par quatre machines couplées en tension et actionnées directement par deux grandes poulies au moyen de galets de friction. Les deux poulies sont calées sur un même arbre recevant le mouvement du volant de la machine motrice par l'intermédiaire d'une simple courroie. Les machines Gramme sont placées de chaque côté des poulies, de manière à équilibrer les pressions latérales sur les poulies.

« L'appareil récepteur est formé de trois machines Gramme également disposées en série et reliées entre elles par des manchons élastiques, système Raffard. Un frein de Prony est placé entre deux machines de ce groupe.

« L'ensemble de l'installation électrique se compose ainsi de sept machines Gramme: quatre en série, au départ, pour produire le courant, et trois en série, à l'arrivée, pour fournir le travail utilisable.

« Ces sept machines ont été construites sur un modèle unique; elles ont donc les mêmes dimensions et très sensiblement les mêmes constantes et les mêmes puissances.

« L'*induit* est un anneau Gramme ordinaire, de 30 centimètres de diamètre et de 35 centimètres de longueur, composé de 200 bobines élémentaires enroulées sur un cercle en fil de fer; sa résistance entre les balais est de 4 ohms 75.

« L'*inducteur* est un électro-aimant en fer à cheval, formé d'un seul bloc de fonte, lequel comprend: le socle de la machine, les noyaux recevant le fil, les pièces polaires et un des paliers. Le second palier

est l'unique pièce rapportée dans cette construction, qui se présente ainsi dans les meilleures conditions possibles de stabilité et de simplicité.

« La résistance de l'inducteur est de 6 ohms 65. L'ensemble de la machine, induit et inducteur, a une résistance totale de 21 ohms 40.

« Avant d'expérimenter les machines couplées en tension, nous les avons essayées séparément, en faisant varier leur vitesse et l'intensité du courant.

Les essais préalables nous ont permis de noter: 1^o qu'il ne fallait pas dépasser 11 ampères lorsqu'on voulait fonctionner sans échauffement anormal pendant 24 heures consécutives; 2^o que la force électro-motrice de 1600 volts était un maximum pratique au delà duquel le rendement électrique diminuait. Cette force électro-motrice correspondait à la vitesse d'environ 5,400 tours par minute.

« Le rendement électrique est de 79 pour 100 à 600 tours; de 81 pour 100 à 1400 tours.

« Ayant mis les sept machines en marche, et interposé entre les deux groupes une résistance de 100 ohms, nous avons tout d'abord constaté qu'il était possible, avec cette installation, de transporter une force de 50 chevaux-vapeur dans des conditions réellement pratiques.

« Pour connaître le rendement industriel, nous avons pris les diagrammes sur le cylindre de la machine à vapeur, en actionnant alternativement, tantôt les machines Gramme généralement, et tantôt un frein de Prony.

« De cette manière, nous avons pu estimer avec une approximation suffisante la force dépensée pendant chacune de nos expériences.

« Voici les résultats obtenus le 19 octobre 1886:

Vitesse de la machine à vapeur	56	tours.
Vitesse des machines Gramme génératrices.....	1298	—
Différence de potentiel aux bornes de la 1 ^{re} machine.....	1490	volts
Différence de potentiel aux bornes de la 2 ^e machine.....	1505	—
Différence de potentiel aux bornes de la 3 ^e machine.....	1493	—
Différence de potentiel aux bornes de la 4 ^e machine.....	1508	—
Différence de potentiel à l'origine de la ligne conductrice.....	5896	—
Intensité du courant.....	9,34	ampères.
Résistance de la ligne.....	100	ohms.
Travail sur le piston de la machine à vapeur.....	112,8	chevaux.
Rendement de la machine à vapeur.....	85	%.
Travail reçu par les génératrices de la transmission mécanique.	95,88	chevaux.
Vitesse des machines réceptrices.	1120	tours.

Travail recueilli au frein.....	49,98 chevaux.
Rendement industriel.....	52 %.

« Dans une expérience faite le 20 octobre 1886, en présence de M. Potier, professeur de l'École polytechnique, nous avons obtenu au frein 50 chevaux 3, avec une résistance de 99 ohms 9 entre les machines et les mêmes diagrammes que la veille à l'indicateur.

« Ces expériences prouvent qu'il est possible de transporter une force effective de 50 chevaux-vapeur à travers une résistance de 100 ohms, avec un rendement industriel supérieur à 50 pour 100, en employant des machines électriques n'ayant qu'une différence de potentiel de 1500 volts.

« Relativement aux conditions industrielles de notre installation, nous ajouterons que les sept machines Gramme employées ne pèsent, en tout, que 8,400 kilogrammes, et qu'elles n'ont coûté ensemble que 16 450 francs.

« Le poids du métal, socles compris, est donc de 167 kilogrammes par force de cheval transporté à travers une résistance de 100 ohms, et le prix des appareils n'atteint pas 2 francs le kilogramme.

« Ces deux nombres donnent la mesure du progrès réalisé dans le transport de l'énergie par l'emploi des nouvelles machines de M. Gramme. »

On voit, en résumé, que les travaux de M. Marcel Deprez, accueillis au début avec une grande faveur par le monde savant et les académies, sont aujourd'hui battus en brèche. Les expériences grandioses effectuées de Paris à Creil, en 1885 et 1886, ont donné lieu à beaucoup de difficultés et à des accidents graves, qui interrompaient la communication du courant électrique. Le rendement obtenu en 1886 a été peu supérieur aux résultats antérieurement constatés; enfin, M. Hippolyte Fontaine démontre qu'il n'est aucunement nécessaire, pour le transport de la force à grande distance, de recourir à une machine dynamo-électrique de dimensions énormes, entraînant à des dépenses considérables, tout à fait hors de proportion avec le résultat obtenu.

Une dernière remarque critique, qui a son importance, a été formulée par M. Hippolyte Fontaine, dans une conférence donnée, le 18 novembre 1886, à la *Société de Physique*. C'est que l'idée, si attrayante, de

prime abord, de l'utilisation des forces naturelles perd un peu de sa valeur, quand on l'examine avec attention.

On a pris l'habitude de croire, dit M. Hippolyte Fontaine, que l'énergie des chutes d'eau ne coûte rien; c'est une erreur, contre laquelle il importe de réagir. Il faut tenir compte des frais à faire pour utiliser une chute d'eau; on doit établir des barrages, des canaux de dérivation, etc., dont l'installation et l'entretien sont fort coûteux.

Dans ces conditions, il peut très bien arriver que, pour capter et diriger une force hydraulique équivalente à un cheval-vapeur de force, on soit obligé de faire des dépenses correspondant à celle d'une machine à vapeur consommant du charbon à 10 francs la tonne. Si l'on vient alors à transporter cette force d'un cheval-vapeur par l'électricité, on n'en recueille que la moitié sur la dynamo-réceptrice. Ainsi, dans l'usine où l'on utilise la force soi-disant gratuite, celle-ci représente, en réalité, la dépense d'une machine à vapeur en charbon à 20 francs la tonne. Dans toutes les localités où l'on peut avoir la houille à un prix inférieur, on aura, par suite, conclut M. Hippolyte Fontaine, intérêt à produire sur place la force motrice, et à renoncer au transport électrique.

Nous avons exposé avec une entière impartialité les phases diverses qu'a parcourues la grande question du transport de la force par le fil électrique, depuis l'origine première de cette grande découverte, jusqu'à l'heure actuelle. Nous nous sommes borné à l'exposé des faits, et, autant qu'il est possible, nous avons rendu justice aux travaux des divers physiciens qui se sont succédé, dans un intervalle de dix ans, à la poursuite de ce grand problème. Le principe de la transmission électrique de la force, parvenu à la période de l'application pratique et industrielle, a rencontré plus de difficultés qu'on



Fig. 212. — Transport à distance de la force des torrents et chutes d'eau, par l'électricité.

n'en prévoyait; mais le principe en lui-même, une des plus grandes découvertes de notre siècle, est hors d'atteinte, et la voie est désormais ouverte à l'application du transport lointain des forces naturelles. On verra bientôt des machines dynamo-électriques, d'une puissance considérable, absorber des centaines de chevaux-vapeur, les faire courir le long d'un fil, et des machines réceptrices les rendre, sous la forme d'un travail mécanique, à une grande distance. Les chutes d'eau qui, aujourd'hui, coulent, inutiles, aux flancs des montagnes, enverront leur puissance au centre des cités, ou dans des usines très éloignées. Sur toutes les côtes de l'Océan, les incessantes dénivellations liquides, c'est-à-dire les marées quotidiennes, représentent des milliards de kilogrammètres de force, qui, aujourd'hui, retombent, sans utilité le long des rivages. Quand on saura recueillir ces énergies perdues, et les transporter, grâce à l'électricité, aux lieux où l'on pourra les utiliser, on disposera d'un total de forces, qui remplacera avec avantage celles que nous fournit, non sans bien des opérations préalables et dispendieuses, le charbon extrait du sein de la terre.

De cette masse énorme d'énergie mécanique ainsi transportée, chacun prendra sa part, chez lui, pour l'utiliser à sa fantaisie. On la consacrera, dans les usines, à faire

agir les outils et les mécanismes; à donner le mouvement à des tours, à des métiers; à animer les ateliers les plus divers; ou bien à produire l'éclairage, soit par l'arc électrique, soit par des lampes à incandescence. Dans les pays montagneux où abondent torrents et cascades, ces forces naturelles pourront être utilisées, et un grand nombre de villes, de localités, de régions industrielles, trouveront un bénéfice inespéré à remplacer la machine à vapeur par cette force libéralement donnée par Dieu, restée inutile jusqu'ici, et que le génie de l'homme a su reconquérir.

On se fera une idée, en jetant les yeux sur la figure 212, du mode général d'utilisation d'un torrent ou d'une chute d'eau, par le secours de l'électricité. Une turbine immergée dans le lit du torrent, et mise en action par la chute d'eau, vient faire marcher une machine dynamo-électrique, et l'électricité fournie par le mouvement de cette machine, va, à grande distance, faire agir des mécanismes destinés au travail de la construction de maisons ou aux opérations des ateliers. Une autre partie du courant est consacrée à produire l'éclairage. Comme il a été suffisamment établi dans le cours de ce volume, l'électricité jouit, en effet, du double privilège de produire à volonté la *force* ou la *lumière*

FIN DE L'ÉLECTRICITÉ FORCE MOTRICE

LES

VOIES FÉRRÉES DANS LES DEUX MONDES

On se propose de passer en revue, dans les Notices qui vont suivre, les progrès récents accomplis par la science et l'industrie dans la construction des chemins de fer. Et comme les chemins de fer étendent aujourd'hui sur les deux hémisphères leur puissant et bienfaisant réseau, nous devons les étudier dans les cinq parties du monde.

En conséquence, nous nous occuperons successivement des progrès récemment accomplis dans la construction des chemins de fer, en Europe, en Amérique, en Asie, en Afrique, en Australie. Bien entendu que la longueur de nos descriptions, ou récits, sera fort inégalement répartie entre chacune de ces cinq divisions de notre sujet. L'Europe et l'Amérique y figureront dans une proportion considérable, relativement à la petite part qui sera réservée aux trois autres groupes géographiques. Les chemins de fer, qui ont réalisé toutes leurs merveilles en Europe et en Amérique, ne font que poindre dans les terres lointaines encore déshéritées des bienfaits de la civilisation et des arts. Dans son cours à l'École polytechnique, Gay-Lussac disait que l'on peut mesurer le degré de civilisation d'un peuple à la quantité de fer qu'il consomme annuellement. Gay-Lussac n'a pas connu les chemins de fer ; mais, s'il eût vécu de nos jours, il eût ajouté — ce que nous nous permettrons de dire à sa place — que le dé-

veloppement des chemins de fer est en raison directe de la richesse et de la puissance industrielle d'une nation. La locomotive, avec son panache de flamme et de feu, est le rayonnant flambeau qui précède et annonce l'arrivée, dans chaque pays, des idées destinées à régner un jour sur toute l'étendue de la terre habitée, pour apporter la concorde et la prospérité dans des régions encore en proie à la barbarie sociale, aux plus tristes préjugés et aux ténèbres de l'ignorance.

CHAPITRE PREMIER

LES CHEMINS DE FER EN EUROPE

On éprouve quelque embarras lorsqu'il s'agit de spécifier, pour en faire l'objet d'une étude sérieuse, les progrès réalisés dans ces dernières années, par l'industrie et l'art des chemins de fer en Europe. Ne pouvant dépasser certaines limites, dans l'exposé de ces progrès, nous nous bornerons à considérer comme acquisitions qui nous paraissent les plus importantes, les plus utiles et les plus pratiques, les inventions suivantes :

1° LES CHEMINS DE FER DE MONTAGNE. — Avant 1870 les voies ferrées remontaient avec peine des pentes d'une faible inclinai-

son. Depuis cette époque, les perfectionnements apportés aux locomotives, et surtout la généralisation des rails à crémaillère, ont permis de faire gravir aux convois des rampes très fortes.

Et trois ordres d'inventions ont été ici réalisées. On a donné aux locomotives le moyen de gravir des pentes excessives, pour franchir les rampes et les déclivités des montagnes, le long de lacets sinueux. — On a créé des *chemins de fer de touristes*, qui gravissent presque à pic les montagnes escarpées, mais qui ne transportent que des voyageurs, pour leur donner les spectacles variés du paysage et des vallées environnantes. — On a combiné les deux systèmes, pour établir des voies industrielles, faisant remonter aux matériaux les pentes les plus raides. — On a joint les voies ordinaires c'est-à-dire les rails avec simple adhérence, aux voies à crémaillère, pour faire un service continu sur une même ligne, en faisant passer la même locomotive sur les deux genres de rails.

2° LES FREINS A VIDE ET A AIR COMPRIMÉ. — Avant 1870, l'arrêt rapide d'un train était la pierre philosophale de l'art de l'ingénieur des chemins de fer. Aujourd'hui, le mécanicien arrête son train avec une facilité et une promptitude inouïes. C'est grâce au *frein à vide*, ou à *air comprimé* (frein Smith et frein Wisthengouse) que cet admirable résultat doit être attribué, ce qui n'ôte pas, d'ailleurs, tout leur mérite aux *freins électriques*, dont nous aurons également à parler.

3° LES NOUVEAUX SYSTÈMES DE SIGNAUX, ASSURANT LA SÉCURITÉ COMPLÈTE DES TRAINS. — Un immense perfectionnement garantissant la sécurité des convois et la vie des voyageurs, a été réalisé, depuis 1870, grâce à divers signaux optiques, électriques et autres, et surtout par l'ensemble connu sous le nom de *block-system*, que nous

4° LES NOUVEAUX TYPES DE LOCOMOTIVES ET DE VOITURES A VOYAGEURS.

5° LES CHEMINS DE FER A VOIE ÉTROITE. — Ce système, autrefois exceptionnel, tend à prendre beaucoup d'importance, grâce à l'extension générale du réseau de nos voies ferrées dans les petits centres de population. De même que les ruisseaux alimentent les rivières, et que les rivières alimentent les grands fleuves, les chemins à voie étroite, c'est-à-dire les chemins locaux, industriels ou de petite communication, donnent la vie aux lignes secondaires qui entretiennent les grandes lignes.

6° LES CHEMINS DE FER ÉLECTRIQUES. — Dans un avenir éloigné, mais peut-être inévitable, la puissante et orgueilleuse locomotive est appelée à céder le pas à la modeste traction électrique. Sans doute, les chemins de fer électriques ne sont encore qu'à l'état d'ébauche; mais c'est pour nous un motif de plus de faire connaître exactement les principes sur lesquels est fondé leur mécanisme, et de signaler les premières applications qui en ont été réalisées jusqu'ici par une invention encore à ses débuts.

CHAPITRE II

LES CHEMINS DE FER DE MONTAGNE. — ENGERTH CONSTRUIT LES PREMIÈRES LOCOMOTIVES DESTINÉES A LA TRAVERSÉE DES MONTAGNES. — UN VOYAGE SUR LE CHEMIN DE FER DU SÜMMERING. — LE CHEMIN DE FER DE PISTOÏE A BOLOGNE. — PRINCIPALES LIGNES DE CHEMINS DE FER DE MONTAGNE EXISTANT EN EUROPE. — CE QUE C'EST QU'UNE « LOCOMOTIVE DE MONTAGNE ».

La locomotive est une machine vraiment merveilleuse, quand il s'agit de la traction sur un plan horizontal. Elle réalise une vitesse considérable, jointe à une grande facilité d'arrêt et de remise en marche. Elle obéit, avec la souplesse et la docilité d'un cheval bien dressé, à la main et à la volonté.

du mécanicien. Mais cette machine, si admirable en plaine, perd tous ses avantages quand il faut remonter une pente. Pour traîner un poids d'une tonne, sur des rails en ligne horizontale, il ne faut qu'un effort mesuré par un poids de 8 kilogrammes. Mais si la ligne s'élève d'un millimètre par mètre seulement, il faut un effort double que sur un plan horizontal. Aussi les rampes que l'on admet sur les lignes de chemin de fer, ne dépassent-elles pas 25 à 30 millimètres par mètre, c'est-à-dire 2 à 3 pour 100.

C'est pour cela que, dans la construction des voies ferrées, on s'impose des sacrifices si considérables pour maintenir la voie au même niveau. C'est pour cela qu'on élève à grands frais des remblais et des viaducs, en réduisant l'inclinaison de la voie aux plus strictes limites. C'est pour cela enfin qu'on se voit presque toujours obligé d'allonger artificiellement la ligne qui relie deux stations extrêmes.

Ainsi développé, le tracé donne lieu à un grand nombre d'ouvrages d'art : tunnels, viaducs, chaussées et remblais. De là est résulté le magnifique ensemble de gigantesques travaux d'art, qui fait honneur au savoir des ingénieurs de l'Europe et à la richesse des nations, mais qui a englouti des sommes énormes, et ne permet de construire que les lignes importantes, justifiant, par leur revenu, les grandes dépenses qu'elles nécessitent. Combien de lignes de chemin de fer auraient été exécutées si les locomotives avaient pu gravir sans difficulté les fortes pentes ! Les chemins de fer des Pyrénées qui, en France et en Espagne, s'arrêtent de chaque côté de cette chaîne de montagnes, et semblent se tendre inutilement la main, en sont un exemple frappant.

Cependant on a, de nos jours, abordé de front la question de faire remonter aux convois des rampes d'une assez forte inclinaison. Pendant longtemps, on considéra

comme chimérique l'idée de créer des chemins de fer dans les montagnes. Aujourd'hui, cette difficulté arrête beaucoup moins les ingénieurs, qui entreprennent de poser des voies ferrées quels que soient les niveaux des pays à traverser. La locomotive, et plus tard la voie, ont été modifiées pour répondre à ces besoins nouveaux.

C'est dans la construction du chemin de



Engerth.

fer qui traversé le Sömmering, en Autriche, que le problème de la construction des lignes à forte pente s'imposa pour la première fois. L'ingénieur autrichien, Engerth, rendit son nom célèbre en construisant, le premier, de puissantes locomotives, capables de remonter de fortes rampes, reliées par des courbes de petit rayon, et de parcourir, comme les routes de voitures, une suite de lacets, dans les montagnes.

Comment Engerth fut-il conduit à créer les locomotives de montagne ?

En 1851, le gouvernement autrichien avait décrété l'exécution du chemin de fer de Vienne à Trieste. Il fallait, pour relier ces deux villes, franchir, le long de la montagne du Sömmering, des pentes continues de 2,5 pour 100, avec des lacets sinueux, dont le rayon de courbure descendait fré-

quemment à 180 mètres. Aucune locomotive alors connue ne pouvait accomplir un pareil travail.

Le gouvernement autrichien décida d'ouvrir un concours entre les constructeurs pour la solution de ce problème, considéré, à juste titre, comme capital pour l'avenir

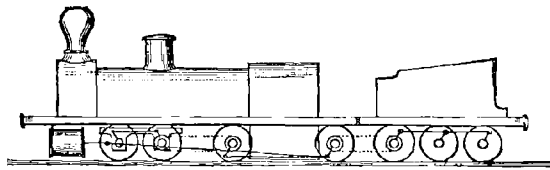


Fig. 214. — La Bavaria, de Maffei (diagramme).

des voies ferrées en général, et, en particulier, pour celui du chemin projeté, de Vienne à Trieste.

Le prix fut remporté par un constructeur de Munich, Maffei, avec sa locomotive *la Bavaria*, dont la figure ci-dessus, donne un

diagramme, et dans lequel on avait réuni la locomotive avec le tender, au moyen de roues dentées et de chaînes sans fin ; de telle sorte que le poids du tender s'ajoutait à celui de la locomotive, pour accroître l'adhérence sur les rails.

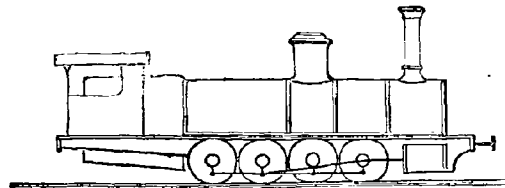
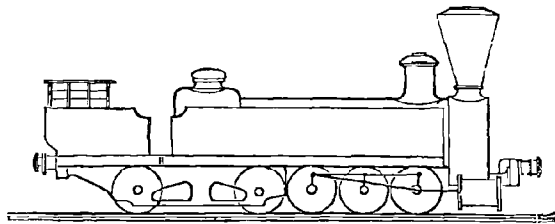


Fig. 215. — Locomotive-tender, d'Engerth (diagramme).

Cependant le système de *la Bavaria*, mis à l'essai, ne répondit pas aux espérances des directeurs du chemin de fer de Vienne à Trieste : les chaînes se brisaient fréquemment.

Engerth, ingénieur autrichien, compléta avec bonheur les améliorations réalisées par Maffei. Il fallait obtenir une très grande

puissance de traction, sans changer les dimensions ordinaires de la locomotive, et sans modifier les rails. Engert parvint à ce résultat en rendant solidaires le tender et la locomotive par l'accouplement des roues, mais sans aucun emploi de chaînes, comme le montre notre diagramme (fig. 215). En même temps, le foyer subissait une grande

augmentation d'étendue : le nombre des tubes à fumée, ainsi que leur longueur, prenaient un accroissement proportionnel.

Il faut ajouter que, dans les premières locomotives construites par Engerth, les roues du tender et celles de la machine, reliées par un engrenage, composé d'une simple cheville ouvrière, formaient une sorte d'articulation, qui donnait de la mobilité à ce long véhicule remorqueur. Cette disposition fut supprimée plus tard, c'est-à-dire dans les *machines Engerth* qui furent construites en France pour desservir des rampes beaucoup moins prononcées que celles du Sömmering. Aujourd'hui, l'articulation, c'est-à-dire la mobilité du système, est tout à fait abandonnée. Mais au Sömmering elle contribua beaucoup à accroître l'effort des machines.

Les locomotives Engerth avaient été créées, originairement, pour remorquer les marchandises. Les avantages que l'on obtint de ces machines pour cet usage, amena à en faire des locomotives de voyageurs, en leur donnant à traîner un plus faible poids; de sorte que le chemin de fer de Vienne à Trieste put être exploité pour toutes sortes de transports, malgré les pentes considérables qu'il présente. Bientôt ce système se généralisa sur les autres chemins de fer, et la *locomotive de montagne* fut créée, en ce sens que la *locomotive à marchandises* devint *locomotive de montagne*, à la condition de l'atteler à un petit nombre de wagons à voyageurs.

La montagne du Sömmering est franchie par une suite de tunnels, viaducs et rampes, qui en font une des lignes les plus curieuses de l'Europe. Nous représentons dans les figures qui accompagnent ces pages (fig. 216, 217, etc.), quelques-uns des points de vues, les plus curieux du trajet de Vienne à Trieste.

Le chemin de fer qui traverse le Söm-

mering est le premier qui ait franchi les Alpes. Commencé en 1848, il fut inauguré en 1854. C'est une partie de la ligne qui unit aujourd'hui Vienne à Trieste.

Un recueil contemporain a décrit comme il suit cette voie ferrée :

« Quand on descend de Vienne vers Trieste, on remonte la voie ferrée de Sömmering à Gloggnitz, bourg de la basse Autriche, situé à une des extrémités de la verte vallée de Reichenau. De là jusqu'à Murzuschlag, en Styrie, la route n'est, pour les voyageurs qui aiment les grands spectacles de la nature, qu'une suite de surprises et d'enchantements. On s'élève peu à peu, à la suite de la vapeur, au-dessus des vallées; et, par mille détours, on côtoie, on traverse, on gravit, on descend les hautes montagnes du Sömmering, ce rameau sauvage des Alpes Noriques, sans cesser un instant d'avoir sous les yeux les perspectives les plus diverses et les plus inattendues. Le versant nord, qui regarde l'Autriche, est escarpé, aride, imposant, coupé de fondrières; le versant sud, qui s'incline doucement vers la Styrie, est couvert de riches pâturages et de jolis hameaux. Quelquefois on est dominé par un pic noir et nu, qui perce les nuages; quelquefois par un château fort, comme celui de Klamm. On entend mugir au-dessous de soi les eaux froides des ruisseaux, parmi les éboulements des montagnes; les forêts de sapins alternent avec les prairies. On est suspendu seize fois, sur les viaducs, au-dessus des torrents et des abîmes. On s'engouffre quinze fois dans les ténèbres des montagnes. L'un de ces souterrains a une longueur de 1,428 mètres, et l'on est, en ce moment, sous le sommet le plus élevé du Sömmering, qui est à 990 mètres au-dessus de la mer Adriatique. De là on descend, avec une rapidité merveilleuse, à Murzuschlag, qui n'est plus qu'à 337 mètres au-dessus du rivage de Trieste, et où le paysage redevient calme et souriant.

« Qui veut jouir sans fatigue des grands contrastes de la nature du Nord avec celle du Midi, trouve, dans le Sömmering, une voie nouvelle, préférable peut-être au Splügen, au Saint-Gothard, au Simplon et au mont Cenis, en ce que, brusquant toute transition, elle transporte le touriste, comme dans un songe, de Vienne, la plus brillante et la plus animée des capitales du Nord, à Venise, la plus poétique et la plus silencieuse des villes de l'Italie. Les bateaux à vapeur conduisent, en six heures, du port de Trieste au port du Lido: les valse de l'Élysée de Daum ou de la Sperlsaal résonnent encore aux oreilles, et l'on entend déjà les murmures harmonieux des voix vénitienes, sur le quai des Esclavons. »

Après l'ingénieur autrichien, Engerth,

l'ingénieur français, Jullien, directeur des chemins de fer de l'Ouest, réussit à construire une excellente *locomotive de montagne*. Cette machine remonta, en effet, le

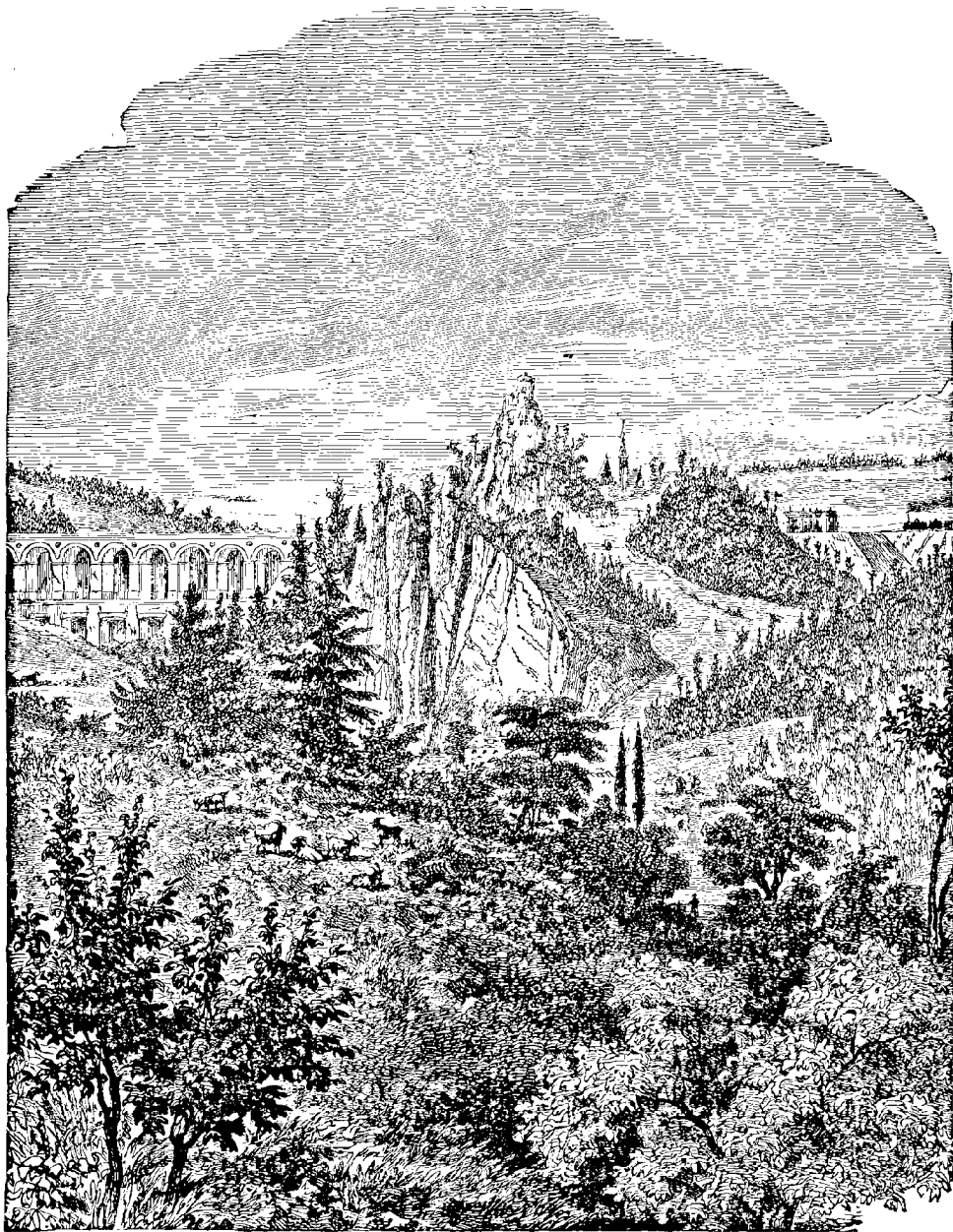


Fig. 216. — Chemin de fer du Sömmering: le château de Klamm.

coteau de Saint-Germain, et remplaça, en 1859, le système pneumatique, reconnu inefficace et trop dispendieux.

Après Engerth et Jullien les constructeurs ont encore perfectionné les locomotives qui, grâce à leur puissance, à leur poids, peuvent servir pour la traction des marchandises, en plaine, et pour remonter des

rampes de 30 millimètres par mètre, afin de suivre les détours des montagnes, à la condition de ne traîner qu'un petit nombre de wagons à voyageurs

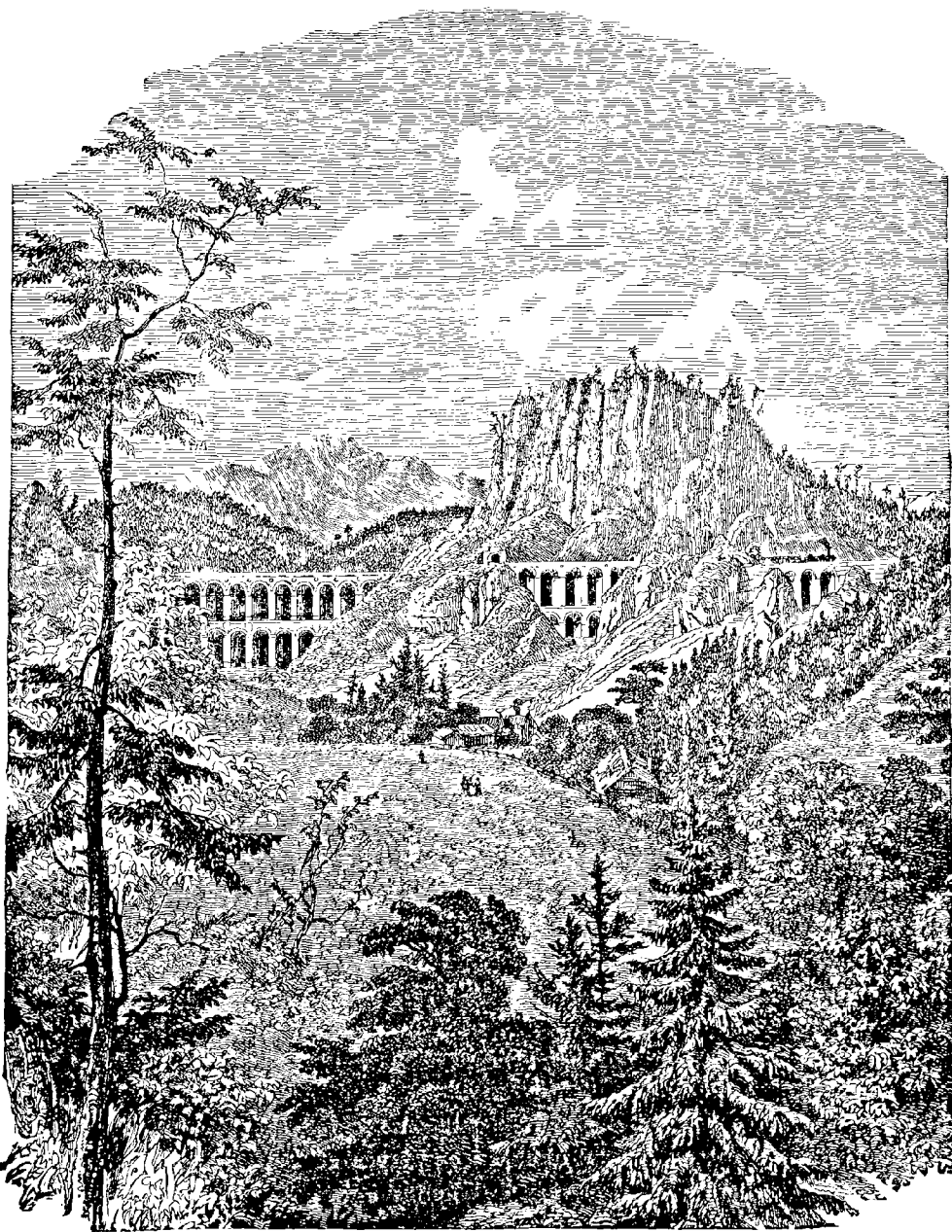


Fig. 217. — Chemin de fer du Sômemring: le viaduc de la Rivière-Froide.

Le système qui permet d'arriver à ce résultat, consiste à coupler ensemble les roues du tender et de la locomotive, pour obtenir une adhérence considérable — à augmenter beaucoup les dimensions du foyer et le nombre de tubes à feu de la chaudière, — et à diminuer les dimensions des roues pour obtenir moins de vitesse, mais plus de puissance.

Rien n'est plus intéressant que le voyage en chemin de fer le long d'une ligne de montagne, au moyen des puissantes locomotives construites sur le type des machines d'Engerth. Je n'oublierai jamais la sensation de surprise et de plaisir que j'éprouvai lorsque je parcourus, pour la première fois, en 1869, la ligne de Pistoïe à Bologne, la plus

célèbre en ce genre, et sur laquelle, grâce à la continuelle ascension du train, le voyageur voit se succéder une série de points de vues pittoresques et d'ouvrages d'art, tels que tunnels, ponts et viaducs, destinés à transporter les convois d'une vallée à l'autre, ou à franchir des torrents.

J'avais passé une journée dans la petite

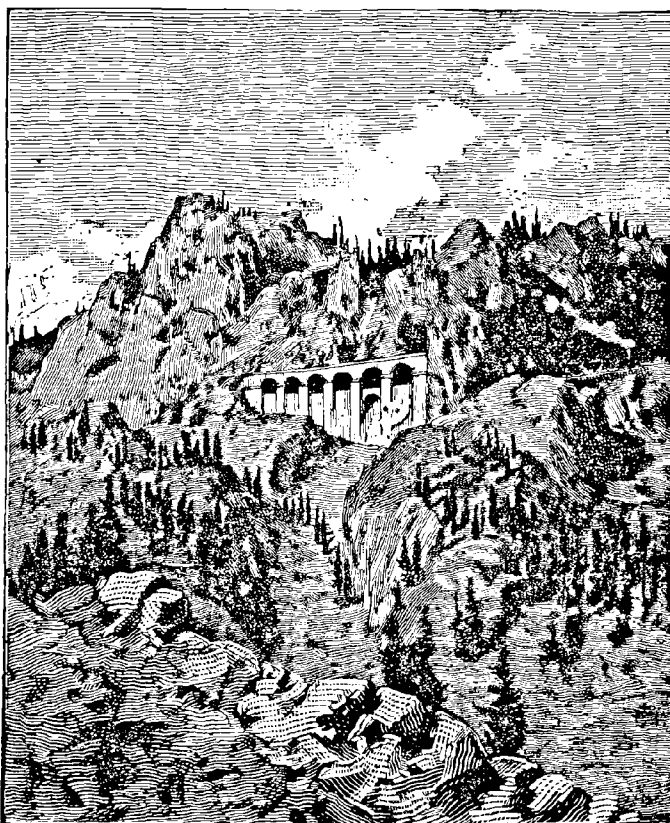


Fig. 218. — Viaduc du Weinzetwald, sur le chemin de fer du Sömmering.

ville de Pistoïe, où des œuvres charmantes d'architecture et de peinture laissent une si douce impression dans l'esprit; et, vers le milieu du jour, je me rendis au chemin de fer, pour prendre le train allant à Bologne. Mais le convoi venant de Florence n'était pas encore arrivé, et je dus attendre longtemps son passage. Une pareille inexactitude causerait, en France, autant de colère que d'inquiétude. En Italie on prend un retard

le plus philosophiquement du monde. Les employés et les *facchini*, habitués à ces lentes allures de leur chemin de fer, se mirent, sans plus de souci, à jouer à la *mora*, le jeu favori du peuple.

Mais un coup de sifflet interrompt bientôt les parties de *mora*. C'est le train de Bologne. Nous partons.

Nous partageons la voiture avec une dame, qui conduit à Bologne sa fille, atteinte

de phthisie. Elle espère que la science des médecins de cette ville célèbre rétablira la pauvre enfant. Mais la jeune malade sourit tristement. On voit qu'elle envisage sans crainte le triste sort qui l'attend, et son doux visage porte l'empreinte d'une ineffable résignation.

On lui a fait un lit avec une planche et un matelas posés en longueur sur les deux premiers fauteuils du wagon. Elle est là, couchée, immobile et pâle comme une figure

de cire. Sa main diaphane joue avec un bouquet de roses, dont les pétales s'éparpillent autour d'elle.

Cette belle enfant qui promenait un limpide regard sur la riante vallée de l'Ombrone, comme pour lui faire ses adieux, a-t-elle été conservée à sa mère et au bonheur ? Ou bien, moissonnée au printemps de sa vie, a-t-elle emporté, dans les replis de sa robe virginale, les illusions d'un cœur candide et pur ?

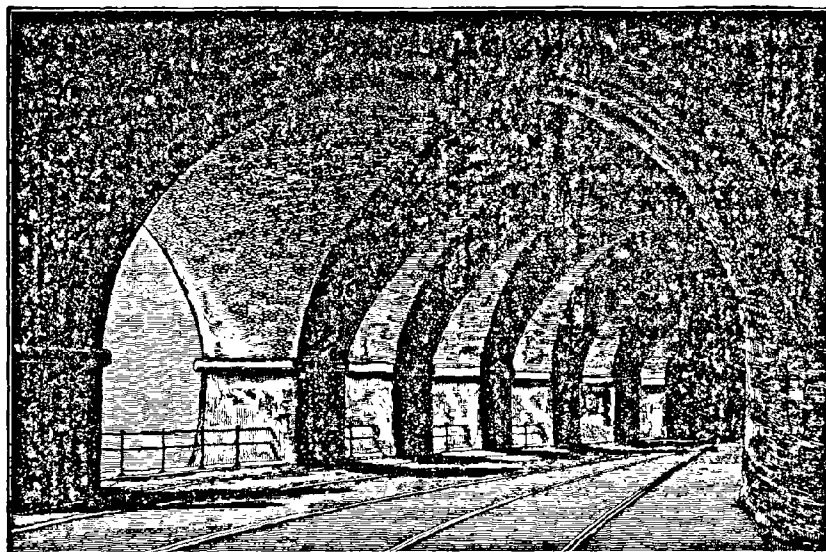


Fig. 219. — Tunnel du Weinzetwald, sur le chemin de fer du Sömmering.

Que d'images touchantes sont entrevues, dans le cours rapide de la vie, et dont on ne connaîtra jamais la destinée ! Que de chapitres ébauchés et brusquement interrompus ! Que de sites sans histoire, de romans sans dénouements et de types mystérieux, l'observateur ne rencontre-t-il pas sur son chemin ? Que de pages blanches sont renfermées dans le livre de l'existence humaine, et que l'imagination seule peut remplir !

La douce vallée de l'Ombrone s'étend jusqu'au pied des Apennins. Cette partie de la chaîne des Apennins est particulièrement âpre et sauvage. Coupée de torrents et d'a-

bîmes, elle semble destinée à isoler la Toscane du monde. Jamais région ne parut moins propre à l'installation d'un chemin de fer, que ces montagnes ardues. La vapeur a pourtant triomphé de ces remparts déchiquetés. Aujourd'hui, des locomotives, traînant de nombreux wagons, montent, descendent, s'enfoncent, tournent, disparaissent et reparaissent dans les profondeurs de ces gorges abruptes, aussi facilement que ces souris mécaniques qui, au grand ébahissement des enfants, sortent incessamment de leur antre de carton.

Le railway de Pistoïe à Bologne est une merveille de l'art. Au lieu d'avoir évité les

obstacles, les ingénieurs semblent les avoir | force continuels. Soit que le train dessine
recherchés, et ils ont réalisé des tours de | ses courbes sinueuses au bord des précé-

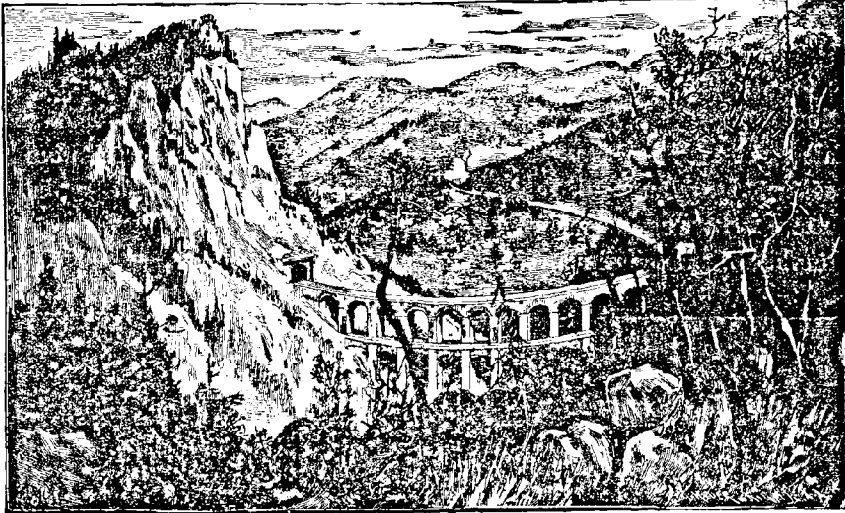


Fig. 220. — Viaduc sur la route du Sommering.

pices; soit qu'il traverse, au moyen d'élé- | qu'il pénètre souterrainement dans l'épais-
gants viaducs, des torrents écumeux; ou | seur de la montagne, partout se rencontrent

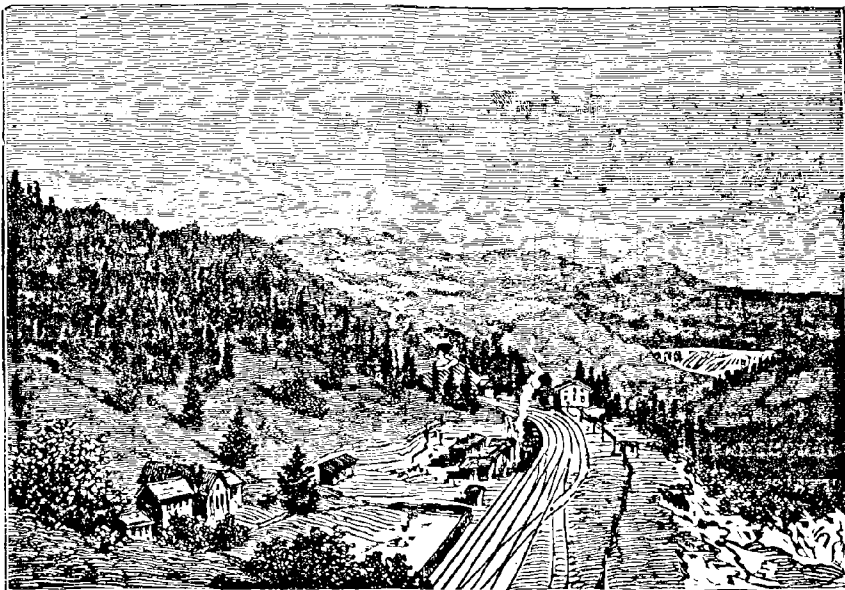


Fig. 221. — Station au haut de la montagne du Sömmering.

des difficultés admirablement vaincues par | versée de ces montagnes, et les tableaux
le génie de l'homme, | qui passaient sous mes yeux étaient plus
C'est en plein hiver que je faisais la tra- | beaux encore, vus en cette saison. Les

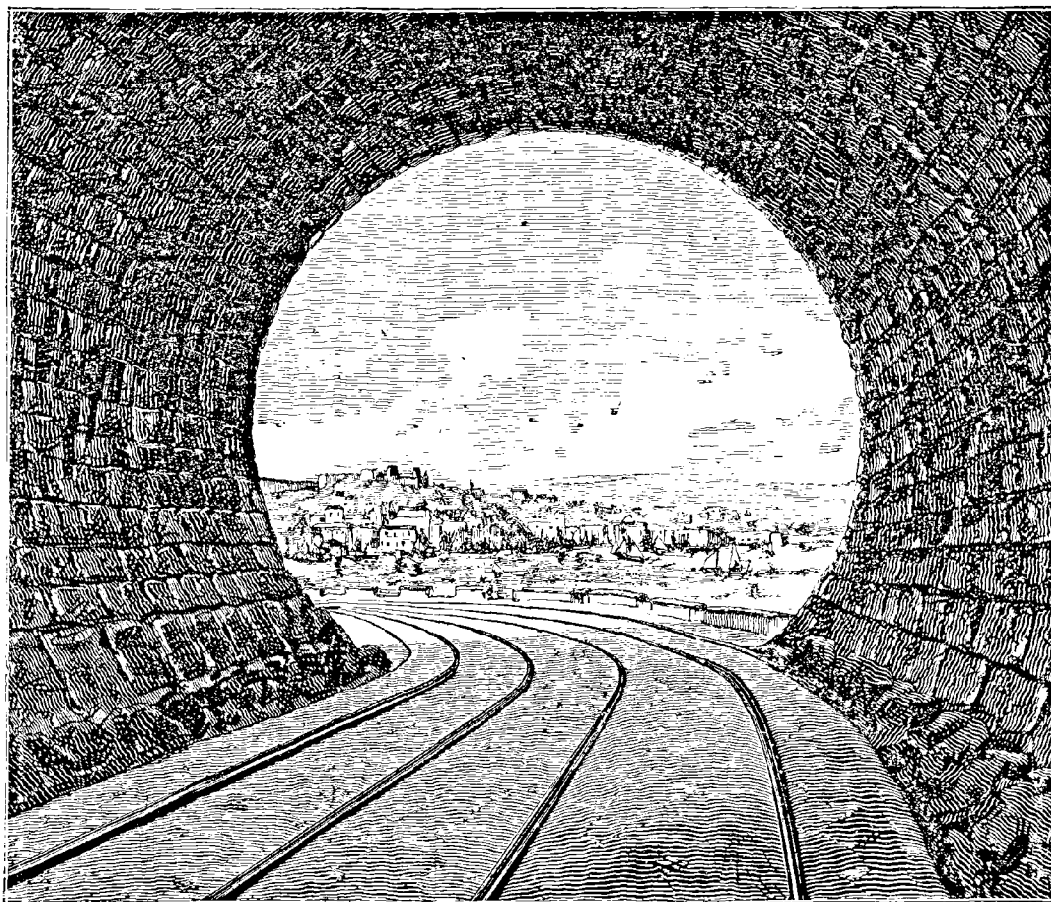


Fig. 222. — Tunnel près de Trieste.

cimes des Apennins couvertes de neige, et les cascades cristallisées par le froid, produisaient des effets splendides; tandis que de rares villages qui émergeaient de loin en loin parmi les rochers et les arbres, ressemblaient à des nids humains perdus dans la nature.

Les pluies de l'automne avaient gonflé les rivières; plusieurs ponts avaient été emportés; la campagne était sous l'eau, et ces dégâts rendaient le trajet singulièrement accidenté. On avait jeté çà et là quelques planches, pour retenir les terres des talus; mais ce faible soutien n'avait pu lutter contre les éboulements, et ce n'était pas sans une certaine crainte que l'on traversait ces

endroits périlleux, que signalait un drapeau rouge. C'est ainsi que nous traversâmes les stations de Piastro et de Pianasartico.

Porretta est la station la plus importante de toute la ligne: c'était autrefois le dernier village des Romagnes, vers la frontière toscane.

Porretta possède des sources thermales renommées dans la contrée. Des mêmes roches d'où jaillissent les eaux thermales, s'échappent des jets abondants d'un gaz, qui est de l'hydrogène carboné. Il suffit d'approcher une allumette des orifices d'où s'échappe ce gaz, pour les voir flamber, comme de petits volcans.

Il n'est pas sans intérêt de dire, à cette

occasion, que bien avant l'invention du gaz d'éclairage, une des petites places de Porretta, celle qui est au-devant de l'établissement des bains, était éclairée au moyen du gaz que fournissait l'usine naturelle de la montagne. C'est un pauvre cordonnier, Pietro Spiga, qui avait eu l'initiative de cette innovation de l'éclairage au moyen du gaz fourni par la nature.

Les eaux de Porretta sont recommandées contre les maladies de la peau. Selon la légende du pays, la découverte de leur efficacité serait due à un assez singulier hasard. Un paysan avait chassé de son étable, pour ne pas le tuer, un bœuf tellement lépreux que sa peau même n'était plus bonne à rien. Quelque temps après, notre paysan rencontra son bœuf dans les prés qui avoisinent les sources thermales, et il fut frappé de reconnaître dans son état une amélioration manifeste. Il le revit un peu plus tard, et cette fois tout à fait guéri. Le paysan avait remarqué que le bœuf allait se désaltérer à des eaux chaudes et fétides dont nul homme ou nul animal n'avait voulu boire jusqu'alors. Il en conclut que la guérison de son bœuf devait être attribuée à ces eaux, et cette cure *in animâ vili* devint le signal de la réputation médicinale des eaux de la source de Porretta.

Les Égyptiens élevaient des statues au *Bœuf Apis*. Une statue au bœuf de Porretta serait tout aussi méritée, si la reconnaissance était une des vertus des propriétaires d'eaux minérales.

Au sortir de Porretta, on côtoie le Reno, longtemps avant de le traverser. A chaque tour de roue, quelque torrent, quelque veine d'eau, débouchant d'un pli de la montagne, vient grossir l'artère centrale. Les pentes rapides sont revêtues d'une végétation drue et vive : les chênes, les châtaigniers, les yeuses, à l'éternel feuillage, encadrent harmonieusement les prairies naturelles.

Les maisons sont rares, les villages très

agglomérés et situés, en général, au fond des vallées. On n'aperçoit, sur les hauteurs neigeuses et dépouillées, que de rares cabanes, qui servent d'asile aux pâtres, pendant l'été.

Reprenons cependant notre course à travers les Apennins. Hérissant de mille manières le sol de l'Italie, les Apennins y forment de pittoresques remparts, mais jamais leurs flancs sauvages n'ont été franchis d'une façon aussi originale que par le chemin de fer de Pistoïe à Bologne, qui les perce d'outre en outre. Le convoi ne sort d'un tunnel que pour entrer dans un autre. On ne revoit un moment le jour, que pour être plongés, peu d'instants après, dans de nouvelles ténèbres ; de sorte que l'appréhension naturelle qui fait redouter à l'homme le passage d'un souterrain, prend ici les proportions d'un véritable cauchemar. Ces brusques alternatives d'obscurité et de lumière, se succédant sans relâche, avec une prodigieuse rapidité, provoquent une sorte de vertige. D'un autre côté, comme l'œil, à l'issue de l'obscurité, a quelque peine à supporter l'éclat du jour, on croit voir, par un singulier effet d'optique, la campagne enveloppée d'une sombre nuance de bistre, chaque fois que l'on sort d'un tunnel, pour revoir la lumière.

De contraste en contraste, et de tunnels en tunnels, on arrive enfin à Sasso.

Sasso signifie « rocher ». En effet, des piliers gigantesques, formés par des roches, surplombent le tracé du chemin de fer. On remarque, en passant, que ces masses calcaires, aux surfaces perpendiculaires et unies, sont percées de trous et de fenêtres. C'est qu'il y a là nombre de maisons creusées à vif dans le roc, et habitées par de modernes troglodytes. Les pauvres habitants de ces montagnes vivent dans des tanières, comme les ours et les renards.

Mais bientôt les cimes rocheuses s'adoucisent, les Apennins s'élargissent, les sou-

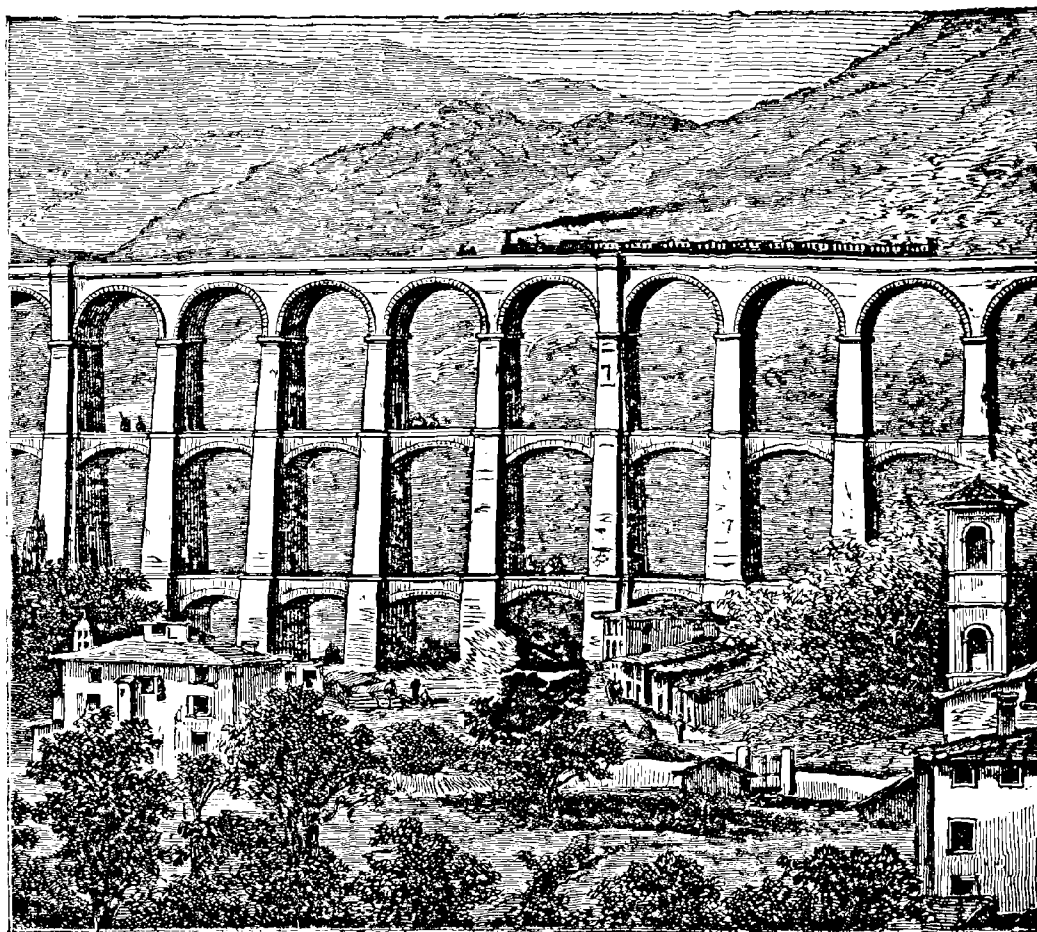


Fig. 223. — Viaduc de Catagno, sur le chemin de fer de Pistoïe à Bologne.

terrains disparaissent, et une plaine féconde, entourée de mamelons verdoyants, s'étend jusqu'à l'horizon. Peu à peu la campagne s'enrichit de maisons de plaisance, d'arbustes, de madones et de fleurs. Une ville dessine d'élégants monuments sur le ciel : c'est Bologne.

Lorsqu'on approche de Bologne, on tourne, par un long circuit, les collines qui forment les premiers contreforts de l'Apennin, et l'on franchit, sur un pont, aux arches innombrables, long de près d'un kilomètre (fig. 223), le vaste lit du Reno, qui, après être descendu de la montagne, rapide et torrentueux, semble se reposer et s'élargir dans la plaine.

De Pistoïe à Bologne, la voie ferrée se développe sur une longueur de 94 kilomètres, tandis que la distance réelle d'une ville à l'autre n'est guère que de 60 à 63 kilomètres.

Les niveaux des deux villes, c'est-à-dire des deux plaines que sépare l'Apennin, sont à une hauteur un peu différente : Bologne est à 46 mètres au-dessus de la mer, Pistoïe à 64 mètres. Le point culminant de la ligne, qui est marqué par la station de Fracchia, est à 627 mètres. Pour atteindre ce passage entre les deux versants, la voie trace des courbes qui se tordent parfois jusqu'à un rayon de 31 mètres ; elle suit des pentes dont l'in-

clinaison *maxima* atteint 32 mètres par kilomètre.

Les œuvres d'art se touchent, pour ainsi dire, bout à bout, les ponts succèdent aux viaducs, les remblais aux tranchées. Les tunnels, qui sont au nombre de 45, couvrent un quart environ du parcours entier, soit 20 à 23 kilomètres. La rivière du Reno,

dont les méandres descendent de l'Apennin vers Bologne, est traversée jusqu'à vingt fois par le hardi tracé de la ligno. On compte, avec les 45 tunnels, 30 ponts et 8 viaducs considérables, parmi lesquels quelques-uns, à plan courbe, ont plusieurs centaines de mètres de longueur, et trois rangs d'arches superposées.

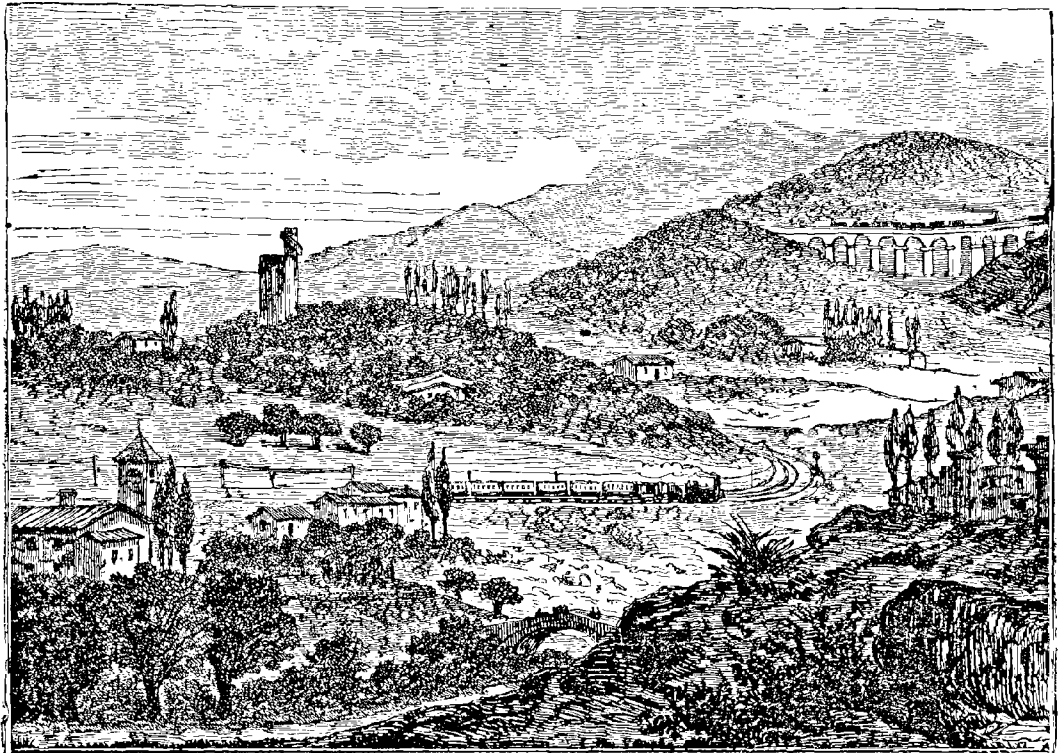


Fig. 224. — Tour de Catilina et viaduc Delle Svolte, sur le chemin de fer de Pistoïe à Bologne.

Cette ligne a été construite sur les plans et sous la direction de l'ingénieur Protche, qui fut secondé, dans ce gigantesque travail, par ses collègues, Lieben et Petit. Elle est l'œuvre d'ingénieurs français, pour lesquels ce ne fut pas un faible titre de gloire.

Les deux lignes du Sömmering en Autriche et de Pistoïe à Bologne, ne sont pas les seules qui donnent au touriste le plaisir de faire en wagon la traversée de pays montagneux, et de jouir, sans fatigue,

de la vue de contrées pittoresques. Depuis quelques années les chemins de fer de montagne ont été fort multipliés. Des rampes, qui, jadis, paraissaient inabordables, sont franchies, au prix, bien entendu, d'une grande perte de force mécanique.

Les Apennins du sud de l'Italie sont traversés aujourd'hui, comme ceux du Nord, par des lignes de chemins de fer. La ligne de Naples à Foggia est extrêmement remarquable sous ce rapport : elle peut rivaliser avec celle de Bologne à Pistoïe. Construite

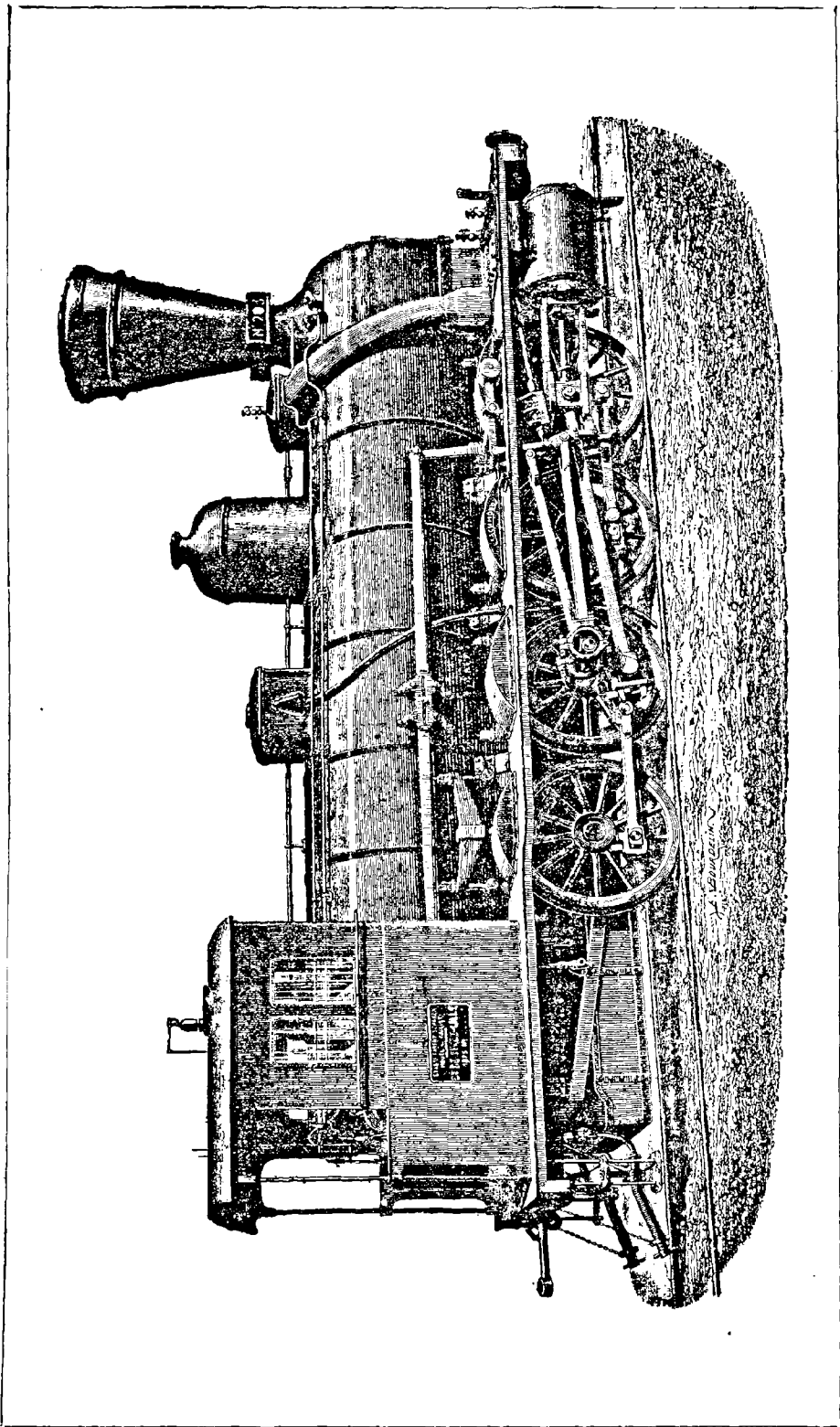


Fig. 225. — Locomotive de montagne construite par l'usine de Fives-Lille (page 398).

après cette dernière, et par les ingénieurs italiens, elle a pu profiter de l'expérience et des faits acquis par la création de la ligne de Pistoïe à Bologne.

Nous citerons, comme exemples de lignes présentant des rampes de 15, 20 millimètres par mètre : en Allemagne, celles de Forbach à Niederbronn, en Alsace, — en France, celles de Moulins à Montluçon, — de Mézières à Hirsens, — de Lyon à Grenoble, — de Montauban à Rodez, — de Mouchard à Pontarlier, etc.

En Norvège, on peut signaler la ligne de Christiania à Trondhyem, qui traverse les Alpes Scandinaves, à 688 mètres de hauteur ; en Suisse, celle de Lausanne à Berne, — en Espagne, la ligne d'Irun à Madrid, qui s'élève parfois à une hauteur de plus de 2,300 mètres, sans dépasser, toutefois, une pente de 15 millimètres.

On rencontre sur plusieurs grandes lignes de l'Europe, des pentes de 2, 5 pour 100. Telles sont, en France, la ligne d'Alais à Brioude, pour la traversée des Cévennes, — en Allemagne celle de Neuemarkt à Marksburg, pour passer du bassin du Mayn dans celui de la Saare. Les mêmes rampes existent dans les trois lignes du Brenner (de Bludenz à Innsbruck), du Sömering (de Vienne à Trieste, entre Glognitz et Murzschlag) et sur la magnifique rampe de Bologne à Pistoïe, pour la traversée des Apennins du Nord, que nous avons longuement décrite plus haut.

La ligne de Turin à Gênes présente une pente de 35 millimètres par mètre, sur la rampe célèbre du Giovi, où Germano Sommeiller voulait établir son bélier hydraulique, comme nous le raconterons dans la suite de cet ouvrage (1).

Disons enfin que la pente de la ligne d'Enghien à Montmorency n'est pas moindre de 40 millimètres par mètre.

(1) Notice sur le tunnel du mont Cenis.

Cependant il ne suffit pas, pour la traversée des montagnes, de remonter des rampes de 3 à 4 centimètres ; il faut encore pouvoir circuler sur des courbes, qui, dans certains cas, peuvent descendre à un minimum de 50 mètres de rayon. Plusieurs types de locomotives ont résolu ce double problème. Nous citerons, entre autres, la *locomotive Rarchaert* et la *locomotive Fairlie*.

La première de ces locomotives est à huit roues, couplées deux à deux, et divisées en deux groupes de quatre roues, formant chacun un chariot spécial. Chaque chariot peut tourner autour d'une cheville ouvrière, dans une crapaudine fixée au bâti. Dès lors, les deux systèmes d'essieux restant parallèles dans les parties droites de la voie, peuvent se disposer à angle convenable dans les parties courbes, et éviter ainsi les frottements considérables sur les rails que subiraient les roues motrices des locomotives ordinaires et non articulées.

La *locomotive Rarchaert* a fonctionné avec succès sur la ligne de Vitré à Fougères, et sur la ligne du Nord.

La locomotive *Fairlie* est portée, comme la *locomotive Rarchaert*, par deux trucs mobiles, mais à chacun de ces trucs correspond un appareil moteur complet. Ce sont deux machines placées, pour ainsi dire, dos à dos. Une même cabine, installée au milieu, abrite à la fois le mécanicien et le chauffeur. Le chauffeur surveille et entretient deux foyers ; le mécanicien prend en mains les organes du mouvement des deux appareils.

Les usines françaises construisent des locomotives à marchandises, qui appliquées aux chemins à rampe, remontent facilement des pentes de 2 à 3 centièmes. Nous mettons sous les yeux de nos lecteurs (fig. 225) le dessin d'une locomotive de ce genre, que l'usine de Fives-Lille a construite pour les chemins de fer russes.

Cette locomotive est à 8 roues couplées. Comme il est très intéressant de connaître

les dimensions principales de ce puissant remorqueur, nous en donnons ici le tableau :

Diamètre des cylindres à vapeur.....	0 ^m ,500	
Course des pistons des cylindres à vapeur	0 ^m ,650	
Diamètre des roues.....	1 ^m ,300	
Timbre de la chaudière (pression par centimètre carré).....	7 kil.	
Grille....	{ Longueur.....	1 ^m ,951
	{ Largeur.....	1 ^m ,075
	{ Surface.....	2 ^m ,097
Tubes à fumée de la chaudière	{ Longueur entre les plaques tubulaires.....	5 ^m ,100
	{ Diamètre extérieur.....	0 ^m ,050
Surface de chauffe de la chaudière	{ Nombre.....	226 ^m
	{ Du foyer.....	11 ^m ,16
	{ Des tubes.....	173 ^m ,802
Totale.....	184 ^m ,962	
Longueur totale de la locomotive.....	9 ^m ,500	

Nombre de tonnes remorquées par la locomotive, non compris le poids de la machine et du tender :

En plaine.....	1000 tonnes
Sur une rampe de 5 millièmes.....	500 —
— 10 —.....	330 —
— 15 —.....	240 —
— 20 —.....	175 —
Poids de la machine vide.....	40.700 kil.
— en service.....	45.700 —
Poids du tender vide.....	12.700 —
— en service.....	26.500 —

On remarquera, sur la figure 225, la forme de la cheminée, qui s'évase en entonnoir, comme celle de la locomotive américaine. Cette disposition a été adoptée parce que le foyer est alimenté, sur les chemins fer russes, avec du bois. Une trappe placée à l'intérieur du tuyau de la cheminée, relie les escarbilles, les empêche d'être projetées au dehors, et permet de les extraire, à la fin de la course.

CHAPITRE III

LES CHEMINS DE FER FUNICULAIRES. — LE CHEMIN DE FER DE LYON A LA CROIX-ROUSSE. — LE CHEMIN DE FER DE LYON A FOURVIÈRE.

Quand les plans inclinés qu'il s'agit de franchir dépassent une certaine limite, les

locomotives les plus puissantes et les mieux disposées pour remonter les rampes, ne suffiraient plus à la tâche. On est alors obligé de se servir de machines à vapeur fixes, pour remorquer les convois, au moyen de cordages qui s'enroulent sur un cabestan, et qui se déroulent pour la descente.

Les voies ferrées où l'on fait usage de machines à vapeur fixes et de cordages remorqueurs, portent le nom de *chemins funiculaires*, mot quelque peu barbare, mais d'une étymologie juste, le mot *funis*, en latin, signifiant *corde*, ou *câble*. On aurait pu les appeler *chemins à câble*, ou plus simplement encore, comme font les Lyonnais, *chemins à ficelle*, mais le mot *funiculaire* a prévalu.

Les chemins de fer *funiculaires* de la Croix-Rousse et de Fourvière, qui fonctionnent à l'intérieur de la ville de Lyon, sont des types du genre. Nous les décrivons donc ici tous les deux, avec quelques détails.

Le chemin de fer funiculaire de Lyon à la Croix-Rousse remonte à 1862. Il fut créé sur le modèle du plan incliné du chemin de fer de Liège, qui a fait époque dans l'histoire des chemins de fer.

Le plan incliné de Liège réalisait des pentes variant de 14 à 30 pour 100. La tension des câbles était réglée par un chariot roulant, placé en arrière du bâtiment des machines à vapeur fixes. Un contrepoids de 7 tonnes, qui descendait dans un puits de 30 mètres de profondeur, retenait en arrière, le chariot de tension.

Le plan incliné du chemin de fer de Liège ne sert plus aujourd'hui qu'à remorquer les trains de marchandises. Pour les trains de voyageurs, des locomotives suffisamment puissantes l'ont remplacé. C'est pourtant sur ce type mécanique que les ingénieurs du chemin de fer de Lyon à la Croix-Rousse, MM. Molinos et Pronnier, construisirent leur *chemin funiculaire*, qui rend encore

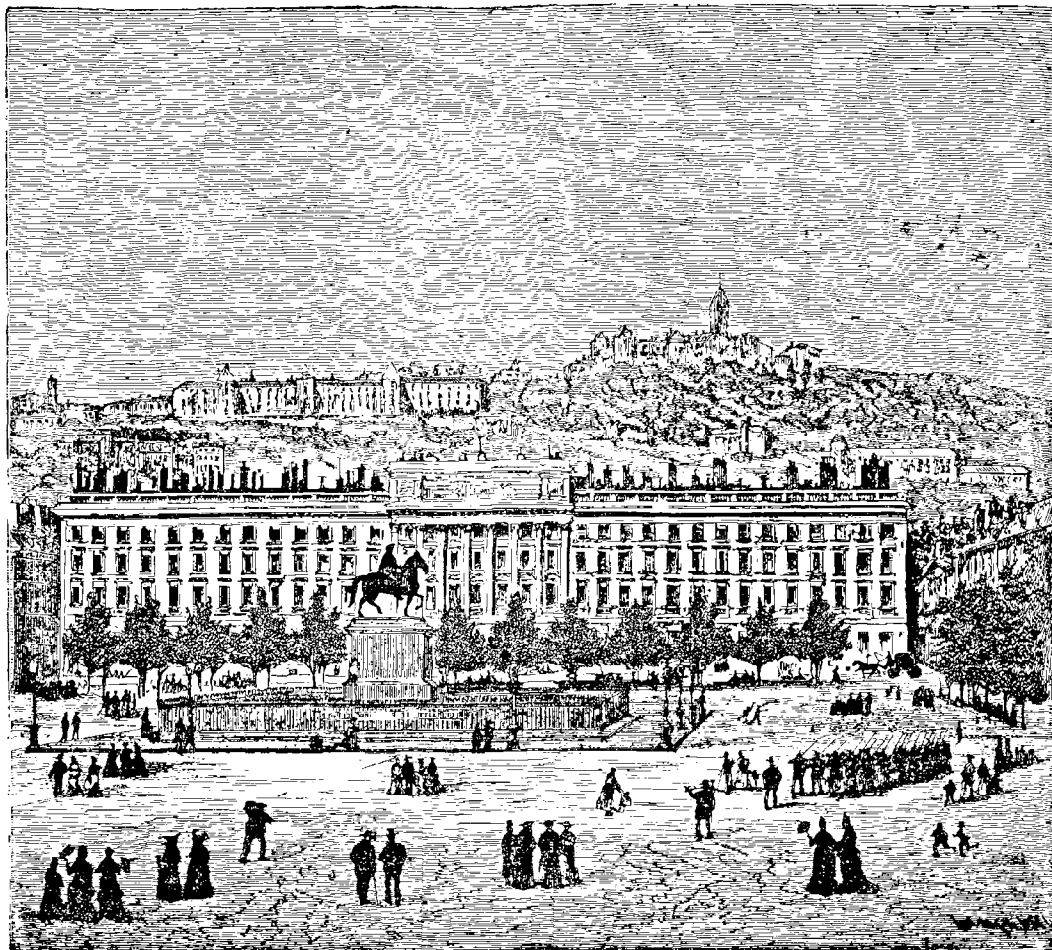


Fig. 22v. —La place Bellecour, à Lyon.

aujourd'hui les plus grands services aux habitants des quartiers bas de Lyon.

La rampe est de 16 pour 100.

Nous décrirons cet intéressant monument de l'art moderne, d'après le mémoire publié en 1862 par les ingénieurs, MM. Molinos et Pronnier, auteurs de cette remarquable construction.

Le plateau de la Croix-Rousse, voisin du quartier des Terreaux, le plus peuplé et le plus commercial de la ville de Lyon, est situé à une altitude considérable au-dessus de la presqu'île lyonnaise. Il est, en grande partie, habité par les ouvriers en soie. Les relations incessantes qui existent entre cette

population industrielle et les fabricants qui habitent les quartiers inférieurs de la ville, donnent lieu à une circulation des plus actives. Avant la création du *chemin funiculaire* de Lyon à la Croix-Rousse, les communications étaient fort difficiles entre les bas et les hauts quartiers. Sur le versant de l'ancien jardin des Plantes, les piétons ne pouvaient venir à la Croix-Rousse que par des escaliers, ou par la rue de la *Grande-Côte*, qui, dans un parcours d'environ 500 mètres, franchit une différence de niveau d'environ 80 mètres, et présente, en certains points, des pentes de plus de 0^m,20 par mètre.

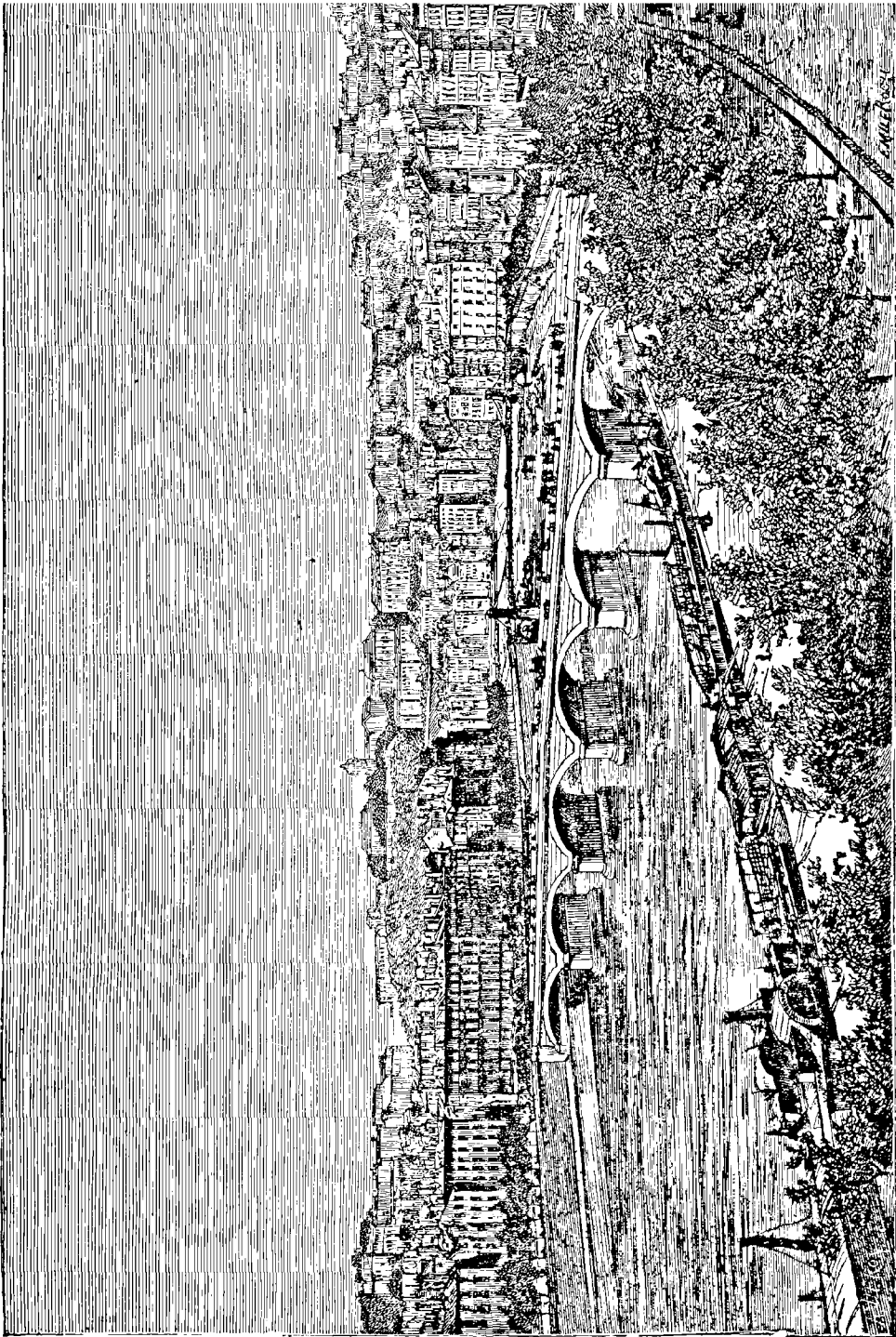


Fig. 527. — Quai du Rhône, à Lyon.

L'importance de la circulation, qui s'élevait, en moyenne, dans la seule rue de la Grande-Côte, à 30,000 personnes par jour, et le trafic considérable des marchandises et objets de consommation nécessaires à une population d'environ 30,000 âmes, qui tire presque tout de Lyon, donnèrent l'idée d'établir de Lyon à la Croix-Rousse un chemin de fer ascensionnel.

Le plan à réaliser consistait à établir une voie ferrée à forte pente, aussi latérale que possible à la grande artère jusqu'alors parcourue par le public, c'est-à-dire la rue de la Grande-Côte, qui part du plateau de la Croix-Rousse, pour aboutir à la partie inférieure en face de la rue Terme prolongée, suivant ainsi le chemin le plus direct de la Croix-Rousse à la place des Terreaux. La hauteur à franchir était de 70 mètres, la longueur totale du plan incliné de 489^m,20, et la pente, en déduisant les paliers des gares, de 0^m, 16 par mètre.

Les trains devaient être fréquents : toutes les cinq minutes, environ. Ils devaient pouvoir transporter, en moyenne, 30,000 personnes par jour.

Telles sont les données principales sur lesquelles le projet dut être rédigé. C'était alors un problème absolument nouveau. Il fallait, en effet, transporter des voyageurs sur un plan incliné de 0^m,16 par mètre, sans qu'une pente aussi rapide pût être une cause de danger. Il fallait parer aux conséquences d'une rupture du câble, accident toujours possible, au moyen de freins d'une puissance sans analogue jusque-là.

Nous allons décrire, d'après MM. Molinos et Pronnier, les dispositions mécaniques du chemin funiculaire de Lyon à la Croix-Rousse.

Ce chemin de fer a été construit pour satisfaire à la fois au service des voyageurs et au transport des marchandises.

Le tarif des places est de 10 centimes en secondes, et de 25 centimes en premières.

La durée du voyage n'est que de trois minutes. La vitesse des trains est de 2 mètres par seconde.

Les travaux, commencés en février 1860, furent achevés en février 1862.

Avant d'entrer dans la description de ce chemin de fer à forte rampe, nous devons, pour plus de clarté, décrire le mode d'exploitation que les directeurs ont adopté ; car toutes les dispositions d'exécution sont nécessairement subordonnées au mode d'exploitation.

Nous venons de dire que le chemin de Lyon à la Croix-Rousse est destiné au transport des voyageurs et des marchandises.

L'exécution d'un chemin à quatre voies entraînant à des dépenses trop considérables pour le début de l'entreprise, il fallait assurer ce double service avec deux voies seulement. La fréquence des trains de voyageurs rendait toute combinaison de ce genre fort difficile. Voici celle qui fut adoptée.

Les deux voies du chemin se ramifient en quatre tronçons dans chaque gare. Les deux voies intérieures sont consacrées au service des voyageurs.

A chaque extrémité du câble est attaché un train, composé de trois voitures pouvant contenir 108 voyageurs. La machine met le câble en mouvement de manière que le train descendant fasse en partie équilibre au train montant. On peut ainsi, à chaque voyage, transporter, dans chaque sens, 324 personnes.

Les départs ont lieu alternativement sur chacune des deux voies. Le quai du milieu est toujours le quai de départ ; c'est là que sont reçus les voyageurs pour monter en voiture, tantôt sur la voie de droite, tantôt sur celle de gauche.

A l'arrivée ils descendent sur les quais extérieurs aux voies, de manière qu'il n'y ait pas de confusion entre le départ et l'arrivée.

La durée du trajet étant de trois minutes,

on peut faire partir un train (montant et descendant) toutes les six minutes.

Ainsi, en résumé, une machine à vapeur

fixe faisant mouvoir un câble qui remorque un train montant et un descendant, sur les deux voies intérieures, tel est le système, très

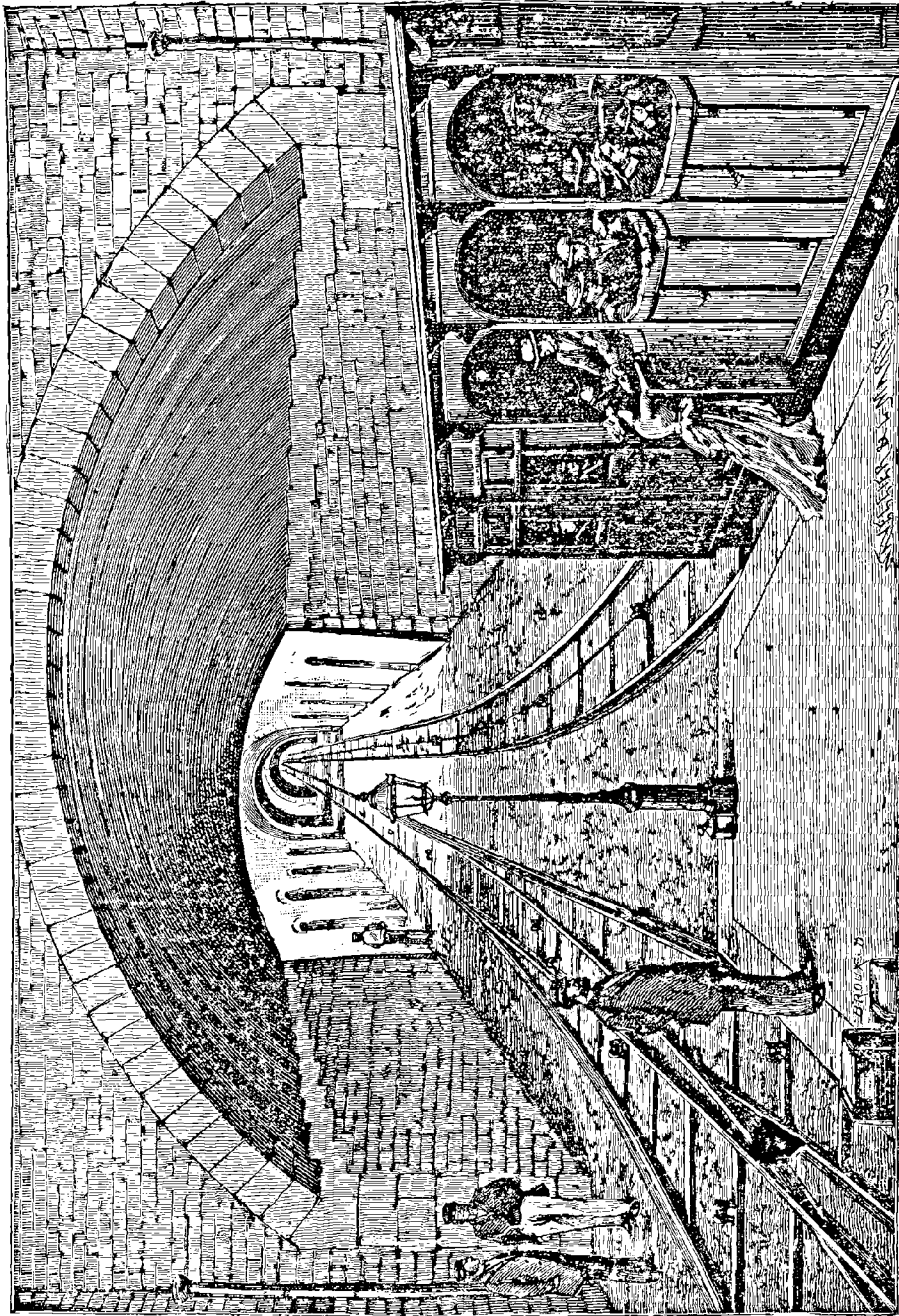


Fig. 230. — Voie du chemin de fer de Lyon à la Croix-Rousse.

simple, qui assure le service des voyageurs.

Le service des marchandises présentait de plus grandes difficultés.

En premier lieu, il était impossible de songer à rompre la charge pour un si faible parcours. Le déchargement au point de

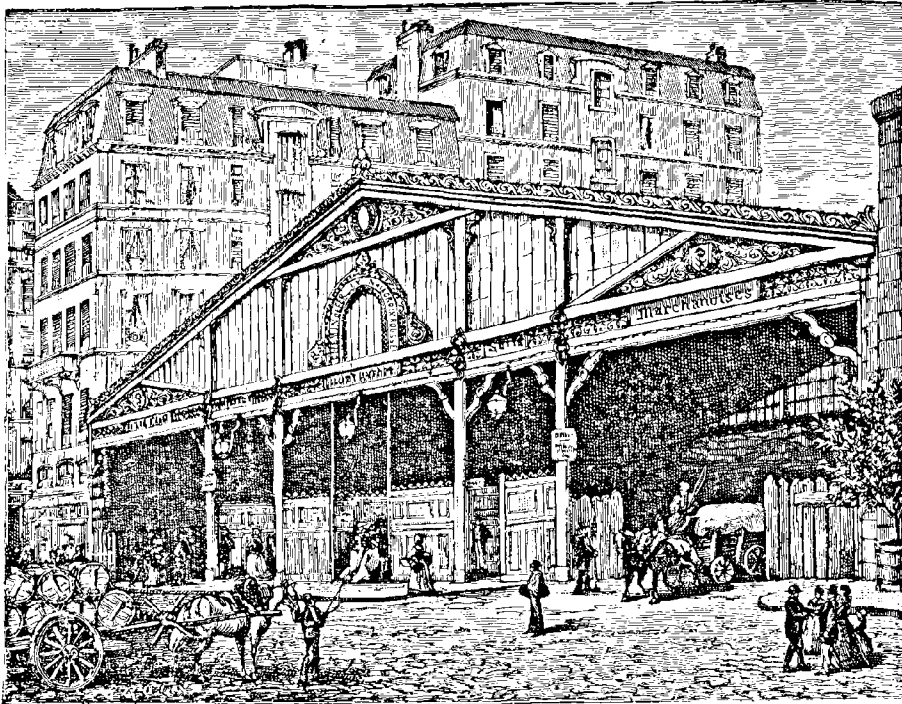


Fig. 229. — Gare du chemin de fer de Lyon à la Croix-Rousse.

départ et le chargement au point d'arrivée, eussent conduit à des dépenses excessives de main-d'œuvre, que la faible valeur du transport n'aurait pu rémunérer. Ces opérations auraient exigé, en outre, des emplacements considérables pour l'emmagasinage; et, dans une ville comme Lyon, les emplacements se payent au poids de l'or.

MM. Molinos et Pronnier arrivèrent à transporter les marchandises sans reprendre charge à l'arrivée et au départ, au moyen de la combinaison suivante.

On transporte sur des trucks les véhicules de toute nature, chargés de marchandises, qui arrivent pour être expédiés dans le haut quartier. Le plan incliné de la Croix-Rousse devient ainsi une sorte de bac-à-vapeur, qui fait remonter aux marchandises l'énorme différence de niveau séparant la Croix-Rousse de la ville de Lyon. Ce résultat s'obtient sans main-d'œuvre coûteuse, et

sans perte de temps, à l'aide d'une seule manœuvre, facile à exécuter.

Voici les dispositions au moyen desquelles cette combinaison a été réalisée.

Une seconde machine à vapeur, indépendante de la principale, fait mouvoir un tambour, sur lequel s'enroule un câble. Chaque brin de ce câble descend sur une voie, comme le câble des voyageurs; seulement, au lieu de parvenir aux deux voies principales par les deux voies intérieures de la gare, il est placé sur embranchements extérieurs. Ainsi, le mouvement de va-et-vient de la machine fait circuler les trains sur les voies extrêmes des gares, en empruntant les deux voies principales à partir du raccordement. Sur les deux voies principales, il existe donc deux câbles. Afin qu'ils ne se rencontrent pas, la traction des voyageurs ne se fait pas suivant l'axe; celle des wagons à voyageurs a été reportée de 0^m,06 vers l'autre voie, celle des wagons à mar-

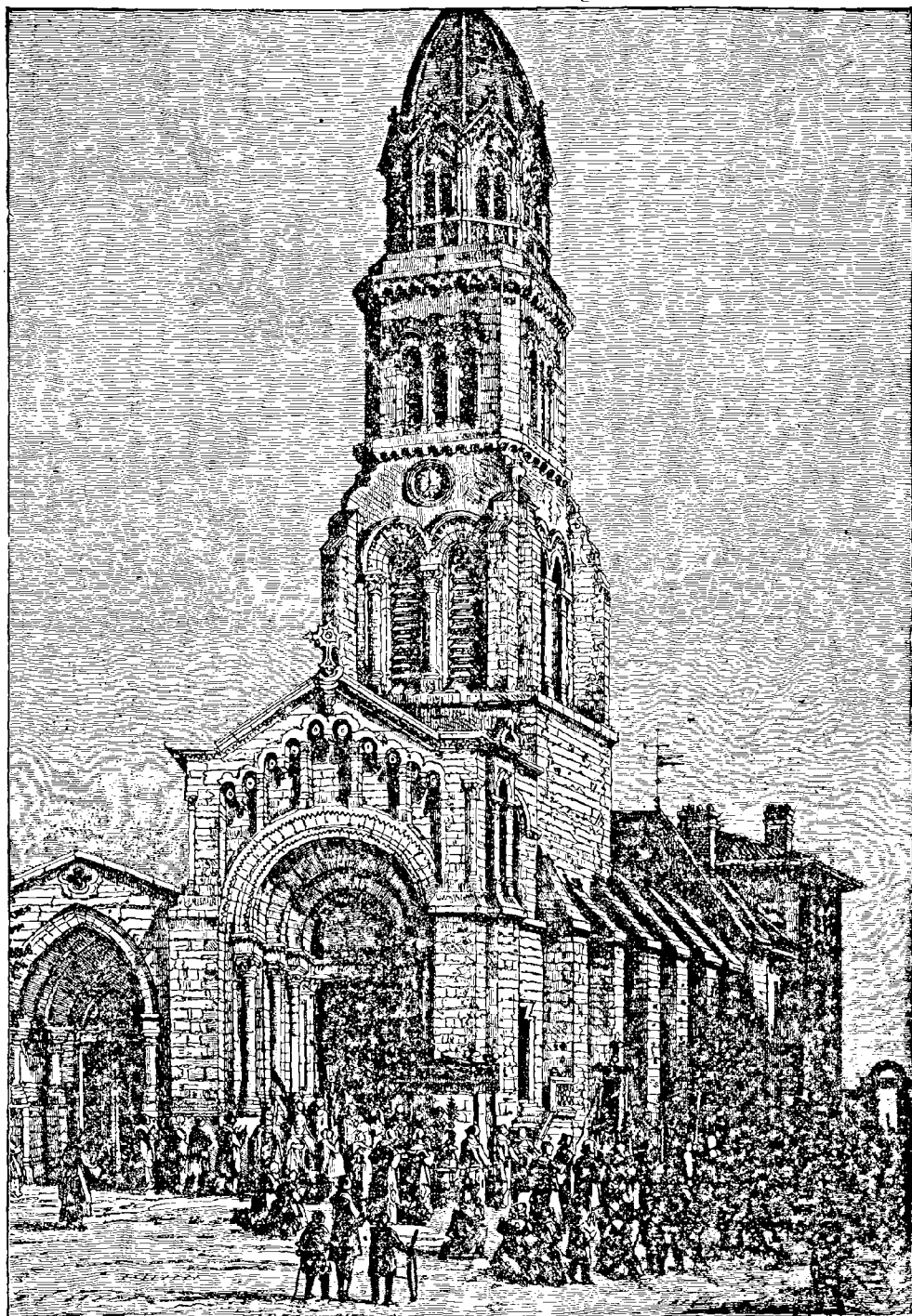


Fig. 230. — Église de Fourvière, à Lyon.

chandises de 0^m,08 vers les côtés de la voie, | soient distants de 0^m,14. Un croisement
le manière que les axes des deux câbles | spécial ouvre les voies, soit pour le service

des voyageurs, soit pour celui des marchandises.

Un train de marchandises se compose de trois trucks, dont les plates-formes font une sorte de pont continu. Ce train étant garé du fond du quai, on peut faire arriver les voitures attelées d'un seul cheval sur les trucks, par l'extrémité de la voie. La première voiture est placée sur le premier truck, et ainsi de suite. De solides attaches fixent la voiture et le cheval, de manière que tout mouvement leur soit impossible. On peut donc ainsi transporter sur le plan incliné des voitures chargées et attelées d'un cheval.

Le déchargement est également très simple; les voitures sortent des trucks à l'arrivée, exactement comme elles y sont entrées, sans autres manœuvres que celles qui sont nécessaires pour les détacher.

Ce mode d'exploitation était le seul qui pût se plier aux exigences du service des voyageurs; car la composition d'un train de marchandises, si simple qu'elle soit, est beaucoup plus longue que celle d'un train de voyageurs. Ce système permet de composer le train de marchandises indépendamment des autres. Quand il est prêt, on attend l'arrivée du train de voyageurs; aussitôt, on fait manœuvrer les changements de voie, et on enlève le train de marchandises. Comme il n'occupe la voie que pendant trois minutes environ, qui sont justement le temps à peu près nécessaire pour vider et emplir les voitures, on voit que le service des marchandises n'apporte qu'un très faible retard à celui des voyageurs.

La disposition générale des gares est naturellement résultée du système d'exploitation que nous venons de décrire. Une entrée unique pour les voyageurs conduit au quai de départ, placé au milieu de la gare. Le départ a lieu alternativement à droite et à gauche de ce quai. Les voyageurs arrivants descendent sur les quais extérieurs; une

sortie a été ménagée, à cet effet, en face de chacun des quais.

Les voies extrêmes sont pour les marchandises; elles servent alternativement de voies d'arrivée et de départ.

Afin d'éviter toute cause d'encombrement, de grandes portes percées dans la façade, en face des voies, permettent aux voitures d'accéder directement aux trains, sans qu'elles aient à séjourner ou à manœuvrer dans la gare.

Le matériel roulant du chemin de fer intérieur devait remplir certaines conditions très spéciales.

Pour satisfaire aux exigences du trafic maximum, un train devait pouvoir transporter 300 voyageurs. La brièveté de la ligne ne permettait d'allonger les paliers des gares qu'en accroissant la pente du chemin, déjà si considérable. Il fallait donc réduire autant que possible la longueur des trains.

Bien que le poids mort se trouvât équilibré, relativement au travail de la machine, il fallait se préoccuper de le réduire autant que possible, attendu qu'il agit sur la tension du câble, déjà fort au-dessus des efforts usuels. En outre, pour l'efficacité des freins, en cas de rupture du câble, la masse du train est la seule difficulté sérieuse. Ces motifs ont conduit les ingénieurs à employer des voitures de très grandes dimensions. Elles contiennent, en effet, 108 places, chacune.

Ces voitures sont à deux étages: l'étage inférieur est divisé en cinq compartiments. Le compartiment du milieu, de 10 places, remplit l'office des premières classes. Les autres compartiments sont des secondes classes, et contiennent chacun 12 places. L'impériale contient 50 places. Elle est entièrement fermée, pour empêcher les imprudences du public. On pénètre dans ces impériales au moyen de deux escaliers, situés à chaque extrémité du wagon. Un couloir règne dans toute la longueur; on y

peut circuler debout, le débouché exceptionnel des travaux d'art ayant permis de surélever le toit.

Les bancs de ces voitures sont inclinés de manière à racheter la moitié de la pente du chemin ; de cette façon on est bien assis sur un plan horizontal et sur la pente.

La machine à vapeur est de 150 chevaux. Elle fait tourner un tambour de 4 mètres et demi de diamètre, autour duquel le câble vient s'enrouler. La course du piston des machines à vapeur est de 2 mètres ; les chaudières sont tubulaires et à courant d'air forcé. Un ventilateur mis en action par une machine à vapeur de la force de 10 chevaux, envoie constamment de l'air sous les foyers, pour activer la combustion.

On a dû apporter les soins les plus attentifs à la confection du câble destiné à supporter le poids entier du train. Ce câble est formé de la réunion de 252 fils d'acier, de 2 millimètres de diamètre. Il serait capable, d'après les essais authentiques qui ont été faits, de supporter un poids de 100,000 kilogrammes, tandis que l'effort à soutenir pour l'ascension du train, n'atteint pas 10,000 kilogrammes.

On a pensé, toutefois, non sans raison, qu'un excès de précautions, un luxe de moyens de sécurité, seraient très bien vus de la population lyonnaise. Malgré la certitude que donnait la force extraordinaire de résistance du câble, l'autorité a voulu que les wagons du nouveau railway fussent armés de freins d'une puissance suffisante pour arrêter le train précipité sur la pente de la voie, dans le cas d'une rupture du câble.

Ces freins ont été construits par les ingénieurs de la compagnie, MM. Molinos et Pronnier. Voici les dispositions qu'ils ont adoptées pour obtenir cet important et difficile résultat.

Le chemin de Lyon à la Croix-Rousse présente, avons-nous dit, une inclinaison

uniforme de 16 millimètres par mètre. Un train abandonné sur cette pente, toutes les roues enrayées, glisserait, en prenant encore, par son énorme poids, une vitesse considérable. Pour parer à tous les dangers d'une rupture du câble, il ne suffit donc pas de munir les véhicules de freins ordinaires, il faut leur ajouter un frein supplémentaire, dont l'action, jointe à l'enrayage des roues, produise un arrêt infaillible. A cet effet, chaque truck porte deux systèmes de freins, devant agir automatiquement, par le fait même de la rupture du câble.

Le premier système se compose de freins à bande, entourant une jante intérieure qui fait corps avec la roue. Les extrémités de ces bandes sont reliées à un levier portant un contre-poids, lequel par sa chute, serre fortement les bandes contre les roues et produit l'enrayage. Chaque roue du truck peut être enrayée par le même moyen.

Le second système de freins se compose d'un arbre portant à chaque extrémité un appareil identique, qui se compose essentiellement d'une poulie à gorge faisant corps avec l'arbre ; cet arbre porte deux filets de vis en sens contraires, sur lesquels se meuvent deux écrous, qui, en se rapprochant, serrent deux mâchoires d'étau. Si le câble vient à casser, le ressort de traction, en se détendant, pousse une came, qui soutient l'ensemble de l'appareil ; cet appareil tombe donc sur le rail, et la poulie, dont la gorge est conique, l'embraye énergiquement. Le wagon continuant à descendre, la poulie tourne sur le rail, entraîne la vis et rapproche les mâchoires de l'étau, qui, en serrant le champignon du rail, produisent un frottement énorme et calculé de manière à arrêter le wagon. La chute de ce frein provoque celle des contre-poids des freins à bande.

L'expérience a pleinement démontré l'efficacité de ces dispositions. Douze fois, en présence de la commission de réception,

la rupture du câble fut simulée au moyen d'un dé clic, le train marchant à la descente à raison de 2 mètres par seconde (vitesse réglementaire ; l'arrêt se produisit sans secousse appréciable, après un glissement de 3^m, 50 c. ; les wagons, complètement chargés, pesaient 18,000 kilogrammes chacun.

Les travaux d'art de ce chemin de fer, bien qu'ils n'offrent pas l'attrait de nouveauté et d'originalité qui distinguent son matériel roulant, ne présentent pas moins un grand intérêt, par suite des difficultés que les ingénieurs ont rencontrées sur presque toute la ligne.

L'établissement de la gare de Lyon nécessita l'ouverture d'une tranchée de 41 mètres, bordée à pic par des maisons de 4 à 5 étages, dont le soutènement offrit les plus grandes difficultés.

D'autres maisons, placées sur le grand tunnel, furent conservées dans des conditions analogues. En un mot, des difficultés de toute nature durent être vaincues pour arriver à la réalisation d'une entreprise alors si nouvelle. Leur nombre, ainsi que leur importance, rendent plus remarquable le succès complet qui couronna ce travail, dont l'heureuse idée, aussi bien que l'exécution, fait le plus grand honneur aux deux ingénieurs de la compagnie, MM. Molinos et Pronnier.

Le chemin de fer à plan incliné de la Croix-Rousse rendit un grand service à la ville de Lyon. En raison des 70 mètres d'altitude qui le séparent du reste de la ville, le quartier de la Croix-Rousse, qui constitue une cité ouvrière des plus importantes, était menacé de désertion. Le chemin de fer à plan incliné qui, moyennant 10 centimes par place, permet de franchir cette différence de niveau, changea subitement cette situation. Dès la première année (1863) le chemin était parcouru par plus de 2 millions de voyageurs ; en 1880 ce chiffre s'élevait à 4 millions et en 1883 il était de 6 millions.

Une maison de 4 étages placée à cheval sur la ligne, fut conservée ; le tunnel qui la supporte fut littéralement découpé dans les caves de cette maison, sans porter atteinte à sa solidité.

Le succès du plan incliné de la Croix-Rousse fit songer à appliquer le même procédé d'élévation au quartier de Fourvière.

Seulement, les difficultés étaient ici bien plus grandes qu'à la Croix-Rousse, et l'entreprise ne se présentait pas sous un jour rémunérateur.

En effet, le quartier de Fourvière est, relativement, peu habité. Je me souviens d'avoir fait, en 1869, l'ascension de la colline de Fourvière, avec mon condisciple et ami, le docteur Bonnaric, alors médecin de l'hospice de l'Antiquaille, établissement qui se trouve à moitié chemin de la montée de Fourvière. La vue que l'on embrassait de cette hauteur, sur la vallée du Rhône et le cours de la Saône, est une des plus belles qui puissent s'offrir aux regards. Mais, le jour de ma promenade sur cette colline, une solitude absolue y régnait. Pas un passant, pas un curieux. Quelques moines, assis devant le porche de la vieille église de Fourvière, rappelaient que le mouvement et la vie n'étaient pas absolument exclus de ces lieux, célèbres dans l'histoire de la cité lyonnaise, comme dans nos traditions nationales.

Nous disons que le plateau de Fourvière est, relativement, peu habité. Sa population, y compris la banlieue, ne comporte que 16,000 habitants.

Cette situation, comparée à celle du plateau de la Croix-Rousse, qui compte 22,000 habitants, ouvriers pour la plupart et en relations incessantes avec les centres de fabrication de la ville, avait longtemps fait reculer les capitalistes.

En effet, les voies publiques qui accèdent à Fourvière et Saint-Just n'étant réellement

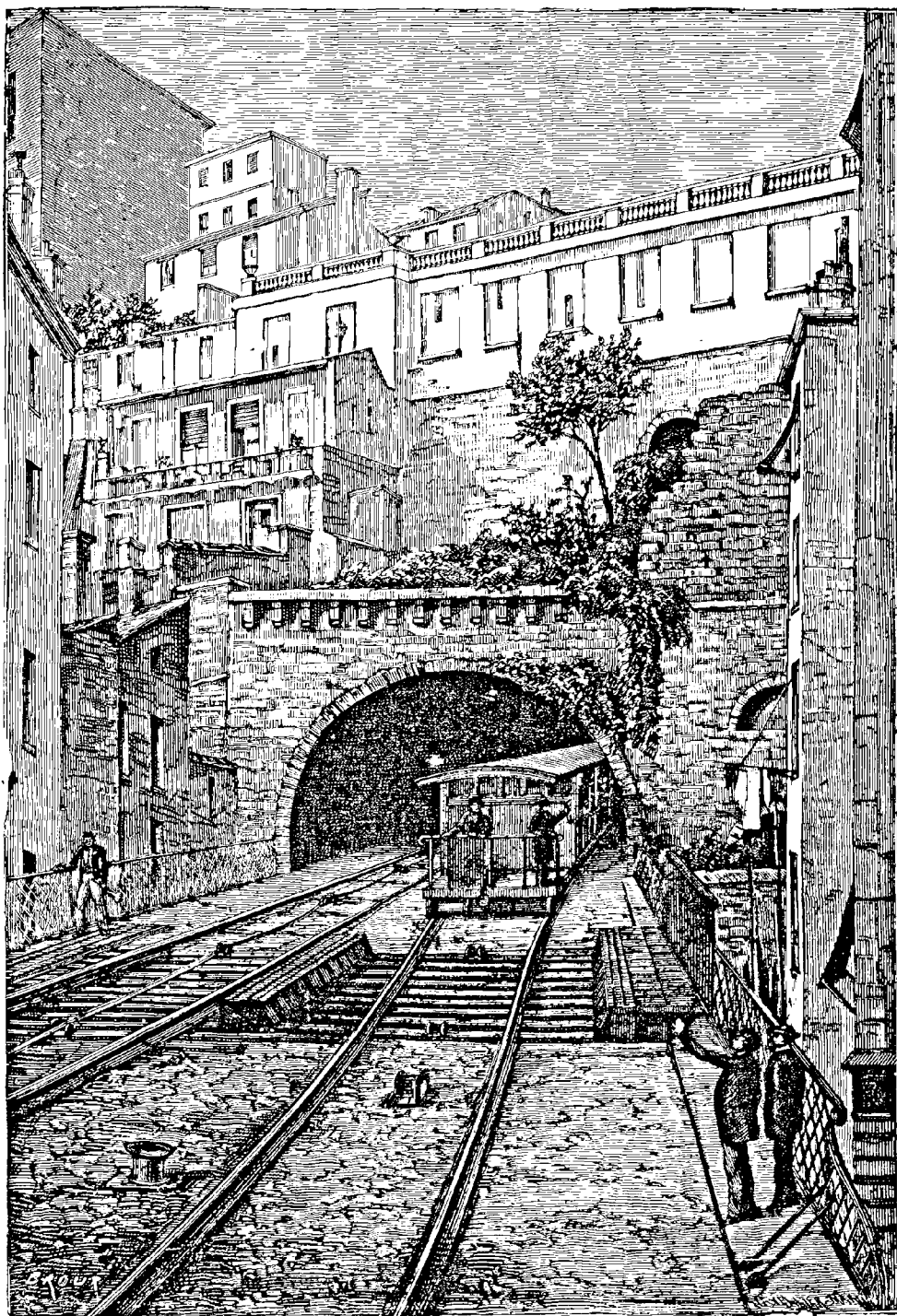


Fig. 231. — Voie du chemin de fer de Lyon à Fourvières.

fréquentées que les jours fériés, comment | capital de premier établissement de plus de
 espérer un trafic qui put rémunérer un | trois millions, ainsi que les frais annuels

d'exploitation qui, au chemin de fer de la

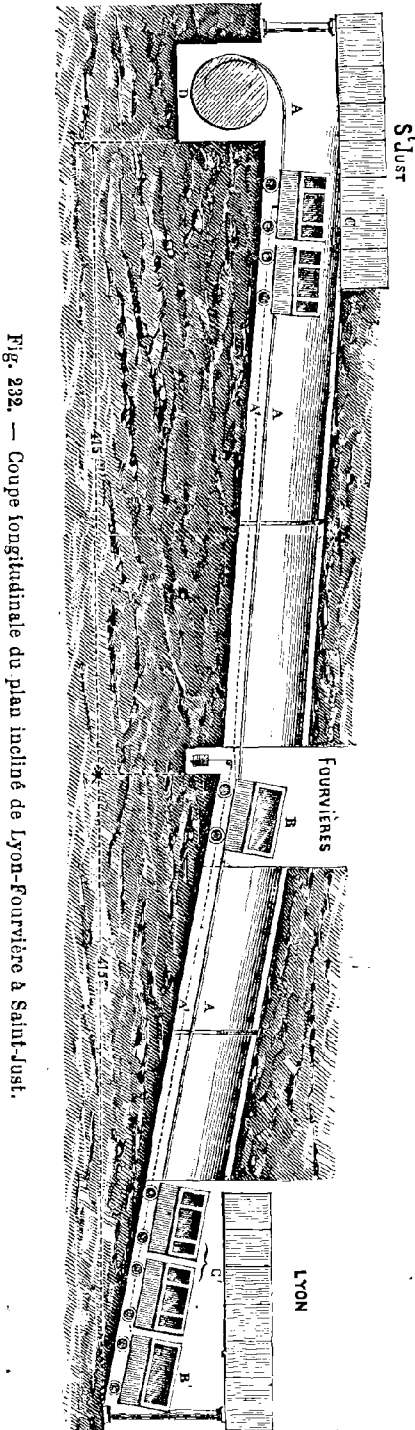


Fig. 232. — Coupe longitudinale du plan incliné de Lyon-Fourvières à Saint-Just.

Croix-Rousse, excèdent 150,000 francs?
Des calculs favorables furent pourtant

produits, et sur l'espoir d'une réussite, sinon égale, du moins peu inférieure à celle du plan incliné de la Croix-Rousse, une compagnie se décida, en 1871, à créer celui de Fourvière.

Les travaux commencés en 1876, sous la direction de M. Grivet, ingénieur de Lyon, furent terminés en moins de deux années. Le chemin de fer fut livré à la circulation le 8 avril 1878.

Le chemin de fer de Lyon à Fourvière, d'une longueur de 822 mètres, est à deux voies, et gravit une différence d'altitude de 98 mètres entre le départ de Lyon et l'arrivée au plateau de Saint-Just. Une gare intermédiaire dessert le quartier des Minimes, placé au milieu du parcours.

Cette gare est à 72^m,53 en contre-haut du point de départ, de telle sorte que, sur la seconde moitié du parcours, on ne gravit que 25 mètres.

De cette disposition résultent des pentes variables, donnant pour le système de traction des inégalités de charge considérables, qui ont nécessité l'emploi d'engins fort intéressants, comme on le verra plus loin.

L'infra-structure a le caractère des travaux ordinaires des chemins de fer à voie normale, c'est-à-dire 4^m,50 de largeur de voie, 2 mètres, d'entre-voie, et 4^m,50 d'accotements.

Le chemin de fer est à ciel ouvert au départ, sur 92 mètres de longueur. Il arrive à ciel ouvert à la gare des Minimes, qu'il traverse ainsi, sur 20 mètres, et entre aussitôt en tunnel, sur 388^m,50 de longueur jusqu'à la gare de Saint-Just qui est à ciel ouvert sur 16^m,20.

La ligne traverse deux voies publiques : 1° la rue Tramassac, sur le passage de laquelle est établi un tablier métallique ; 2° la rue de l'Antiquaille, qu'on passe par un pont presque plein cintre de 12 mètres de largeur.

Le tunnel a 8 mètres de largeur. Il est plein

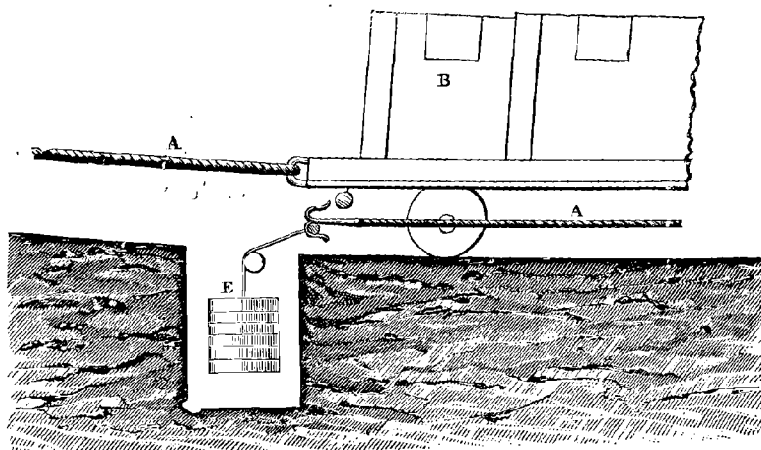


Fig 233. — Fosse et contre-poids de Fourvière.

ceintre, et a 4^m,16 de hauteur. Il traverse un terrain composé de gravier serré entremêlé de filons argileux. On l'a maçonné, sur tout le parcours, en moellons bruts, du genre dit *voûte de cave*. L'assiette de la voie a, sur quelques points douteux, reçu un radier.

Un viaduc à 4 arches de 6 m. d'ouverture a été construit à la sortie du passage de la rue Tramassac.

La voie repose sur charpente, assise sur un ballast en gravier du Rhône.

Les rails sont en acier ; leur type est celui du chemin de fer de la Haute-Italie.

Partant de la Saône, la ligne s'élève jusqu'à Saint-Just, avec une station à Fourvière. La distance de Lyon à Fourvière est de 415 mètres, avec une rampe de 0^m,183, et celle de Fourvière à Saint-Just est exactement égale ; mais, dans cette dernière section, la rampe est plus faible, car elle est de 0^m,061 seulement.

Comme dans tous les chemins de fer funiculaires, un train descendant contribue toujours à soulever un train montant. Cependant, comme les deux pentes de Lyon à Fourvière sont très inégales, on a dû recourir à une disposition spéciale pour régulariser l'effort moteur. Deux *chariots-trucks*, formant contre-poids, circulent tour à tour sur la rampe la plus forte, et fournis-

sent ainsi constamment le surcroît d'effort nécessaire pour soulever le train montant, quand il doit franchir la rampe la plus forte. En même temps, ils fournissent la résistance nécessaire pour ralentir le train descendant quand il arrive à ce point.

La figure 232 permettra de comprendre le système de contre-balancement de poids qui permet de régulariser l'effet de la puissance motrice : C, est le train qui descend la rampe de 0^m,060 de Saint-Just à Fourvière. Ce train agit sur le câble A, et, en même temps, il est relié, par le câble A', au truck B, lequel descend de Fourvière à Lyon, et contribue ainsi à soulever le train montant C'. Arrivés à Fourvière, les deux trains se croisent puisque les parcours sont exactement égaux. Alors un déclanchement automatique sépare le câble, A' du train C, et le train C' emmène, grâce au câble A', le truck B'. Ce truck B, en montant, fournit la résistance nécessaire pour ralentir le train C, une fois le train C arrivé au bas de la rampe, le train C' est en haut, le truck B' à Fourvière, le truck B à Lyon, et les choses se retrouvent ainsi dans le même état qu'auparavant.

Sur la figure 233 on voit représenté à part le contre-poids E, descendant dans une fosse, à Fourvière, pour produire le déclanche

ment automatique qui vient d'être expliqué.

Ce qu'il y a de plus intéressant à connaître, dans ce chemin à plan incliné, c'est le mécanisme des freins.

Le système de freins *automoteurs* est du même système que celui de la Croix-Rousse, qui avait été construit par MM. Molinos et Pronnier, et que l'ingénieur de la ligne de Fourvière, M. Grivet, a reproduit à peu près complètement. Il comporte deux espèces de freins, agissant ensemble automatiquement, et pouvant être manœuvrés également à la main, par le conducteur du train, dans l'hypothèse où, par extraordinaire, le jeu spontané n'aurait pas lieu.

L'un de ces freins enraye les roues. Il se compose d'un boulet placé à l'extrémité d'un levier, transmettant le serrage à une lame d'acier contre la partie saillante en fonte du bâti de la roue, et que l'on nomme *table de frein*.

L'autre frein est une paire de mâchoires serrant chaque rail jusqu'à ce que l'arrêt ait lieu.

Le côté remarquable de ces appareils, c'est qu'ils sont mis en action par le câble lui-même.

Voici comment l'opération a lieu.

Lorsqu'il est tendu, c'est-à-dire en service, le câble tient arqué un ressort en lames d'acier, dont la tension arrête un taquet fixé à un arbre, auquel sont adaptées quatre bielles de suspension des mâchoires du frein. Si le câble se rompt, le ressort revient sur lui-même, entraîné qu'il est, par le poids des bielles porteuses des mâchoires, et leur chute a lieu. Le même mouvement détermine la chute des boulets, actionnant les leviers d'enrayage des roues.

L'expérience a démontré que l'enrayage des roues ne suffit pas à arrêter un train sur une pente excédant 0^m,120 par mètre; or, on se trouve sur une pente de 0^m,20.

Le train glisse donc, mais une poulie

placée entre les mâchoires et calée sur l'arbre qui porte ces mâchoires, reçoit en glissant sur le rail, un mouvement de rotation en rapport avec le poids des dites mâchoires et de leur arbre porteur.

En outre, deux chapes, placées extérieurement aux mâchoires, forment écrou sur cet arbre, dont les quatre parties sont filetées deux à deux, en sens contraire, de sorte que l'arbre, en tournant, rapproche progressivement, par l'intermédiaire des chapes, les mâchoires et détermine un serrage en rapport avec la rotation de la poulie qui transmet le mouvement à l'arbre fileté.

Les ruptures de câble peuvent se produire, soit à la montée, soit à la descente. Dans le premier cas, le train est à la vitesse initiale 0, dans le second, au contraire, il est animé de la vitesse uniforme de 4 mètres par seconde, c'est pour cette hypothèse que doivent être calculées les dispositions du mécanisme.

Le hasard a voulu que le fonctionnement des freins fût mis à l'épreuve dans le cours même de l'exploitation, et que la parfaite efficacité de leur jeu fût mise en évidence par cet accident.

M. Grivet raconte le fait en ces termes, dans son mémoire, publié dans la *Revue générale des chemins de fer*, auquel nous avons emprunté la plus grande partie des renseignements qui précèdent.

« Vers la fin de 1879, le gros arbre de traction du train ayant 0^m,05 de diamètre, soumis à une légère traction transversale et se trouvant pailleux, se rompit à l'arrivée à la gare du haut, à son point d'arrêt; le conducteur du train préposé à la surveillance des freins, était déjà descendu, suivant l'usage, pour se préparer à ouvrir les portes.

« On conçoit l'émotion; elle était d'autant plus vive que toute manœuvre était impossible, car, dans la traversée des gares, des lisses soutiennent l'arbre des freins pour les empêcher de tomber, puisque le jeu du ressort indispensable pour les maintenir suspendus, ne s'exerce que lorsque le câble est en traction.

« Le train prit donc son mouvement de descente et acquit même une certaine accélération de vitesse.

« Mais aussitôt qu'il eut franchi les lisses de la gare, les freins tombèrent et, après un parcours de 7 à 8 mètres, le train s'arrêta.

« Tout cela s'accomplit plus vite qu'il ne faut pour l'écrire, et cet accident qui, dans toute autre circonstance, eût pu être la ruine de cette petite entreprise, fortifia son crédit par le succès de ses freins. »

CHAPITRE IV

AUTRES CHEMINS DE FER FUNICULAIRES. — CHEMIN DE FER D'OUCHY A LAUSANNE. — PLAN INCLINÉ DES MINES DE GWON. — LE SYSTÈME AGUDIO.

Parmi les chemins de fer à traction de câble, nous citerons, après celui de Lyon, celui qui relie Ouchy à Lausanne.

La ville de Lausanne est située sur une hauteur qui domine le lac de Genève, et à ses pieds s'étend le village, ou le port, d'Ouchy. Pour relier Lausanne avec les bords du lac, il fallait franchir une différence de niveau de 103 mètres. Un chemin de fer à câble a été construit dans ce but. Sa longueur est de 1,400 mètres, et les rampes varient de 0^m,055 à 0^m,116. La puissance motrice est empruntée à des turbines, alimentées par l'eau provenant de la dérivation du lac de Briez, situé à 10 kilomètres de Lausanne, et à 150 mètres au-dessus du lac.

De Lausanne à Ouchy, le chemin est à double voie, avec l'écartement normal. Le train descendant sert à élever le train montant. Le trajet se fait en six minutes.

L'établissement de ce chemin de fer a nécessité le percement de deux tunnels.

Nous signalerons ensuite, parmi les chemins de fer funiculaires, celui qui a été construit, en 1854, pour relier au port de Gijon les mines de la vallée du Caudin, qui appartenaient à la reine Christine. On a ainsi évité un circuit de 8 à 9 kilomètres.

La longueur du chemin de fer funiculaire de Gijon est de 754 mètres; sa pente de 125

millimètres. Il est à double voie, et est desservi par deux machines à vapeur fixes, de la force totale de 75 chevaux, placées au haut de la rampe. Ces deux machines à vapeur font tourner un cabestan, qui porte deux tambours. Sur ces deux tambours s'enroulent, en sens inverse, deux câbles ronds, en fils de fer, de 6 centimètres de diamètre.

Pour remorquer les trains de marchandises, on fixe directement l'extrémité du câble au dernier wagon: sur les voitures à voyageurs, on a soin d'interposer un wagon-frein, portant un mécanisme particulier, qui, s'il arrivait un *cas* de rupture de câble, appliquerait contre les rails de fortes mâchoires de fer, lesquelles opposeraient ainsi une résistance suffisante au mouvement de descente.

Nous terminerons ce chapitre en mentionnant une modification du système de traction des convois par des câbles remorqueurs, qui a beaucoup attiré l'attention depuis son origine, mais qui n'a pourtant jamais eu d'application définitive dans le service d'une voie ferrée proprement dite. Nous voulons parler du *système Agudio*.

Les machines à vapeur fixes employées à faire gravir les pentes aux convois, le long de plans inclinés, et que l'on a utilisées sur plusieurs tronçons de chemins de fer, ont présenté dans la pratique certains inconvénients.

Ces inconvénients consistent principalement: 1° dans les dangers auxquels les trains sont exposés, par la rupture du câble sur une forte pente; 2° dans la nécessité de conserver des alignements droits dans le tracé des plans inclinés, sur une ligne de montagne, toujours sinueuse par sa nature; 3° dans l'obligation d'adopter des plans inclinés d'une étendue très restreinte, et, dès lors, d'employer un grand nombre de machines fixes, ce qui entraîne une dépense considérable dans l'exploitation et

une perte de temps très notable pour passer d'un plan incliné à un autre; 4° dans les interruptions fréquentes qu'occasionnent forcément le grand nombre de machines fixes et de câbles; 5° enfin, dans la difficulté d'entretenir le système des poulies de soutien du câble.

Mais il est évident que si le système des machines fixes pouvait être convenablement perfectionné, et disposé de manière à fournir un service aussi facile et aussi régulier que celui des locomotives, il donnerait le moyen de tracer la ligne la plus économique et la plus courte; il permettrait d'atteindre à des hauteurs qui diminueraient singulièrement la longueur et la dépense du tunnel à percer; il permettrait enfin de réaliser une très forte économie, par la mise à profit des grandes chutes d'eau, comme agent moteur.

Ce problème a été résolu par un ingénieur italien, ancien élève de notre École centrale, M. Thomas Agudio, député au Parlement italien. Son ingénieux système, qui a été signalé d'abord à l'attention publique par le jury de Florence, et successivement par le jury de l'Exposition de Londres et par l'Institut de Milan, fut appliqué, à titre d'essai, sur une longueur de 2,400 mètres, avec courbes réduites et pentes irrégulières, sur le plan incliné de Durino, près de Turin.

Voici, sommairement, en quoi consiste le système de M. Agudio. Le câble de traction, dans les anciennes machines fixes des voies ferrées, devait remplir une double fonction : retenir le convoi sur la rampe et lui communiquer le mouvement ascensionnel. Ces deux fonctions simultanées imposaient des exigences diamétralement contraires pour les dimensions du câble. Pour la sécurité du convoi, il aurait fallu lui donner une section et un poids très considérables, tandis que, pour l'économie du travail à développer, sa section et son poids auraient dû être le plus petits possible. La

disposition proposée par M. Agudio fait disparaître cette contradiction. Au lieu d'un câble unique, M. Agudio emploie deux câbles, dont l'un, très fort, est destiné simplement à donner un point d'appui très solide au convoi, et est, par cela même, immobile, fixe et non sujet à détérioration sensible; tandis que l'autre, très mince et flexible, tout à fait indépendant du premier, est employé pour la transmission économique de la force des machines fixes à très grande distance.

Le câble fixe, ou *câble d'adhérence*, est placé au milieu de la voie, et fait deux tours entiers sur les gorges de deux tambours, établis sur un chariot, dit *locomoteur funiculaire*, qui remorquent le convoi. Ces tambours sont mis en mouvement par le câble mince, ou *câble moteur*, qui force les tambours à développer leur circonférence sur le câble; ce qui fait avancer le train de la même manière que les roues motrices des locomotives se déroulant sur les rails, ou, mieux encore, comme les bateaux remorqueurs remontent le courant d'un fleuve, dans le système désigné sous le nom de *touage sur chaîne*.

Le câble moteur est sans fin. Il passe aux deux extrémités du plan incliné, sur un appareil de poulies motrices. Les poulies motrices supérieures tirent en haut la partie descendante de ce câble sans fin, en lui imprimant ainsi un mouvement de rotation. Chacune de ces deux parties du câble est placée dans l'intérieur de la voie, à droite et à gauche du *câble d'adhérence*. L'une et l'autre travaillent avec la même force, et, quoique marchant en sens contraire, elles font tourner les tambours dans le même sens, grâce à une disposition particulière.

On utilise de la sorte, pour la traction du convoi, le brin descendant du câble, qui, dans l'ancien système, n'exécutait aucun travail. En outre, comme il est facile de donner à la rotation des appareils des pou-

lies du locomoteur, une vitesse double ou triple de celle des tambours, la vitesse du câble moteur peut être rendue deux ou trois fois plus grande que celle de la marche du train. Par conséquent, pendant que, d'une part, la répartition en proportions égales sur les deux parties du câble de l'effet total à produire, réduit de moitié la tension longitudinale du câble; d'autre part, l'augmentation de vitesse de la marche du câble sur celle du convoi, réduit encore de moitié ou du tiers cette même tension longitudinale déjà réduite; ce qui, en définitive, la ramène au quart ou au sixième de ce qu'elle était auparavant.

La tension sur le câble étant diminuée, sa section et son poids diminuent également, ainsi que la somme des résistances passives dues au poids et à la raideur du câble.

Cette heureuse idée a fait disparaître tous les inconvénients inhérents à l'ancien système funiculaire. La réduction du poids du câble, par mètre courant, au cinquième ou au sixième de ce qu'il était, présente les avantages suivants :

1° Elle donne une extension cinq ou six fois plus grande aux plans inclinés, sans augmentation de la somme des résistances passives. Cette même diminution, considérable dans la tension longitudinale sur le câble, rend peu notable l'augmentation de résistance sur les poulies au passage des courbes, ce qui permet les tracés curvilignes.

2° La grande étendue qu'on peut donner aux plans inclinés, supprime d'abord un bon nombre de machines fixes, ce qui rend le service plus facile et plus expéditif.

3° L'entretien des poulies de soutien du câble est d'autant plus facile que le poids du câble lui-même est moins fort.

4° Le câble moteur, qui, par son travail, est sujet à se détériorer, est indépendant du câble d'adhérence auquel la sécurité du convoi est confiée, et dès lors sa rupture serait sans aucun danger pour le convoi.

L'appréciation que nous venons de faire du système de l'ingénieur italien est conforme au jugement émis par l'*Institut des sciences de Milan*, qui, en accordant à M. Agudio la 1^{re} médaille d'or, au concours industriel, formulait en ces termes le mérite de cette invention :

« Le système de M. Agudio donne la possibilité de surmonter les plus fortes rampes au-dessus des limites qui sont fixées aux locomotives, en faisant disparaître toutes les exigences que l'ancien système funiculaire imposait dans les tracés d'une ligne relativement aux courbes et à la longueur des plans inclinés, tout en conservant la supériorité, au point de vue de l'économie du travail, que présentait l'ancienne traction par machines fixes sur la traction à locomotive, c'est-à-dire en allégeant le convoi du poids passif du moteur et permettant l'utilisation de la force motrice de l'eau. »

Le locomoteur funiculaire Agudio réalise un véritable progrès pour l'exploitation des chemins de fer de montagne, puisqu'il permet de franchir des rampes de 40 pour 100, avec une vitesse de 14 kilomètres à l'heure, en remorquant des trains de 60 tonnes, comme l'ont montré les expériences faites aux abords du mont Cenis. L'ingénieuse combinaison de l'emploi simultané du locomoteur et du rail central pouvait seule donner de tels résultats.

M. Agudio a fait plusieurs essais de son système, qu'il a modifié, toutefois, selon des conditions particulières. Il a d'abord expérimenté à Durino, sur la ligne de Turin à Gênes, sur un plan incliné de 2 kilomètres. L'expérience eut le meilleur résultat. La pente était de 30 centimètres. M. Agudio avait installé deux machines motrices, l'une au sommet, l'autre au bas du plan incliné, et les deux brins du câble, l'un en amont, l'autre en aval, exerçaient simultanément la traction. Par ce moyen, on avait pu diminuer de moitié l'épaisseur de chaque câble, dont la vitesse de translation était deux fois et demie celle du train. Leur dia-

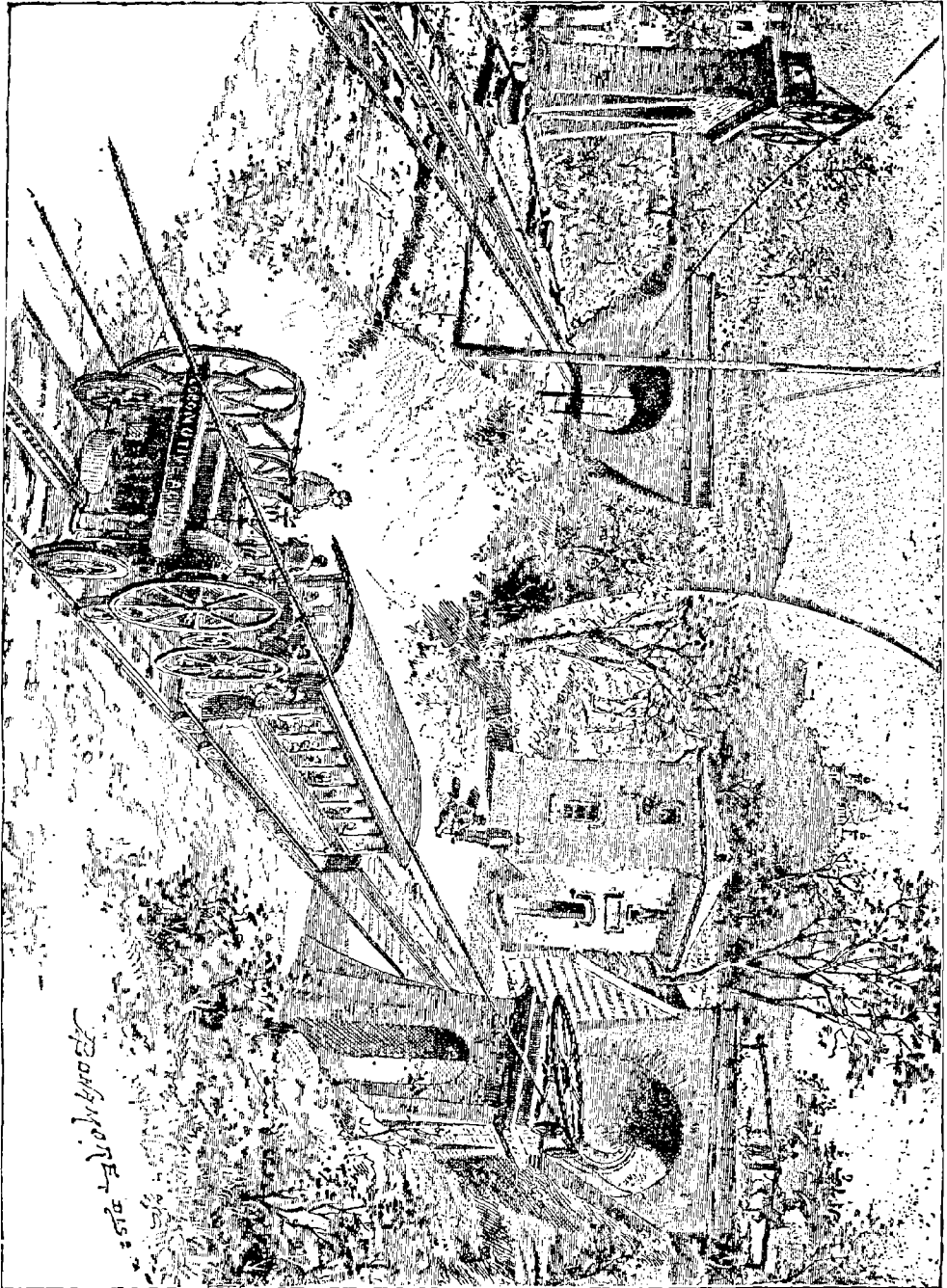


Fig. 231. — Expérience du câble locomoteur Agudio, faite sur le chemin de fer de Turin à Gênes (montée et descente de la rampe.

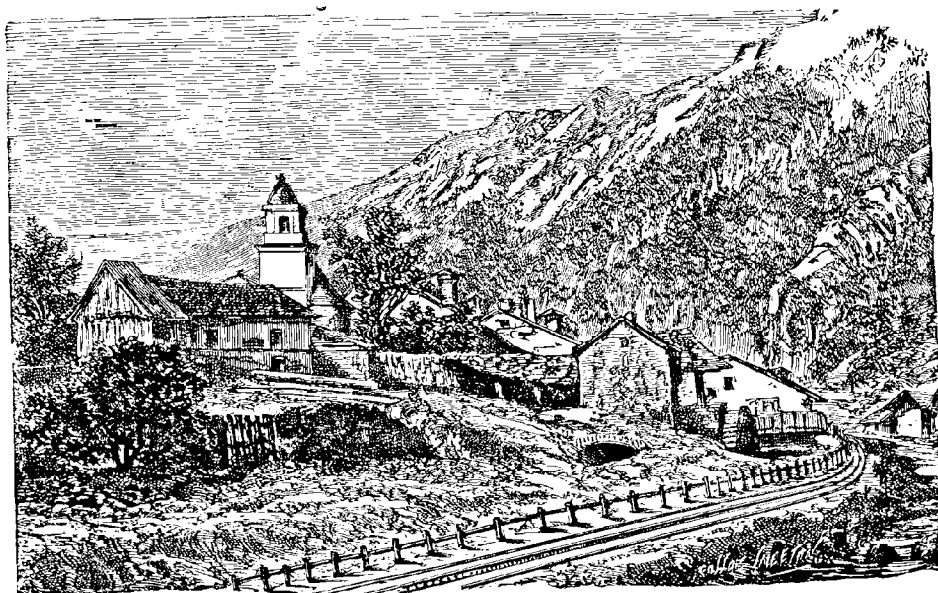


Fig. 235. — Lans-le-Bourg, sur la route du mont Cenis.

Voie à crémaillère posée pour l'essai du système de traction funiculaire de M. Agudio.

mètre se trouvait ainsi réduit au cinquième. Un autre point d'appui était fourni par un dernier câble fixé à demeure autour du tambour d'adhérence.

Par cet ensemble de moyens ingénieux, M. Agudio put remorquer, sur le plan incliné de Durino, un train de cent vingt tonnes, avec une vitesse de 16 kilomètres à l'heure, en employant les chaudières de deux locomotives qui servaient de machines à vapeur fixes. Pour termes de comparaison, on avait fait une expérience consistant à atteler ces deux locomotives en tête du train : on n'avait guère obtenu ainsi qu'une vitesse supérieure à 9 kilomètres à l'heure.

Nous représentons dans la figure 234 l'expérience de traction funiculaire exécutée sur la rampe du chemin de fer de Turin à Gènes. La montée et la descente sont représentées sur le même dessin.

En 1860, pendant qu'on creusait le tunnel du mont Cenis, les directeurs des chemins de fer italiens voulurent expérimenter le

locomoteur funiculaire de M. Agudio. On fit une expérience sur un plan incliné allant de Lans-le-Bourg au refuge n° 20, sur le versant français de la montagne. Comme ce plan présentait une pente moyenne de 0^m,24, M. Agudio dut poser un rail central pour obtenir une adhérence suffisante, et munir son locomoteur funiculaire de six galets horizontaux qui pressaient contre ce rail, à peu près comme dans la locomotive Fell (fig. 235).

On ne peut dire ce que cette expérience aurait fourni, car la guerre franco-allemande de 1870 arrêta les travaux ; le locomoteur n'avait pu fonctionner assez longtemps pour fournir une démonstration suffisante, le tunnel du mont Cenis, terminé peu de temps après, rendant cet essai sans objet.

M. Agudio a proposé d'appliquer ses câbles de traction aux rampes des chemins d'accès du mont Saint-Gothard, mais cette proposition n'a pas eu de suite.

Il a été plus heureux dans son pays, car,

en 1884, un petit chemin de fer funiculaire ayant été établi à Naples, pour élever les curieux et les voyageurs sur la petite colline du Pausilippe, le *locomoteur funiculaire* a été adopté comme agent de transmission de la force.

Le premier soin du touriste arrivant à Naples, c'est de grimper sur la colline du Pausilippe, d'abord pour visiter le prétendu *tombeau de Virgile*, qui n'est qu'un petit *columbarium* antique, meublé d'une urne funéraire, d'une authenticité plus que douteuse, ensuite, et surtout, pour jouir du magnifique panorama de la baie de Naples. Le petit ascenseur Agudio permet aux touristes de s'épargner la fatigue de la montée.

CHAPITRE V

SOUVENIRS RÉTROSPECTIFS SUR NAPLES ET LE VÉSUVÉ. —
LE CHEMIN DE FER FUNICULAIRE DU VÉSUVÉ

Le dernier chemin de fer à traction de câble dont nous parlerons, c'est celui du Vésuve. Nous l'avons réservé pour la fin de ce groupe, non pas seulement parce qu'il est le plus récent, et parce qu'il présente la plus forte pente que l'on ait réalisée jusqu'ici, dans les constructions de ce genre, avec un frein de sûreté d'un mécanisme remarquable et nouveau, mais parce que le Vésuve est situé non loin de Naples, ville qui a toujours eu le privilège d'exciter la curiosité des voyageurs, comme celle des artistes et des savants.

Je n'ai visité Naples ni en touriste ni en artiste, mais en voyageur désireux de s'instruire, au point de vue scientifique ; et mes lecteurs, amateurs de science, prendront sans doute intérêt à mes impressions.

Ce qui attire, à Naples, la visite du savant en voyage, ce sont les curiosités, pour ainsi dire, classiques, qu'on y trouve, à savoir : le jardin botanique, — la grotte du Chien, —

les colonnes du temple de Sérapis, — la solfatare, — Pompéi, — l'observatoire du Vésuve, — et le Vésuve lui-même.

J'ai passé de longues heures au jardin botanique de Naples. Mais la botanique compte peu d'adeptes parmi mes lecteurs, car l'autel de Flore est aujourd'hui quelque peu délaissé. Les botanistes se font rares, et sont même en médiocre estime auprès du reste des savants. Témoin cette boutade de Le Verrier, disant, en pleine Académie, à propos d'un théorème très facile de géométrie : « Ceci serait compris même par un botaniste ! »

Je suis loin de partager l'irrévérence du grand astronome à l'égard des savants qui se consacrent à l'étude des plantes ; car si le sort m'eût laissé libre de diriger à mon gré mes études, c'est la botanique qui aurait eu mes préférences, non la botanique de classification et d'anatomie ou de physiologie végétales, la seule en honneur aujourd'hui, mais la botanique des champs, celle du médecin, de l'agriculteur et du poète.

Grâce au doux climat napolitain, on trouve, dans le jardin botanique de Naples, une flore qui rappelle beaucoup celle des contrées tropicales de l'Afrique et de l'Amérique centrale. On y voit croître et prospérer des Fougères de grande taille, et de magnifiques Agavés élever glorieusement vers le ciel leurs longues tiges herbacées, couronnées de fleurs. Dans les carrés et monticules de ce jardin, qui ressemble à une serre en plein air, on reconnaît des Dragonniers superbes ; des Acacias *longifolia*, aux beaux chatons jaunes ; les élégants Poivriers, au feuillage finement découpé ; les Yuccas, au tronc noueux ; les Zamias épineux, avec leurs beaux fruits ; les jolies Myrtes ; les Araucarias, aux feuilles imbriquées et coriaces, mêlés à une foule d'autres arbres, propres aux climats les plus chauds. Mais je n'ai pas à m'étendre

davantage sur les richesses végétales du jardin de Naples.

Je ne m'attarderai pas, non plus, à vous parler de la *grotte du Chien*, dont tous les traités de chimie et de physiologie nous rabattent les oreilles. La *grotte du Chien* n'est qu'une espèce de trou, une petite caverne sans issue, haute de 3 mètres à peine, située au bord de la route, et fermée par une porte vermoulue. Devant cette triste cavité se tient une vieille femme, portant dans ses bras un malheureux chien pelé. La femme jette dans le trou le pauvre animal, qui, au bout de quelques instants, en sort, haletant et tremblant sur ses pattes. On lui fait recommencer la scène, à chaque nouveau visiteur. Ce spectacle laisse chacun singulièrement froid ; et je ne puis comprendre comment mon savant ami, le docteur Constantin James, a pu tant écrire sur cette pauvreté prétendue scientifique. Le feuilleton de la *Gazette médicale de Paris* fut occupé, pendant un temps interminable, par la description et les expériences du docteur Constantin James sur les effets du gaz acide carbonique confiné dans la grotte de Naples. C'était beaucoup d'encre perdue ; car, dans le voisinage de toutes les régions volcaniques, on trouve de pareilles émissions de gaz acide carbonique, qui s'accumule dans de petites cavernes, et où l'on peut, dès lors, produire le spectacle banal d'une bougie s'éteignant dans les régions basses du sol et continuant à brûler à la partie supérieure ; et, comme variante, donner le spectacle d'un petit animal respirant avec peine à la surface du sol, alors que l'homme, grâce à sa taille, n'y ressent aucun malaise. Il y a, par exemple, au bas de la colline de Royat, près de Clermont (Auvergne), une grotte autrement belle, autrement bien aménagée que celle de Naples, et où l'on vous montre, avec beaucoup d'ampleur et d'adresse, les effets du gaz acide carbonique s'exhalant du sol. Dans

plusieurs localités minières de la France et de la Belgique on trouve le même phénomène, sans qu'il vienne à personne l'idée d'en faire un spectacle rétribué.

Les colonnes du temple de Sérapis ont reçu la visite de tous les géologues, depuis que Charles Lyell en fit l'objet de ses curieuses remarques, et prouva, par les creux profonds qu'y ont laissés les coquilles des phollades, que le rivage de la mer s'était abaissé, puis exhaussé plusieurs fois, depuis les temps géologiques.

Les colonnes du temple de Sérapis, qui témoignent si visiblement des mouvements du sol, sont dignes de l'examen des géologues ; mais, pour moi, le souvenir qui m'en est resté, c'est qu'elles sont à deux pas de Baïa, de Pouzzoles et du cap Misène, ces lieux à jamais célèbres dans l'histoire, comme dans la poésie, et dont les vers de Virgile et d'Horace ont éternisé la mémoire. Là, en effet, s'étendaient ces champs Phlégréens, ce paradis mythologique, ce paysage enchanté, que les Romains avaient adopté comme séjour de plaisance et de repos, et qu'ils entouraient de tant de douces légendes. Lorsque, à l'extrémité du cap Misène qui pousse sa pointe aiguë dans la mer, je contemplais ces beaux rivages, peuplés de souvenirs et d'évocations classiques ; lorsque, monté sur la terrasse de la dernière maison du cap, je portais mes regards, aux dernières heures du jour, vers l'horizon, empourpré par les derniers reflets du soleil disparu, il me semblait revoir les grandes ombres des vieux Romains parcourir encore ces heureuses campagnes, et leur rendre le sentiment et la vie.

Non loin du cap Misène et de Pouzzoles, s'élève la *solfatara*, c'est-à-dire le volcan éteint que les Romains, qui le connaissaient déjà, désignaient sous le nom de *forum Vulcani*, et qui présentait le même aspect que de nos jours. C'est un vaste champ de

terre jaunâtre, dans un coin duquel se dressent de noirs rochers, environnant le petit orifice d'un ancien cratère, d'où s'exhalent encore quelques vapeurs sulfureuses. L'intérieur de ce cratère, pour ainsi dire à portée de la main, est tapissé de minéraux volcaniques, revêtus des plus belles nuances. L'orpiment, avec son jaune brillant; l'oxyde de fer, avec sa teinte rouge; l'acide borique, avec ses aigrettes vaporeuses; les aiguilles jaunes du soufre cristallisé; les blanches aigrettes du sel ammoniac et les cristaux d'alun, le tout voilé par de blanches vapeurs d'eau, mêlées d'acide sulfureux, qui se dégagent de cet antique boyau souterrain, sont une charmante vision pour le géologue amateur.

Mais de toutes les impressions que peut recevoir, aux environs de Naples, le voyageur instruit, celles qu'il éprouve à Pompéï sont assurément les plus profondes. On a beau être préparé à ce qui vous attend, la surprise dépasse toute prévision. Quand on pénètre dans ces ruines, c'est une ville entière, avec ses places, ses monuments, ses édifices, ses palais, ses magasins, ses boutiques, ses écuries, qui apparaît à vos yeux. On croirait que les habitants ont quitté leur cité la veille, et qu'ils vont y revenir bientôt. Si l'on entre dans une maison, si l'on en parcourt les différentes pièces, on y revoit, encore intacts, les ornements et les sculptures; de sorte que l'on se croit transporté dans la vie intime et privée des Romains du premier siècle de l'ère chrétienne. Les thermes, les cirques, les forums, les théâtres, vous sont ouverts. Vous reconnaissez, sur les murs des maisons, des inscriptions à la sanguine, véritables affiches publiques, annonçant les fêtes, les cérémonies, les assemblées populaires, les spectacles du jour, aussi bien que les avertissements privés. En parcourant la *rue des Tombeaux*, vous vous croiriez dans une allée d'un cimetière du Père-Lachaise de l'antiquité en un

mot, chaque pas que vous faites à travers les longs détours de cette ville, endormie dans la mort, vous apporte une surprise nouvelle.

Comment s'est produit cet étonnant phénomène? Comment une ville entière a-t-elle pu être totalement ensevelie et déblayée, dix-huit cents ans après? Comment l'éruption volcanique du Vésuve, l'an 79 après Jésus-Christ, a-t-elle pu supprimer, pour ainsi dire, la cité romaine, et la laisser pourtant assez intacte pour qu'on la retrouve aujourd'hui telle à peu près qu'elle était au moment du cataclysme?

Vous trouverez dans beaucoup d'ouvrages que Pompéï fut ensevelie sous les laves du Vésuve; mais ne confondons pas: il n'y eut point de laves dans l'éruption de l'an 79. Ce qui recouvrit la ville, ce fut la poussière, ou ce que l'on appelle, improprement, *les cendres*, lancées par le Vésuve. On appelle *lave* un ruisseau de matière fondue, liquide et rouge de feu, qui s'épanche des flancs d'une montagne volcanique en éruption, et coule dans les niveaux inférieurs des lieux environnants. Il n'y eut ici rien de semblable. Aucun courant de lave fondue ne se déversa, pendant l'éruption, le long de la montagne. Les matières sorties du cratère étaient mélangées d'une immense quantité de vapeur d'eau, qui les divisait, de manière à former une sorte de poudre; et ce fut cette poudre qui, en tombant continuellement sur les villes de Pompéï et de Stabies, les recouvrit d'une couche terreuse assez épaisse pour les enterrer complètement.

Supposez que vous placiez des œufs dans un bocal de verre, et que par-dessus ces œufs vous versiez une poudre terreuse. Si, au bout d'un certain nombre d'années, vous enlevez la poudre, vous retrouverez les œufs tels à peu près que vous les aviez placés dans le bocal. Ainsi il arriva pour Pompéï. La poudre terreuse, lancée du volcan, recouvrit la ville, sans trop l'endommager. Seulement,

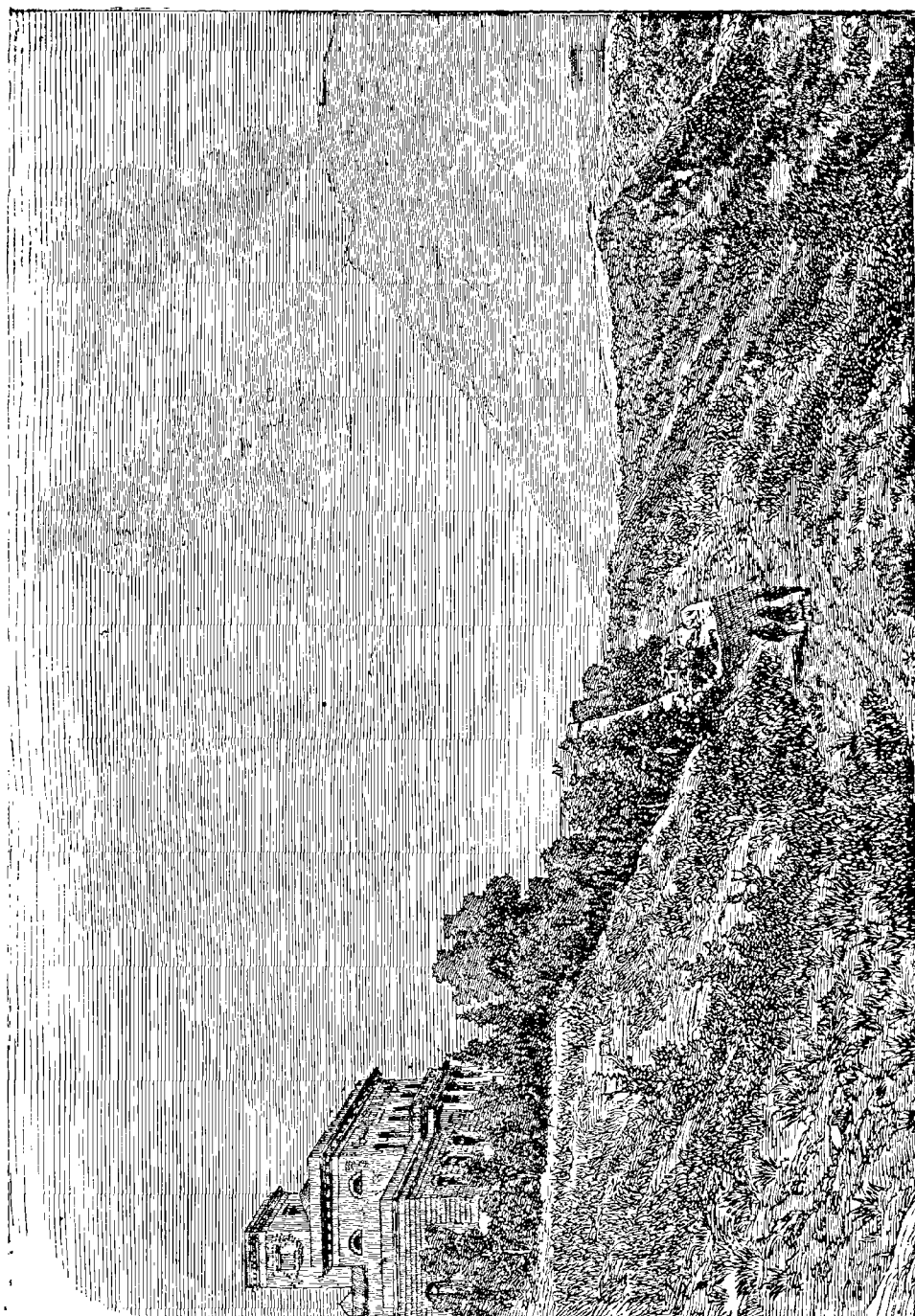


Fig. 236. — L'Observatoire du Vésuve.

comme la poussière lancée par le volcan était brûlante, sa haute température eut pour effet de calciner tout ce qui était combustible, tel que bois, étoffes, substances végétales ou animales.

C'est pour cela que dans les maisons de Pompéi on ne trouve plus ni une porte de bois, ni une étoffe, ni une matière organique quelconque ; tandis que les murs de pierre, les cloisons de brique et les métaux, ont été respectés. Les toits des maisons se sont effondrés partout, parce que les poutres de bois qui soutenaient les toitures, ont été détruites par la chaleur.

C'est encore pour cela que les sculptures de pierre et de marbre se sont conservées sans altération, et sont même quelquefois tout aussi belles que si elles sortaient de l'atelier du sculpteur. Dans la maison dite *Cornelius Rufus*, on remarque une table, à pieds de marbre, d'un blanc, d'un poli, d'un éclat sans pareil. Quand je visitai Pompéi, en compagnie de mon ami, le chimiste napolitain, De Lucca, mort depuis, j'assistai au déblayement d'une maison, et je vis tirer de terre une fontaine de rocaïlle aussi blanche, aussi nette que si l'ouvrier venait de la terminer.

Dans le voisinage de Pompéi se trouve l'Observatoire du Vésuve.

L'Observatoire du Vésuve ne date pas d'hier, car il fut créé, vers 1846, par l'avant-dernier roi de Naples, Ferdinand II. L'histoire de cet établissement dans lequel, pour la première fois, on installa la science au sein d'un désert, est fort intéressante à connaître, car elle est mêlée à la vie et aux travaux de deux physiciens célèbres de notre siècle, à savoir : Melloni, qui s'est immortalisé par sa découverte de la chaleur *diathermane*, et M. Palmieri, qui s'est fait une renommée universelle par son courage à braver les dangers des éruptions du Vésuve. Nous donnerons donc ici une esquisse de l'histoire de l'Observatoire du Vésuve.

Macedonio Melloni était professeur de physique à Parme, lorsque, compromis dans les troubles politiques de 1831, il fut exilé par le gouvernement autrichien. Il vint en France, où il se lia avec nos savants, particulièrement avec Arago. On sait avec quelle ardeur généreuse l'illustre secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences de Paris s'employait au service des personnes qu'il aimait. Il voulut rendre sa patrie au patriote exilé.

Il écrivit à l'ambassadeur d'Autriche, M. de Metternich, une lettre pressante, qu'il fit appuyer de la puissante recommandation d'Alexandre de Humboldt. Le ministre autrichien transmit une réponse favorable de son gouvernement, et Melloni put rentrer en Italie. Il se fixa à Naples, où il fut nommé, en 1839, professeur de physique au bureau météorologique.

Inspiré par la nature de ses études sur le calorique, Melloni conçut alors le dessein de réaliser un projet conçu par lui depuis longtemps : celui d'établir, sur une des pentes du Vésuve, une station météorologique, d'où l'on surveillerait toutes les circonstances des repos et des éruptions du cratère. Il convertit à cette idée le ministre Sant-Angelo, et celui-ci obtint du roi de Naples les autorisations nécessaires.

Nommé directeur de l'Observatoire, Melloni fit construire à Paris les instruments de physique, et s'occupa de recueillir les éléments d'une histoire du Vésuve.

La construction de l'Observatoire fut confiée à l'ingénieur Gaetano Fazzini. Commencée en 1844, elle coûta 300,000 francs, et ne fut terminée qu'en 1847.

Melloni ne jouit pas longtemps de la satisfaction de diriger un établissement qui répondait si bien à ses désirs scientifiques. La révolution de 1848, qui balaya les Bourbons de Naples, amena à sa suite la suppression de l'Observatoire. L'édifice élevé à la science devint le refuge des hiboux et des

chauves-souris. Il fut même question de vendre les bâtiments à l'aubergiste voisin ; mais un respect involontaire arrêta la fureur économique d'une administration trop utilitaire.

Sur ces entrefaites, le professeur Louis Palmieri demanda l'autorisation de faire des études, à ses frais et avec ses propres instruments, dans les bâtiments délaissés de l'Observatoire. Le courage des amis de la science fut réveillé par cette initiative, et le gouvernement italien se décida à conserver au monument son caractère primitif.

Melloni reprit son poste. Mais, le 11 août 1833, il succombait à une attaque de choléra.

M. Palmieri, qui continuait ses études à l'Observatoire, obtint, en 1836, le rétablissement, en sa faveur, de la place de directeur.

Tout manquait pourtant dans l'établissement restauré. On dut y ajouter des constructions, pour y installer de nouveaux instruments. On acheta au professeur Secchi une précieuse collection de livres et de manuscrits relatifs au Vésuve, collection que M. Palmieri a portée au chiffre de 500 volumes ; enfin, un petit fonds fut alloué pour l'impression des *Annales de l'Observatoire vésuvien*, dont les divers volumes ont paru successivement en 1859, 1862, 1865, 1871, 1874, 1879 et 1882.

M. Palmieri qui, depuis 1856, poursuit presque seul les observations et les expériences, a modifié ou inventé divers instruments de météorologie, et a mis un tel ordre dans l'établissement que les visiteurs sérieux et capables de tirer parti de leurs études ou de leurs recherches, ont immédiatement à leur disposition les documents, renseignements ou instruments, qui leur sont nécessaires.

M. Louis Palmieri est né, le 21 avril 1807, à Faicchia, petite ville de l'État de Labour, province de l'ancien royaume de Naples. Son père, qui était passionné pour l'étude

de la langue latine, lui inspira le goût de la littérature ancienne. Placé d'abord au séminaire de Cajazzo, il fut envoyé ensuite au lycée royal de Naples.

Ses succès dans l'étude de la physique et dans celle de la philosophie, le firent entrer, comme professeur, au lycée d'où il venait de sortir comme élève.

En 1832, M. Louis Palmieri créa à Naples une institution particulière, consacrée à l'étude de la physique et de la philosophie. Il y réunit une collection, formée à ses frais, de machines et d'instruments de physique. Cette institution eut le plus grand succès : ses cours étaient suivis par plus de quatre cents élèves.

En 1845, M. Palmieri fut nommé professeur au collège de la Marine, et à la mort de Pascal Galuppi, célèbre apôtre des doctrines spiritualistes, on lui confia la chaire de philosophie de l'Université de Naples.

M. Palmieri, qui n'avait jamais cessé d'unir la culture de la philosophie à celle de la physique, s'acquitta avec distinction de cette double mission.

C'est, avons-nous dit, en 1856, que M. Palmieri accepta le poste de directeur de l'Observatoire du Vésuve.

Il n'était pas un nouveau venu dans cet établissement, puisque, par un goût particulier, il allait souvent s'enfermer, avec Melloni, dans l'Observatoire, et que, dès l'année 1851, il avait, comme nous l'avons dit, commencé à étudier dans ce séjour solitaire les phénomènes volcaniques d'une façon hénévole et privée, c'est-à-dire sans aucun titre officiel.

Quatre ans après, en 1860, le gouvernement du roi Victor-Emmanuel augmenta l'importance de la position scientifique de M. Palmieri, en le nommant professeur de physique à l'Université de Naples.

Tout le monde sait que M. Palmieri a inventé un instrument particulier, un *séismographe électro-magnétique*, qui permet de

recueillir les plus faibles tressaillements du sol, et de soumettre ainsi à une étude scientifique les agitations qui peuvent accompagner ou suivre une éruption volcanique.

M. Palmieri doit, en outre, être considéré comme un des vétérans de la science électrique. Ses premières recherches sur l'étincelle d'induction, sur la secousse physiologique, et tous les autres phéno-



Louis Palmieri.

mènes dépendant des courants voltaïques datent de 1840.

En 1850, il abordait l'étude de l'électricité atmosphérique, que la position exceptionnelle de l'Observatoire vésuvien lui permettait d'étudier avec tant de succès. On lui doit des découvertes de la plus haute importance sur le rôle électro-génique de la vapeur d'eau, ainsi que la construction d'un électromètre, qui sera pour l'électricité atmosphérique, ce que la balance de Coulomb est pour l'électricité de tension.

M. Palmieri a remplacé le P. Secchi dans le *Conseil météorologique italien*. En outre, il a été appelé à faire partie du sénat d'Italie.

On doit à ce savant laborieux un *Traité général de physique*, en 4 volumes, et le précieux recueil des *Annales de l'Observatoire du Vésuve*, dans lequel sont consignées comme nous l'avons dit les observations faites depuis 1859 dans cet établissement.

L'Observatoire du Vésuve s'élève sur un plateau éloigné de 2 kilomètres à peine de la base du cône du Vésuve, et situé à 20 kilomètres environ de Naples.

Dans la salle du premier étage se trouve, au milieu d'une rangée de thermomètres, baromètres et électromètres, le *séismographe électro-magnétique*, qui, par le dérangement d'une aiguille suspendue en l'air, indique sur un cadran les mouvements, les déviations du sol et le sens de ces déviations. On comprend qu'à 2 kilomètres seulement de la base du Vésuve les mouvements du sol, c'est-à-dire les tremblements de terre en miniature, soient fréquents. L'aiguille de l'appareil de M. Palmieri est donc presque toujours agitée. Son extrême agitation décèle l'approche des grands phénomènes volcaniques.

En Italie, l'art ne perd jamais ses droits. Dans le vestibule de l'Observatoire se voient les bustes des savants illustres de divers pays. Archimède, J.-B. Porta, Galilée, Franklin et Volta, revivent dans ce temple de la science bâti au pied d'un cratère.

Outre les instruments dont nous venons de parler, et qui constituent le fonds ordinaire d'un cabinet de météorologie, on trouve, dans ce même Observatoire, une collection, très curieuse, de tous les minéraux rejetés par le Vésuve. On y voit les micas, les granites, les porphyres, les basaltes, les trachytes, et tous ses minéraux qui semblent composer la carte d'échantillons du volcan voisin.

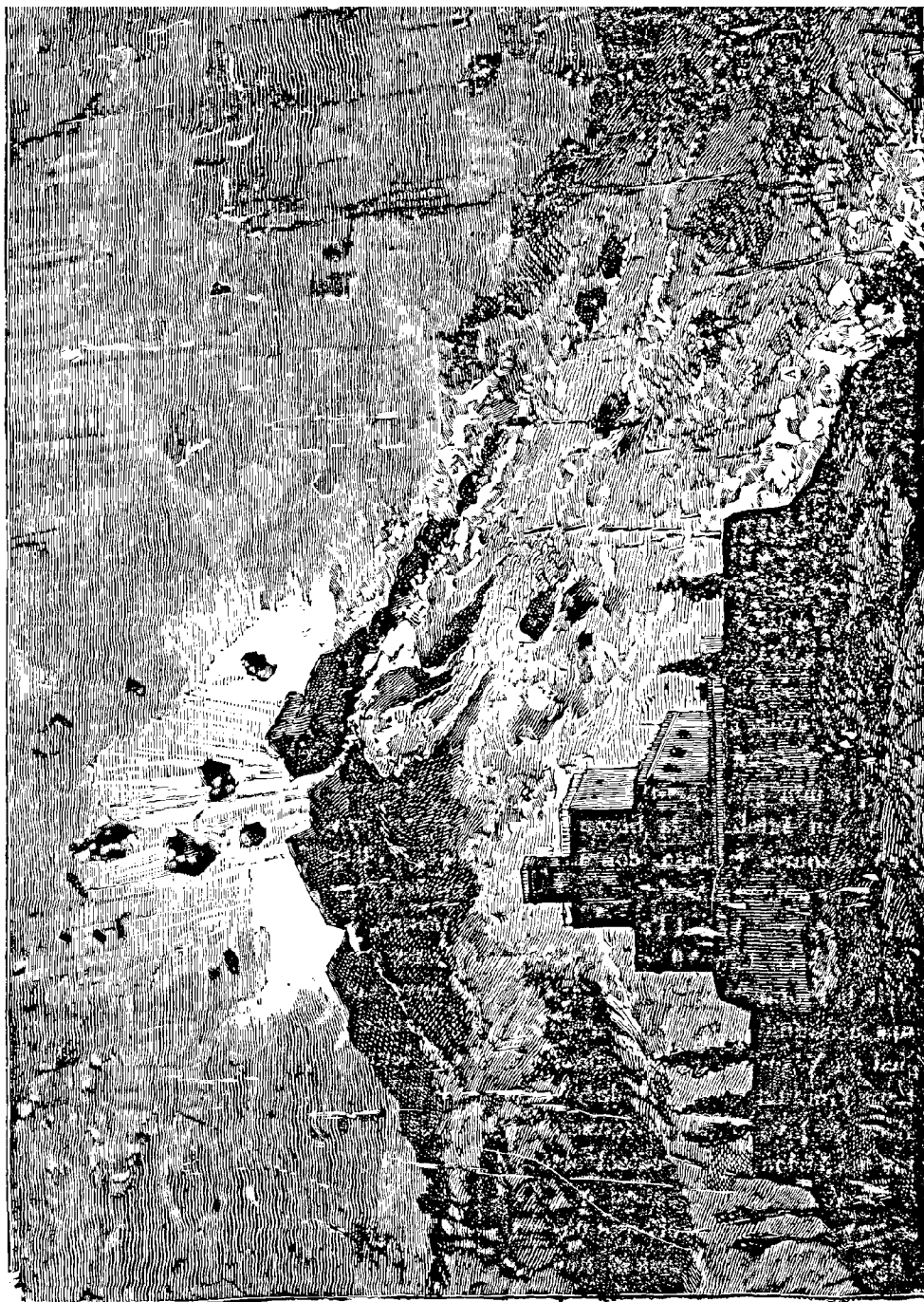


Fig. 240. — L'Observatoire du Vésuve pendant l'éruption du 26 avril 1872.

A. ravin de la *Vetrana*.

Quand on monte sur la terrasse qui couronne l'édifice, on découvre le plus intéressant, le plus saisissant des panoramas. Au loin, le cap de Misène pousse dans la mer sa pointe bleuâtre, et Pouzzoles s'étend paresseusement, dans une ceinture de collines et de lacs. La ville de Naples, avec les nombreux villages qui lui font cortège, se déroule dans la courbe harmonieuse du golfe. La baie de Castellamare brille dans la lumière ; tandis que la cité de Sorrente, entourée de bois d'oliviers, au feuillage sombre, descend doucement jusqu'au rivage. Dans la mer, l'île de Capri émerge des eaux, comme une vaste carène de navire. Plus loin, les flots reflètent la verdure éclatante de l'île de Procida et de la malheureuse île d'Ischia, si cruellement éprouvée, en 1883, par un terrible tremblement de terre.

Tels sont les tableaux qui apparaissent quand, du haut de l'Observatoire, on porte ses regards du côté de la mer. La seconde moitié de ce panorama naturel contraste singulièrement avec la première. Si l'on dirige, en effet, les yeux du côté opposé, on aperçoit le pic noir et rugueux du Vésuve, escorté de son satellite, la Somma, qui semble en entourer la base, comme pour l'abriter de son noir rempart.

On sait que la Somma est l'ancien volcan dont l'éruption, en l'an 79 de notre ère, entr'ouvrit la montagne, et forma, par ses déjections accumulées, le Vésuve actuel.

Au pied du Vésuve et de la Somma s'étendent, sur d'immenses surfaces de terrains, les coulées de lave, qui proviennent des éruptions postérieures au cataclysme de l'an 79. Dans quelque direction que l'on porte ses regards, on ne voit que des grumeaux figés de lave rugueuse et noirâtre, ressemblant à du mâchefer. L'Observatoire en est tout entouré, et l'on se demande comment il a pu résister à l'invasion de pareils torrents de feu. Sans doute l'édifice est placé sur une petite éminence, qui

peut le mettre à l'abri des laves, mais les éruptions futures pourraient bien l'atteindre.

Dans ce monument solitaire, habite un vieux gardien, chargé, depuis longues années, par M. Palmieri, d'observer les instruments et de veiller à leur conservation. Sa barbe blanche et sa longue robe font de cet anachorète de la physique un des types les plus curieux. Pour lui, le Vésuve résume tout. Il l'a étudié pendant sa vie entière. Il s'anime étrangement et sa parole vibre avec force quand il décrit les éruptions dont il a été témoin, ainsi que fait un vieux soldat racontant les batailles auxquelles il a pris part. Cet estimable *custode*, dans ses moments de loisir, fabrique, avec les minéraux recueillis autour du cône volcanique, de petits objets, qu'il offre, comme souvenir, aux visiteurs de l'Observatoire.

M. Palmieri qui est, comme nous l'avons dit, professeur à l'Université de Naples, se rend à l'Observatoire plusieurs fois par semaine, pour retrouver le vieux gardien, et pour enregistrer les observations faites par lui. Mais quand viennent les jours de danger, c'est-à-dire quand le volcan commence à gronder et le sol à s'agiter outre mesure, M. Palmieri s'établit en permanence dans l'Observatoire. C'est avec un courage et une résolution admirables qu'il demeura à son poste à l'instant le plus périlleux de la crise volcanique du mois d'avril 1872.

Ce fut pour lui une période terrible que celle de cette éruption. Les laves circonvenaient de toutes parts le mamelon sur lequel s'élève l'Observatoire ; les arbres qui l'entourent étaient calcinés, à distance, par la chaleur énorme qui rayonnait de la rivière enflammée. Les chênes et les châtaigniers, ainsi que les broussailles, étaient roussis et calcinés par le seul effet de la chaleur de la lave qui remplissait le ravin nommé *La*

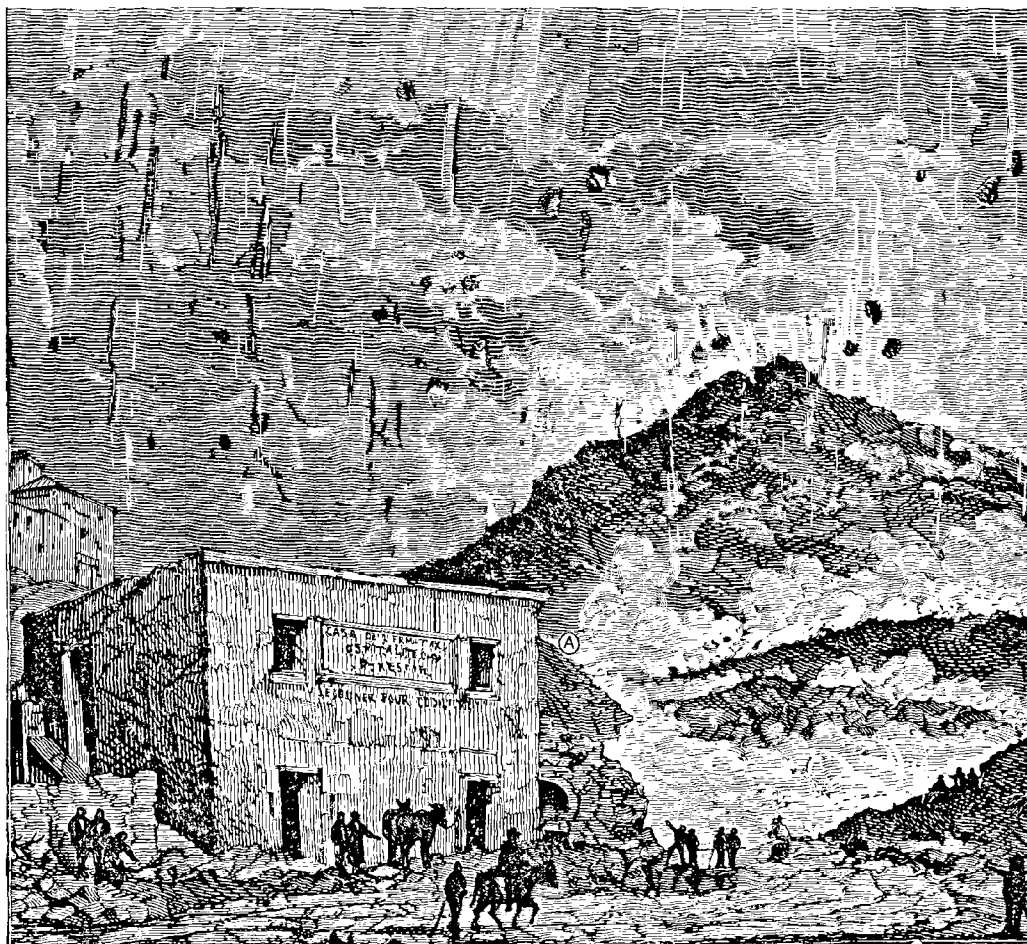


Fig. 241. — La « maison de l'hermite », pendant l'éruption de 1872.

A, vallon de la *Vetrana* ou périrent six personnes le 26 avril.

Vetrana. M. Palmieri passa huit jours bloqué par cette mer incandescente, et ce fut un vrai miracle qu'il ne périt point, emporté, avec l'édifice, par ce torrent de feu.

La description complète de l'éruption du mois d'avril 1872 a été publiée par M. Palmieri dans les *Annales de l'Observatoire vésuvien*. Le dramatique récit de cet événement, traduit en allemand et en anglais, a excité une admiration universelle.

L'éruption dura six jours, du 24 avril au 1^{er} mai. Le Vésuve fut partagé, du haut en bas, par une fente allant du nord au sud, et qui apparaissait des deux côtés du cône.

Coulant par cette fente, la lave jaillit sur les deux côtés au nord, au pied du cône, et au sud à mi-côte, avec moins d'abondance. Le sommet de la montagne fut abaissé, par suite de la masse de matière terreuse entraînée par les gaz.

Une agitation des environs de la montagne qui s'était traduite par de violentes oscillations des instruments de l'Observatoire, avait annoncé, quelques jours auparavant, les phénomènes qui se préparaient. Dans la journée du 24 avril il y eut une éruption de lave par la fente qui s'était produite dans le cône ; mais ce fut seulement

dans la nuit du 24 au 25 que cette fente s'entr'ouvrit largement, et, partageant du haut en bas le cône, donna issue à une masse effroyable de laves. Cette large fissure

se prolongeait sur l'*Atrio del cavallo*, jusqu'à une centaine de mètres des escarpements de la Somma. La lave, en s'échappant, souleva les scories anciennes de 1833,

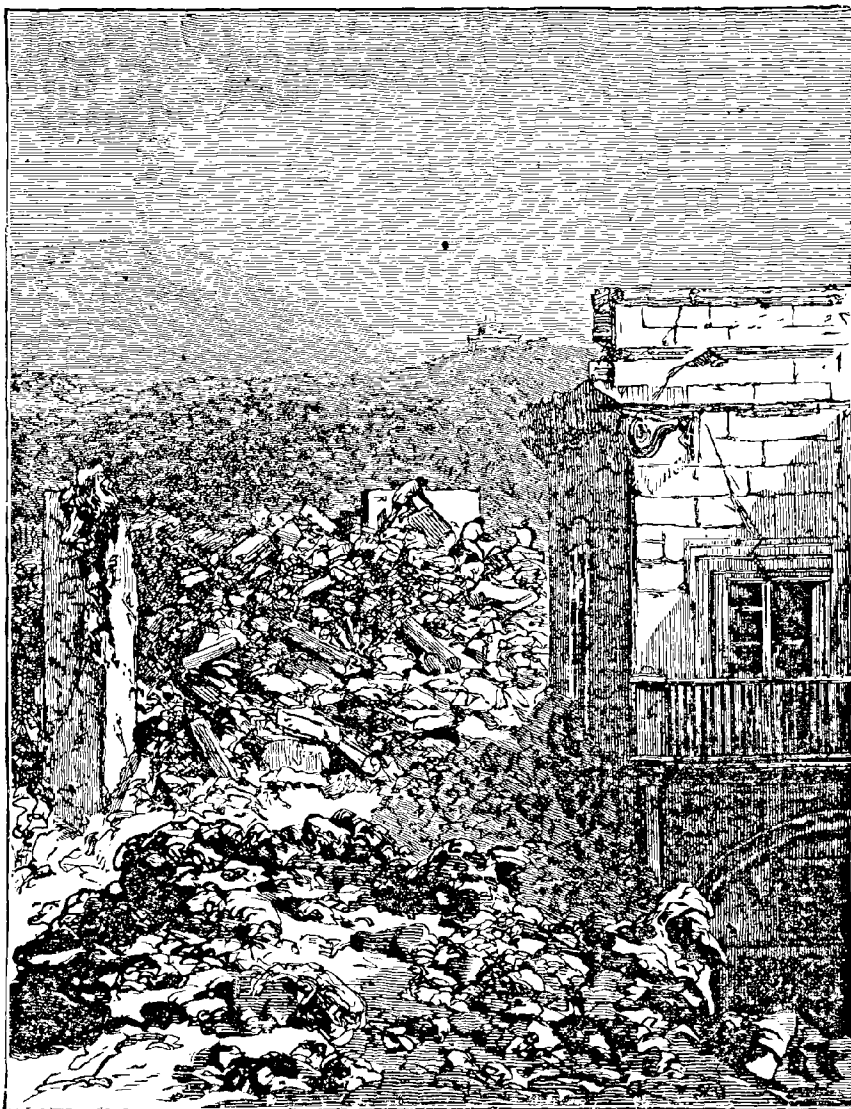


Fig. 242. — L'Observatoire du Vésuve après l'éruption.

1858, 1868 et 1871, et forma une colline d'environ 60 mètres de hauteur, qui, de loin, ressemblait à une chaîne de montagnes. De la base de cette colline nouvellement formée, la lave sortait tranquillement, sans bruit et sans projection.

Dans le ravin de la *Vetrana*, la coulée de lave, qui avait une largeur de 800 mètres, fit successivement, et en trois points différents, de véritables éruptions; en projetant des globes de vapeur et des scories incandescentes. Ce phénomène arrivait chaque

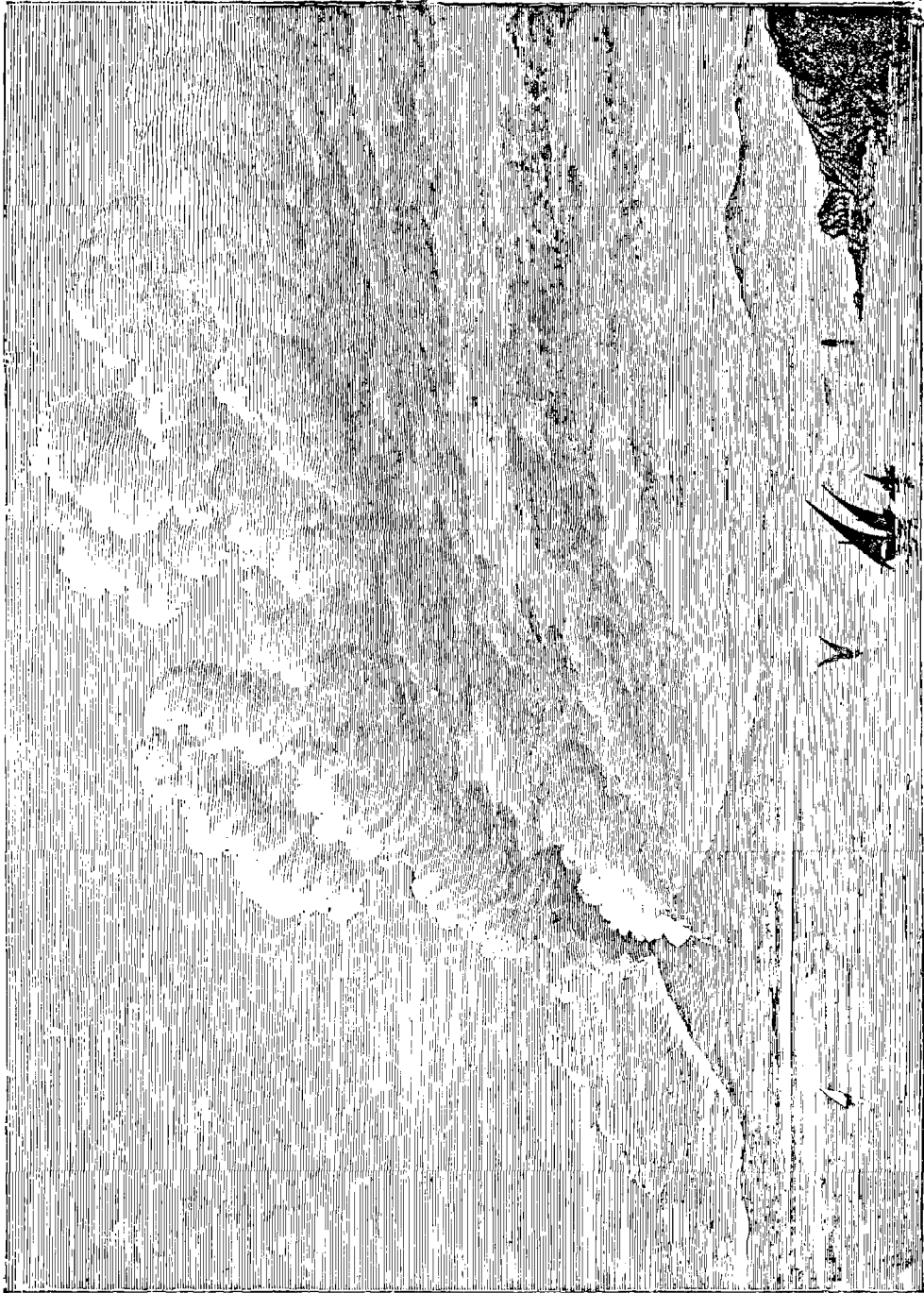


Fig. 243. — La grande éruption du Vesuve, du 26 avril 1872.

fois près des bords de la coulée, là où se formaient les moraines et le plus grand nombre des fumerolles (fig. 240, page 225).

La rapidité avec laquelle la lave coulait du cône dans l'*Atrio del cavallo*, c'est-à-dire dans la vallée qui s'étend au pied du cône, occasionna de graves malheurs. Le 26 avril, les curieux qui s'étaient rendus en grand nombre au pied du Vésuve, se trouvaient en ce moment réunis dans la petite vallée dite de la *Vetrana*. La lave brûlante, ou les pierres lancées par le cratère, les atteignirent, tuèrent six à huit personnes et en blessèrent un plus grand nombre. On les ramena à Naples, dans un piteux état.

La coulée de lave, qui conservait la largeur de près de 8,000 mètres en plusieurs points, prit sa direction vers Naples, menaçant l'Observatoire, qui est bâti, comme nous l'avons dit, à 2 kilomètres seulement du pied du cône. Les pierres brûlantes pleuvaient sur l'édifice, ainsi que sur la *maison de l'ermite*, nom que l'on donne à une maison placée non loin de l'Observatoire et qui, habitée autrefois par un capucin, n'est plus aujourd'hui que la plus triste des auberges (fig. 242). Ce ne fut que par un trait de courage héroïque que M. Palmieri et son élève, M. Diego Franco, restèrent à leur poste jusqu'à la cessation de ce redoutable phénomène.

Un géologue français, membre de l'Institut, M. de Verneuil, se trouvait, par une heureuse coïncidence, à Naples. M. de Verneuil voulut aller observer de près le phénomène. Le 29 avril il alla rejoindre, malgré le péril qu'offrait encore cette excursion, M. Palmieri, dans son Observatoire, toujours gravement exposé. Là M. de Verneuil put étudier de près ce splendide phénomène.

L'abondance des pierres lancées par le Vésuve, fut un des caractères distinctifs de l'éruption de 1872. Aucune, depuis 1822, n'avait projeté sur les pays environnants une aussi grande quantité de *lapilli*.

C'est le 29 avril, trois jours après la sortie des principales masses de lave, et cinq jours après les premiers signes de l'éruption, que ce phénomène acquit son maximum d'intensité. Un nuage noir enveloppait et cachait la montagne. La route de Naples à Resina était couverte d'une couche de cendres noires, de 2 à 3 centimètres d'épaisseur. Aux cendres se mêlaient de nombreux *lapilli*, qui étaient d'abord de la dimension d'une noisette, mais qui, grossissant à mesure que l'on s'approchait de l'Observatoire, finirent par atteindre 5 à 6 centimètres de longueur (fig. 243).

Au milieu de cet orage de pierres, se tenaient, comme deux sentinelles à leur poste, M. Palmieri, le directeur, et son aide M. Diego Franco, qui n'avaient pas quitté la place depuis le commencement de l'éruption. Le sol de l'Observatoire tremblait, et le bâtiment lui-même éprouvait une sorte de trépidation continuelle, qui mettait en mouvement les thermomètres suspendus au mur, ainsi que l'eau placée dans les vases, sans menacer, d'ailleurs, la solidité de l'édifice.

Du sommet de l'Observatoire, et à l'abri de la grêle de *lapilli* qui frappaient les vitres et en cassaient quelques-unes, on distinguait parfaitement l'étendue de la principale coulée. Elle semblait avoir son point de départ sur la partie du grand cône qui fait face à l'*Atrio del cavallo*, passait tout entière par le ravin de la *Vetrana*, situé entre l'Observatoire et la Somma, puis se divisait en deux branches. La plus étendue, celle de droite, passa, non sans les endommager, entre les villages de San-Sebastiano et de Massa di Somma, et s'étendit jusqu'au hameau de Jordano, près de la Cercola. L'autre, prenant à gauche, s'arrêta sur le Piano delle Novelle.

Les vapeurs blanchâtres qui s'échappaient des fumerolles, abondantes surtout aux extrémités, dessinaient très bien le contour

des laves nouvelles, qui suivaient à peu près le même itinéraire que celle de 1855. La longueur du chemin qu'elles parcoururent, pouvant être de 5 kilomètres ; selon MM. Palmieri et Diego Franco, elles avaient fait ce chemin en moins d'un jour. Le ravin de la *Vetrana*, qui a 8 à 900 mètres de large sur 1000 à 1100 de long, avait été franchi par la lave en une heure, le 26 avril.

Une autre coulée bien moins considérable se déversa dans la direction de Resina, et suivant, sur une partie de son parcours, le bord gauche de la lave de 1858 (celle du Fosso grande), s'arrêta près de Tirone, sans atteindre Resina, ni Torre del Greco.

Enfin une troisième coulée s'était fait jour sur le côté du cône opposé à l'Observatoire, vers *Bosco tre Case*.

Pendant plusieurs jours le spectacle de cette éruption était effrayant. Au milieu de la sombre et épaisse nuée qui couronnait le Vésuve, éclatait le tonnerre, dont les coups redoublés dominaient à peine le roulement continu et assourdissant de cette vaste fournaise. Dès le matin du 29 s'était déclarée une tempête venant de l'est qui rabattait le nuage vers l'Observatoire et l'inondait de *lapilli*, mêlés de quelques gouttes de pluie.

Le nombre des personnes surprises par la lave, dans la nuit du 25 au 26 avril, entre l'Observatoire et l'*Atrio del cavallo*, fut de 12 ou 13, et, comme nous l'avons dit plus haut, six personnes y périrent. Pour ce qui concerne les dommages des champs, les laves ayant suivi principalement la même route qu'en 1855 et 1854, firent moins de ravages que si elles avaient recouvert sur toute leur étendue un pays cultivé ; mais les cendres chaudes et acides détruisirent une grande partie des récoltes.

Depuis un certain nombre d'années les laves semblent abandonner les pentes qui font face à Pompéi, pour se porter vers l'Observatoire. En effet, les coulées de 1855, 1858, 1860, 1871 et 1872 ont toutes pris

cette direction ; elles ont passé, pour la plupart, entre l'Observatoire et la Somma, par le ravin *della Vetrana*, qu'elles ont en partie comblé. Si, pendant 15 ou 20 ans encore, le Vésuve obéit aux mêmes tendances, ce ravin sera entièrement comblé, et alors, en temps d'éruption, l'Observatoire deviendra un lieu dangereux.

Les dangers, du reste, furent très sérieux pendant la terrible éruption de 1872, et l'on a admiré avec juste raison l'intrépidité dont firent preuve, dans cette circonstance émouvante, M. Palmieri et son élève M. Diego Franco. Malgré la chute continue de pierres brûlantes et le voisinage de la lave qui, débordant du ravin de la *Vetrana*, allait, par son rayonnement, brûler l'écorce et les feuilles des arbres environnant l'Observatoire, les deux physiciens demeurèrent obstinément à leur poste, sans cesser un moment d'observer leurs appareils, et ils ne revinrent à Naples qu'une fois tout danger passé.

On aime à signaler les traits de ce froid courage, digne de celui du soldat, et à se dire que la science, comme la guerre, a ses champs de bataille.

Après l'Observatoire du Vésuve, le Vésuve lui-même excite singulièrement, l'intérêt et la curiosité du savant en voyage. Hâtons-nous donc d'arriver au Vésuve, et à l'ascension de ce volcan, que la nature semble avoir créé tout exprès pour donner un échantillon net et superbe de la volcanité, destiné aux études des géologues présents et futurs. Il est, en effet, situé non loin d'une grande ville, et par sa hauteur, qui n'est pas de plus de 1000 mètres, il est accessible aux amateurs.

Aujourd'hui, les touristes sortent de Naples, tranquillement assis dans un bon wagon de chemin de fer. Ils descendent, non moins tranquillement, au pied du cône du Vésuve, et s'établissent, avec toutes leurs

aises, dans la petite voiture du chemin de fer *funiculaire*, qui les élève, sans aucune fatigue, au haut de la montagne, pour les déposer, sans autres formalités, à quelque distance du cratère. Voilà, sans nul doute, un voyage fort commodément accompli, et qui fait le bonheur des Américains et des Anglais amoureux du confort. Mais combien de personnes regrettent l'ancienne manière de voyager ! On avait le plaisir et les surprises d'une route qui abonde en aspects variés, depuis les verdoyantes campagnes des environs de Naples, jusqu'aux champs noirs et lugubres que forme la lave figée aux approches du volcan. On ne perdait pas un instant de vue la baie de Naples, la vaste étendue de la Méditerranée, les voiles blanches brillant sur ses eaux bleues, et la courbe gracieuse du golfe, avec la série de hameaux qui s'échelonnent le long du rivage. On avait, enfin, l'avantage de faire connaissance avec les brigands italiens.

Mais ici le lecteur va m'arrêter, intrigué du rapport qui peut exister entre les brigands et le voyage dont nous parlons. C'est ce qu'il apprendra s'il veut bien écouter le récit de mon ascension au Vésuve, en 1865.

A cette époque, il existait déjà un chemin de fer allant de Naples à Resina. Mais comme les chemins de fer italiens ne brûlent pas les rails, c'est-à-dire marchent à fort petite vitesse, je préfèrai faire la route à cheval, et arriver ainsi jusqu'au pied du cône, bien au delà du point où s'arrêtait alors la ligne ferrée.

Le cheval qu'on me donna, véritable animal des montagnes, était petit et sans formes, mais il avait le pied bon et l'échine prodigieusement souple. Je pris avec moi un guide, qui se hissa sur une pareille monture.

Nous ne mîmes pas une heure à arriver au delà de Resina, près des coteaux célèbres qui produisent le vin de *Lacryma Christi*. Mais ici tout changea : nous entrions dans les régions des laves.

On ne saurait se faire une idée, sans l'avoir vu, de ce que c'est que l'agglomération des laves aux environs du Vésuve. Les matières liquides et rouges de feu qui constituent les laves, c'est-à-dire les parties internes du sol fondues par l'excès de chaleur, et qui, au moment de l'éruption, coulent au dehors, comme une rivière de feu, forment, en refroidissant, des espèces de scories, d'un noir brunâtre, creusées de sillons profonds hérissées d'aspérités aiguës et dures comme l'acier. Ces scories affectent toutes sortes de formes. Elles ressemblent tantôt à des bouses de vache solidifiées et noires, tantôt à de larges serpents bruns, tantôt au mâchefer des fourneaux. Tout cela est tranchant et coupant. Le pied s'y pose difficilement ; seul, le sabot ferré du cheval peut surmonter ces dangereuses éminences et ces creux perfides. Mais les soubresauts continuels que le cheval exécute en marchant sur cette suite de blocs durcis, agitent le cavalier, comme le tangage secoue le passager d'un vaisseau. Je dus subir cette allure fatigante pendant deux heures ; car aucune route carrossable, ni même aucun sentier de mulets, ne se rencontre à travers les laves. Ce n'est qu'après la montée qui mène à l'Observatoire, que le chemin frayé apparaît. Ce chemin descend même une pente assez rapide ; de sorte que l'infatigable *Macaroni* (c'est le nom de mon cheval napolitain) repartit d'un trop accéléré, et qu'en dix minutes nous étions arrivés, le guide et moi, à l'*Atrio del cavallo*.

L'*Atrio del cavallo*, ainsi qu'on l'a dit plus haut, est la longue gorge qui existe entre le Vésuve et la Somma. C'est un couloir sombre et aride. Pas un arbre, pas un buisson, pas un oiseau, pas le plus faible signe de la vie organique, dans ce défilé noir et calciné comme un des cercles de l'Enfer du Dante.

J'étais à peine descendu de cheval, que tout à coup, huit grands gaillards, à pein



Fig. 214. — L'intérieur du cratère du Vésuve.

vêtus, et aux figures peu rassurantes, se dressent devant moi. Je compris à qui j'avais à faire, et m'expliquai alors certains coups de fouet retentissants que mon guide avait fait résonner, en descendant, à bride abattue, la route de l'*Atrio del cavallo*. Ce que j'avais pris pour une manifestation de joyeuse arrivée, était un signal convenu. Mes huit estafiers étaient des brigands.

Les bonnes âmes qui n'ont fait connaissance avec les brigands italiens qu'à l'Opéra-Comique ou au musée Grévin s'imaginent qu'ils sont toujours armés d'une espingole, qu'ils portent un chapeau pointu, des guêtres de cuir et des culottes courtes, avec une ceinture de laine et un gilet rouge, à boutons de métal. Erreur ! Les brigands italiens n'ont jamais porté le costume de *Fra Diavolo*, par la bonne raison que ce sont tout simplement les habitants des villages voisins ou des maisons perdues dans les montagnes. Quand ils sont prévenus, d'une façon quelconque, du passage d'un étranger qu'ils espèrent pouvoir dépouiller ou rançonner, ils se hâtent de prendre leur fusil et de courir à l'embuscade. La plaie du brigandage sera longue à guérir en Italie, parce qu'elle a son siège dans la racine même de la population. Elle ne pourra disparaître que par la diffusion générale de l'instruction et le progrès des mœurs.

Le gouvernement italien a envoyé plusieurs fois dans la Basilicate, dans les Calabres et en Sicile, des régiments, pour détruire le brigandage. Les régiments n'ont eu personne à combattre, car ceux que l'on recherchait se tenaient tranquillement sous leurs toits. Après le départ des soldats, ils sortaient de leurs maisons, prêts à recommencer

Les huit compagnons qui m'arrivaient, sans avoir été invités, appartenaient à cette catégorie. C'étaient des gens du voisinage. Au signal du guide, ils s'étaient rendus à l'*Atrio del cavallo*, sous le prétexte d'offrir

leurs services au *forestiere* (étranger) pour l'ascension du cône du Vésuve.

Il y a deux manières de gravir le cône du Vésuve. La première, qui n'est à l'usage que des personnes du pays ou des intrépides marcheurs pourvus de jerrcts d'acier et de poumons de caoutchouc, consiste à choisir la partie du cône présentant le moins de *lapilli*, c'est-à-dire qui est formée de scories assez grosses pour ne pas trop fuir sous le pied, et à monter le long de ce sol mouvant, avec les jambes que l'on tient de la nature. On fait ainsi trois pas en avant et deux en arrière, mais on finit par arriver.

La seconde manière consiste à se placer dans une chaise à porteurs, c'est-à-dire sur un siège de bois posé sur deux bâtons, que quatre personnes prennent en mains, pour vous hisser le long de la pente.

C'est cette seconde manière que je fus forcé de prendre.

Me voilà donc sur mon pavois de bois, porté par quatre hommes, à la sombre figure, pendant que quatre acolytes aussi peu avenants, nous suivent en se soutenant sur des bâtons.

Au milieu de la montée, les quatre porteurs s'arrêtent, et toute la bande se range autour de moi.

« Excellence, dit l'un, il faudrait nous payer.

— Je vous payerai à la descente, répliquai-je.

— Non, Excellence; nous aimons mieux que ce soit tout de suite.

— Et combien faut-il vous donner ? demandai-je, avec une certaine inquiétude pour mes finances ?

— Tout ce que vous avez sur vous. Excellence.

Le moyen de discuter et de marchander avec huit particuliers, au teint bronzé, qui laissent voir, à travers les trous de leur chemise, des biceps modèles, avec des yeux peu caressants, et qui, au milieu d'un désert

estroyable, vous tiennent littéralement suspendu au-dessus d'un abîme de 500 mètres ; si bien que le plus petit mouvement imprimé à votre siège branlant, suffirait pour vous verser dans l'éternité. Je tendis, avec résignation, mon porte-monnaie plein. Et sur un rapide coup d'œil échangé entre mes bons apôtres, suivi d'un geste de l'homme le plus rapproché de moi, geste consistant à porter la main à la chaîne de mon gilet, je me hâtai d'ajouter :

« Je vous préviens que ma montre est en nickel et ma chaîne en Ruolz. »

Il y eut un signe général de déception dans la compagnie, évidemment frustrée d'un espoir légitime, et qui était forcée de dire, comme le tragédien Ligier, dans les *Enfants d'Édouard* :

« A bas, ongles du tigre, on m'a ravi ma proie! »

Je croyais positivement que j'allais être chaviré du haut en bas du cône par mes aimables serviteurs. Heureusement, il n'en fut rien. On se dit sans doute que la chute d'un pauvre diable d'étranger n'ajouterait rien aux bénéfices déjà réalisés par l'expédition, et qu'il valait mieux la terminer honnêtement.

Donc, on me réintégra, allégé de ma monnaie, sur ma chaise curule, et nous arrivâmes au haut du mont. Pendant que mes porteurs allaient se partager leur butin, derrière un rocher, je parcourus la bouche du cratère.

Le cratère du Vésuve était beaucoup plus accessible, alors, qu'il ne l'est aujourd'hui. Un rebord circulaire, de 2 mètres de large environ, l'entourait de tous côtés ; de sorte qu'il était facile d'en faire le tour, et de plonger ses regards dans sa profondeur. Je contemplai longtemps ce spectacle, sans avoir, d'ailleurs, la moindre envie de descendre à l'intérieur, à l'exemple de ce docteur allemand, qui, en 1828, eut cette fantaisie, et n'en revint jamais.

Une vapeur épaisse et suffocante, où il était facile de reconnaître un mélange d'acides sulfureux et chlorhydrique, s'échappait de la bouche du volcan, dont les parois étaient tapissées d'un sel de couleur rougeâtre, qui n'était autre chose que du chlorure de fer. Le bord du trou, ainsi que le sol, à partir de quelques décimètres, étaient brûlants. On aurait pu y faire cuire des œufs, opération banale que le vulgaire aime à exécuter sur ce sommet, et dont je me dispensai, acceptant de confiance le fait comme vrai. D'ailleurs, une brume épaisse, qui s'était formée subitement, commençait à voiler le spectacle splendide qui se déroulait devant moi, du haut de mon empyrée de feu. Après une heure de séjour au bord du cratère, j'appelai mes porteurs.

Autant la montée avait été longue et difficile, autant la descente fut rapide et simple. Mes hommes dégringolaient, avec ma chaise, comme des écureuils, et l'on peut ajouter, avec ou sans jeu de mots, comme des écureuils *volants*. En cinq minutes nous étions au bas du cône, et à peine étais-je remis sur pied, que mes redoutables gars, détalant à toutes jambes, se perdaient dans l'horizon noir.

Le fidèle *Macaroni* m'attendait, sans avoir reçu une poignée d'avoine, ni un seau d'eau, ce qui ne l'empêcha pas de repartir d'un pas décidé. Il y avait d'autant plus de mérite à lui à prendre cette allure, qu'au poids de ma personne j'avais ajouté une charge énorme de minéraux et de cristaux, avec des échantillons de *lapilli* et de laves ; car on n'ignore pas qu'un géologue ne saurait se dispenser, à toute pierre qu'il rencontre sur son chemin, et qui lui paraît intéressante, de la casser en deux et de la jeter dans son sac.

Il était presque nuit quand nous descendîmes, le guide et moi, à la place Sainte-Lucie, à Naples. J'étais brisé de fatigue, mais, comme Titus, je n'avais pas perdu ma

journée. J'avais fait six heures à cheval sur la route la plus extraordinaire qu'ait jamais foulée un cavalier; j'avais escaladé le volcan classique que tout géologue qui se respecte doit avoir visité une fois en sa vie; j'avais joui de la plus merveilleuse vue que l'œil humain puisse embrasser sur la campagne et la mer, enfin, j'avais fait connaissance avec les brigands italiens.

Et je n'avais dépensé pour cela que 100 francs! C'était pour rien.

Mais tout ce que je viens de vous narrer, ami lecteur, c'est de l'histoire ancienne. Aujourd'hui personne ne s'aviserait d'aller ainsi, à l'aventure, jusqu'au pied du Vésuve, et de s'y hisser sur le dos de quatre inconnus, au milieu de toutes sortes de dangers, visibles ou invisibles. On a maintenant le chemin de fer funiculaire.

J'ai dit que le chemin de fer funiculaire du Vésuve est remarquable en ce qu'il présente la rampe la plus forte qu'ait jamais franchie une voie ferrée, et que le mécanisme de ses freins est original et nouveau. Le moment est venu de justifier ces assertions.

La voie qui monte le long du Vésuve part de l'*Atrio del cavallo*, s'élève, comme nous l'avons dit, en ligne droite, et s'arrête à 70 mètres plus bas que le sommet du Vésuve.

La pente de la voie varie de 43 à 56 pour 100, et présente une valeur moyenne de 50 pour 100. Son développement total est de 800 mètres environ.

Le chemin de fer est à double voie; un train descendant correspond toujours à un train montant, qu'il contribue à élever par son propre poids.

La traction s'opère à l'aide d'un double câble sans fin, attaché directement aux wagons en marche, et enroulé, au bas du plan, sur un treuil, que fait tourner une machine à vapeur fixe, établie dans l'*Atrio del cavallo*.

La voie, qui forme une des particularités les plus intéressantes de cette installation, n'est pas constituée par deux rails parallèles, comme dans les chemins de fer ordinaires. On a posé au milieu une poutre longitudinale en bois appuyée sur le sol, et supportant le rail unique qui sert à faire glisser les wagons. La voie d'aller et la voie de retour ont été construites dans ces conditions; de sorte qu'elles forment un ensemble de deux longrines parallèles en chêne, écartées de 2 mètres environ, et fortement entre-croisées, de mètre en mètre, par de grosses traverses, de 5 mètres de longueur.

Cette disposition était la seule qu'on pût employer pour établir solidement la voie sur un sol aussi mouvant que celui du mont Vésuve. La lave, en effet, qui peut fournir le point d'appui invariable, nécessaire pour la construction d'un chemin de fer, ne se rencontre qu'en certains points, sur les flancs du cône. La plus grande partie du sol de la montagne est formée de *lapilli*, c'est-à-dire de petites pierres mouvantes, se dérobant sous le pied ou sous la pression. Les laves modernes se trouvent surtout au nord-ouest et au sud-est, et les laves anciennes du côté de l'ouest, depuis Resina jusqu'à Torre del Annunziata. C'est ce qui a déterminé à placer la voie ferrée à l'ouest, car partout ailleurs, nous le répétons, le sol de la montagne est formé de cailloux roulants, qui ne peuvent être maintenus en place sur une pente de 33 degrés.

Les longrines ainsi assemblées par de longues traverses, forment une ossature solide, une charpente robuste, qui a pu être fixée sur la lave, partout où on la rencontrait. Cette difficulté avait arrêté les premiers ingénieurs qui avaient voulu installer une voie à deux rails posée dans les conditions ordinaires; ils ne purent jamais réussir à maintenir exactement les deux rails dans une position invariable.



Fig 245. — Le chemin de fer funiculaire du Vésuve.

L'emploi du rail central reposant sur une longrine de bois, a obligé à adopter une disposition particulière pour maintenir le wagon dans l'axe de la voie, tout en l'empêchant de s'incliner sur le côté. La longrine en chêne, qui présente une épaisseur de 47 centimètres, avec une largeur de 26 centimètres, est relevée au-dessus du niveau de la voie. Le wagon repose sur le rail central au-dessus de la longrine, par l'intermédiaire de la roue verticale placée à chaque extrémité dans l'axe de la voiture, et il est guidé, en même temps, de chaque côté, par deux galets inclinés sur l'horizontale, lesquels roulent au contact de deux guides en fer latéraux fixés sur les côtés de la longrine. Comme ces deux guides sont situés de part et d'autre à égale distance du rail central, le wagon se trouve ainsi complètement dirigé et maintenu en équilibre sur la voie.

Ce wagon comprend deux compartiments, pouvant contenir, chacun, quatre ou six personnes, et dont le plancher est maintenu horizontal, bien que les longerons de la voiture soient parallèles à la voie. Par suite, le plancher et le seuil des portières des deux compartiments ne se trouvent pas à la même hauteur : la différence de niveau est de 80 centimètres. Les quais d'embarquement dans les deux stations, à l'arrivée et au départ, présentent une forme de gradins correspondante.

Les mâchoires du frein ont été disposées pour retenir le wagon, en cas d'accident, et prévenir une chute, qui aurait des conséquences terribles sur cette pente vertigineuse. Ces deux mâchoires sont formées par des griffes en acier qui, en cas de rupture du câble, viendraient pénétrer dans le bois de la longrine, et permettraient ainsi de retenir solidement le wagon. Elles sont commandées par une vis à manivelle, que le conducteur de la voiture manœuvre comme les freins ordinaires.

Cette disposition des freins est analogue à

celle qu'on rencontre dans les puits de mine, dans le *parachute Fontaine* par exemple. Elle est destinée à prévenir la chute de la cage d'extraction, dans le cas d'une rupture du câble qui supporte cette cage. Dans le *parachute Fontaine* deux mâchoires semblables viennent, en cas de rupture, saisir automatiquement les longrines qui forment les guidages de la cage, et elles la maintiennent ainsi immobile suspendue dans le vide.

L'effort moteur destiné à élever les voitures, est fourni par deux machines à vapeur fixes, installées au bas du cône, et capables de développer une force de 45 chevaux-vapeur, environ. Elles mettent en mouvement deux tambours sur lesquels sont enroulés les câbles. Ceux-ci s'élèvent ensuite jusqu'au sommet du plan incliné. Ils se replient là sur deux poulies fixées solidement à un mur construit dans la lave ; puis ils descendent le long du plan, et retournent enfin jusqu'aux tambours inférieurs. Les deux brins montants parallèles sont attachés à l'un des wagons, et les deux brins descendants fixés sur l'autre.

Chacun des câbles de traction est, non en corde de chanvre, mais en acier, et muni d'une âme en chanvre. Son diamètre est de 26 millimètres. Il peut supporter, avant de se rompre, une charge de 25,000 kilogrammes, cinq fois supérieure à l'effort de traction nécessaire pour entraîner le wagon montant, ce qui représente, pour les deux câbles réunis, une force totale dix fois suffisante. Ces câbles sont fixés aux deux extrémités des traverses du wagon ; ils sont soutenus sur la voie, de distance en distance, par des galets.

Tel est le système de construction du chemin de fer aérien qui conduit auprès du sommet du Vésuve. Le petit débarcadère est à quelque distance du cratère.

Cela revient à dire que le volcan, dans une de ses agitations, pourrait bien emporter et lancer au loin, ou tout au moins

gravement endommager, cette audacieuse construction. On peut, toutefois, envisager sans trop d'inquiétude la probabilité de l'événement. Si le Vésuve, dans une de ses

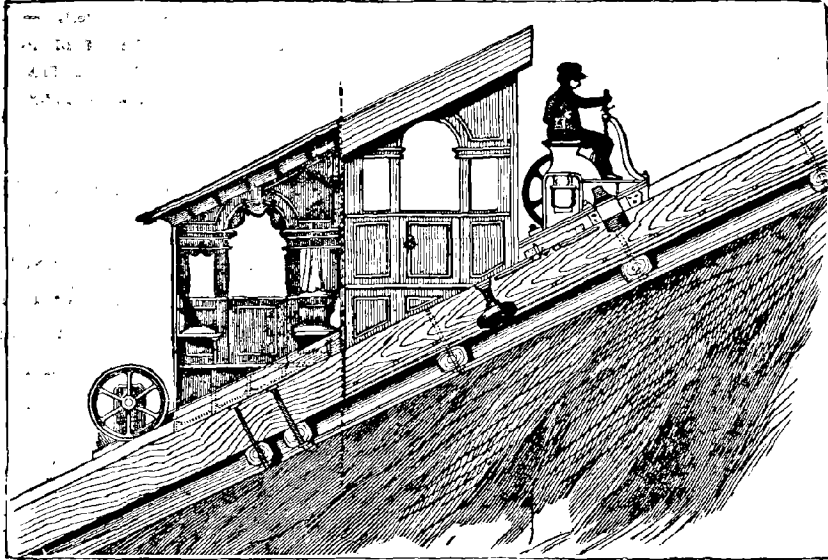


Fig. 246. — Coupe du rail et du wagon du plan incliné du Vesuve.

furçurs périodiques, détruit l'œuvre des ingénieurs italiens, les dits ingénieurs sauront bien rétablir les agencements dispersés ou détruits par le feu souterrain.

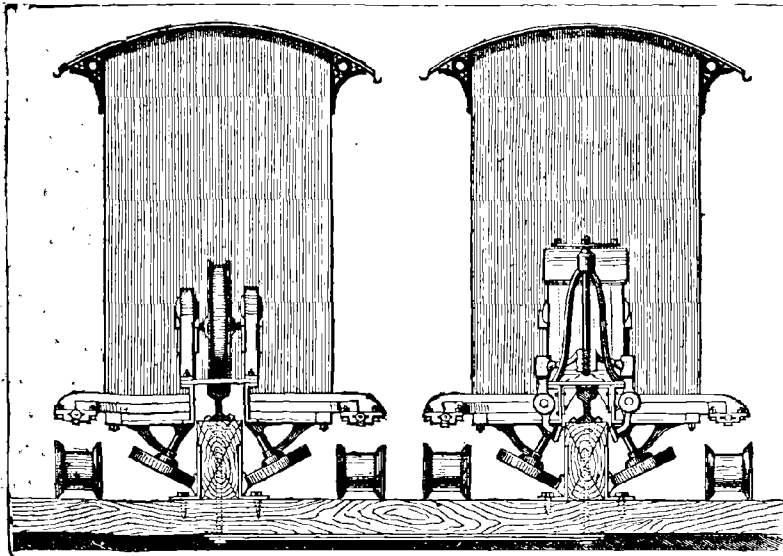


Fig. 247. — Coupe du frein du wagon.

L'inauguration du chemin de fer funiculaire du Vésuve eut lieu le 6 juin 1880. Les autorités italiennes, ainsi qu'un certain nombre des représentants de la presse

étrangère, y assistaient. Des deux côtés de la route qui va de l'Observatoire à la station, et des deux côtés de la voie ferrée qui part de celle-ci, pour monter au cratère, étaient placés, jusqu'à une certaine distance, de nombreux trophées de drapeaux. Derrière les rangées de drapeaux une foule de curieux poussaient des *vivat*!

Il y eut plusieurs voyages, tous couronnés du même succès. Un déjeuner, servi au café-restaurant de la petite gare, mit fin à la fête, et, à cinq heures du soir, les invités étaient de retour à Naples, d'où l'on était parti le matin, à huit heures, dans les voitures de la société concessionnaire.

Le chemin de fer funiculaire du Vésuve fut ouvert au public le 10 juin 1880.

Nous avons dit que la pente maxima est de 56 centimètres par mètre et la pente moyenne de 50 — que la voie qui grimpe le long de cette pente, ne comporte qu'un rail par wagon, — qu'il y a un rail pour le wagon qui monte, un rail pour celui qui descend, — que chaque rail est posé sur une pièce de bois, haute d'un mètre environ, — que sous le wagon se trouve une grande roue glissant sur le rail, — enfin qu'il y a, pour le tenir en équilibre, deux petites roues roulant obliquement de chaque côté de la pièce de bois, — enfin que la machine à vapeur qui met en mouvement au moyen de câbles d'acier les deux wagons affectés au service de la voie, est fixe et placée au bas de la montagne. Les figures 246 et 247 montrent le mode d'installation des wagons sur le rail et la coupe des freins

CHAPITRE VI

LES CHEMINS DE FER A CRÉMAILLÈRE, LEUR ORIGINE. —
 LE SYSTÈME DU BARON SÉQUIER APPLIQUÉ AU MONT CENIS,
 PAR M. FELL. — L'INGÉNIEUR AMÉRICAIN SYLVESTRE
 MARSH REPREND L'IDÉE DE BLENKINSOP POUR L'EMPLOI

D'UNE CRÉMAILLÈRE CENTRALE SERVANT A LA PROGRES-
 SION DES LOCOMOTIVES LE LONG DES PENTES. —

LE CHEMIN DE FER A CRÉMAILLÈRE DU MONT WASHINGTON,
 AUX ÉTATS-UNIS. — INTRODUCTION EN EUROPE DE LA
 CRÉMAILLÈRE DE SYLVESTRE MARSH. — SYSTÈME WET-
 TLI. — UNE VISITE AU COUVENT DE NOTRE-DAME DES
 ERMITES. — LES ENVIRONS D'EINSIEDELN. — CATASTRO-
 PHE SUR LA VOIE FERRÉE D'EINSIEDELN, AVEC LA CRÉ-
 MAILLÈRE DE M. WETTLI.

Les chemins de fer dits *funiculaires*, c'est-à-dire sur lesquels la locomotive est tirée par un câble, lequel s'enroule sur un treuil, sont un excellent moyen de remonter les pentes. Mais, la machine à vapeur qui fait tourner le treuil étant fixe, on ne peut prétendre à faire, par ce moyen, de longs trajets, à moins de multiplier, autant qu'il est nécessaire, le nombre des machines à vapeur fixes. On peut toutefois supprimer la machine à vapeur fixe, et se servir de la locomotive ordinaire, en donnant aux rails une disposition particulière qui permette à la locomotive de se hisser le long des pentes.

Ce moyen, c'est de placer au milieu de la voie, entre les deux rails ordinaires, un troisième rail, entaillé de manière à former une sorte de crémaillère, assez semblable à une jalousie de fenêtre. Une roue placée sous la locomotive, est pourvue de dents capables de s'engager dans les creux du rail central, de s'y accrocher, pour ainsi dire, et, grâce à ce point d'appui, de progresser le long de la pente.

Archimède disait : « Donnez-moi un point d'appui, et je soulèverai le monde. » La locomotive en a dit autant. On lui a donné, pour point d'appui, le rail à crémaillère centrale, et elle a soulevé le train.

Pour la descente, aucune force mécanique n'est nécessaire. Le poids de la locomotive suffit à entraîner le convoi sur la pente. Mais comme il faut modérer la vitesse, qui deviendrait singulièrement accélérée, à certains moments, des freins puissants, agissant sur les roues, joints au frottement contre les dents de la crémaillère du rail central,

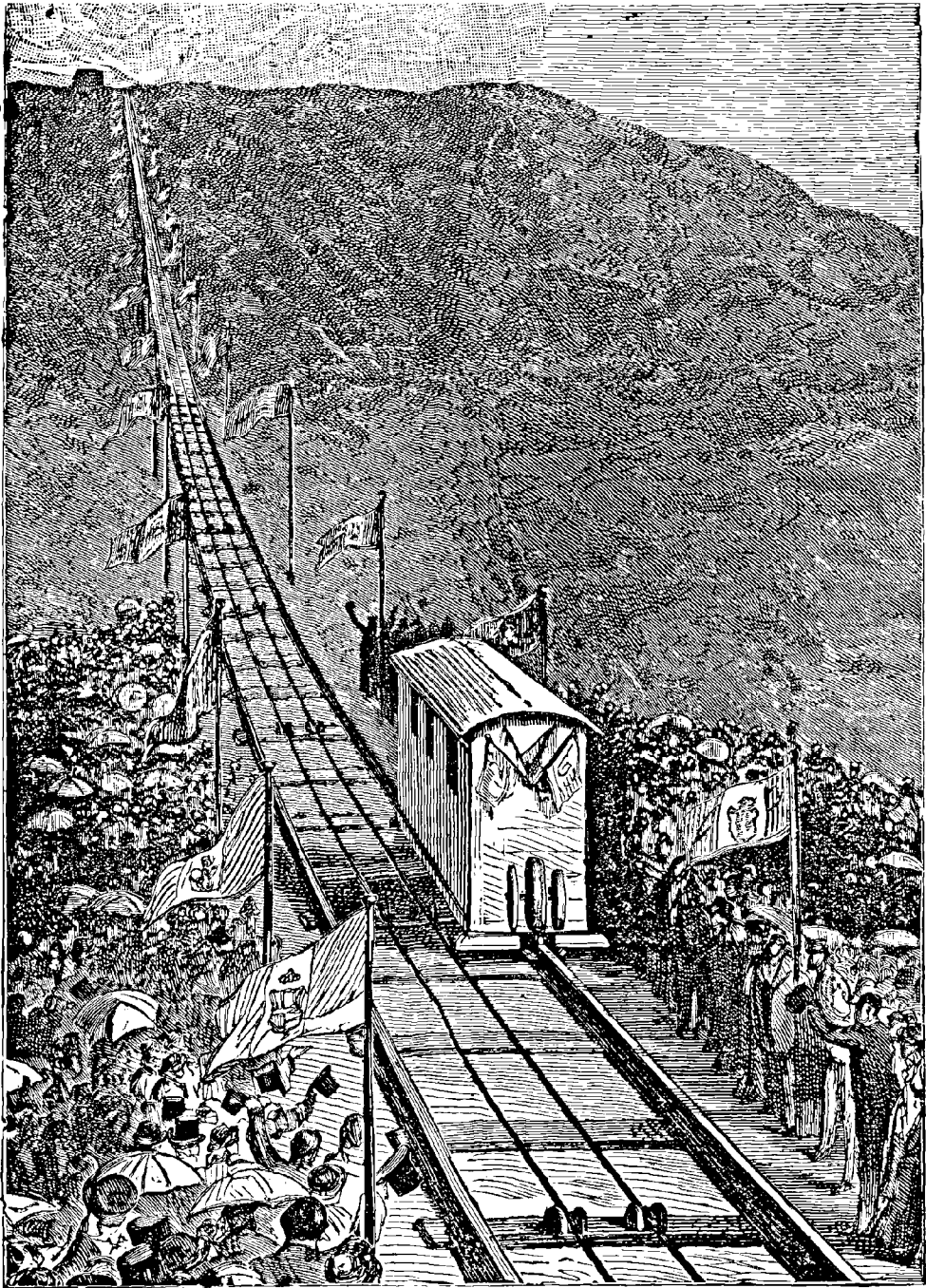


Fig. 248. — Inauguration du chemin de fer funiculaire du Vésuve.

ralentissent la chute, et assurent toute sécurité.

Tel est le système de remorquage des trains avec le *rail à crémaillère*.

L'histoire de la découverte des chemins de fer à crémaillère est très intéressante à connaître.

Sa véritable origine, c'est le système du rail central inventé par le baron Séguier.

En 1864, on poursuivait les travaux du tunnel du mont Cenis, et, en attendant leur achèvement, on se décida à établir, sur les lacets de cette montagne, un chemin de fer, destiné au service des voyageurs et des marchandises. Le système du rail central du baron Séguier fut appliqué, à cette voie montante, par un ingénieur anglais, M. Fell. Le chemin de fer du *système Fell* fonctionna parfaitement, et ne fut supprimé qu'après l'achèvement du tunnel du mont Cenis, et l'inauguration de la nouvelle voie ferrée qui vint relier les lignes de l'Italie avec celles de la France.

Les divers dessins que nous mettons sous les yeux du lecteur donneront une idée suffisante des principales dispositions mécaniques du système de traction connu sous le nom de *système Fell*.

Ce mécanisme consiste à placer, entre les deux rails ordinaires, un troisième rail, contre lequel deux petites roues, ou galets, actionnés par la vapeur de la machine locomotive, viennent s'appuyer fortement, de manière à y prendre un ferme point d'appui. On a ainsi, outre l'adhérence ordinaire de la locomotive contre les rails, l'adhérence supplémentaire des deux galets contre le rail central. Ce supplément d'appui détermine la progression de la locomotive le long des pentes les plus fories.

La locomotive étant plus légère, puisqu'on n'a plus besoin d'accroître son poids, pour augmenter l'adhérence, la force de

la vapeur peut être utilisée avec plus d'avantage.

On voit sur les figures 249, 250 et 251, la locomotive Fell en perspective et de profil, ainsi que le wagon à marchandises. Nous avons réuni dans un autre groupe de dessins (fig. 252, page 444) les détails de la voie, c'est-à-dire les rails, ainsi que les roues, ou galets, qui viennent presser contre les joues du rail central.

La largeur entre les rails extrêmes est de 1^m, 10. Le rail du milieu est de la forme dite à *double champignon*, qui est en usage sur les chemins de fer français. Il dépasse de 187 millimètres le niveau des rails latéraux. Il est fixé sur des coussinets en fonte, posés eux-mêmes sur une longrine, A (fig. 253).

Nous saisisons cette occasion pour dire que le système Fell, emprunté par l'ingénieur anglais au baron Séguier, ainsi que nous le dirons dans le volume suivant de cet ouvrage, dérivait d'une invention antérieure, due également à un Français.

Le marquis Achille de Jouffroy avait imaginé, en 1858, une disposition de la voie de chemin de fer qui devait assurer une certaine adhérence des roues des locomotives, et permettre de franchir des pentes rapides, ainsi que des courbes plus resserrées et d'arrêter plus promptement les convois. Entre autres dispositions concourant à ce but, le marquis Achille de Jouffroy proposait de placer, entre les deux rails ordinaires, un rail *strié*, et de joindre aux locomotives une roue de fer munie d'une jante en bois, placée entre les deux roues lisses, et qui engrenait avec le rail central (1).

Le système d'Achille de Jouffroy fut grandement perfectionné, après lui, par le

(1) Voir notre ouvrage *les Merveilles de la science*, tome 1^{er}, page 370.

baron Séguier qui l'amena à réaliser de bons résultats pratiques.

Le marquis Achille de Jouffroy prépara donc, littéralement, la voie au baron Séguier, lequel la prépara, à son tour, à l'in-

génieur anglais, Fell. Il est d'autant plus équitable de rappeler cette particularité historique que le marquis Achille de Jouffroy consacra de nombreuses années, et dépensa des sommes considérables pour

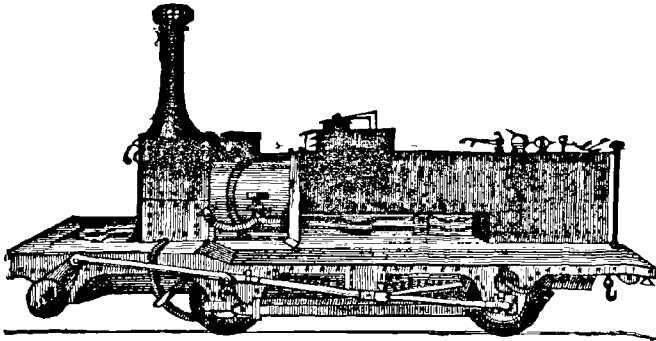


Fig. 249. — Locomotive Fell (profil).

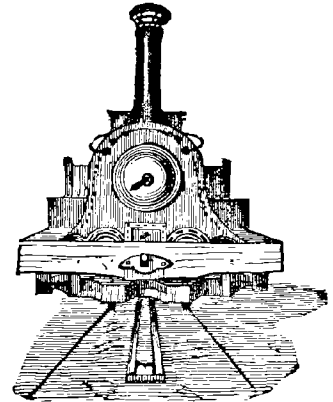


Fig. 250. — Locomotive Fell (face).

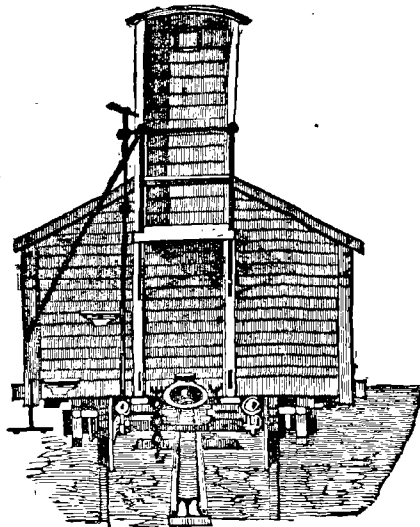


Fig. 251. — Wagon de marchandises de la locomotive Fell.

faire admettre son système de chemin de fer, et qu'il mourut, on peut le dire, à la peine.

Le dévouement à la science, en dépit de l'infortune, qui brise trop souvent les forces et la carrière des inventeurs, est héréditaire dans les familles. Le marquis Achille de Jouffroy qui créa, le premier, la voie ferrée

à crémaillère, était le fils d'un grand homme. Son père n'était rien moins que le marquis Claude de Jouffroy d'Abbans, le créateur, en France, de la navigation par la vapeur, qui mourut, pauvre et ignoré aux Invalides, en 1832, et auquel on a élevé une statue, au milieu de fêtes publiques, avec un grand concours de population et de

notabilités scientifiques, le 17 août 1884, sur une des places de Besançon.

Le chemin de fer du système Fell donna sur les flancs du mont Cenis des résultats irréprochables, et le succès de ce premier

chemin de fer à crémaillère, qui n'avait pas moins de 77 kilomètres, le long d'une montagne réputée jusque-là absolument inabordable aux locomotives, amena l'idée d'appliquer ce même système à une voie ferrée que l'on se proposait de construire le long

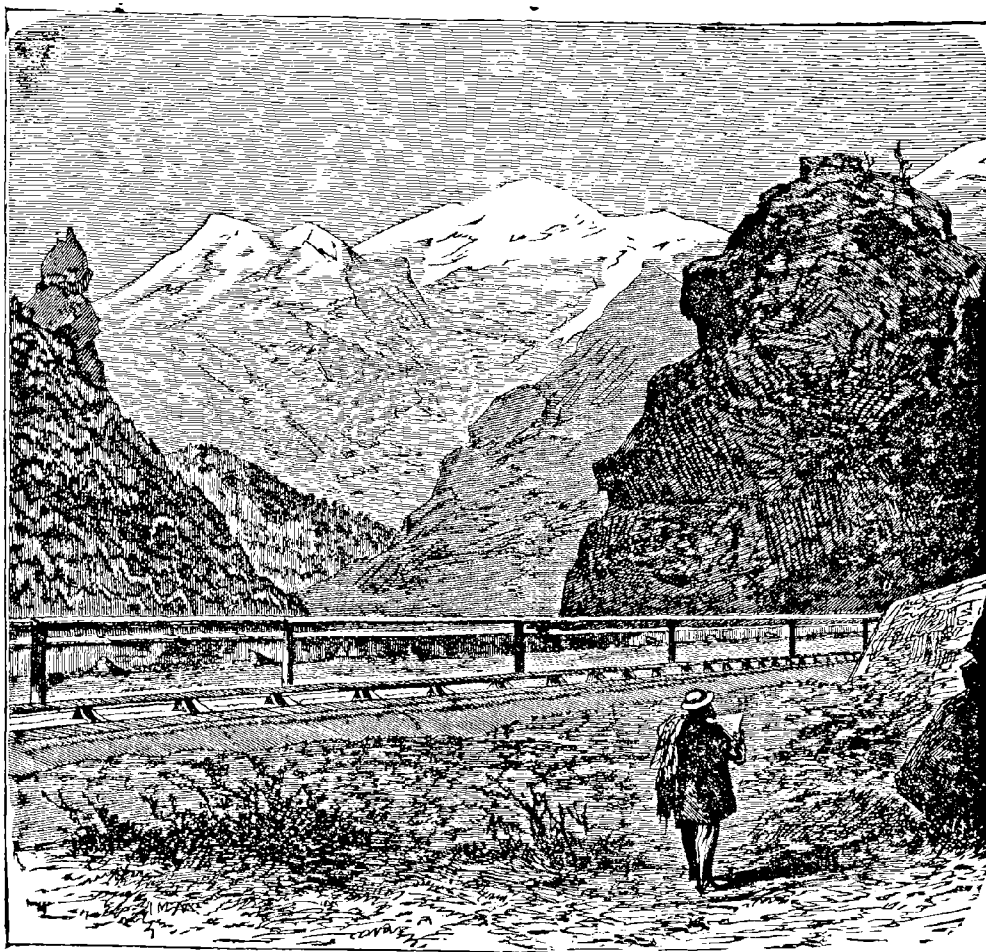


Fig. 252. — Le chemin de fer à rail central, sur le mont Cenis.

du mont Washington, dans le West Hampshire, aux États-Unis d'Amérique. Cette ligne avait une inclinaison moyenne de 27 pour 100.

Les travaux pour la pose des rails du système Fell commencèrent, au mont Washington, en 1868; mais les ouvriers ne purent parvenir à poser la voie sur une pente aussi forte, et on était au moment de

renoncer à l'entreprise, quand l'ingénieur de cette ligne, M. Sylvestre Marsh, de Chicago, eut une idée triomphante.

D'habitude, le progrès marche en avant, c'est même son caractère propre; avec M. Sylvestre Marsh, le progrès marcha en arrière, et ce fut pourtant toujours du progrès. Expliquons-nous.

En 1814, George Stéphenson avait déjà

construit la première locomotive, et essayé de la faire marcher sur des rails de fer. Mais ni Stéphenon, ni ses concurrents, ne pouvaient y parvenir. La locomotive cherchait littéralement sa voie. Les locomotives étaient alors fort légères de poids, et par suite les roues *patinaient*, selon l'expression consacrée : elles tournaient sur

place, sans avancer et sans faire avancer le véhicule à vapeur.

Nous représentons dans la figure 254 la première locomotive que George Stéphenon construisit pour le service des mines de houille de Killingworth. Il y avait, comme on le voit, tout un système, fort compliqué, de tiges pour la transmission de

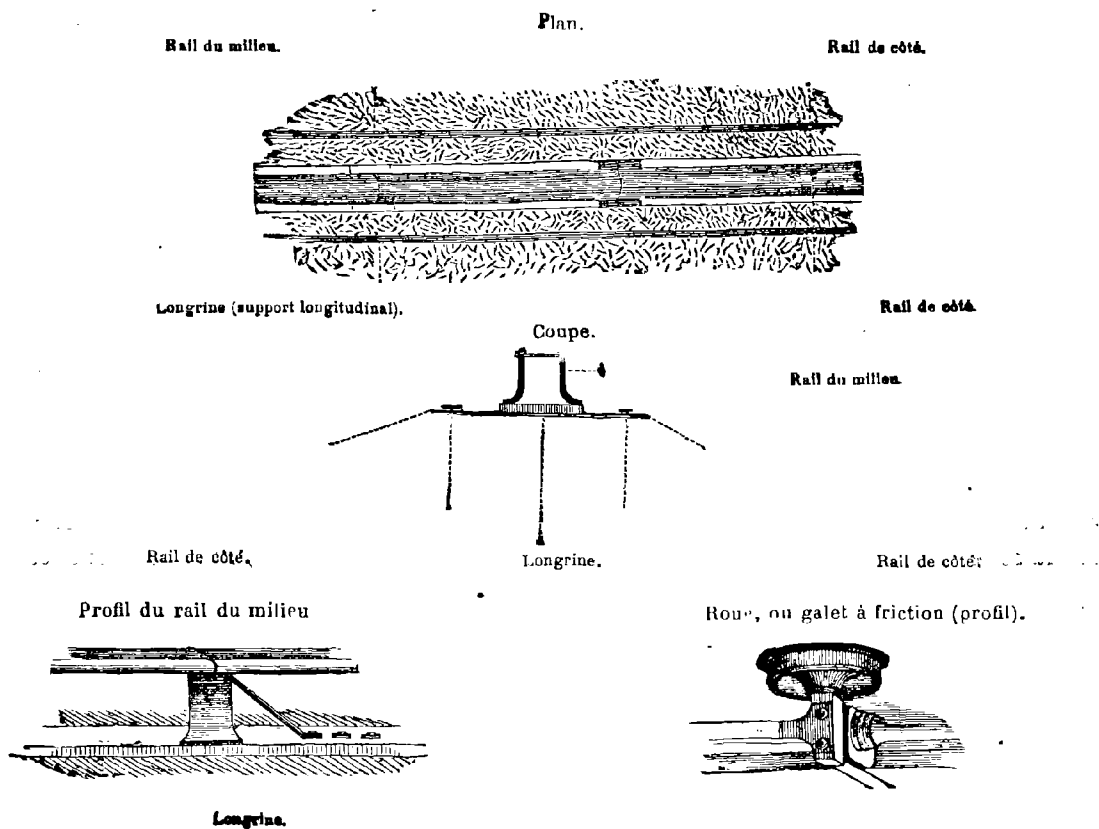


Fig. 253. — Détails du système de rails du chemin de fer Fell.

mouvement des cylindres à vapeur aux roues motrices.

C'était, pour ainsi dire, la machine fixe de Watt appliquée à un véhicule destiné à avancer sur des rails.

Stéphenon simplifia ce premier type de locomotive. Il le débarrassa de cette forêt de tiges et de roues de transmission, et la locomotive présenta alors l'aspect, plus harmonieux, que nous représentons dans la figure 255 (page 447). Il appela cette

machine locomotive la *Royal-George*.

Cette seconde locomotive de Stéphenon ne progressait qu'avec beaucoup de difficulté sur les rails, en raison de son poids, beaucoup trop faible. Pas plus que la première, elle ne pouvait avancer avec une vitesse suffisante, et son allure était lente et difficile. On n'avait pas encore découvert ce grand principe, que, pour qu'une locomotive progresse sur les rails et entraîne avec elle un convoi, il faut qu'elle soit d'un poids

considérable, afin que ce poids détermine l'adhérence entre les roues et le rail. Quel- que polie qu'elle paraisse, la surface d'un rail présente des aspérités, et c'est en s'ac-

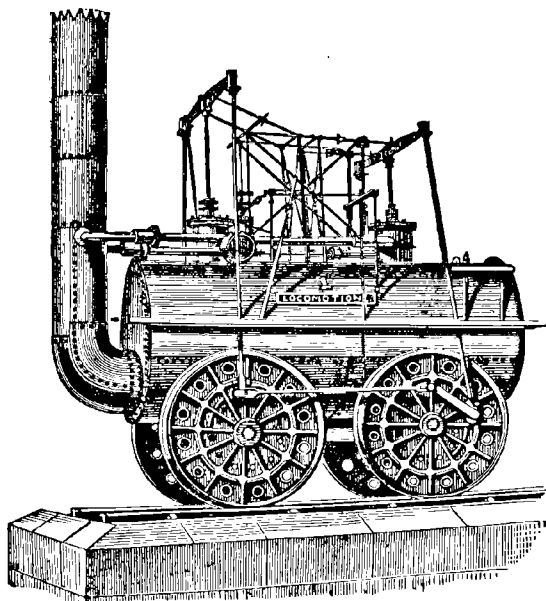


Fig. 254. — La locomotive de George Stéphenon.

crochant, pour ainsi dire, à ces aspérités, que la roue prend un point d'appui, qui lui permet d'avancer, sans tourner sur elle-même. Mais en 1814, nous le répétons, ce

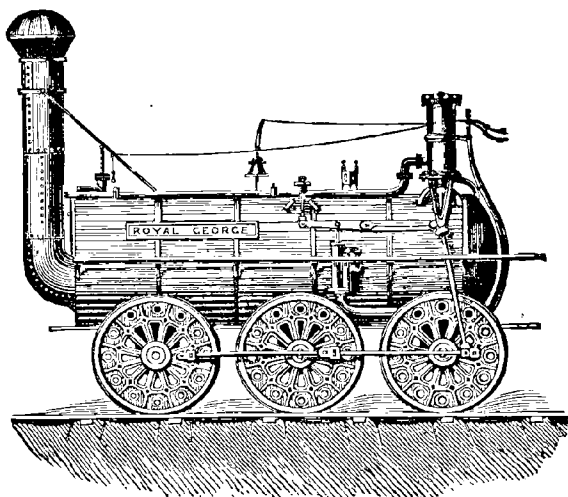


Fig. 255. — La locomotive de Stéphenon, la *Royal-George*

grand et fondamental principe n'était pas encore trouvé, et les mécaniciens anglais s'épuisèrent en recherches et inventions, plus bizarres les unes que les autres, pour

empêcher le *patinement* des roues. Les uns proposaient de munir la locomotive de sortes de béquilles venant s'appuyer sur le sol ; d'autres parlaient de placer entre les deux rails une crémaillère, dans laquelle s'engagerait une roue placée sous la locomotive, roue entaillée de creux correspondant aux petits volets de la crémaillère et du rail central. C'est ce que représente la figure 256.

Le mécanicien qui avait proposé ce der-

nier et bizarre système, s'appelait Blenkinsop ; il était directeur des mines de houille de Middleton.

Bien que ce procédé de traction eût servi pendant douze ans au transport de la houille, dans les mines de Middleton, on se moqua beaucoup, dans le monde des ingénieurs, de l'idée d'appliquer aux chemins de fer la conception du mineur anglais. Mais, dans les sciences, le bon et le mauvais sont

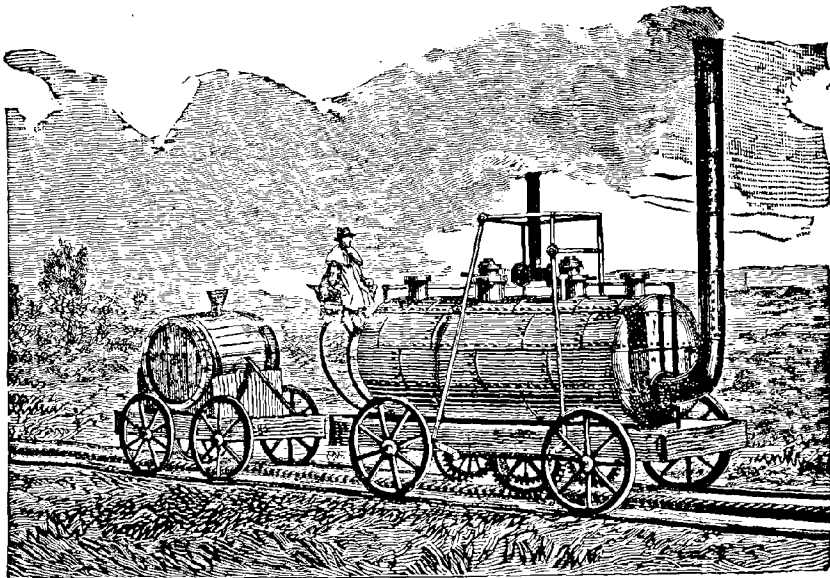


Fig. 256. — La locomotive Blenkinsop, à crémaillère centrale.

choses relatives. Pascal a dit : « vérité en deçà des Pyrénées, erreur au delà. » On peut ajouter « absurdité en plaine, trait de génie en montagne. » L'idée de placer entre les deux rails une crémaillère, sur laquelle devait se traîner la locomotive, était condamnable sur un plan horizontal, mais employer cette crémaillère, était loin d'être une conception absurde. C'était, au contraire, une excellente solution du problème de la traction sur pentes, problème que le système Séguier-Fell n'avait qu'incomplètement résolu ; car la pression de deux petits galets horizontaux contre le rail central, n'est pas suffisante pour de très fortes

rampes. En plaine, la crémaillère de Blenkinsop était inacceptable, vu l'énorme perte de force résultant du frottement ; mais, en montagne, la perte de force résultant du frottement était parfaitement acceptable, en vue du résultat à obtenir.

Ainsi pensa M. Sylvestre Marsh, l'ingénieur de Chicago. La locomotive Fell était impuissante à remonter les pentes du mont Washington, mais la vieille crémaillère de Blenkinsop pouvait peut-être en triompher. Au rail central il fit donc pratiquer des creux espacés, capables de recevoir les saillies correspondantes, dont il garnit une roue, ajoutée à l'arrière de la lo-

comotive, et la locomotive se cramponnant à la crémaillère, remonta glorieusement la pente de 27 pour 100 du mont Washington.

En restaurant l'antique crémaillère anglaise, l'ingénieur de Chicago avait donc fait, ainsi que nous l'avons avancé, du progrès, tout à la fois en avant et en arrière.

L'essentiel, c'est que le procédé était efficace. L'expérience le prouva.

La chaudière de la locomotive du système de M. Marsh était supportée par deux tourillons, semblables à ceux de nos canons d'artillerie; elle pouvait osciller autour de ces tourillons, en restant toujours verticale, malgré les variations de l'inclinaison de la rampe. L'eau de la chaudière restait ainsi toujours au même niveau. Le cylindre de l'appareil moteur à vapeur était d'ailleurs disposé comme dans les locomotives ordinaires. Un frein à air comprimé et un frein automatique, modéraient la rapidité de la descente.

Lorsque M. Sylvestre Marsh, en 1857, demanda à la chambre du New-Hampshire le privilège de la construction d'un chemin de fer sur les pentes du mont Washington, un digne membre de cette assemblée proposa, spirituellement, à ses collègues d'autoriser cet ingénieur à construire un chemin de fer pour la lune! Et tout le monde de rire!

Cependant M. Sylvestre Marsh finit par obtenir des pères conscrits du New-Hampshire, son privilège. Il acheta 17,000 acres de terrain, depuis le pied du mont jusqu'au sommet, se mit à l'œuvre, et construisit un mille de voie avant que les ingénieurs des États-Unis pussent y croire.

Une compagnie se forma alors, et sous la direction de M. Sanborn, le travail avança, lentement il est vrai, mais sûrement. Interrompu pendant la mauvaise saison, il recommençait l'été suivant; car ce n'était que pendant quelques semaines chaque année que les ouvriers pouvaient travailler.

Au mois d'octobre 1868, surpris par une avalanche, ils durent s'enfuir promptement, en abandonnant leurs outils, qui restèrent sous la neige tout l'hiver. Ce ne fut qu'au mois de juin 1869 qu'il leur fut possible d'achever les 500 pieds de voie qui restaient à construire. Mais en moins d'un mois tout était terminé, et, à l'ouverture de la saison suivante, les voyageurs trouvaient une gare confortable, et un hôtel, au pied de la montagne.

Un voyageur, M. René Boulangé, a décrit, en ces termes, l'excursion du mont Washington par la locomotive à crémaillère inaugurée en 1869, en intitulant son récit : *Une excursion en chemin de fer dans les nuages.*

« Pour satisfaire à notre désir, l'inventeur du nouveau chemin de fer s'empressa d'organiser un train spécial. Les sièges du wagon étaient disposés de façon à se trouver dans une position horizontale, quand la pente était de 28 centimètres par mètre, de sorte que, quand la voie était horizontale, ils offraient cette même pente. Comme nous mentionnons dans le train, ceux qui nous y avaient précédés, voulant nous faire profiter de leur expérience, nous engagèrent à bien attacher nos chapeaux et à nous munir de vêtements plus épais. « Comment! mais le soleil est brûlant! — Oui, mais attendez un peu, et tout à l'heure vous n'aurez plus aussi chaud. »

« Nous partons. Personne ne dit mot. Nous nous regardons les uns les autres. Plus d'une main se cramponne à la banquette. Nous montons, nous montons... On se croirait en ballon. Montagnes, lacs et villages éloignés, se déroulaient devant nous, en un magnifique panorama. On regardait, on ne songeait plus à la peur. Soudain, ce soleil ne nous sembla plus si chaud; nos pardessus nous parurent moins gênants. Les arbres devenaient plus petits. Nous montions... nous montions encore; pas un endroit horizontal. La machine s'était arrêtée pour prendre de l'eau. Si elle allait rouler en arrière!... Mais non. Elle repart, et nous montons encore. L'horizon s'étend, les arbres deviennent de plus en plus petits, les fleurs sont épanouies comme au mois de mai. Nous sommes en extase devant tant de beautés. — Un autre arrêt pour prendre de l'eau. Le mécanicien et l'administrateur se consultent un instant. Il y a peu d'eau, elle est gelée. — Gelée! au mois de juillet! Nous commençons à sentir l'humidité; nous arrivons à un nuage; nous éprouvons une sensation étrange; nous sommes traversés,

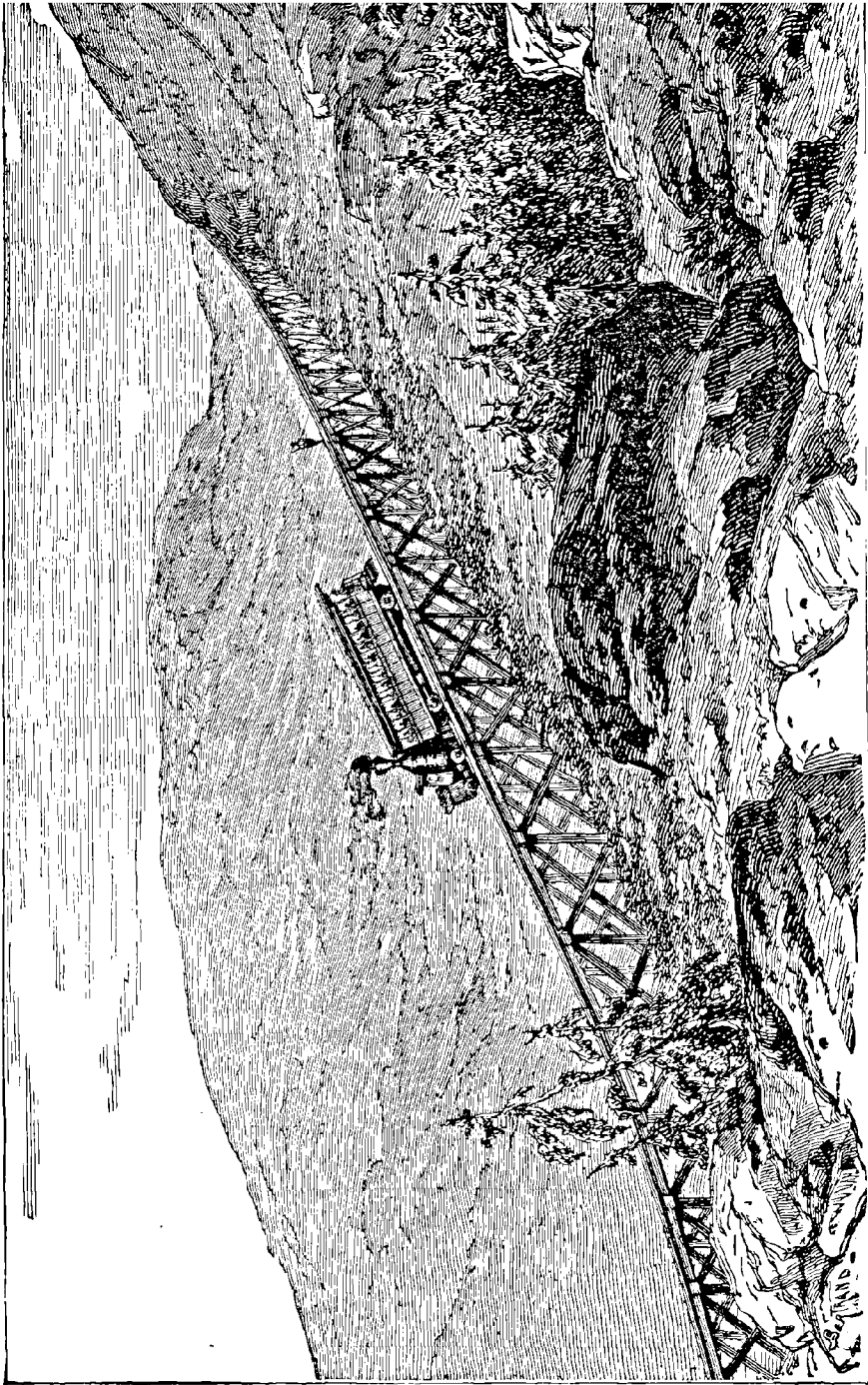


Fig. 257. — Chemin de fer construit sur le rio et Washington (Etats-Unis d'Amérique), par Sylvestre Mausé.

saturés par l'air humide; un brouillard épais nous entoure; mais un instant après le soleil nous apparaît de nouveau, éclairant le sommet de la montagne de ses rayons resplendissants.

« Plus d'arbres maintenant; partout une végétation naine, des rocs dénudés, ou recouverts, çà et là, d'une maigre couche de mousse. Les nuages nous cachent la vallée; on se croirait isolé sur une île perdue dans la mer de l'immensité. Nous descendons de wagon, grelottants de froid, et nous courons vers la maison située au sommet, aussi vite que nous le permet le vent terrible qui souffle à cette hauteur. Là, nous trouvons un feu brillant et quelques réconfortants, qui nous font le plus grand plaisir.

« En moins d'une heure et demie, nous avons escaladé une côte de près de 3,000 mètres de longueur, nous nous étions élevés à 6,000 pieds au dessus du niveau de la mer.

« Nous avons passé de la température du mois de juillet à celle du mois de janvier.

« Restait à effectuer la descente, voyage effrayant, surtout en songeant que la pente est, en plusieurs endroits, de 30 centimètres par mètre. M. Sanborn nous dit qu'un wagon, abandonné à lui-même, effectuerait facilement la descente en moins de trois minutes. Cette seule pensée nous fit frémir. Il ajouta, pour nous rassurer, que le même wagon, convenablement chargé et les freins serrés, effectuerait la descente même sans conducteur. Les freins sont à frottement et au nombre de quatre; de sorte que, si l'un d'eux venait à manquer, les trois autres suffiraient encore grandement à modérer la course du train, que l'on peut, du reste, arrêter presque court sur la pente la plus raide. Pour la descente, on ne se sert pas de la vapeur, et ce n'est que comme mesure de précaution que l'on maintient la machine en pression.

« En somme, ce chemin de fer ne présente aucun danger, il n'y a que la nouveauté de la chose qui fasse peur. Nous effectuâmes notre descente sans encombre, et nous nous trouvâmes sains et saufs au pied de la montagne. Une chaleur de + 25 à + 30° succéda au froid glacial que nous avions éprouvé au sommet. »

Le mont Washington, dans le New-Hampshire, est la plus élevée des montagnes de l'Amérique du Nord. Le chemin de fer à crémaillère établi de sa base à son sommet, excita, en Amérique, une grande curiosité, et, sur le bruit de son succès, deux ingénieurs étrangers résolurent d'entreprendre l'application en Europe. C'étaient, d'une part, M. Wettli, ingénieur allemand; d'autre part, M. Rigagenbach, attaché aux

ateliers de construction du *chemin de fer central suisse*.

M. Wettli fut le premier qui essaya d'établir en Suisse un chemin de fer à crémaillère.

Seulement, au lieu de faire usage du système simple que M. Sylvestre Marsh avait employé, c'est-à-dire de la crémaillère à dents rectilignes, M. Wettli crut devoir tailler en hélice les dents de la crémaillère, et donner à un pignon fixé à l'arrière de la locomotive et qui devait engrener avec ces dents, une forme hélicoïdale correspondante. Cette innovation était malheureuse; elle aboutit, comme nous le verrons plus loin, à une catastrophe, qui en démontra tristement les dangers.

C'est sur la ligne de chemin de fer qui relie Wädensweil à Einsiedeln, dans le canton de Zurich, que M. Wettli avait établi son système de rail à crémaillère hélicoïdale.

Einsiedeln est situé à près de 1000 mètres au-dessus du niveau de la mer, et il s'agissait de faire remonter aux convois la pente de 2,7 pour 100 qui existe entre Wädensweil et Einsiedeln, sur une longueur de 16 kilomètres. C'était bien le cas d'installer un chemin de fer de montagne.

Einsiedeln est un bourg du canton de Zurich, célèbre entre tous par son abbaye, l'abbaye de Notre-Dame des Ermites, la plus riche de la Suisse, après celle de Saint-Gall. Elle reçoit, chaque année, la visite de 150,000 pèlerins, venant faire leurs dévotions à la Vierge, dont la statue, en bois doré, se voit dans le couvent.

Le bourg d'Einsiedeln est placé au milieu de grandes forêts de sapins. Les maisons dont il se compose sont, pour la plupart, construites en bois, dans le style des cantons intérieurs de la Suisse. Le monastère est situé sur une vaste place, au milieu de laquelle s'élève une fontaine en marbre noir, qui distribue son eau limpide par quatorze tuyaux. Les pèlerins se font un

devoir de boire successivement et consciencieusement, aux quatorze conduites jaillissantes.

Un large escalier, partie en dalles, conduit de la fontaine au couvent. Dans une rangée de boutiques, disposées en hémicycle, on

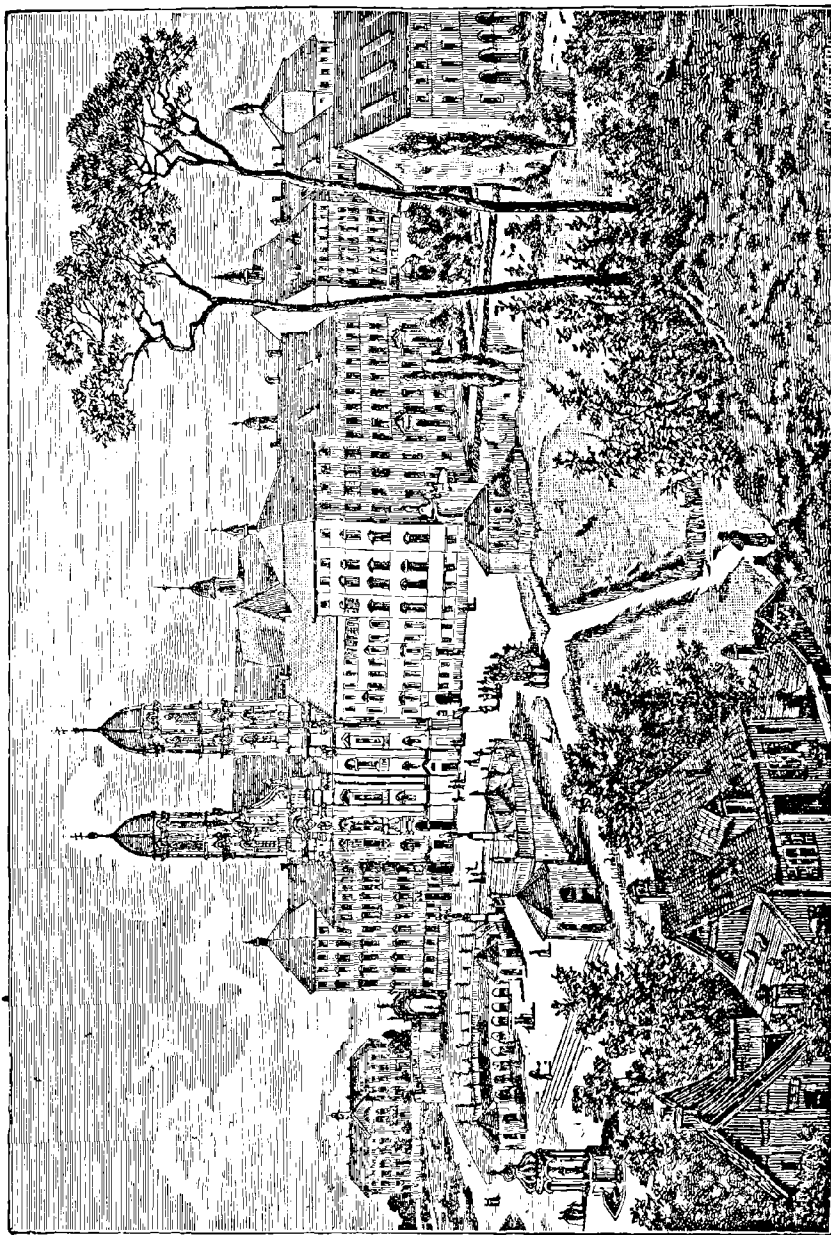


Fig. 258. — Eglise et cloître d'Einsiedeln.

débite des cierges, des rosaires, des images de sainteté et autres articles de piété. La majeure partie des 8000 habitants de la localité s'occupe de la fabrication d'objets du culte, ainsi que de celle d'ornements

d'église. D'immenses ateliers typographiques, occupant plus de 700 ouvriers, avec des presses de toute dimension et de toute destination, servent à imprimer des brochures et des ouvrages de dévotion locale.

Le couvent des bénédictins frappe les regards par sa belle façade, du milieu de laquelle s'élève l'église, avec ses deux tours, construites dans le style italien du commencement du dix-huitième siècle (fig. 258).

Les ailes principales du monastère se rattachent à ces deux tours. Dans l'aile du sud se trouvent les appartements du prince-abbé. Les bâtiments de l'abbaye forment un grand carré, qui renferme quatre cours. Les vastes dépendances du côté sud, sont destinées à des ateliers de diverses nature ; à des écuries et à des greniers ; car le chapitre possède des domaines étendus. Dans l'intérieur des bâtiments du cloître, sont les 99 cellules des moines *conventuels* et des *frères laïcs*. Ces bâtiments renferment, en outre, un séminaire, un institut d'éducation supérieure, avec gymnase et lycée, une bibliothèque qui compte 840 manuscrits, environ 900 incunables, et de précieux monuments de la science monastique au moyen âge.

Le premier fondateur de cette abbaye fut un Allemand, Meinrad, fils d'un noble seigneur des bords du Danube, le comte de Sulgen, qui, ayant renoncé au monde, malgré sa haute naissance, avait embrassé la vie monastique, et vivait en ermite, dans les gorges de l'Etzel. Il y construisit une chapelle, où il plaça l'image de la Vierge que lui avait donnée l'abbesse de Zurich, Hildegarde

En 804, le pieux solitaire fut assassiné par des voleurs ; mais, dit la légende, deux corbeaux, fidèles compagnons de sa solitude, s'attachèrent à la poursuite des meurtriers. On les arrêta, et le témoignage de leur crimé une fois acquis, on les pendit, à Zurich.

La cellule de l'ermite Meinrad était devenue un lieu de pèlerinage. En 907, un autre ermite établit dans la chapelle de nouvelles cellules. D'autres anachorètes se joignirent à lui ; si bien qu'en 948, au lieu de la pauvre chapelle, on vit s'élever

sur l'Etzel une église et un couvent.

La chapelle prit le nom de Notre-Dame des Ermites, et le pape Léon VIII accorda l'indulgence plénière aux pèlerins qui la visiteraient.

Un noble Frank, nommé Eberhard, prévôt du chapitre de la cathédrale de Strasbourg, fonda, en 958, le monastère actuel, sur l'emplacement de la cellule de l'ermite Meinrad. Il en fut le premier abbé, et le soumit à la règle de l'ordre de Saint-Benoît.

Les annales du couvent racontent que dans la nuit qui précéda la consécration de la chapelle, Jésus-Christ, en personne, descendit du ciel, entouré d'une armée d'archanges et de saints, et qu'avec leur assistance, il procéda à la consécration du sanctuaire.

Le couvent d'Einsiedeln est aujourd'hui le rendez-vous de tous les dévots de la Suisse allemande. La chapelle principale est toute remplie d'images de la Vierge et de l'Enfant Jésus, richement parées, couronnées de rayons éclatants et entourées de cierges allumés. A l'heure des vêpres, les religieux, les novices et les élèves font retentir les voûtes d'un solennel *Salve Regina*. Dès l'aube et jusque bien avant dans la soirée, de fervents pèlerins, les uns debout, les autres agenouillés sur les marches du sanctuaire, adressent leurs vœux et leurs supplications à la mère de Jésus. Un nombre incalculable d'*ex-voto* accumulés depuis des siècles, sont suspendus aux abords de la chapelle. Des statues d'apôtres, de beaux plafonds, une profusion d'ornements dorés, donnent à cette église un aspect imposant. En un mot, Notre-Dame des Ermites est la Notre-Dame de Lourdes de la Suisse allemande.

Aux environs d'Einsiedeln se trouve une localité célèbre dans l'histoire des sciences, car c'est là que la tradition place la naissance du célèbre médecin alchimiste, l'ar-

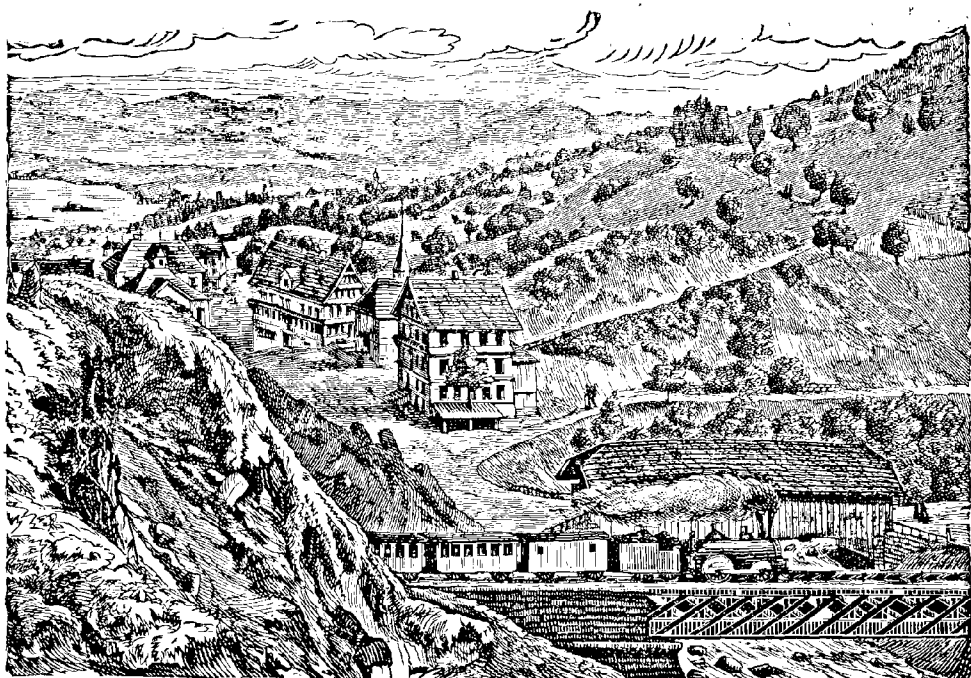


Fig. 259. — Schindellegi.

else de Hohenheim, qui, à l'époque de la Renaissance, renouvela la médecine, en introduisant les métaux et leurs composés, le fer, le cuivre, l'argent, le mercure, dans le traitement des maladies.

Une route bien entretenue conduit, en une heure et demie, au col de la montagne de l'Etzel, et après une autre heure de chemin, on est au *pont du Diable*, site sauvage, aux environs duquel est un village où, dit-on, Paracelse vit le jour. On sait que le grand réformateur de la médecine et de la chimie, passa à Zurich la première partie de sa vie aventureuse.

Aux approches d'Einsiedeln et sur la ligne ferrée qui remonte la pente, se trouvent Schindellegi et Biberbrüch, les sites les plus pittoresques de cette région montagneuse du canton de Zurich.

Schindellegi est un village situé à 787 mètres au-dessus du niveau de la mer, sur la Sihl, à l'entrée d'une vallée sauvage. Mais à l'extrémité de cette vallée, le paysage change

de caractère. Quand on a franchi la Sihl, on aperçoit au loin la belle montagne, toute couverte de la plus riche végétation.

C'est dans cette partie accidentée du canton de Zurich que M. Wettli posa son chemin de fer à crémaillère. De Wädensweil à Schindellegi, la voie s'élève d'une façon continue, par de fortes rampes, dont la plupart sont de 3 pour 100. Elle continue ensuite, mais avec une rampe très faible, jusqu'à Einsiedeln.

M. Wettli avait donné, comme nous l'avons dit, aux dents du rail central la forme d'une hélice, et un tambour, ou pignon, taillé conformément à cette courbe, venait engrener avec ces dents. Les rails entaillés étaient assemblés en forme de V, et portés sur des traverses, entre les deux rails ordinaires.

Un accident terrible vint prononcer la juste condamnation de ce système. Le chemin de fer à crémaillère de M. Wettli était déjà en exploitation, depuis u

lorsque, le 30 novembre 1876, un train d'essai étant arrivé au sommet de la rampe, en remorquant un wagon chargé de 20 tonnes de marchandises, plusieurs dents de la crémaillère hélicoïdale vinrent à se rompre. Les freins furent impuissants à retenir le convoi, qui descendit avec une rapidité vertigineuse, et vint se briser au bas de la rampe.

Ce malheur provenait plutôt, a-t-on dit, de l'exécution imparfaite des pièces, que du système en lui-même. Mais on ne raisonne pas avec les catastrophes de chemin de fer. Après cet accident, la crémaillère de M. Wettli fut condamnée; on renonça à tout système à crémaillère, et l'on s'en tint à la traction directe avec de puissantes locomotives.

Les locomotives dont on fait usage pour monter à Biberbrück, sont de fortes machines-tender, dans le type d'Engerth. L'arrêt est commandé, à la descente, par un frein à air comprimé, qui oppose au mouvement de la machine une résistance, non seulement suffisante à diminuer la vitesse du train, mais encore capable d'arrêter celui-ci sur les rampes les plus fortes. Pour les rampes moindres et pour l'arrivée aux stations, les locomotives sont, en outre, munies de freins ordinaires à friction contre les roues.

Les wagons à voyageurs sont construits d'après le modèle généralement en usage dans la Suisse orientale, c'est-à-dire avec un couloir au milieu. Chaque wagon est pourvu de son frein. Le chargement d'un train sur les rampes de Wædensweil à Biberbrück, ne doit pas dépasser 50 tonnes. Un wagon de voyageurs au complet ne représente qu'un poids de 10 tonnes. C'est à la condition de ne remorquer que de très faibles charges que l'on peut remonter la pente avec des locomotives très puissantes, d'ailleurs. Le trajet d'une tête de ligne à l'autre se fait en une heure

La station de Wædensweil est à 410 mètres au-dessus de la mer, Burghalden à 531 mètres, Samstagen à 630 mètres, Schindellegi à 756 mètres, Biberbrück à 831 mètres, Notre-Dame des Ermites à 882 mètres; la différence comprend donc environ 473 mètres. La voie ne traverse qu'un petit tunnel, au Rabennest.

Le malheur provoqué par le système de M. Wettli, laissait le champ libre à M. Riggenschach qui, rendu prudent par la catastrophe d'Ensiedeln, s'en tint à la crémaillère du mont Washington.

M. Riggenschach était, depuis 1865, chef du matériel et de la traction au *chemin de fer Central suisse*. Les occasions d'établir, dans les montagnes de la Suisse, de petits chemins de fer, à l'usage des touristes, ne devaient pas manquer. Il se dévoua à ce genre de constructions, et, perfectionnant de la manière la plus heureuse les divers procédés de traction alors connus pour la remonte des pentes, il se fit une spécialité de ces sortes de chemins de fer, et acquit bientôt, dans cette nouvelle industrie mécanique, une juste renommée.

CHAPITRE VII

LES CHEMINS DE FER A CRÉMAILLÈRE DU RIGHI. — LA VOIE, LA LOCOMOTIVE, LES WAGONS, LES FREINS

La montagne du Righi, site classique pour les touristes, est posée, comme un gigantesque pain de sucre, entre les lacs des Quatre-Cantons, de Zoug et de Lowertz. Elle s'avance, à la façon d'un promontoire, dans le lac des Quatre-Cantons, et présente une pente très abrupte du côté du lac de Zoug. Sa hauteur, au-dessus du niveau du lac de Zoug, est de 1,360 mètres, et au-dessus du niveau de la mer de 2,000 mètres. Pour établir un chemin de fer ordinaire du

bord du lac des Quatre-Cantons au sommet du Righi, il aurait fallu développer un tracé de 40 à 50 kilomètres. Grâce au système à crémaillère, on a pu aborder des pentes très fortes (19 à 25 pour 100), et la longueur de la voie ferrée n'est que de 8,300 mètres, avec trois gares intermédiaires : Vitznau, Kaltbald et Staffel.

Le chemin de fer à crémaillère du Righi par le lac des Quatre-Cantons et Vitznau, est le premier que M. Riggenbach ait construit; et c'est le type des chemins de fer de ce genre, c'est-à-dire des voies ferrées à forte pente, destinées exclusivement aux touristes, ne remorquant qu'un wagon à la fois, et ne faisant de service que pendant l'été.

Il y a aujourd'hui deux chemins de fer à crémaillère qui atteignent le sommet du Righi: l'un, part du lac des Quatre-Cantons et de Witznau, l'autre part du lac de Zoug et du bourg d'Arth. Nous commencerons par décrire le système mécanique des deux chemins de fer du Righi; nous passerons ensuite à la partie pittoresque de l'une et de l'autre route.

Nous distinguerons, dans la description technique: 1° la voie; 2° la locomotive; 3° le wagon à voyageurs; 4° les freins.

Voie. — La voie se compose de trois rails, à savoir: deux rails ordinaires, en tout semblables à ceux de nos chemins de fer, et un troisième, placé au milieu, qui constitue la crémaillère. C'est une sorte d'échelle de fer, très étroite, c'est-à-dire n'ayant pas plus de 2 centimètres et demi de largeur. Les échelons de fer sont solidement rivés aux montants de l'échelle; c'est sur ces échelons que viennent mordre les dents d'une roue fixée à l'arrière de la locomotive.

Ces échelons sont les véritables points d'appui de la traction; car c'est sur eux que se hisse le train. On comprend donc

que cette partie de la voie doit être exécutée avec un soin particulier, et au moyen de matériaux de choix, car de sa solidité dépend la progression.

Les rails et la crémaillère portent sur des traverses en bois de chêne; de sorte qu'il n'y a point de *ballast*, les traverses de bois étant toujours à découvert. Des massifs de maçonnerie, d'un mètre de surface et d'un mètre de profondeur, sont enterrés, de cent en cent traverses, pour assurer la rigidité à la voie.

La crémaillère s'étend sur toute la longueur du trajet, car la machine ne saurait marcher sur des rails simples. Il y a seulement une voie d'évitement.

Locomotive. — Le mécanisme à vapeur est le même que dans les locomotives ordinaires; seulement, son ensemble présente un aspect assez singulier. La chaudière est verticale, ou plutôt légèrement inclinée, et devenant verticale quand elle est placée sur la pente de la route. Cette disposition est rendue nécessaire par l'inclinaison de la voie; car avec une chaudière horizontale, comme celle de nos chemins de fer, il y aurait eu un trop grand changement de niveau entre les tubes-bouilleurs et le niveau de l'eau, à l'intérieur de la chaudière, pendant la montée ou la descente.

En arrière de la chaudière se trouvent les *caisses à eau* et la *soute à charbon*. La *caisse à eau* ne contient que 1000 litres de liquide, que l'on renouvelle à la montée et à la descente. L'avant, c'est-à-dire l'extrémité opposée au tender, est aménagé pour recevoir les bagages (fig. 162).

La force de la machine est de 160 chevaux-vapeur. Le maximum de ce qu'on exige d'elle est la traction d'un grand et d'un petit wagon, contenant 72 personnes, avec leurs bagages, ou 84 personnes sans bagages, c'est-à-dire d'un poids brut d'environ 13,000 kilogrammes.

Le poids de la locomotive, prête à fon-

bonner, est de 17 tonnes. Un train, avec 2 voitures complètement garnies de voyageurs, pèse donc environ 30 tonnes. La vitesse du trajet est de 8 kilomètres à l'heure. Lors des essais qui eurent lieu avant l'ouverture définitive de la ligne, le

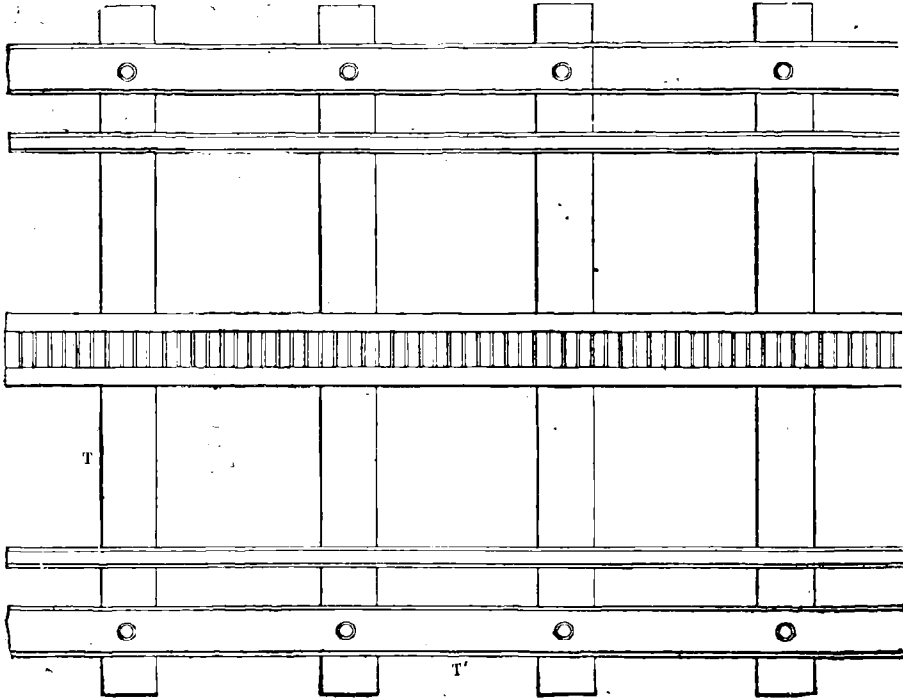


Fig. 260. — Plan des rails et de la voie du chemin de fer du Righi.
CC', crémaillères de fer; R, R', rails; T, T', traverses de bois de chêne.

train gravit une pente de 17 pour 100, avec un poids brut de 17,000 kilogrammes, le double du propre poids de la machine, à la vitesse de 12 kilomètres à l'heure. Pour fonctionner, la locomotive exige 1,700 litres d'eau dans la chaudière, 1,500 litres dans

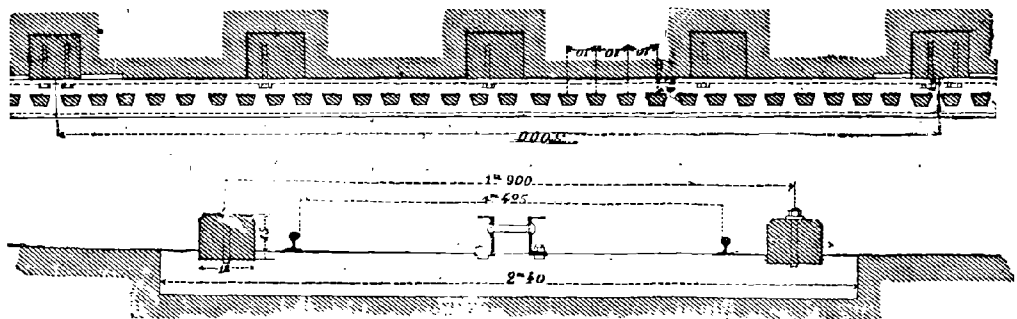


Fig. 261. — Coupe de la voie et des rails du chemin de fer du Righi.

le réservoir et 550 kilogrammes de houille. La surface de chauffe de la chaudière est de 46 mètres carrés, la grille a 4 mètre carré de surface, et la pression de la vapeur dans la chaudière est de 10 atmosphères. Le poids de la machine locomotive, avec

son approvisionnement normal d'eau et de charbon, est de 14 tonnes et demie.

La force motrice de la machine à vapeur s'exerce par l'engrenage de la roue dentée avec la crémaillère, et au moyen de l'essieu moteur à manivelles et de la transmission des roues dentées, dans la proportion de 1 à 2,4. La grande roue dentée de l'essieu moteur a un diamètre de 1^m,033, une circonférence de 3^m,3, et 33 dents.

C'est par la rotation de la grande roue

dentée que tout le poids du train doit cheminer sur la forte rampe de la ligne. Aussi cette roue est-elle en acier fondu, d'une qualité supérieure. Les dents sont distantes les unes des autres de 0^m,10. Il existe 10 dents sur chaque mètre de la crémaillère. La roue dentée fait 40,4 tours par minute, et parcourt, dans le même espace de temps, 132^m,3.

Wagons et freins. — Les voitures pour les voyageurs sont ouvertes des deux côtés,

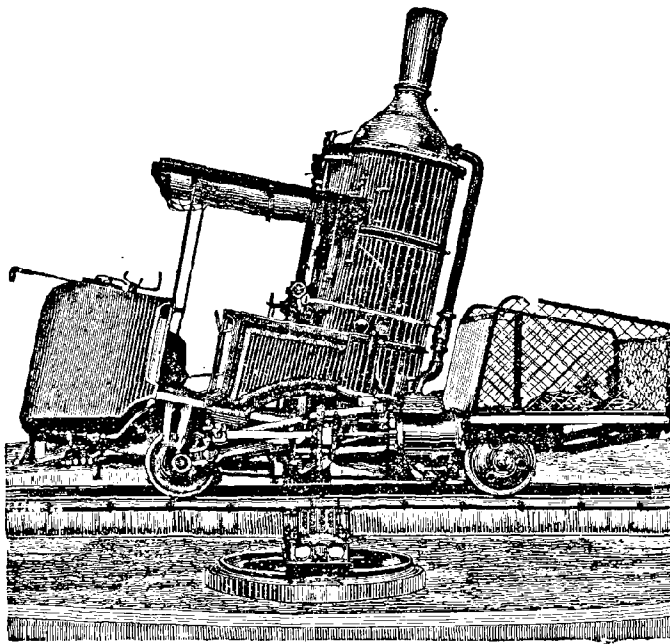


Fig. 262. — Locomotive du Righi.

et pourvues de rideaux, qui protègent contre le soleil et la pluie. Les parois des deux extrémités de la voiture se composent de châssis vitrés; en sorte que la vue est complètement libre de tous les côtés. Les grandes voitures ont 7 bancs à 6 places, plus un espace de 2 bancs à 6 places pour les bagages. Les petites voitures ont 5 bancs à 6 places.

A l'essieu de devant de chaque voiture se trouve adaptée la roue dentée, engrenant avec un frein qui agit sur la roue. Lorsque le frein est desserré, la roue se meut libre-

ment dans la crémaillère; si l'on serre le frein, les dents de cette roue font résistance contre celles de la crémaillère, et la voiture s'arrête.

La locomotive et les wagons ne sont point réunis entre eux, comme cela existe pour les chemins de fer ordinaires, où une chaîne à crochet rattache chaque wagon à celui qui le suit. Sur les pentes du Righi, chaque voiture, ainsi que la locomotive, peuvent être arrêtées immédiatement et indépendamment les unes des autres.

La descente s'opère par le simple poids

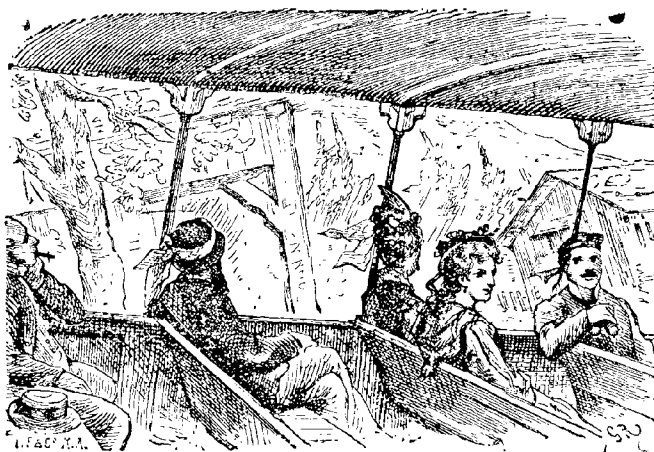


Fig. 263. — Intérieur d'une voiture du chemin de fer du Righi.

du train. La locomotive descend toute seule, en soutenant le wagon devant lequel elle est placée.

Mais, sur une pente aussi rapide, le poids du convoi déterminerait une chute précipitée. Les freins destinés à modérer la rapidité de la descente, doivent donc être fort puissants. Aucun frein à main, c'est-à-dire à *friction*, ne saurait supporter une pareille pression ; il s'échaufferait au bout de quelques mètres de parcours.

C'est le frein à *air comprimé* qui modère la descente, et ce frein à air comprimé est fourni, circonstance curieuse et intéressante, par le mécanisme à vapeur qui a servi à opérer la montée. De même que la vapeur agit sur les pistons des cylindres, pour faire monter le train, l'air comprimé le retient à la descente.

Mais, nous direz-vous, d'où vient cet air comprimé ? Ici se place une des plus intéressantes idées de la mécanique des chemins de fer. Le mécanicien n'a qu'à faire agir la clef d'un robinet qui ferme l'accès de la vapeur dans le corps du cylindre, et le piston, au lieu d'aspirer de la vapeur, aspire de l'air. L'air aspiré, puis comprimé dans les cylindres, à chaque coup de piston, fait l'office de frein, car il agit en sens

inverse du mouvement du train, sur les pistons d'abord, et, par eux, sur la roue motrice. Un robinet, placé sur le tuyau d'échappement, sert, en diminuant la section du tuyau, à faire obstacle à la sortie de l'air du cylindre, et à produire ainsi une contre-pression, qui empêche l'accélération de la vitesse du train.

Une conduite de petit diamètre, qui amène l'eau du tender dans le cylindre, empêche l'échauffement de celui-ci, et la marche à sec du piston. Bien entendu que l'eau n'est introduite qu'à la descente, alors que l'on n'emploie pas de vapeur.

Se servir de la machine à vapeur qui a fait monter le train, pour le retenir à la descente, c'est assurément une invention qui peut être considérée comme le trait d'un bienfaisant génie.

Connaissant maintenant la structure de la voie, le mécanisme moteur des trains, et le système des freins, nous ferons passer sous les yeux du lecteur la suite des points de vue dont jouit le touriste qui gravit les pentes du Righi, par l'une et l'autre ligne qui existent aujourd'hui au nord et au sud.

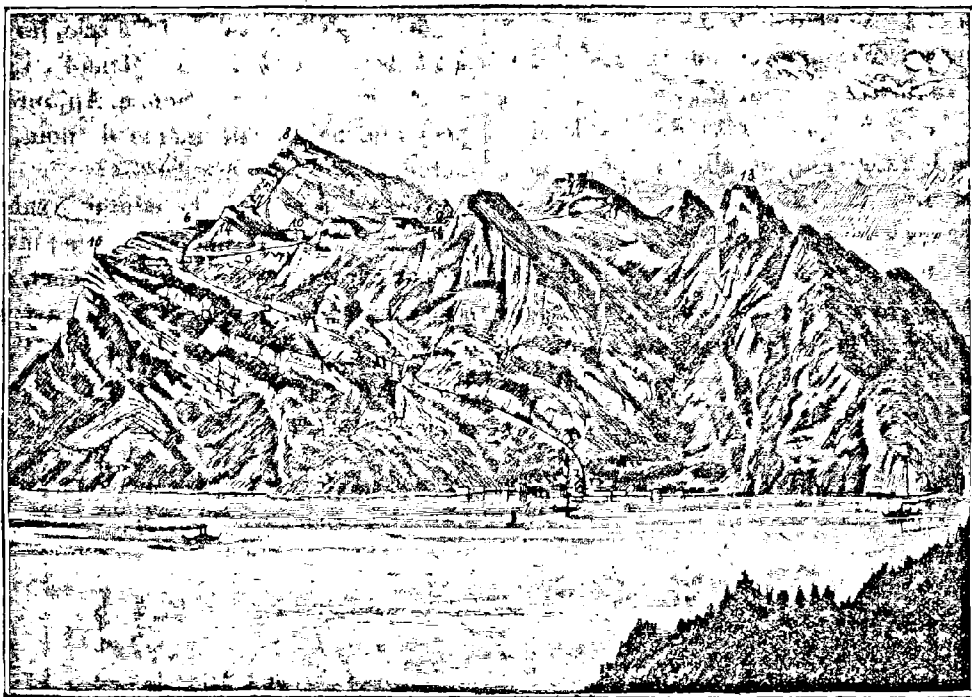


Fig. 264. — Perspective du chemin de fer de Vitznau-Righi.

1. Vitznau. 2. Pont de Schnurtobel. 3. Freibergen. 4. Romli. 5. Le Kaltbad. 6. Station Staffelhohe. 7. Staffel. 8. Righi-Kulm. 9. Chemin de fer de Scheidegg. 9^a. Le pont d'Unterstetten, station. 10. Righi-First. 11. Station Scheideg. 12. Hôtel Scheideg. 13. Le Vitznauerstock. 14. Le Rothstock. 15. Le Kaenzeli.

CHAPITRE VIII

UNE PROMENADE AU RIGHI PAR LE CHEMIN À CRÉMAILLÈRE PARTANT DE VITZNAU.

Le Righi, qui n'a que 2,000 mètres de hauteur au-dessus du niveau de la mer, ne peut rivaliser, quant à l'altitude, avec les colosses des Alpes, dont le plus important, le mont Blanc, a 4,826 mètres de hauteur. La renommée du Righi, dans le monde des touristes, tient à sa situation exceptionnelle. Posé entre trois lacs, il domine le plus beau des points de vue de la Suisse, un véritable et admirable panorama, qui n'a pas moins de 70 lieues de circonférence. Aussi cette montagne, si favorisée par la nature, a-t-elle été, dans notre siècle, le rendez-vous de tous les amateurs de sites pittoresques.

Pour atteindre au sommet du Righi, il fallait, autrefois, marcher près de quatre

heures. On partait du village de Wëggis, situé au bord du lac des Quatre-Cantons, et par une montée, que les aubergistes disséminés sur la montagne avaient cherché à rendre moins pénible, en y faisant placer des bancs, de distance en distance, et d'où l'on jouissait de délicieuses échappées de vue sur le lac, on arrivait, à travers de riches pâturages, au chalet de Sœntiberg. Puis, continuant la route, et suivant un sentier taillé dans le roc, on trouvait l'ermitage de la chapelle de Sainte-Croix.

A partir de la chapelle de Sainte-Croix, le chemin s'élevait en zigzag, et passait sous une sorte de voûte immense, formée par un éboulement de rochers posés les uns sur les autres.

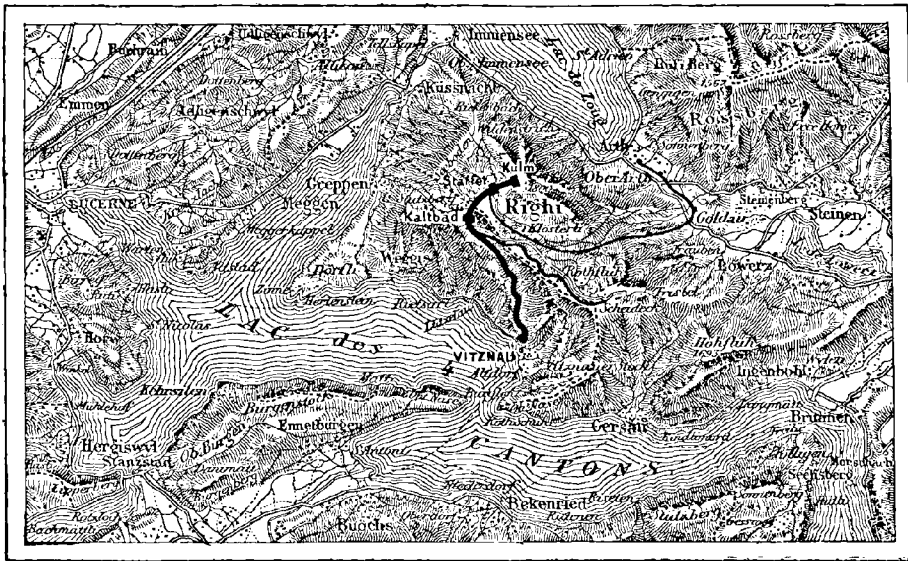
On arrivait ainsi à une grande auberge, le *Bain froid*, où les amateurs avaient la faculté de se soumettre à la singulière opération que voici.

Un établissement de bains était contigu à l'auberge. D'ordinaire, on se déshabille, pour se mettre au bain. Ici, on se plongeait dans l'eau froide, revêtu de ses habits. Après l'immersion, on allait se promener, et admirer la belle nature, pour laisser sécher ses vêtements sur le corps.

Les médecins du canton de Schwitz prétendaient que c'était là un moyen excellent pour guérir les rhumatismes. J'aurais cru, moi, que c'était un moyen infaillible d'en procurer à ceux qui n'en ont pas. Mais,

au commencement de notre siècle, les cures à l'auberge du *Bain froid* étaient en grand honneur dans toute la Suisse. Aujourd'hui, personne ne connaît, même de nom, l'auberge du *Bain froid*.

Après avoir quitté la salutaire auberge, on se croyait au terme du voyage ; mais on n'était pas encore au bout. En effet, après une montée longue et rapide, à travers des pâturages ombragés de sapins, on allait se reposer à l'auberge du Staffel. De ce point, il ne restait plus qu'une montée d'un quart



Gravé par M^o Perrin

Fig. 265. — Carte des deux chemins de fer du Rigi.

d'heure pour arriver au Rigi-Kulm, c'est-à-dire au point le plus élevé du Rigi.

La montée avait duré, comme nous l'avons dit, quatre heures. Aujourd'hui, le chemin de fer l'effectue en une heure et un quart.

Voici les principales particularités du voyage au Rigi, par la voie ferrée qui part de Vitznau, village situé au bord du lac des Quatre-Cantons (1).

(1) L'inauguration du chemin de fer Vitznau-Rigi eut lieu le 21 mai 1871. Le service commença le 23. Le tronçon du Staffel, a été ouvert le 27 juin 1873.

Le bateau à vapeur, venant de Lucerne, déverse sur la rive son équipage de touristes et de promeneurs. A la descente du bateau, chacun se pousse et se bouscule. Il s'agit, en effet de s'emparer des bonnes places dans le wagon prêt à commencer l'escalade. Les bonnes places sont celles du côté droit, car elles permettent de voir se dérouler successivement tout le panorama depuis la base du Rigi jusqu'aux sommets de l'Oberland hernois, qui ferme l'horizon de ses pics neigeux.

Les bancs du wagon, au nombre de neuf, et pouvant recevoir chacun six per-

sonnes, sont inclinés de manière à prendre, en montant, la position horizontale.

Le wagon est vite rempli. Un second wagon, avec sa locomotive, reçoit les retarda-

taires ; car, nous l'avons dit, une locomotive ne peut pousser qu'un seul wagon. On réunit ainsi trois ou quatre locomotives, qui doivent pousser devant elles autant de wa-

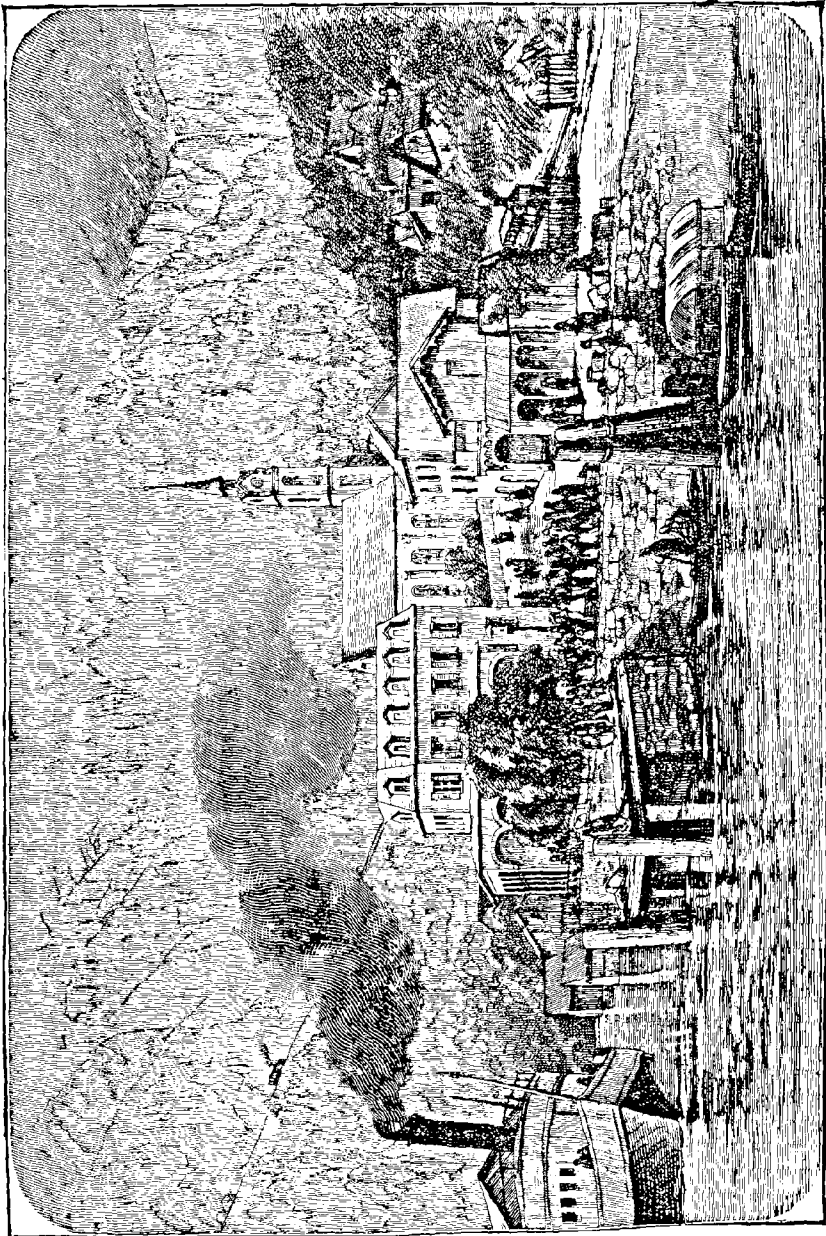


Fig. 265. — Vitznau, lac des Quatre-Cantons et chemins de fer de Righi.

gons ; et au coup de sifflet réglementaire, l'ascension commence.

Il part un train chaque deux minutes, aux jours de grande affluence de voyageurs

En quittant Vitznau, la ligne serpente à la base de la montagne, avec une inclinaison qui n'est pas moindre de 25 pour 100.

Le Righi est composé, depuis sa base jusqu'à sa cime, d'une roche moderne, constituée par des sables agglutinés, qui contiennent des cailloux roulés de différentes grosseurs. C'est ce que les géologues appellent du nom disgracieux de *poudingue*, ce qui veut dire, en français, terrain formé par le torrent des eaux diluviennes, à l'époque moderne.

On a la preuve de la composition géologique des roches du Righi, en longeant, au départ, une muraille de *poudingue* (puisqu'il faut l'appeler par son nom), muraille aux couches presque horizontales, qui s'empourprent de rayons de feu, quand elles sont frappées par les rayons du soleil couchant. Plus loin est le *Krapfenbahn*, grotte naturelle formée par des rochers surplombants.

Les touristes anglais aiment à raconter que, quand on visite, dans la solitude du désert avoisinant le Caire, la grande pyramide d'Égypte, le premier objet qui frappe la vue, c'est le nom et l'adresse d'un célèbre marchand de cirage de la cité de Londres. Les industriels de l'antique Helvétie n'ont rien à reprocher à ceux de la fière Albion ; car sur la ligne du Righi, à deux pas du *Krapfenbahn*, ce qui attire les yeux, c'est une énorme inscription, gravée sur le rocher, et disant à peu près : « *Le meilleur chocolat, c'est le chocolat X.....* »

Mais les spectacles qui vont se dérouler sous les yeux du touriste, lui font vite oublier le puffisme helvétique. Plus on s'élève et plus les sites qui se présentent, sollicitent l'attention. A l'issue d'un petit bois qui suit le *Krapfenbahn* se déroule un panorama splendide. On est arrivé à Eichberg, au-dessous duquel s'étendent les eaux bleues du lac des Quatre-Cantons, les deux Nasen, le Buochserhorn, la Musenalp, le Schwibogen, le puissant Frohnalpstock, la crête de l'Axen, les Hautes-Alpes aux neiges éternelles, enfin, à droite du Buoch-

serhorn, le Hoch-Briesten et le Schwalmis.

Plus à droite encore, se distinguent les montagnes qui bordent le lac de Brienz, puis le mont Jura et le sévère mont Pilate.

A Schwanden, la vue s'étend davantage encore. A un détour de la ligne, à gauche contre la montagne, se présente un tunnel creusé dans le roc, et de 75 mètres de long.

A sa sortie, il semble que le terrain va vous manquer sous les pieds, car ce tunnel débouche sur un pont hardiment lancé au-dessus de ravins effrayants : c'est le Schnur-tobel (fig. 267).

La traversée vertigineuse de ce pont fait pousser aux dames et aux messieurs pusillanimes de petits cris de terreur.

Le viaduc de Staffel fait reparaître la perspective du lac. De l'autre côté de ce viaduc se dressent les hautes parois à pic de la Grublisfluh, d'où se précipite, en grondant, la cascade du Gross-Grubis.

Freibergen, dont l'altitude est de 1016 mètres, est la première station. Une halte de quelques minutes laisse le temps d'admirer le panorama qui se déroule devant les yeux. A son extrémité gauche le Niederbauen, au pied duquel se trouve la station climatérique de Selisberg. Tout auprès, l'Oberbauen ; plus loin l'Uri-Rothstock, avec ses neiges éternelles ; à sa droite, un beau glacier et à l'arrière-plan le Schreckhorn, un des géants de l'Oberland bernois.

Pendant toute la course, principalement à la descente, il se produit une illusion d'optique tout à fait particulière. Les arbres, les granges, les chalets, les rochers, paraissent penchés en arrière. On se demande si tous ces objets ne vont pas tomber ou s'écrouler. C'est une conséquence de l'inclinaison de la voie. Les personnes assises dans les wagons, sur des sièges fortement renversés en arrière, ne se rendent pas compte de la pente qui est de 20 à 25 pour 100, et elles finissent par envisager les bords du wagon comme étant des lignes horizontales.

et la direction du train comme étant la ligne normale.

Le train se remet en marche, et les voyageurs assis à droite jouissent, pendant quelques secondes d'un spectacle grandiose ; car à peine le wagon a-t-il contourné un rocher, qu'il rase un abîme, au fond duquel gronde la cascade d'Eichenbach. Plus loin,

le regard plonge avec surprise sur un tapis de velours vert formé par la nature. A l'arrière-plan, à vol d'oiseau, se découvrent les rives du Kreuztrichter, avec Lucerne dans le fond.

A mesure qu'on s'élève dans la direction du nord, apparaissent, l'un après l'autre, les géants de l'Oberland bernois : l'*Eiger*

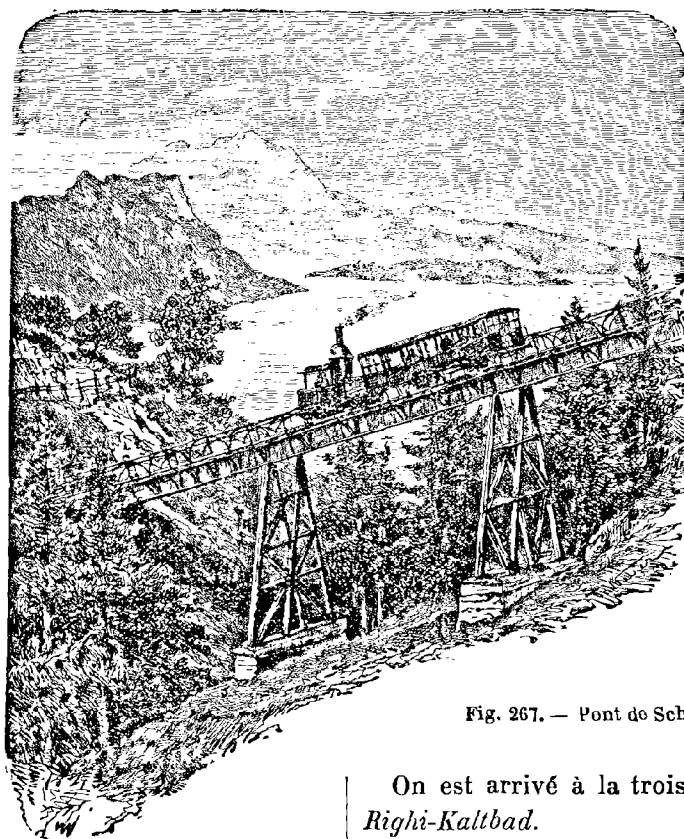


Fig. 267. — Pont de Schurntobel.

bernois, puis le Monch, le *Rosenhorn*, le *Dossenhorn*, le *Silberhorn* et bien d'autres encore. A cette altitude, les arbres feuillus deviennent rares et les gazons plus courts.

On arrive bientôt à la station *Romili Fell-sensihor*, à 1,180 mètres d'altitude. On monte toujours, à travers des pâturages, au milieu de sapins au branchage tourmenté. La vue demeure magnifique. Elle s'égaye sur un horizon de montagnes borné par le *Finsteraarhorn*, au pied duquel miroite le joli lac de Sarnen.

On est arrivé à la troisième station, au *Righi-Kaltbad*.

Tous les voyageurs qui ont gravi le *Righi* connaissent l'hôtel de la station de *Kaltbad*. C'est une sorte de caravansérail, où l'on entend parler toutes les langues du globe, et où 500 personnes, à la fois, peuvent être hébergées, moyennant un bon prix.

Nous ne nous y arrêtons que pour dire que l'hôtel de *Kaltbad* a remplacé la vieille *auberge du Bain froid*, en ce qui touche la cure des rhumatismes. On voit, en effet, sortir du rocher une source d'eau très froide, puisqu'elle ne marque au thermomètre que $+ 4^{\circ}$, et qui porte le nom de *Schwesterborn*

c'est-à-dire *source des sœurs*, et plus d'un touriste se fait un devoir de se plonger tout habillé dans la *source des sœurs*.

Pourquoi la source de Kaltbad a-t-elle

reçu ce nom gracieux? C'est ce que la légende explique comme il suit.

Au seizième siècle, du temps de l'empereur d'Allemagne Albert, des baillis autri-

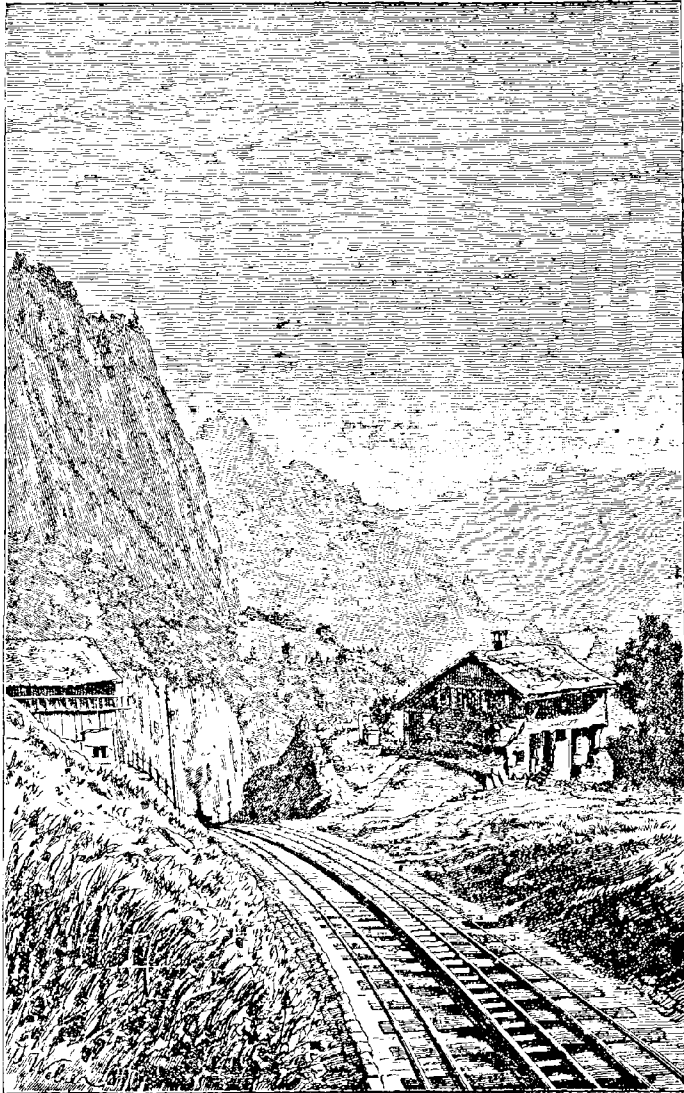


Fig. 268. — Descente de la Grubislust (Gros-Grubis).

chiens exerçaient un pouvoir fort tyrannique sur les contrées d'Uri, de Schwitz et d'Unterwald. Le bailli d'Unterwald avait aperçu, au sortir de la messe, une de ses jeunes vassales, qui habitait le village d'Arth; et il en était devenu amoureux, parce qu'elle était blonde. Sa sœur, qui

l'accompagnait, était brune; et comme le bailli adorait les brunes, il s'en était fortement épris. Enfin, la troisième sœur, avec ses yeux bleus et sa chevelure brune, était un mélange de beautés qui avaient particulièrement séduit notre haut baron.

Ces seigneurs de la Renaissance étaient

des vaillants. Le bailli d'Unterwald, ne sachant à laquelle de ses trois vassales il devait jeter le mouchoir, prit un parti héroïque : il les enleva toutes les trois.

Mais les trois jeunes filles étaient aussi vertueuses que belles. Elles réussirent à s'enfuir du château où on les avait enfer-

mées, et elles allèrent se réfugier dans les gorges, encore inaccessibles, du mont Righi. Arrivées à l'endroit où la source s'échape du rocher, elles s'y arrêtèrent, certaines d'échapper aux poursuites de leur ravisseur.

Personne ne sait combien de temps elles

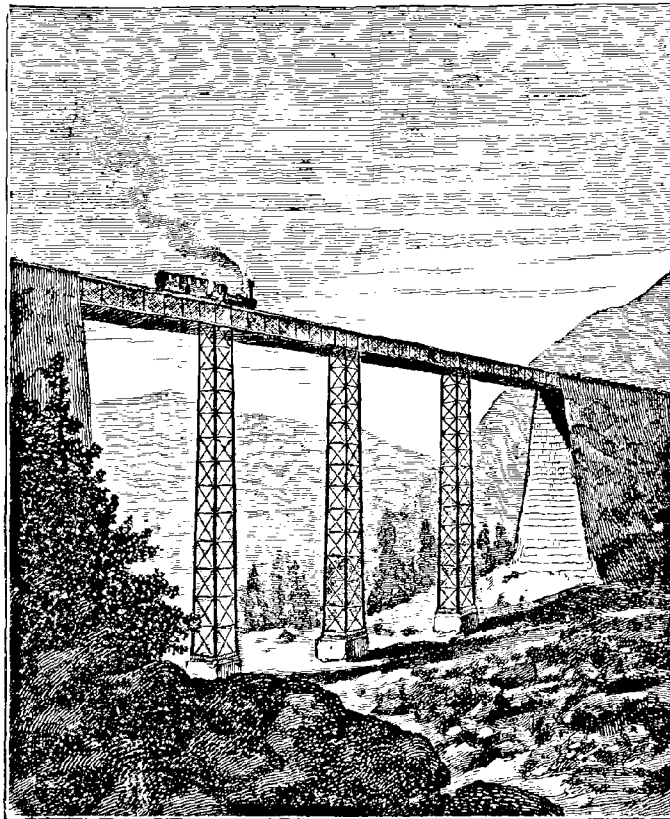


Fig. 269. — Viaduc sur la route du Righi-Scheideck.

vécurent dans cette solitude. On les croyait disparues à jamais, lorsque, par une belle nuit d'été, des pâtres du Righi virent trois petites lumières briller au-dessus d'une forêt.

En suivant la direction de cette lumière, ils parvinrent à une cabane d'écorce, où ils trouvèrent les trois sœurs, les mains entrelacées et dormant du sommeil éternel.

Nouvelles Virginies, elles avaient évité,

par la mort, l'outrage de ce triple Tarquin d'Helvétie.

Une chapelle fut bâtie sur l'emplacement de la cabane, et la source prit le nom de *source des Sœurs*.

A partir de ce moment, on attribua à la *source des Sœurs* des vertus miraculeuses. Les malades affectés de goutte ou de rhumatismes, grimpaient jusqu'à cette hauteur; ce qui devait être particulièrement pénible pour leurs membres ankylosés ou raidis,

puis ils se plongeaient, tout habillés, dans l'eau froide, et s'étendaient, au sortir du bain, sur la terre, attendant qu'il plût au soleil de les sécher.

Aujourd'hui encore, on va boire, à Kaltbad, l'eau de la *source des Sœurs*, et, comme nous l'avons dit, quelques fanatiques du passé se plongent dans l'eau froide, tout habillés! Cela ne guérit pas leurs rhumatismes, mais cela maintient la tradition.

A la station de Kaltbad, on est à peu près au tiers du tracé de la ligne ferrée.

C'est à Kaltbad que se trouve l'embranchement de la voie ferrée qui conduit au *Scheideck*, ou *Righi-Scheideck*, ainsi qu'on le voit en jetant les yeux sur la carte de la page 460 (fig. 263).

Le *Righi-Scheideck* est une éminence du Righi qui rivalise avec le *Righi-Kulm*, et qui, par cette raison, est toujours honorée de la visite des touristes. On trouve sur la ligne de Kaltbad au Righi-Scheideck, un viaduc très hardi, que nous représentons sur la figure 269.

Reprenons la route de Vitznau au Righi, pour atteindre le sommet de la montagne, c'est-à-dire le *Righi-Kulm*.

On arrive, par une grande courbe, à la station de Staffel. Là, on voit surgir toute la chaîne orientale des Alpes, avec le Sentis, les Kurfirsten, le Speer, le Glœrnisch, le massif du Tœdi, dans le canton de Glaris, la chaîne occidentale des montagnes de Schwitz dans son développement, ainsi que la chaîne orientale des Alpes du même canton. Le regard plonge, dans la direction nord, sur les cantons de Zug, Zurich, Argovie et Lucerne.

Un dernier effort de la locomotive, et l'on arrive au *Righi-Kulm*, la partie la plus élevée de la montagne.

La gare de Righi-Kulm est située à 1,750 mètres au-dessus du niveau de la mer. La locomotive a donc eu, à partir de Vitznau, à escalader une hauteur de 1,310 mètres,

sur un parcours de 7 kilomètres. Sur le sommet du Kulm, le voyageur se trouve à 1,363 mètres au-dessus du niveau du lac des Quatre-Cantons, et à 1,800 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Le Kulm a toujours été le but de prédilection des touristes qui font l'ascension du Righi. Dégagé de tous côtés, ce sommet offre une vue d'une étendue et d'une beauté indescriptibles. Il est difficile de préciser où commence et où se termine ce panorama gigantesque.

Trois chaînes de montagnes, soixante-dix glaciers, treize lacs, dix-sept villes et quarante villages, répandus sur environ 70 lieues de circonférence, voilà ce qu'on voit du sommet du Righi. A l'ouest, la perspective s'étend jusqu'aux montagnes du Jura et des Vosges. Au nord, apparaît tout le canton de Zurich. A l'est et au sud s'échelonne la chaîne des Alpes, depuis les monts d'Appenzell et de Glaris, jusqu'à ceux d'Uri et de l'Oberland.

Le *Kulm* est un espace irrégulier de terrain qui termine le Righi. Il est dépourvu d'arbres, mais couvert de gazon. On a construit, au sommet, une sorte d'échafaudage en bois, pour servir de *signal*, selon le mot consacré en Suisse. Ce *signal* peut fournir un point de mire pour les mesures trigonométriques; et, en même temps, il sert de belvédère aux voyageurs qui estiment qu'ils ne sont pas encore assez haut perchés au sommet du Righi.

La grande attraction des touristes qui visitent le nord de la Suisse, c'est le spectacle du lever et du coucher du soleil, vus du haut du Righi. C'est pour cela que l'on montait autrefois, pendant quatre heures consécutives, et que l'on fait, de nos jours, le voyage par le chemin de fer à crémaillère. Parlons donc de ce spectacle classique et obligatoire.

Une heure avant le lever du soleil, les voyageurs, réveillés par les sons étranges

d'une longue corne de bois, courent au *signal*, pour y voir le lever du soleil. Ils ont eu la précaution de se bien vêtir, car il fait presque toujours froid à cette hauteur, surtout aux heures matinales.

Ceux qui jouissent complètement, ou même en partie, de ce magnifique spectacle, peuvent bénir leur sort; car le plus souvent le ciel, parfaitement pur, la veille au soir ou une heure avant le lever du soleil, se couvre de nuages ou de brouillards à l'instant où l'on s'applaudit de son heureuse chance. D'autres fois, au contraire, après s'être endormi au milieu des nuages et même de l'orage et de la pluie, on est tout surpris, au réveil, d'assister à l'aurore d'un beau jour.

Voici, réduite aux faits physiques, la série d'aspects que présente, au lever du soleil, l'horizon contemplé du haut du Righi. Cette suite de phénomènes optiques provient de plusieurs causes : d'abord de la multitude de glaciers lointains, qui décomposent la lumière et lancent dans l'espace leurs feux irisés; ensuite de l'excessive transparence et réfrangibilité de l'air, à ces hauteurs extrêmes.

Ajoutons qu'il n'est pas impossible que le phénomène que les astronomes désignent sous le nom de *couronne solaire*, c'est-à-dire cette belle auréole colorée qui entoure le disque solaire, et qui n'est guère discernable qu'au moment des éclipses totales de l'astre radieux, ne joue un rôle pour la production des rayons multicolores dont l'horizon se revêt, dans les circonstances qui nous occupent.

Au moment où les ombres de la nuit s'effacent, des lueurs violettes apparaissent à l'horizon, et les dernières constellations finissent de s'évanouir. La clarté augmente, et l'on voit la place où le soleil va apparaître.

L'ombre terrestre s'efface de plus en plus, du côté de l'ouest. Les plus hauts sommets

des montagnes environnantes passent au rouge, puis la buée lumineuse se répand sur le flanc des montagnes, et le soleil sort de l'horizon, pareil à un boulet rougi au feu. Il n'a point de rayons, et paraît comme un disque uni, tel qu'il s'est couché la veille. Il fait alors jour, et la coloration crépusculaire a disparu.

Tel est le phénomène réduit à sa plus grande simplicité, mais ce qu'il est impossible de décrire, ce que n'aurait pu reproduire le pinceau de Calame, ce sont les magiques flamboiements de toute sorte qui accompagnent la transition de la nuit au jour, c'est la richesse infinie des nuances et des tons intermédiaires qui prêtent à ces illuminations célestes un caractère vraiment sublime.

Le coucher du soleil présente un spectacle aussi curieux. A la fin de sa course, le soleil s'incline à l'ouest, au-dessus des lignes bleues du Jura qui terminent l'horizon. Les ombres s'étendent et s'allongent. Le crépuscule envahit le lac des Quatre-Cantons. Le disque du soleil colore toujours les cimes des Alpes; mais, à mesure qu'il s'abaisse, on voit les ombres monter le long des pentes, et quelques nuées roses flotter au-dessus des dentelures du Jura. Le soleil diminue au sein de son auréole empourprée. On distingue encore la moitié de son disque, puis seulement un segment de cercle, puis une mince ligne, enfin un point lumineux, et l'astre s'évanouit définitivement, pour aller éclairer l'autre hémisphère.

En ce moment, à cette minute, apparaît le phénomène, splendide, autant que fugitif, que l'on appelle, dans les Alpes, *l'Alpkuhn*, mot barbare qui désigne un effet merveilleux. Les cimes des Alpes s'illuminent d'un reflet éblouissant. Ce phénomène de coloration, dû à quelque décomposition instantanée de la lumière, ne dure que quelques instants. La fugitive lueur s'éteint

subitement, et une teinte blafarde envahit de ses ombres grises, le ciel attristé. La nuit se répand sur la nature ; seule, la voûte céleste brille des feux tranquilles de ses premières étoiles, comme pour prouver que la lumière, mère de toute création et de toute existence, n'est jamais entièrement dérobée au globe que nous habitons.

Pour terminer ce chapitre, nous mettons sous les yeux du lecteur (fig. 270) le dia-

gramme des hauteurs que franchit le chemin de fer à crémaillère de Vitznau au sommet du Righi.

Le succès de la voie ferrée du Righi par Vitznau a amené la création d'une seconde ligne pareille. Nous avons dit que le Righi se dresse entre Lucerne, au midi, et Zurich au nord. Les touristes venant de Lucerne et du lac des Quatre-Cantons, montent au Righi par Vitznau ; ceux qui arrivent de

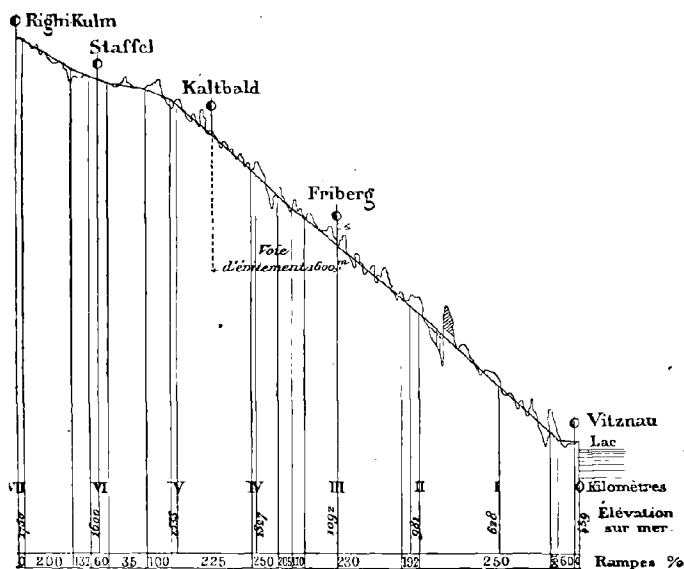


Fig. 270. — Diagramme des hauteurs de la rampe de Vitznau au Righi.

Zurich et du lac de Loverz, y montent par une seconde ligne ferrée à crémaillère, qui a été construite en 1874, et qui part d'Arth, sur le lac de Zoug.

Nous ferons connaître le trajet pittoresque de la ligne ferrée de Arth au Righi, comme nous avons décrit celle de Vitznau au même sommet.

CHAPITRE IX

(LE CHEMIN DE FER A CRÉMAILLÈRE D'ARTH-RIGHI.)

Du bord du lac de Zoug à Arth, jusqu'au

village d'Oberarth, la route est en plaine, et traverse une riante vallée. Ce n'est qu'à Oberhart que commence la montée. Aussi forme-t-on un train ordinaire, composé d'un nombre quelconque de wagons, jusqu'à Oberarth, où l'on change de dispositions, en donnant deux voitures à une locomotive de montagne, et composant ainsi des trains, qui partent toutes les cinq minutes.

C'est ici le lieu de faire remarquer que les locomotives du chemin de fer de Arth-Righi diffèrent de celles du chemin de fer de Vitznau-Righi en ce que la chaudière n'a point la disposition inclinée sur l'horizon

qui caractérise les premières de ces locomotives. Leur chaudière est horizontale, comme on voit sur la figure 269 qui représente exactement ce véhicule à vapeur.

Les autres dispositions mécaniques de la locomotive sont, d'ailleurs, les mêmes.

Les freins offrent une triple sécurité, à savoir : 1° le frein du mécanicien agissant directement sur l'essieu qui commande le mouvement des bielles allant du cylindre à

vapeur aux roues ; 2° le frein du chauffeur qui agit sur l'essieu de devant ; 3° le *frein à air*, qui, au moyen de l'air comprimé dans le cylindre, agit directement sur la roue dentée, par la bielle et la crémaillère.

Comme dernier moyen de sûreté, on peut, enfin, faire usage de la contre-vapeur.

La force de la locomotive de l'Arth-Righi, comme celle de Vitznau-Righi, est de 160 chevaux-vapeur.

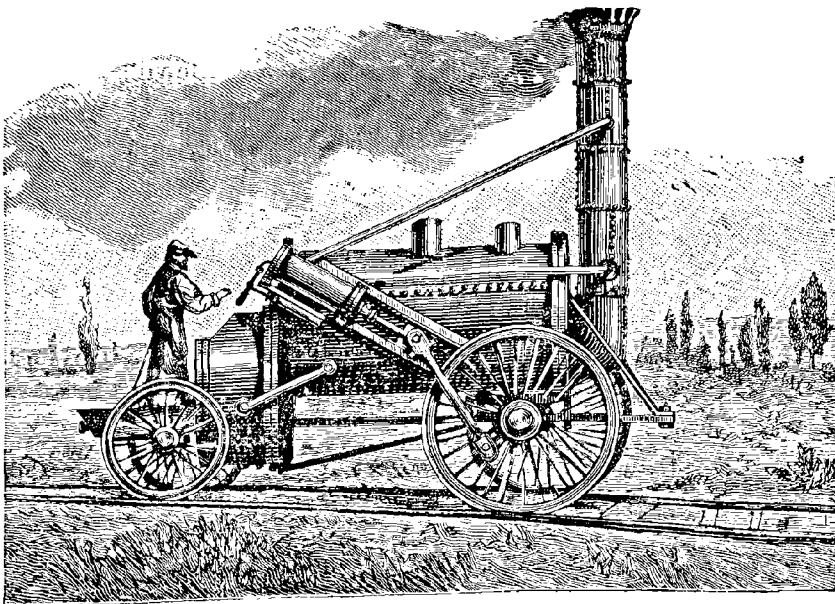


Fig. 271. — Locomotive du chemin de fer d'Arth-Righi.

Comme sur le chemin de fer de Vitznau-Righi, la force motrice de la vapeur s'exerce par l'engrenage de la roue dentée de la crémaillère, et au moyen de l'essieu moteur à manivelles et de la transmission des roues dentées, dans la proportion de 1 : 2,4. La grande roue dentée de l'essieu moteur a un diamètre de 1^m,055, une circonférence de 3^m,3, et 33 dents. C'est par la rotation de la grande roue dentée que tout le poids du train doit cheminer sur la forte rampe de la ligne : aussi cette roue est-elle en acier fondu, d'une qualité supérieure ; les dents

sont distantes les unes des autres de 0^m,10. Il existe dix dents sur chaque mètre de la crémaillère, il y a par conséquent 97,770 dents sur le tronçon de montagne d'Oberarth au Righi-Kulm, qui est de 9,777 mètres (sans les changements de voie) et la roue dentée doit faire 2,963 tours pour exécuter ce trajet. La roue dentée fait 40,4 tours par minute, et parcourt, dans le même temps, un espace de 133^m,3.

Les voitures sont les mêmes que celles du chemin de fer de Vitznau-Righi. Une locomotive pousse une seule voiture,

en se plaçant toujours derrière elle.

A la descente, les cylindres à vapeur aspirent et compriment de l'air, et les pistons, agissant en sens inverse du mouvement de la montée, tendent à repousser de haut en bas le train, et joignent, par conséquent, leur action à celle des freins.

En avançant, à partir d'Oberarth, sur les premières rampes, on a à sa gauche la masse imposante du Righi.

En quittant Oberarth, le train se dirige sur le tunnel de Mühlesfluh, après avoir franchi deux ponts sur le ruisseau de l'Aa. On continue de côtoyer ce ruisseau jusqu'à ses sources, et, dès que l'on a dépassé le troisième pont sur l'Aa, d'énormes blocs de rochers arrêtent les regards. On se trouve sur l'emplacement de l'éboulement de la vallée de Goldau, et au milieu des débris de la montagne qui, en s'écroulant subitement, fit d'une des plus riantes vallées de la Suisse, le désert affreux dans lequel la voie ferrée s'engage.

La catastrophe de Goldau, qui fit tant d'impression dans toute l'Europe, au commencement de notre siècle, est restée l'exemple le plus célèbre de ces chutes spontanées de portions de montagnes, provoquées par les pluies, quand elles agissent sur des terrains composés de couches hétérogènes et pouvant glisser les unes sur les autres. Nous rappellerons ici les circonstances dans lesquelles se produisit ce cataclysme.

La *vallée de Goldau* (*vallée d'or*), ainsi nommée en raison de ses riches cultures, s'étend entre le lac de Schwitz et celui de Lowerz. D'un côté s'élève le Righi, qui a 4,400 mètres de hauteur, de l'autre côté le Rosenberg, haut de 4,100 mètres. Ces deux montagnes sont composées de terrains diluviens, c'est-à-dire de cailloux pétris d'une sorte de grès, ou de marne à grains fins. Elles reposent, dans toute leur étendue, sur des couches argileuses ; de telle sorte

que, quand elles sont ramollies par les eaux, les assises surmontant ces argiles peuvent glisser sur leurs pentes.

L'été de 1806 avait été très pluvieux, et pendant les 1^{er} et 2 septembre, la pluie n'avait pas cessé un seul instant. A la suite du délitement du terrain occasionné par les eaux, de nombreuses crevasses apparurent sur le flanc du Rosenberg, et l'on entendit des bruits insolites à l'intérieur de la montagne. Les habitants commencèrent à être très effrayés ; car on avait vu souvent des quartiers énormes de roches rouler le long de la montagne, et l'on savait qu'au quatorzième siècle, le village d'Unrothen avait été écrasé par un de ces éboulements. Les habitants des maisons éparses sur les parties élevées du Rosenberg avaient pris la fuite, terrifiés par ces grondements souterrains ; mais ceux de la vallée étaient loin de prévoir l'événement terrible qui se préparait.

La continuité des pluies avait ramolli et délayé une très longue assise d'argile, qui ne put soutenir le poids énorme des terres auxquelles elle servait d'appui. Le matin du 2 septembre, les bruits souterrains redoublèrent. A midi des pierres furent violemment détachées du sol ; on vit des prairies se soulever tout d'une pièce, et de nouveaux rochers descendre le long des flancs du Rosenberg.

A deux heures, un énorme quartier de roches tomba, avec fracas, dans la vallée, et souleva un nuage de poussière noirâtre. Bientôt une crevasse, plus large que les autres, se fit au flanc de la montagne, et s'élargit peu à peu. Toutes les sources cessèrent de couler ; les arbres parurent chanceler ; les oiseaux s'envolèrent, en poussant des cris. Enfin, à cinq heures du soir, se produisit la catastrophe annoncée par ces signes précurseurs. Toute la montagne sembla glisser dans la vallée, qu'elle couvrit d'une épouvantable masse de terres et de roches.

Dans l'intervalle de cinq minutes, l'une des plus belles vallées de la Suisse devint l'image du chaos. Habitations, hommes et animaux, furent précipités, mêlés aux terres, avec la rapidité de la foudre et le bruit du tonnerre. Un pan du Rosenberg, d'une lieue de long, sur 324 mètres de large et 32 mètres d'épaisseur, s'était dé-

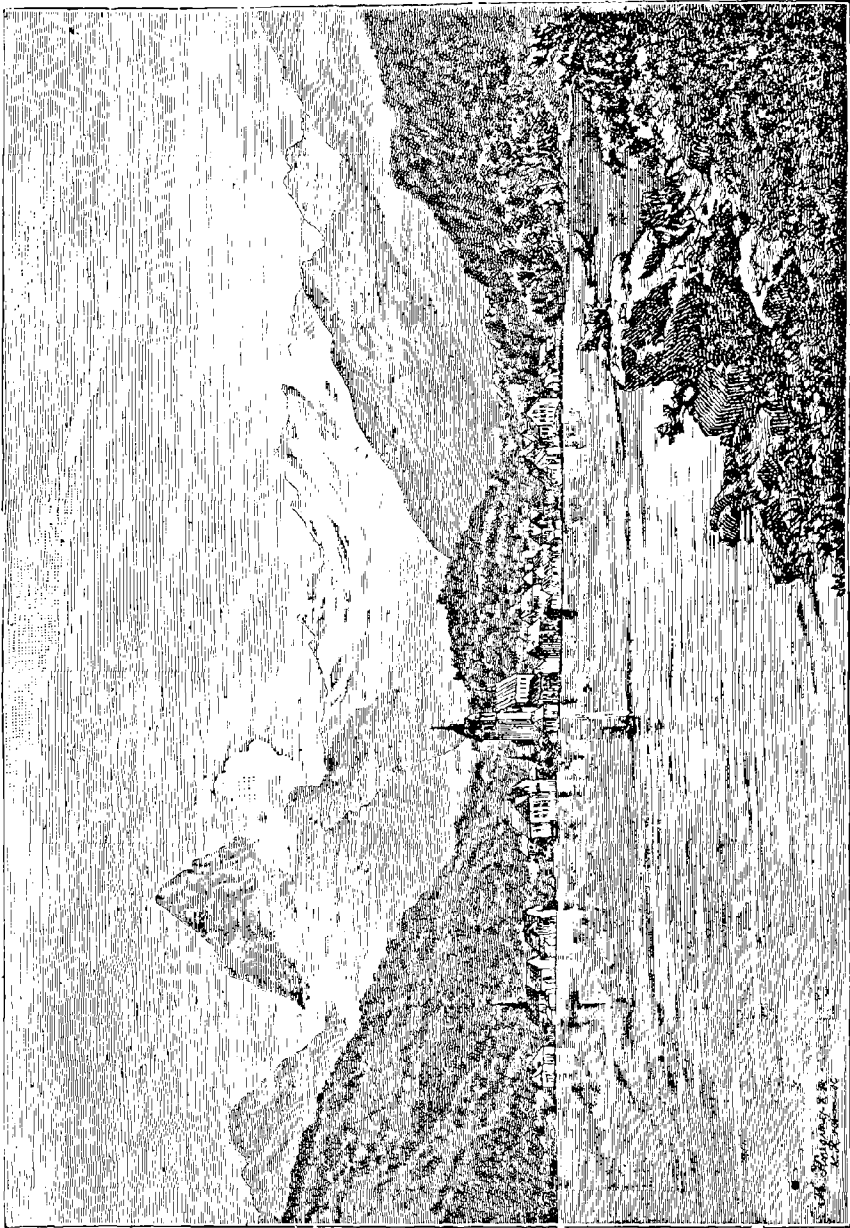


Fig. 272. — Arth, au bord du lac Zoug.

taché, et venait de remplir la vallée de Goldau d'une couche de débris de 30 à 70 mètres de hauteur. Sous cet amas de décombres étaient ensevelis quatre villages, Goldau, Roethen, Ober- et Unter-Bur- ringeren, six églises, cent vingt maisons, deux cents étables ou chalets, deux cent vingt-cinq têtes de bétail, cent onze arpents

de terrain, dont un tiers en magnifiques prairies, et quatre cent cinquante-sept habitants.

L'avalanche de pierres avait formé quatre courants principaux, que l'on distingue encore aujourd'hui, et ne s'était arrêtée qu'au pied du Righi. Elle avait même comblé une partie des bords du lac de Lowerz, situé à une lieue et demie de là. Les eaux de ce lac, soulevées par le choc, formèrent une

vague de 25 mètres de hauteur, qui alla ravager tout le pays, du côté de Schwitz, jusqu'à Steinen. Le premier mouvement des eaux sur la berge opposée du lac, avait renversé les maisons ; son mouvement de reflux en entraîna d'autres dans le lac. La chapelle d'Olten, qui était bâtie en bois, fut retrouvée à plus d'une demi-lieue de son emplacement, et une barque amarrée à un pieu du rivage du lac de Lowertz, fut lancée

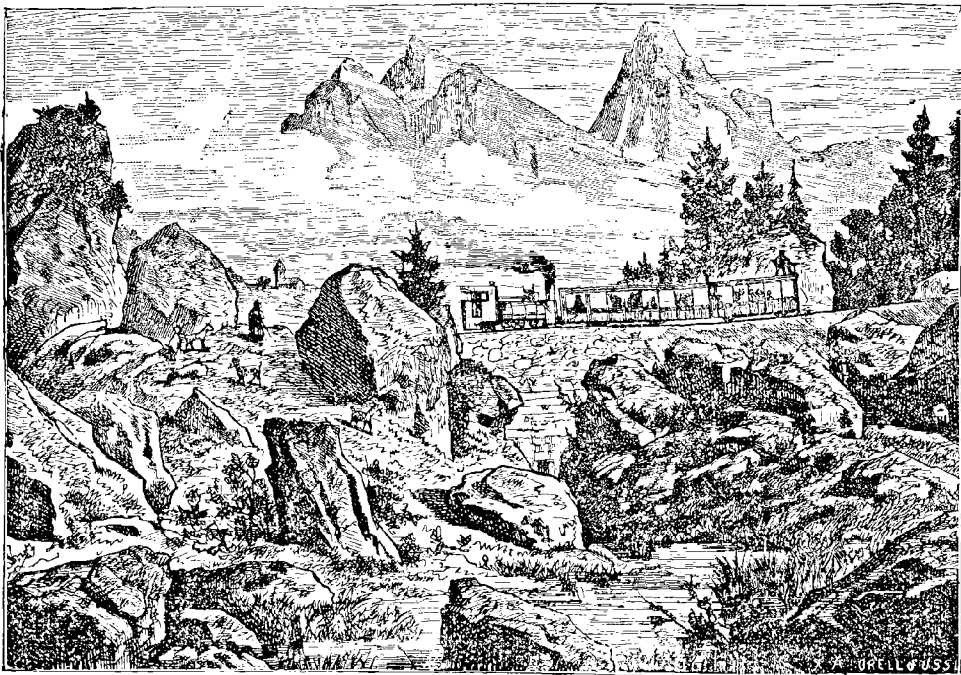


Fig. 273. — La vallée de Goldau.

à 1000 mètres plus loin. Du village de Goldau, il ne resta que la cloche de l'église, qui avait été transportée à un quart de lieue de distance.

Quatre cent cinquante-sept habitants, avons-nous dit, furent ensevelis sous les décombres. C'était à peu près toute la population de cette vallée, et il n'échappa au désastre que ceux que le hasard avait en ce moment éloignés de leur demeure. Mais ils perdirent tout ce qu'ils possédaient au monde. Le dommage a été évalué à deux millions et demi.

On put retirer des ruines quelques personnes blessées plus, ou moins grièvement, entre autres une servante et une petite fille, qui durent la vie à un miraculeux hasard. Le père de cette enfant, ayant reconnu de loin le mouvement de la montagne qui annonçait la catastrophe, s'était enfui, suivi de sa femme, qui tenait dans ses bras un de ses enfants. Elle fut renversée par l'avalanche pierreuse. Une petite fille était restée dans la maison. Une jeune servante se dévoua, pour aller prendre, dans la maison ébranlée, l'enfant endormie dans son ber-

ceau. Mais à peine avait-elle pénétré dans la chambre, que la maison fut engloutie sous les décombres. Heureusement, les blocs amoncelés sur sa tête lui formèrent un

abri. Elle resta toute la journée sans pouvoir faire un mouvement sous l'amoncellement des poutres et des pierres qui pesaient sur elle. Vers le soir, elle entendit retentir

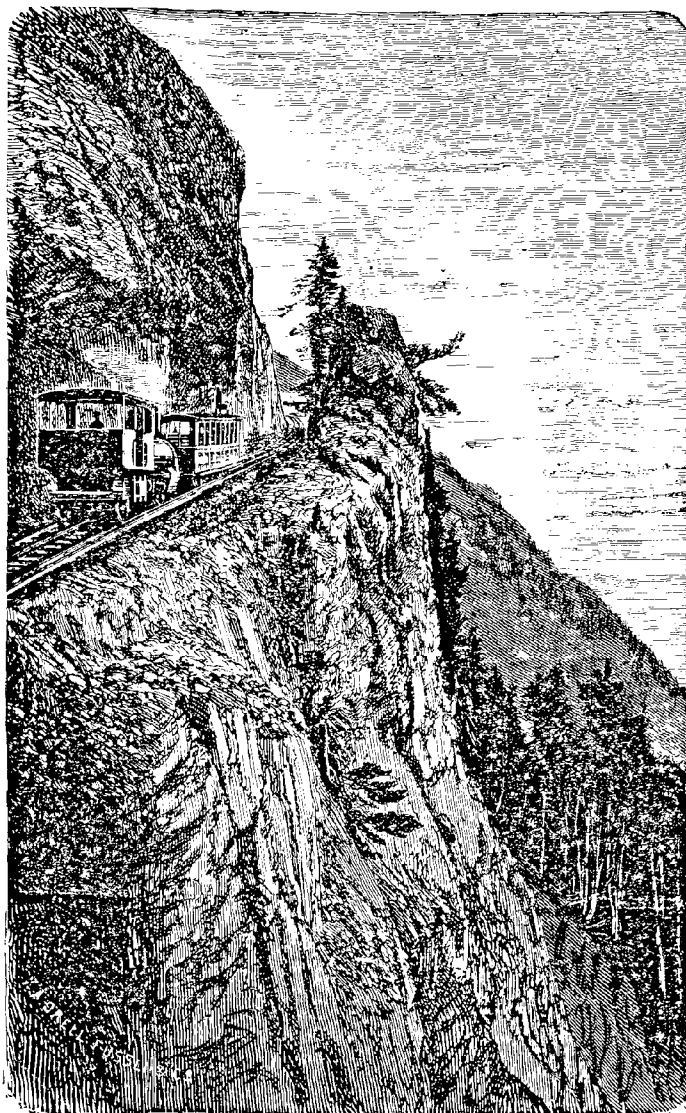


Fig. 274. — Le Krabelwand.

au loin la cloche du village de Steinen, et elle reprit quelque espérance. Elle passa la nuit dans des transes horribles, près de l'enfant, échappée, comme elle, au désastre, et qui dormait tranquillement. Au lever du jour, on put entendre ses cris de détresse, et

l'on réussit à la dégager, avec la petite fille. Alors seulement la pauvre servante s'aperçut qu'elle avait une jambe cassée. Quant à la jeune enfant, elle n'avait aucun mal.

Aujourd'hui la vallée de Goldau présente encore un affreux tableau. La voie

ferrée traverse en partie ce désert de ruines, qui va du Rosenberg aux flancs du Righi. Seulement, les blocs éboulés se sont recouverts de mousse et de végétation ; car la nature répare, tôt ou tard, les ruines qu'elle a causées. La grande route qui va d'Arth à Schwitz traverse également ce vallon désolé.

On a bâti, à 33 mètres plus bas que l'ancien, le nouveau village de Goldau, qui

n'est composé que de quelques maisons, et d'une église, dans laquelle on peut voir la cloche retirée des décombres. Le 2 septembre de chaque année, on célèbre dans cette église, un service religieux, pour rappeler le souvenir de cet événement funeste.

Le voyageur qui suit la voie ferrée a tout le loisir de contempler cette solitude pierreuse (fig. 273, page 472). Puis, le train,

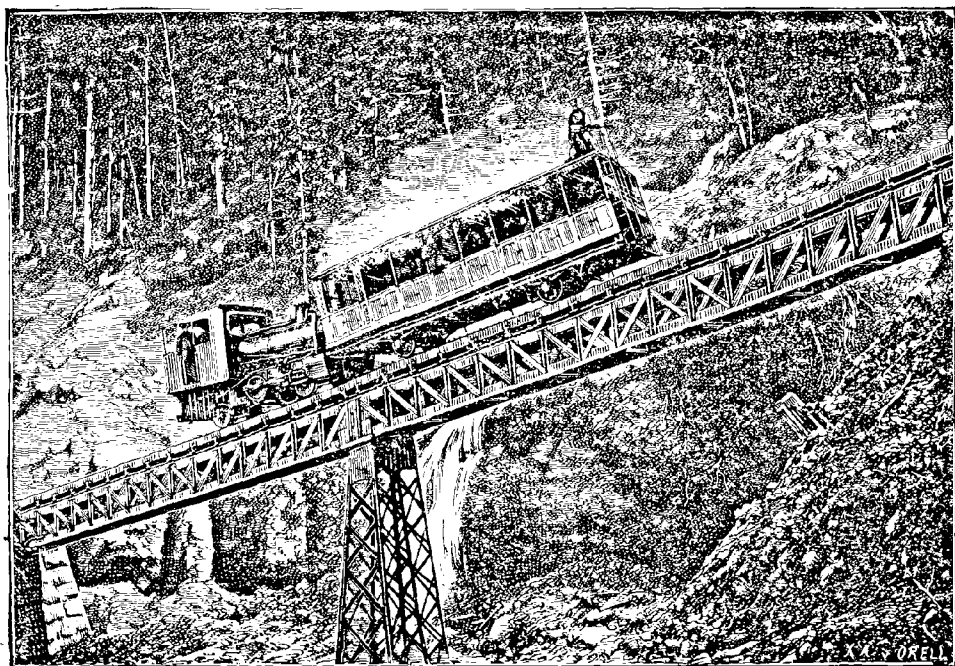


Fig. 275. — Pont de Rotendun.

continuant sa marche, traverse la route de Schwitz et un superbe viaduc, et là commence l'ascension du Righi.

Là aussi commencent les beaux points de vue sur la vallée, la route montant sans cesse jusqu'à l'entrée du tunnel de Rothenthal. On aperçoit, sur la hauteur, le Righi-Kulm. A ses pieds s'étendent le lac de Zoug et la vallée d'Arth, le Rosenberg, avec son imposante surface éboulée, semblable à un désert au milieu d'un parc riant. Les énormes blocs de rochers, dont il est hérissé, étaient placés autrefois

1,050 mètres plus haut, sur les flancs de la montagne.

En face, sur la colline, derrière l'éboulement, est situé Steinerberg, lieu de pèlerinage, et au-dessous le village de Steinen, avec la chapelle de Stauffacher. Sur la droite du Kaiserstock se trouvent deux pyramides géantes, les deux pics nommés *Mythens de Schwyz* : l'un est à 4,815 mètres de hauteur au-dessus du niveau de la mer, l'autre, à 4,913 mètres. Ils sont semblables à des tours s'élevant dans les airs. A droite des Mythens on entrevoit la vallée de

la Muotta (Muottathal) et le défilé de Kinsig, célèbre par la retraite désespérée des Russes, commandés par Souwarof, en septembre 1799. Derrière ces montagnes l'horizon est comme encadré par les Alpes Orientales, c'est-à-dire les groupes du Sæntis et du Gluersnich. Entre les Mythens et le visiteur s'étend la pittoresque vallée de Schwitz, avec le gracieux lac de Lowerz et ses deux jolies îles. A l'extrémité mé-

ridionale du lac de Lowerz, au pied de l'Urmiberg, on aperçoit Seewen, avec ses bains minéraux, et l'extrémité méridionale du lac, le village de Lowerz, avec ses églises récemment construites. La vallée entière est parsemée de maisons.

Bientôt, la locomotive traverse des prés couverts de fougères, coupe ensuite une paroi de rochers; puis on arrive à la station de Kraebel, à 765 mètres au-dessus de

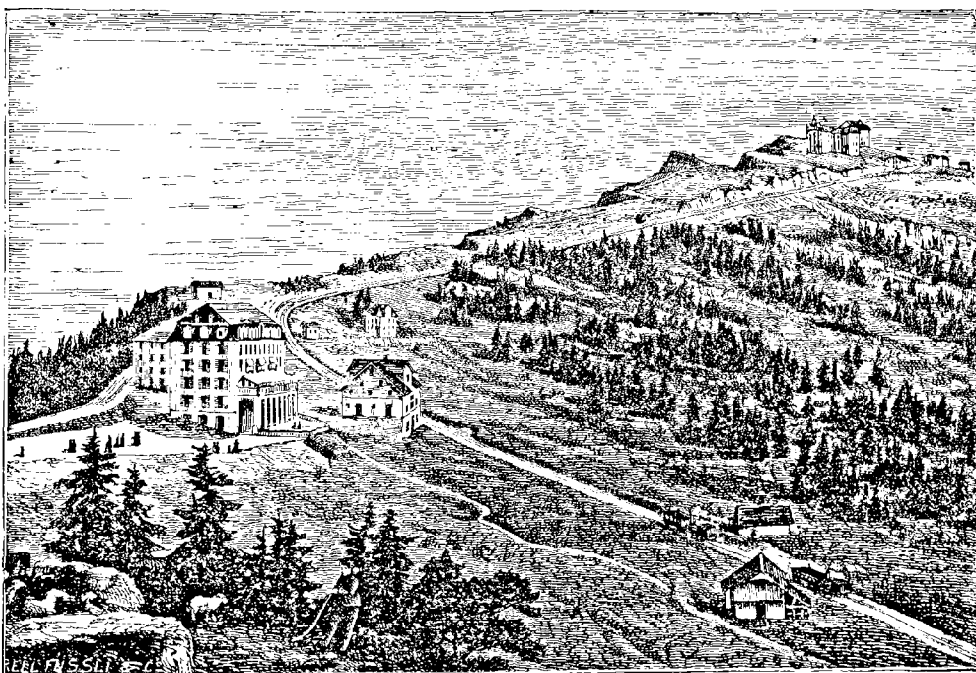


Fig. 276. — Staffel.

la mer, sur un petit plateau de montagne, couvert de prés verdoyants.

De Kraebel, on franchit une rampe de 20 pour 100, et à chaque tour de la roue dentée la vue devient plus attrayante. Le pays s'ouvre du côté du nord, et l'on voit toujours de nouveaux sommets de montagnes poindre à l'horizon. Au-devant de soi on a le *Kraebelwand* (fig. 274, page 473), rocher calcaire de 530 mètres de longueur, sur une hauteur maxima de 150 mètres. Il est placé presque perpendiculairement, et c'est dans ses parois qu'il a fallu tailler la ligne du

chemin de fer. Pour construire la voie, on fut obligé de descendre, avec des cordes, les ouvriers chargés de ce travail.

L'aspect que présente ce tronçon de la ligne au milieu d'un rocher à pic, a quelque chose d'effrayant, soit qu'on regarde en haut ou en bas. Un toit en fer construit au-dessus de la voie et de nombreuses rigoles creusées dans le roc, servent à faire écouler les eaux qui descendent de la montagne. Des murs de soutènement, ayant jusqu'à 30 mètres de hauteur, augmentent encore la solidité de la ligne, qui repose elle-même sur le roc.

En quittant le Kraebel, on entre, après avoir traversé le tunnel et le pont de Rothenfluh, dans les gorges parcourues par le ruisseau de l'Aa.

Le train poursuit tranquillement son chemin à travers cette nature sauvage. On franchit le ruisseau de Rothenfluh, sur un pont, dont la rampe, comme celle du tunnel, est de 20 pour 100 (fig. 275, page 474). Le ruisseau forme, en cette partie de la route, une jolie cascade.

Une fois sorti de la forêt, et en poursuivant l'ascension, on rencontre la Rothenfluh, paroi de rochers complètement dénudée, qui s'élève perpendiculairement à plus de 200 mètres de hauteur. Après avoir traversé le pont du Dossenbach, on arrive au tunnel de Pfedernwald, situé dans une partie solitaire de la forêt de ce nom.

Au sortir de ce tunnel, on franchit le pont du Schildbach, puis une forêt, où l'on s'élève sur une rampe de 44 pour 100. Ici la

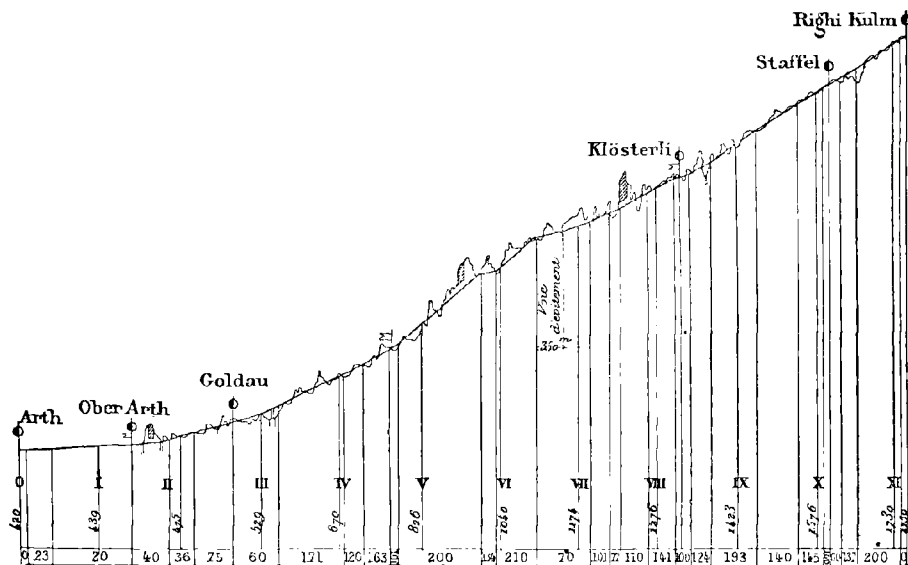


Fig. 277. — Diagramme des hauteurs du chemin de fer d'Arth-Righi.

vue devient libre : on aperçoit au-devant de soi les sommets de Schild, avec la voie de l'embranchement du chemin de fer du Righi Scheideck : à droite le Righi-Staffel (fig. 274) et tout au-dessus, le Righi-Kulm.

Après quelques tours de la roue dentée, on atteint le *Klæsterli*, station climatérique située à 1,317 mètres au-dessus de la mer, à l'issue de la gorge de l'Aabach, dans un ravin fermé et protégé par le Righi-Kulm, le Staffel et le Rotheteck.

Célèbre autrefois par un couvent de capucins, fort accrédité comme lieu de pèlerinage, le *Klæsterli* s'est acquis, de nos jours,

un autre genre de réputation, grâce aux effets produits par l'air pur et sain des Alpes, qui attire sur son sommet les malades désireux de jouir d'une atmosphère raréfiée.

Après l'ancien hospice de capucins du *Klæsterli*, on continue à gravir la montagne, et, par suite de l'altitude, la végétation n'est plus représentée que par quelques sapins rabougris. Les pâturages sont, pourtant, d'une excellente qualité, et nourrissent un superbe bétail. Les cimes du Righi et de la station climatérique Righi-Scheideck se présentent distinctement, et entre

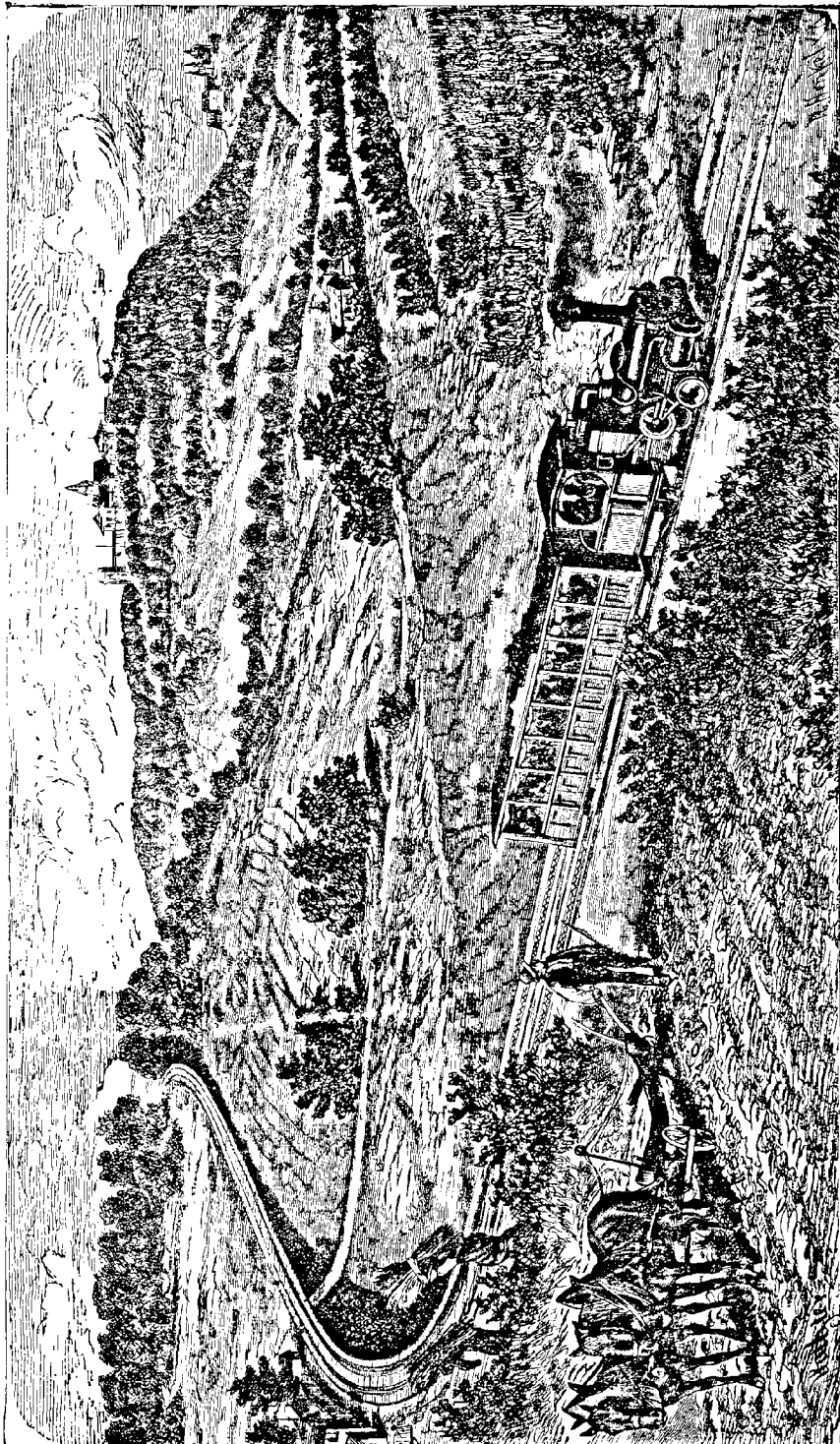


Fig. 278. — Chemin de fer à crémaillère, de Vienne à Kohlenberg.

elles on aperçoit la chaîne des Alpes qui borde l'horizon.

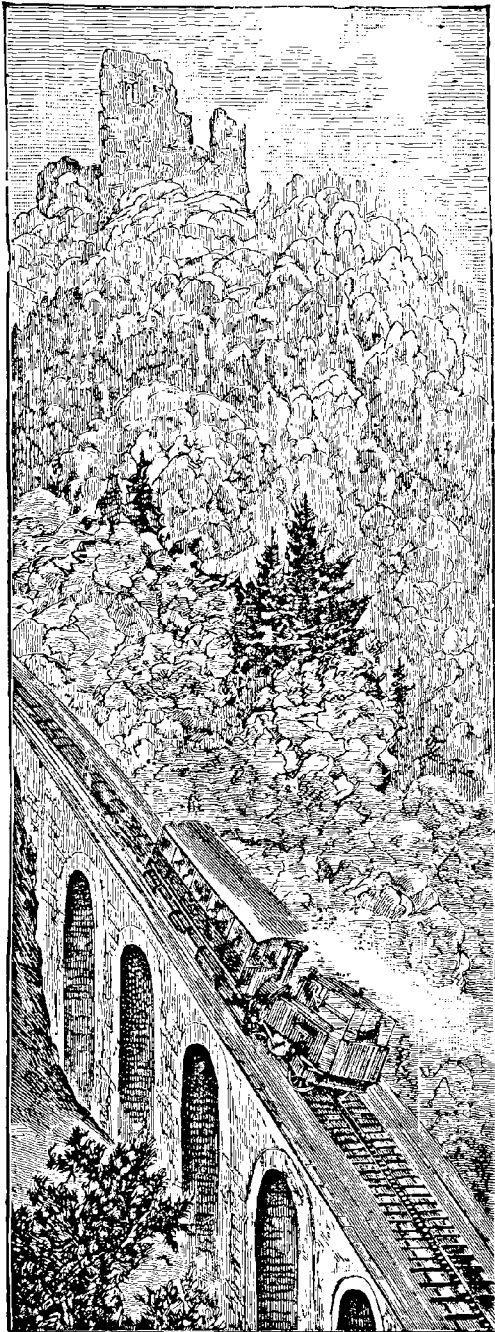


Fig. 279. — Le viaduc montant de Drachenfels.

A la station de Staffel (fig. 276, page 475) un spectacle magique attend le voyageur,

qui voit se dérouler un panorama grandiose. Sous ses pieds, dans un abîme presque perpendiculaire, il aperçoit le lac des Quatre-Cantons. Un peu plus loin Lucerne, encadrée dans l'ombrage que projette sur elle le mont Pilate. Au delà s'étend, à perte de vue et jusqu'aux cimes bleues du Jura, la plaine orjolée, avec ses villes et ses villages innombrables, ses champs fertiles, ses sombres forêts et ses prairies verdoyantes; le tout parsemé de lacs et de rivières étincelant au soleil.

A Staffel la ligne Arth-Righi est rejointe par celle qui gravit le flanc occidental de la montagne, c'est-à-dire par le chemin de fer de Vitznau-Righi, comme on le voit sur la carte géographique de la page 460; puis la locomotive fait un dernier effort, les dents engrènent de nouveau dans la crémaillère, et le train arrive à la station du Righi-Kulm, la station de chemin de fer la plus élevée de l'Europe, et que nous avons suffisamment décrite en parlant du chemin de fer Vitznau-Righi, qui aboutit, comme celui de l'Arth-Righi, au sommet de la montagne et termine le voyage.

Pour donner une idée précise des hauteurs que l'on franchit des bord du lac de Zoug jusqu'au Righi, par cette voie ferrée, nous retraçons dans la fig. 277 (page 476) le *diagramme* des hauteurs franchies par la locomotive sur le chemin d'Arth au Righi.

CHAPITRE X

LES CHEMINS DE FER A CRÉMAILLÈRE DE VIENNE A KARLENBERG. — DE SCHWALENBERG A BUDA-PESTH. — DE BONN A DRACHENFELS.

Les chemins de fer à très fortes pentes, et usant, pour remonter ces pentes, d'une crémaillère centrale, dont le chemin de fer de Righi-Vitznau est le type et marque la première application, se sont développés

rapidement. En 1872, M. Riggenbach posait une voie à crémaillère de Vienne au mont Kahlenberg (fig. 276) et, pendant la même année, il en plaçait deux autres de Buda-Pesth (Hongrie) à Schwabenberg. En 1873, le Drachenfels, situé au bord du Rhin, était relié à la ville de Bonn, par le même système.

Le chemin de fer de Vienne à Kahlenberg monte à une hauteur de 463 mètres, celui de Drachenfels à 225 mètres, et celui de Buda-Pesth à Schwabenberg à 392 mètres. C'est ce que montrent les diagrammes ci-dessous (fig. 278).

La voie, le mécanisme et les wagons étant identiquement les mêmes, pour ces quatre

chemins de montagne, que ceux de Vitznau-Righi, que nous avons longuement décrits, nous n'entrerons dans aucun autre détail à leur sujet. Nous parlerons seulement du plus récent, celui de Drachenfels.

Le Drachenfels est une montagne qui domine le Rhin, à peu de distance de Bonn; c'est un but d'excursion des plus fréquentés, à cause de la vue magnifique dont on y jouit.

Le chemin de fer à crémaillère qui a été construit sur cette montagne, a été inauguré en juillet 1883.

La voie ferrée part de Kœnigswinter, sur

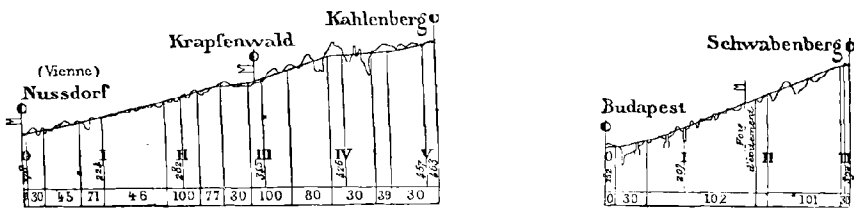


Fig. 280. — Diagramme des rampes de Buda-Pesth à Schwabenberg, et de Vienne à Kahlenberg.

la base nord-ouest du Drachenfels, et arrive au sommet, sur le côté oriental, à gauche de la route.

Le point de départ du bas est à six minutes de la station de Kœnigswinter du chemin de fer de la rive droite du Rhin, et à huit minutes du débarcadère des bateaux à vapeur.

Commencée le 8 novembre 1882, la construction présenta d'assez grandes difficultés, surtout par suite de la gêne que causait aux ouvriers l'inclinaison excessive du terrain.

La longueur totale de cette voie est de 1,520 mètres, et la différence de niveau de 225; ce qui ferait une pente moyenne de 14, 8 pour 100. Les inclinaisons varient de 10 à 20 pour 100. A Kœnigswinter, il y a un palier assez étendu pour les remises, changements de voie, etc. A la pente supérieure, la ligne se termine par des pentes de 8 et 12 pour 100.

On a exécuté 25,000 mètres cubes de terrassements, dont 7,000 dans le roc, 4,500 mètres cubes de maçonnerie avec mortier et 1,500 mètres cubes de maçonnerie en pierres sèches.

Il y a plusieurs ouvrages d'art, entre autres un viaduc à six ouvertures, de 5^m,50 chacune, dont les piles sont foncées à 6 mètres au-dessus du sol (fig. 279); deux passages en dessous, de 4 mètres d'ouverture; un passage en dessous de 30 mètres de longueur et de 1^m,25 de largeur, sous un remblai de 8 mètres, et un viaduc de 57 mètres de longueur à travées de 5^m,50.

Il y a un changement de voie à la partie supérieure et un autre double à la station inférieure, communiquant avec les remises à voitures et à machines.

La largeur de la voie est de 1 mètre entre les rails; les courbes ont 180 et 225 mètres de rayon.

Les traverses sont en fer, du type Berg-Mark, à l'écartement de 1 mètre; elles portent au milieu la crémaillère, et, de chaque côté, les rails en acier et les longrines en fer. A des distances de 50 à 100 mètres, il y a des ancrages en maçonnerie, pour retenir la voie sur la pente d'une manière certaine.

Les rails d'acier pèsent 25 kilogrammes par mètre courant. La hauteur de la crémaillère est de 120 millimètres; les dents ont 120 de longueur et le pas est de 100 millimètres. La crémaillère pèse 50 kilogrammes par mètre courant.

Le matériel roulant se compose de trois locomotives, six voitures à voyageurs et un wagon à marchandises. Les locomotives sont des machines-tender, à deux essieux-porteurs. La chaudière est horizontale, sur une pente de 1 à 13. La roue dentée motrice en acier fondu au creuset a 1^m,05 de diamètre au cercle primitif et 33 dents de 100 millimètres de pas.

La machine pèse, à vide, 15,500 kilogrammes, et, en service, 18,500 à 19,000. Elle remonte deux wagons, contenant chacun quarante-cinq personnes, à la vitesse de 3 mètres par seconde, soit près de 11 kilomètres à l'heure.

Les voitures à voyageurs pèsent 4 tonnes; elles ont les extrémités vitrées et les côtés ouverts, comme celles du Righi. Chaque voiture a, sur l'essieu d'avant, une roue dentée, qui engrène la crémaillère, et peut être serrée par un frein; de sorte que chaque voiture peut être arrêtée séparément. La machine est toujours plus bas que les voitures sur la rampe, c'est-à-dire derrière à la montée et devant à la descente.

Tout le matériel fixe et roulant a été construit par la fabrique de machines d'Esslingen (Wurtemberg), sur les plans de M. Riggenbach.

CHAPITRE XI

LES CHEMINS DE FER A CRÉMAILLÈRE DESSERVIS PAR DES LOCOMOTIVES MIXTES, OU LES CHEMINS DE FER A CRÉMAILLÈRE POUR LES TRAVAUX DE L'INDUSTRIE. — LES CHEMINS MIXTES OU LES CHEMINS FUNICULAIRES A CRÉMAILLÈRE. — LES CHEMINS DE FER DE GIESBACH ET DE MONTREUX-GLION.

Tous les chemins de fer de montagne, que nous venons de décrire, sont exclusivement à l'usage des touristes. L'été, ils ont à faire un service énorme; mais quand la bise et le froid ont éloigné les voyageurs, on remise, jusqu'à l'été suivant, locomotives et wagons. D'ailleurs, avec la neige qui couvre les montagnes, pendant la mauvaise saison, il ne faudrait pas songer à se servir de tels engins mécaniques. Mais M. Riggenbach a construit des *locomotives mixtes*, c'est-à-dire pouvant fonctionner également par engrenage avec la crémaillère, et par adhérence sur les rails ordinaires. Les lignes sur lesquelles elles circulent se composent donc de parties de voie à crémaillère et de parties de voie à rails lisses.

M. Riggenbach a déjà construit 42 de ces locomotives mixtes, qui pèsent de 9 à 18 tonnes.

Le tableau suivant indique les différentes lignes de ce système actuellement en exploitation.

		Peute de
Ostermündingen-Berne.....	En 1870	10 0/0
Rorschach-Heiden.....	— 1874	9 —
Wasserhingen-Würtemberg ..	— 1876	8 —
Häli-Zürich.....	— 1877	10 —
Laufen-Berne.....	— 1878	6 —
Oberlahnstein-Prusse.....	— 1880	10 —

M. Riggenbach, avons-nous dit, a créé ensuite un type de locomotive mixte capable de passer à la fois sur les lignes à simple adhérence et sur celles à crémaillère.

Dans ces conditions, ces dernières peuvent être rattachées sans difficulté aux voies ordinaires. C'est ce qui a été exécuté

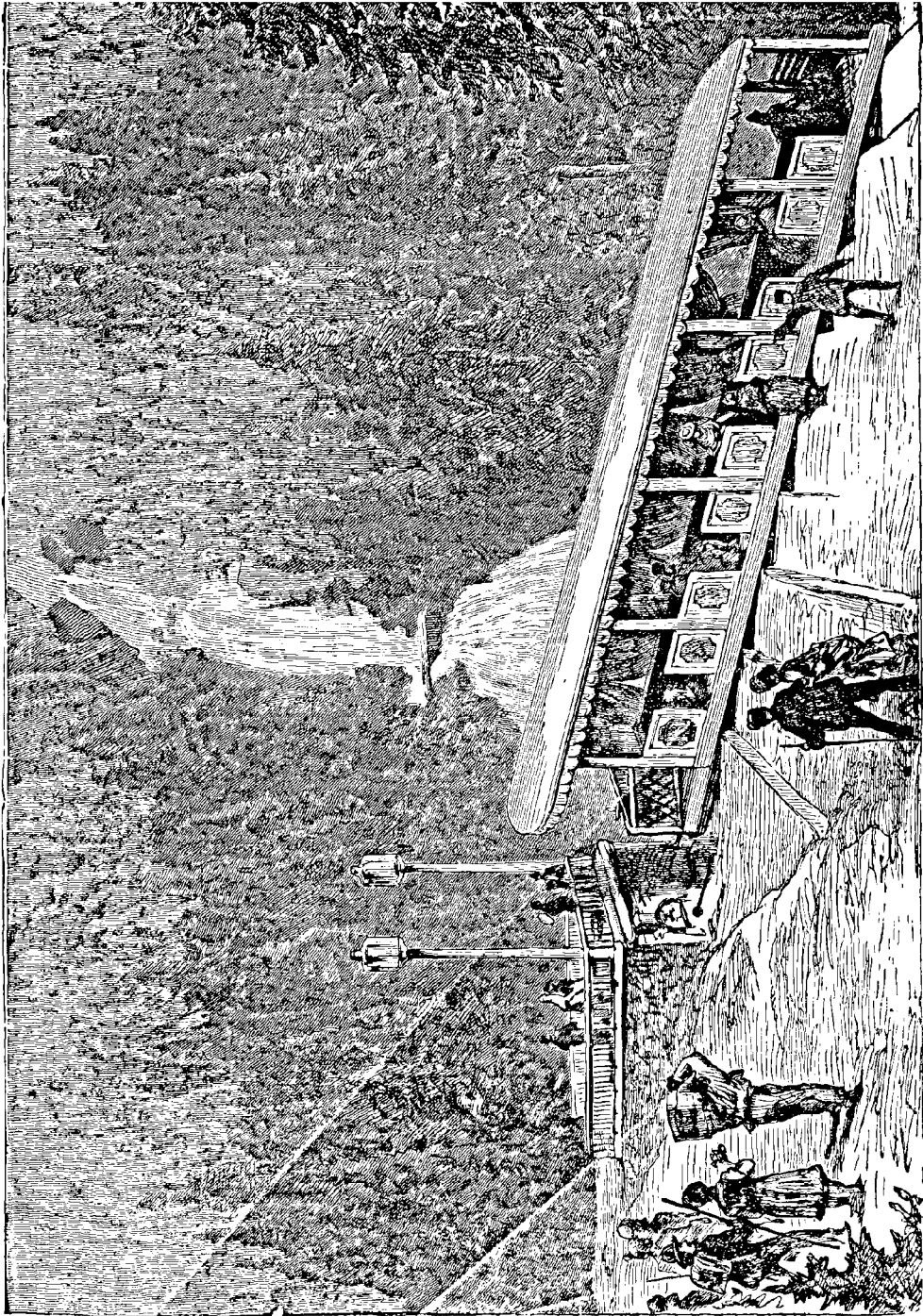


Fig. 281. — La Cascade de Giesbach.

pour la ligne partant de la gare des chemins suisses sur le lac de Constance, c'est-à-dire de Rorschach, et s'élevant à une hauteur de 390 mètres, pour atteindre à Heiden, situé à 792 mètres, et qui franchit, dès lors, une hauteur de plus de 400 mètres.

Heiden est une localité célèbre en Suisse par ses cures de petit-lait. Cette ligne, bien connue des touristes, traverse un petit pays très pittoresque.

En dehors de la ligne de Rorschach à Heiden, M. Riggenbach construisit divers autres chemins de fer mixtes pour le service d'usines.

La construction des 12 chemins de fer à crémaillère et l'expérience acquise pendant leur exploitation, ont clairement prouvé les avantages que présente, dans les pays accidentés, le système de chemins de fer de montagne, créé par M. Riggenbach. Ces avantages sont principalement :

1° La durée relativement très courte de la construction ;

2° La différence énorme des frais d'établissement d'une ligne raccourcie par la forte pente, en comparaison de ceux d'une ligne à adhérence ordinaire. Pour un chemin de fer, ayant une longueur de 9 kilomètres, en tracé ordinaire, il ne faut que 3 kilomètres, en adoptant la pente de 7,5 pour 100 ;

3° Avec les chemins de fer à crémaillère on est à même de transporter autant et à la même vitesse relative, qu'au moyen d'une ligne à adhérence ayant des pentes de 2,5 à 3 pour 100 ;

4° La sécurité est complète, et même supérieure à celle qui existe sur les chemins de fer ordinaires. Un déraillement est presque impossible, parce que la roue dentée engrène profondément dans la crémaillère. Depuis que ces différentes lignes sont en exploitation, aucun accident n'est survenu, bien que les lignes aient des pentes de 4 à 25 pour 100 ;

5° Les frais de traction et d'entretien sont très minimes. La crémaillère ne s'use, pour ainsi dire, pas du tout. Dans les chemins de fer qui sont depuis douze ans en exploitation, on n'a pu constater la moindre usure. On peut admettre que la crémaillère durera une centaine d'années ;

6° Les locomotives mixtes entrent dans la partie de la voie qui est à crémaillère sans s'arrêter, et elles en sortent de même, pour reprendre la voie ordinaire.

Avant l'invention des chemins de fer à crémaillère, les ingénieurs faisaient tous leurs efforts pour employer les locomotives ordinaires à remonter d'assez fortes pentes ; mais ils n'arrivaient qu'à dépenser, pour la traction, des sommes exorbitantes, et toutes ces lignes restaient improductives. Les chemins à crémaillère répondent à toutes les exigences du service, en dépensant peu pour la traction.

Les chemins de fer à forte pente s'établissent, quant à la superstructure, comme les chemins de fer ordinaires. Il faut seulement ajouter la crémaillère qui se place au milieu des rails sur les mêmes traverses de chêne.

Les aiguilles, les croisements de voie, les plaques tournantes, les chariots roulants, se font avec la même facilité que dans les chemins de fer ordinaires, et les parties de la voie qui sont à crémaillère sont disposées de manière que toutes les voitures et wagons des chemins de fer ordinaires puissent y circuler sans aucune difficulté.

Plusieurs des chemins de fer mentionnés plus haut se trouvant dans des contrées très froides où il y a habituellement beaucoup de neige, sont en exploitation toute l'année. On a trouvé le moyen de débayer la voie de telle sorte que jamais la neige, même quand elle arrive à un mètre de hauteur, n'a pu retarder un train.

Il nous reste à dire que le matériel des chemins de fer de montagne a été modifié

par M. Riggenschach, de manière à l'appliquer à des conditions locales particulières. En dehors des 12 lignes qu'il a déjà construites et qui sont exploitées par des locomotives, l'ingénieur d'Olten a établi quatre chemins de fer *funiculaires*, dans lesquels la crémaillère n'a d'autre but que de servir de moyen de sûreté, la puissance étant empruntée à une autre force que la machine à vapeur locomotive. Par une conception mécanique fort ingénieuse, c'est un poids qui sert de moteur, et ce poids, c'est une provision d'eau dont on emplit un réservoir. Chaque voiture est munie d'une caisse à eau, que l'on remplit au sommet de la pente, et qui fait remonter, par sa seule pesanteur, l'autre voiture, dont le réservoir d'eau a été vidé au bas de la côte.

La mise en train et la vitesse des voitures sont réglées par des freins à roues dentées, qui donnent une sécurité complète, parce que l'on peut arrêter les voitures instantanément.

Chaque voiture est munie de deux roues dentées, l'une pour le frein à main, que le conducteur règle, et l'autre pour le frein automatique, qui fonctionnerait avec la plus grande précision, en cas de rupture du câble.

Il suffit donc qu'il existe de l'eau en quantité suffisante sur le point culminant de la montagne, pour que, grâce à la crémaillère, le système funiculaire puisse être employé sans avoir recours à la force de la vapeur, ce qui est une économie de toute évidence. Sur les quatre chemins du Giesbach au lac de Brienz, de Montreux-Glion (Suisse) et sur ceux de Dom Jésus de Braga (Portugal) et de Lisbonne, ces conditions étaient réunies.

Nous donnerons une description particulière des chemins de fer funiculaires à crémaillère du Giesbach et de Montreux-Glion.

Le chemin de fer du Giesbach a été commandé par un aubergiste de la Suisse.

Tous les touristes connaissent la cascade qui descend de la montagne du Giesbach (fig. 281) située elle-même au bord du lac de Brienz. Chaque année, des milliers de voyageurs escaladent la montagne, ce qui n'est qu'une promenade assez peu fatigante. Mais le propriétaire de l'hôtel, voulant augmenter le nombre des visiteurs, résolut de les faire venir à lui, par un chemin moins raide que l'ascension à pied ou à monture. Le 19 juillet 1878, un chemin de fer à crémaillère était commandé à M. Riggenschach ; et celui-ci livrait ledit chemin à l'exploitation, au mois de juillet 1879.

Ces aubergistes suisses sont de vrais *potentats* (ne pas lire *tâtant pots*).

Quoi qu'il en soit, le chemin à crémaillère du Giesbach est une nouveauté fort intéressante à connaître, parce qu'il surpasse en audace tout ce qui avait été construit jusque-là.

Ce chemin de fer funiculaire à crémaillère (fig. 282) part du débarcadère des bateaux à vapeur, sur le lac de Brienz, et s'élève jusqu'à l'hôtel voisin des cascades, à une hauteur de 93 mètres au-dessus de son point de départ. Son développement est de 860 mètres et sa pente moyenne de 28 pour 100. C'est un chemin de fer funiculaire, puisqu'il est tiré par un câble, mais le moteur qui le remorque n'est point la vapeur : c'est la pesanteur d'un certain volume d'eau, empruntée à l'eau de la cascade.

Le câble est en acier, avec une âme en chanvre. Il peut résister à un effort de 20 tonnes. Il n'y a qu'une voie ; ce qui a obligé de construire, au milieu du plan incliné, un croisement, qui s'effectue, d'ailleurs, d'une manière automatique, sans l'emploi d'aucune aiguille directrice. Chacun des trains ascendant et descendant se rend de lui-même sur la voie qui lui est destinée, grâce à une modification apportée au boudin de la

voie de la locomotive, qui lui fait prendre | che selon que le train monte ou descend.
la voie de croisement de droite ou de gau- | Ce railway, très court en définitive, n'a

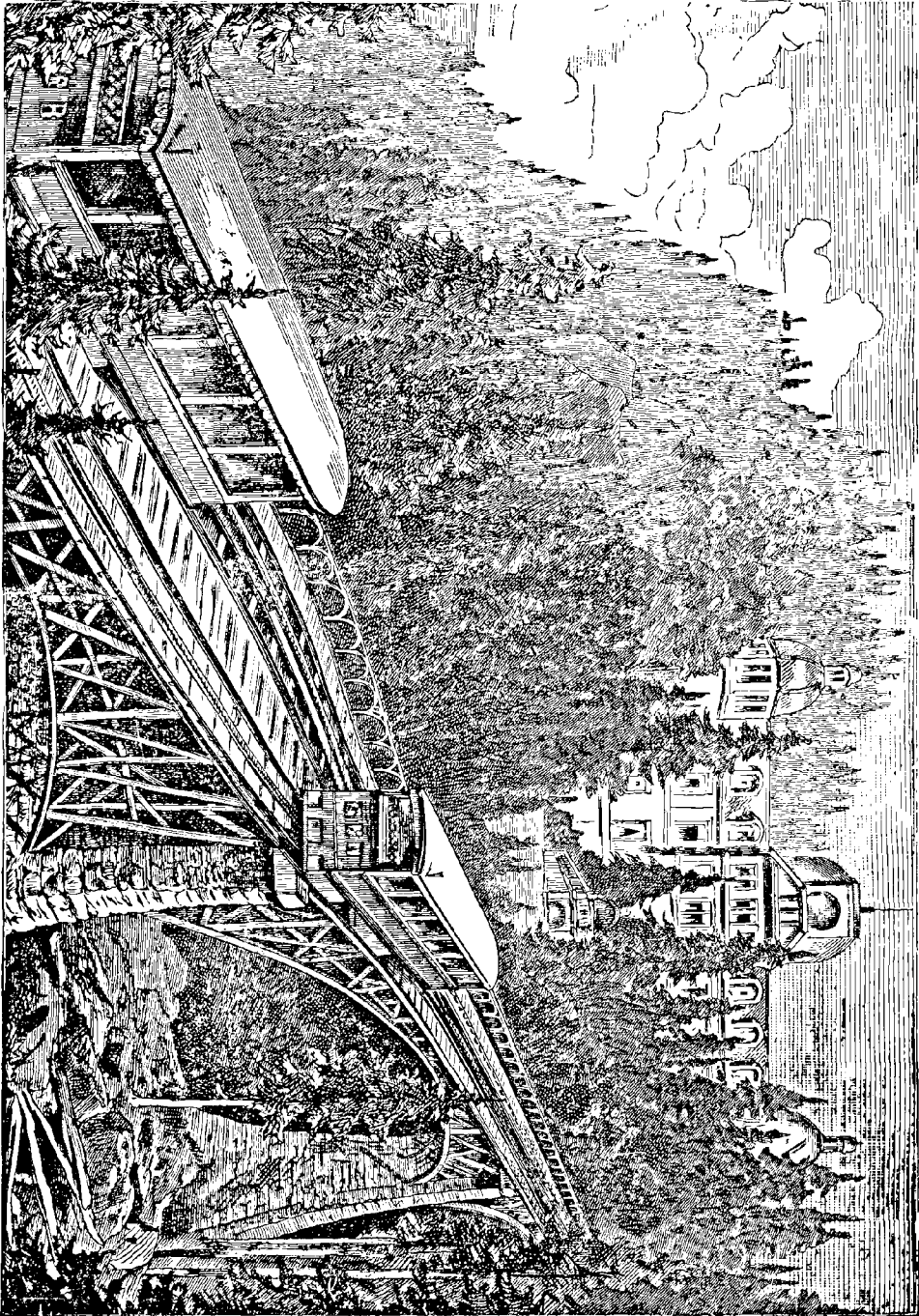


Fig. 282. — Chemin de fer du Giesbach.

d'autre ouvrage d'art qu'un viaduc à 5 | totale du plan incliné. La crémaillère est
arches, qui forme la moitié de la longueur | fixée entre les rails ordinaires, et au milieu

de la voie, comme au Righi. Elle est formée de deux faces latérales, composées de dents de forme trapézoïdale, de douze centimètres carrés de section. Le wagon à voyageurs contient cinq compartiments, qui renferment chacun huit places. Les



Fig. 283. — G'ion et le lac de Genève.

bancs sont disposés en étages superposés, à raison de l'inclinaison que prend le véhicule sur cette voie montante. En avant de ce wagon est la plate-forme, sur laquelle se tient le mécanicien, et d'où il peut faire agir le frein.

Outre les freins ordinaires à sabot, le wagon est muni d'un frein spécial, très puissant

C'est un levier à crochet, maintenu par un contrepoids, lequel est fixé sur la tige de traction. Le contrepoids est soulevé tant que le câble est tendu. Mais si une rupture du câble venait à se produire, le crochet tomberait aussitôt sur la crémaillère ; il se fixerait entre les dents de celle-ci, et le train s'arrêterait.

C'est au-dessous du plancher du wagon que se trouve contenue l'eau, dont la pesanteur sert de force motrice, pour produire la montée et pour modérer la descente. Dans un grand réservoir, au sommet, est réunie une grande provision d'eau, empruntée au courant du Giesbach. Le wagon moteur s'arrête près de ce réservoir, et, sans quitter la plate-forme du wagon, le mécanicien peut remplir la caisse à eau. Bien entendu que la quantité d'eau que l'on introduit dans la caisse dépend du nombre, et, par conséquent, du poids des voyageurs. Quand la course est achevée et le wagon au bas de la rampe, une soupape vide l'eau de la caisse dans le lac.

La durée du voyage n'est que de six minutes. Le railway funiculaire du Giesbach n'est donc qu'une miniature, une réduction de voie ferrée. Mais dans cette réduction on a réuni, comme on vient de le voir, bien des dispositions intéressantes et nouvelles.

Chez Nicolet, au théâtre de la foire, c'était toujours de plus fort en plus fort. Dans les chemins de fer de montagne, aussi. Nous venons de voir, au Giesbach, une voie ferrée présenter la pente de 28 pour 100 et nous avons vu précédemment le chemin de fer funiculaire du Vésuve avoir une inclinaison de 50 à 56 pour 100. Il semblait impossible d'aller plus loin. C'est pourtant ce que l'on a fait dans le dernier chemin de fer à crémaillère dont nous avons à présenter la description. Nous voulons parler du chemin de fer de Territet-Montreux-Glion.

Ce chemin de fer est destiné à relier les

rives du lac de Genève avec les montagnes qui l'environnent. Il remonte la colline de Glion, qui forme, à l'extrémité orientale du lac Léman, un promontoire escarpé et isolé, à peu près comme le Righi, et d'où l'on jouit, sur le lac, d'un panorama comparable à celui du Righi ; c'est ce qui l'a fait appeler le *Righi Vaudois* (fig. 283). Au sommet du Glion se trouvent plusieurs hôtels, qui reçoivent, chaque année, un assez grand nombre de voyageurs.

Montreux est un petit port du lac de Genève où débarquent les bateaux à vapeur. Près de là est Clarens, village célèbre dans l'histoire de la littérature, car c'est là que J.-J. Rousseau place l'un des héros de sa *Nouvelle Héloïse*, et l'on croit retrouver encore à Clarens le *bosquet de Julie*.

Le chemin de fer funiculaire et à crémaillère part de Montreux, ou plutôt de Territet-Montreux, et monte, sans arrêt à Glion.

Ce chemin de fer est né d'une promenade que M. Riggenbach trouva trop fatigante. Un de ses amis, qui arrivait des Indes, l'avait chargé d'une mission particulière pour sa femme, qui habitait sur les hauteurs de Glion. M. Riggenbach débarque à Montreux, et commence, à pied, l'ascension de la montagne de Glion. Au bout d'un quart d'heure, il s'assied sur un des bancs dont la montagne est pourvue, non pour jouir de la vue du lac, mais pour se reposer ; puis il reprend sa marche pedestre.

Dix minutes après, il était forcé de s'asseoir de nouveau.

« Pourquoi n'y a-t-il pas là, se dit-il à lui-même, un de mes chemins de fer ? Cela épargnerait de la fatigue à bien des gens. »

Un quart d'heure après, nouvelle station forcée.

« Et pourquoi ne ferait-on pas ici un chemin de fer à crémaillère ? » se demanda notre ingénieur, en reprenant sa marche.

En arrivant à Glion, épuisé de fatigue, M. Riggenbach se dit :

« Décidément, je ferai ici un chemin de fer à crémaillère. »

Sa visite à la dame de Glion une fois terminée, M. Riggenbach se hâta de redescendre à Montreux, et il n'eut rien de plus pressé que d'aller frapper à la porte de M. Mayor-Vauthier, un des gros bonnets de l'endroit, syndic du Châtelard.

M. Mayor-Vauthier n'accueillit ce projet qu'avec incrédulité. Il trouvait sans doute que si M. Josse était orfèvre et vendait des bijoux, M. Riggenbach était ingénieur et construisait des chemins de fer à crémaillère. Mais M. Riggenbach, en descendant les pentes du Glion, avait arrêté dans sa tête la place où l'on pourrait établir la voie ferrée et le tracé à adopter, et il avait réponse à toutes les objections.

M. Mayor-Vauthier finit par se laisser convaincre ; de sorte qu'au bout de quelques jours, il était le plus chaud promoteur du projet.

M. Riggenbach passa une semaine à Montreux, au bout de laquelle tout était convenu et arrêté. Un comité de notables du canton de Vaud s'était formé, pour mener à bonne fin l'exécution du projet. Les études furent aussitôt entreprises, et le comité obtenait, le 24 juin 1881, la concession des chambres fédérales de la Suisse, pour le nouveau chemin de fer.

Les statuts de la petite société qui s'était formée, furent approuvés par le Conseil helvétique supérieur, le 4 novembre 1881, et les travaux furent entrepris au milieu d'août 1882.

L'exploitation de ce chemin de fer a commencé le 19 août 1883.

Le point de départ est à Territet, bourg aux portes de Montreux, à proximité du débarcadère des bateaux à vapeur ; le point d'arrivée est à Glion. A Montreux est une petite gare, bien aménagée.

La longueur de la ligne est de 680 mètres. La pente maxima est de 56 à 57 pour

100. Elle est, par conséquent, au moins égale à celle du Vésuve, que l'on considérait jusqu'ici comme la plus forte. On gravit, du point de départ à l'arrivée, une hauteur de 304 mètres.

La voie est posée sur deux murs très solides, établis d'un bout à l'autre de la ligne. Les supports des traverses, en fer forgé, sur lesquelles est fixée la superstructure, sont scellés dans des blocs en granit.

Le trajet s'effectue en 7 à 8 minutes. Il fallait, auparavant, une heure en voiture pour monter de Montreux à Glion.

La voie et le système de traction sont les mêmes que sur le chemin de fer funiculaire du Giesbach, que nous avons décrit plus haut. Le câble est actionné par le seul poids de l'eau contenue dans une caisse, installée sous le wagon. Le train montant, formé d'un wagon unique, est rattaché par un câble, qui s'enroule, au sommet, sur une poulie, au train descendant ; lequel est constitué lui-même par un second wagon, de même poids que le premier. Le train descendant forme ainsi contrepoids, pour soulever le train montant. Il faut, bien entendu, que le train descendant soit plus lourd que le train montant. On arrive à ce résultat en remplissant d'eau, à Glion, le réservoir, qui se trouve au-dessous du wagon. Une fois celui-ci descendu au bas de la rampe, il se vide au moyen d'une soupape, laquelle s'ouvre automatiquement, grâce à un obstacle qui se trouve placé au point d'arrêt du wagon, et l'eau s'écoule.

Sans eau ni voyageurs, l'unique voiture qui compose le convoi, pèse huit tonnes. Moins les personnes qu'il porte, c'est le poids du train ascendant. Pour obtenir la mise en mouvement, il faut, en supposant que le wagon ascendant soit complet, amener le wagon descendant à peser quinze tonnes, c'est-à-dire qu'il faut ajouter au poids net sept tonnes, soit d'eau, soit de voyageurs. A chaque voyage le télégraphe

indique, à la station de Glion, le nombre de touristes qui ont pris place dans le train, à Territet, et l'on ajoute la quantité d'eau nécessaire à la rupture de l'équilibre.

L'inclinaison totale de la voie est de 312 mètres. Mais la pente n'est pas uniforme, elle est de 57 pour 100 dans la partie supérieure sur une longueur de 300 mètres environ, et, dans le bas, de 30 pour 100



M. Riggenthal.

seulement, sur un parcours presque égal. Ces deux pentes sont raccordées par une courbe.

La voie est pourvue d'une crémaillère, mais cette crémaillère n'est destinée qu'à retenir le train descendant sur la rampe. Elle ne sert nullement, comme celle du Righi, à fournir un point d'appui à la force motrice. Cette crémaillère est, d'ailleurs, identique à celle du Righi.

Le câble est un fil d'acier entourant une âme de chanvre. Il est enroulé, au sommet du plan incliné, sur une poulie, de 3^m,5 de

diamètre, et les deux brins sont ramenés dans l'axe des voies, par des godets latéraux.

La voiture est à trois étages, formant, chacun, un compartiment à huit places. On peut donc mettre, dans le wagon, vingt-quatre voyageurs. Il est encore possible de placer un certain nombre de personnes debout, sur une galerie qui règne à l'arrière de la voiture.

A l'extrémité inférieure du wagon est une plate-forme, sur laquelle se trouve le mécanicien.

La voiture se compose de deux parties, bien distinctes : la caisse, destinée à recevoir les voyageurs, et le châssis qui la supporte et contient tout le mécanisme.

Le châssis, ou la carcasse du wagon, est complètement en fer, et ne manque pas d'analogie avec un châssis de locomotive. Il est porté sur deux paires de roues, dont les essieux tournent dans des boîtes à graisse, comme dans un wagon ordinaire, ou dans une locomotive.

Le wagon étant en pente, puisque la rampe de la ligne atteint en certaines parties, 57 pour 100, l'un des essieux est plus élevé que l'autre ; les roues ont le même diamètre.

L'essieu supérieur commande le frein à air ; celui-ci fonctionne toujours plus ou moins pendant la marche descendante du wagon. L'essieu inférieur porte le frein à friction, pouvant fonctionner soit à la main, soit automatiquement.

Entre les deux essieux se trouve la caisse à eau, destinée à être remplie à Glion et vidée à Territet. L'eau donne au wagon descendant un poids supérieur à celui du wagon montant. On conçoit que les deux wagons étant, comme on vient de le dire, suspendus aux deux extrémités d'un même câble, qui passe à Glion sur une poulie, le wagon le plus lourd descendant sur l'une des voies, fera remonter sur l'autre voie le wagon le plus léger.

Tel est le mécanisme du chemin de fer de Territet-Montreux-Glion.

Les freins, question capitale dans une pareille entreprise, sont au nombre de trois par voiture; ils ont chacun une fonction spéciale, un peu différente, tout en concourant au même but. La voiture ayant deux essieux, un frein est fixé sur chacun des essieux.

Une roue dentée, en acier, engrène avec la crémaillère. Celle-ci est formée de deux

joues en fer, de 12 millimètres d'épaisseur, assemblées par la denture rivée, en acier. La largeur de la denture est de 120 millimètres, le pas de 100 millimètres, les dimensions des dents sont de 43 et 36 millimètres. Des griffes en fer, fixées à la voiture, embrassent, par-dessous, le rebord supérieur des roues, et empêchent le dégrènement.

Sur l'essieu inférieur sont fixés, à droite et à gauche de la roue dentée, deux tambours-freins, à gorges nombreuses, enfermés

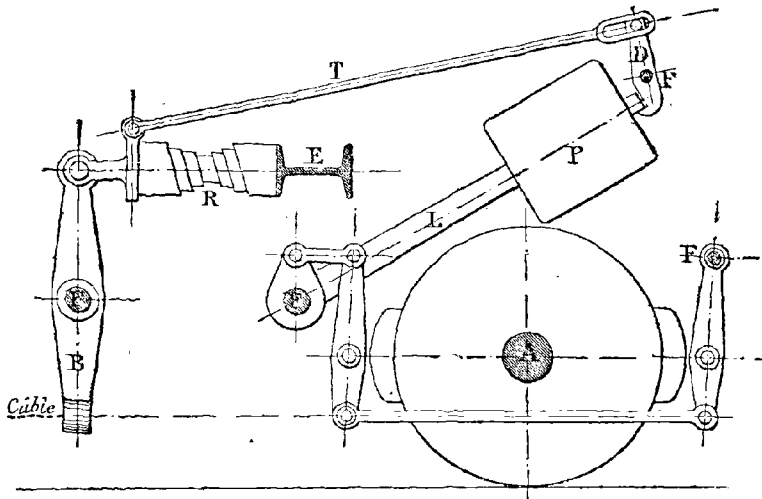


Fig. 285. — Coupe du frein des voitures du chemin de fer de Montreux à Glion.

E, axe fixe par rapport au wagon; — B, balancier comprimant le ressort R lorsque le câble agit; — E, entre-toise du châssis de wagon; — T, tige qui, sous l'action du ressort, R, fait échapper le levier de déclanchement, D; — L, levier portant un contrepoids, P.

entre deux sabots de friction, en bronze, pouvant se serrer par des genouillères. Un de ces systèmes est manœuvré par le conducteur de la voiture descendante, qui ne doit jamais abandonner son levier. L'autre système est automatique, et ne doit fonctionner qu'en cas de rupture du câble. Néanmoins, au besoin, le conducteur peut également le faire agir au moyen d'une poignée qu'il a sous la main.

Pour faire mieux comprendre le fonctionnement de ce frein, nous en donnons un dessin théorique (fig. 285).

Sur un axe E, destiné à faire serrer le frein automatique, sont fixées, en équerre, deux

leviers: l'un court, auquel est relié le câble; l'autre plus long, chargé d'un lourd contrepoids, soutenu par un doigt de déclat, très sensible. En cas de rupture du câble, le ressort R, se détend et fait échapper, par l'intermédiaire de la tige T, le levier de déclanchement, D, qui porte l'extrémité du levier, L. Celui-ci, laissé libre, tombe, entraînant le poids, P; et serrant le frein qui enraye l'essieu, vient s'appuyer contre les dents de la crémaillère fixée au milieu de la voie.

Un modèle en petit sert à démontrer au public, s'il veut être rassuré, le fonctionnement de cet appareil; mais des expériences

en grand se font quelquefois involontairement, lorsque, par quelque irrégularité de marche, le câble éprouve un instant de détente.

Le troisième frein qui est appliqué à l'autre essieu, est à air comprimé. Il est destiné à modérer automatiquement la descente. A cet effet, l'essieu porte une seconde roue d'engrenage, faisant marcher, par un pignon, un arbre à manivelle. Cette manivelle actionne une pompe, qui comprime de l'air dans un réservoir. Plus l'air se comprime, plus la force qui fait tourner l'arbre à manivelle et qui est produite par la progression de la voiture, éprouve de résistance. Le conducteur en règle et en modère le fonctionnement à volonté. Quand la voiture monte, la pompe marche à vide.

Le chemin de fer de Montreux à Glion présente, avons-nous dit, une pente à peu près égale à celle du Vésuve : de 56 à 57 pour 100.

Cette pente extraordinaire effrayait singulièrement, il faut le dire, les voyageurs, aussi bien que les gens du pays. Pour répondre à toutes ces craintes, M. Riggenbach annonça, pour le jour de l'inauguration, une expérience extraordinaire. Il se vanta de descendre la montagne sans le secours du câble, c'est-à-dire avec le seul soutien des freins et de la crémaillère.

Cette expérience hardie eut lieu le jour de l'inauguration, le 8 août 1883. M. Riggenbach descendit la montagne du Glion, en retenant seulement son wagon par les freins, sans avoir recours au câble de suspension. Le wagon avançait seul, sur cette pente vertigineuse. Il marchait ou s'arrêtait au gré du conducteur, qui agissait sur les freins, comme s'il eût été retenu par le câble. Il convient d'autant mieux de conserver le souvenir et le récit de cette expérience, qu'elle témoigne à la fois du courage et du sang-froid de l'ingénieur qui osa l'exécuter, et en même temps de l'efficacité des

dispositions adoptées pour prévenir toute catastrophe.

Quand on connaît la pente du Glion, qui se dresse presque à pic au-dessus du Léman, il semble impossible de faire remonter des wagons sur cette rampe, dont le sommet ne peut être vu qu'en se renversant en arrière. Il semble surtout impossible que les wagons puissent y descendre autrement que pour se précipiter dans le lac, avec une vitesse effroyable, et après avoir tout broyé sur leur passage.

L'expérience du 8 août 1883 prouva que l'on peut faire descendre le wagon, sans sa contre-partie, le train montant, avec un seul point d'arrêt et d'appui, à savoir, les freins.

On était accouru de Lausanne, de Vevey, de Clarens, de Montreux et des environs, pour voir ce spectacle. A Territet, six ou sept cents curieux étaient échelonnées le long des routes, entassés sur les deux ponts qui dominent la voie, juchés sur le toit en terrasse du café de Territet.

Il est cinq heures. Les membres du Conseil d'administration et quelques invités ont pris place, dans la gare de Territet, sur les quais et l'escalier d'embarquement. Leur président M. Mayor-Vauthier, tient un drapeau rouge, qui doit servir à donner le signal. En haut du Glion, au-dessus des têtes, le wagon attend, suspendu à ses amarres, sous le premier pont, à mi-chemin de la rampe, à environ deux cents mètres au-dessus de Territet, M. Riggenbach y est déjà monté. C'est un homme de soixante-trois ans, à l'aspect puissant, aux épaules carrées, au torse athlétique. M. Kelterborn, ingénieur, un de ses collaborateurs, M. Meyer, chef de pose, prennent place à ses côtés. Derrière se tiennent MM. Faucherre, membre du Conseil d'administration, et Émery, qui ont voulu partager les périls de la descente.

Il était convenu que, pour donner le

signal, on attendrait le train de Lausanne, qui arrive à 5 heures.

A 5 heures le train paraît. M. Mayor-Vauthier lève son drapeau rouge. Toutes les lorgnettes se braquent, avec l'inclinaison que lui donne, dans un théâtre, un spectateur de l'orchestre qui veut regarder le lustre. Un autre drapeau répond à ce signal, du haut de la montagne.

Le wagon s'ébranle, et commence de descendre avec lenteur. M. Mayor-Vauthier abaisse le drapeau, le wagon s'arrête; il le lève de nouveau, le wagon se remet en marche, toujours avec la même allure, singulièrement calme. Aucun câble ne l'attache; c'est par le seul effet des freins qu'il est retenu. On se demande quelle main mystérieuse l'arrête sur l'abîme, quel phénomène étrange dompte ainsi les lois de la pesanteur, et fixe dans l'espace cette masse énorme. Ce spectacle est effrayant et admirable à la fois.

Au bout de trois minutes, le wagon est au bas de la rampe. Chacun respire, le danger est passé. On acclame M. Riggenbach, qui a fait cet émouvant essai, dans lequel sa responsabilité était si gravement engagée. Lui, cependant, saute à terre, le cigare aux lèvres, et de l'air le plus indifférent du monde. Alors des coupes se remplissent de vin d'honneur, on les tend aux voyageurs, et une petite fille remet une couronne à M. Riggenbach; M. Mayor-Vauthier l'embrasse avec effusion, au milieu des bravos et des applaudissements de tous.

Deux jours après, c'est-à-dire le 10 août 1883, eut lieu l'inauguration de cette espèce d'ascenseur à 56 pour 100 de pente, au milieu d'un grand concours de populations voisines, et bientôt les étrangers affluaient, pour faire l'ascension de la montagne.

Nous ajouterons, pourtant, qu'en dépit de toutes les mesures de précaution, le chemin de fer de Montreux-Glion ne laisse

pas que de faire naître quelques appréhensions. On y regarde à deux fois avant d'entreprendre un pareil voyage. Mille billets seulement furent distribués dans le premier mois, huit mille seulement dans le second.

Je n'ai pas vu le nouveau railway du canton de Vaud, mais une personne revenue de Suisse, m'a assuré que l'impression du touriste sur ce vertigineux hissoir est vraiment trop pénible, et que bien des gens préférèrent la simple montée pédestre à ce grand mât de Cocagne en fer, qui vous donne le vertige et l'épouvante, à la montée comme à la descente.

On a dit de l'avocat Crémieux, qui fut un des ornements du gouvernement de la Défense nationale, en 1871, qu'il « abusait de la permission qu'ont les hommes d'être laids ». La voie ferrée de Territet-Glion abuse de la permission qu'ont les chemins de fer de montagne, de faire peur.

Les chemins de fer construits sur les types divers que nous avons décrits dans cette Notice, se multiplient chaque jour. La Suisse, pays naturellement désigné pour ce genre de constructions mécaniques, voit sans cesse en augmenter le nombre, et les autres pays de montagne, dans les régions fréquentées par les touristes, s'empressent d'entrer dans la même voie.

Pour ne parler que du créateur de ce système, M. Riggenbach a établi, depuis 1883, plusieurs autres chemins de fer funiculaires à crémaillère, en Suisse et dans d'autres pays. Il en a posé un à Lucerne même, pour monter au Gütsch. La longueur de cette voie n'est que de 180 mètres et la hauteur à vaincre de 80 mètres. Le trajet se fait en 2 minutes.

M. Riggenbach a établi d'autres chemins de fer à crémaillère desservis par des locomotives, à savoir: au *Concovado* près de Rio de Janeiro (longueur, 3,5 kilomètres; pente maxima, 30 pour 100; hauteur à

gravir, 800 mètres). — Au *Rudenheim*, | 250 mètres; pente maxima, 20 pour 100.)
 pour monter au *Niederwald*, où se trouve | près de Stuttgart, pour monter à *Digenlach*
 le grand monument national allemand | (longueur 2 kilomètres; hauteur à gravir, 200
 (longueur, 2 1/2 kilom. ; hauteur à gravir, | mètres; pente maxima 18 pour 100), au

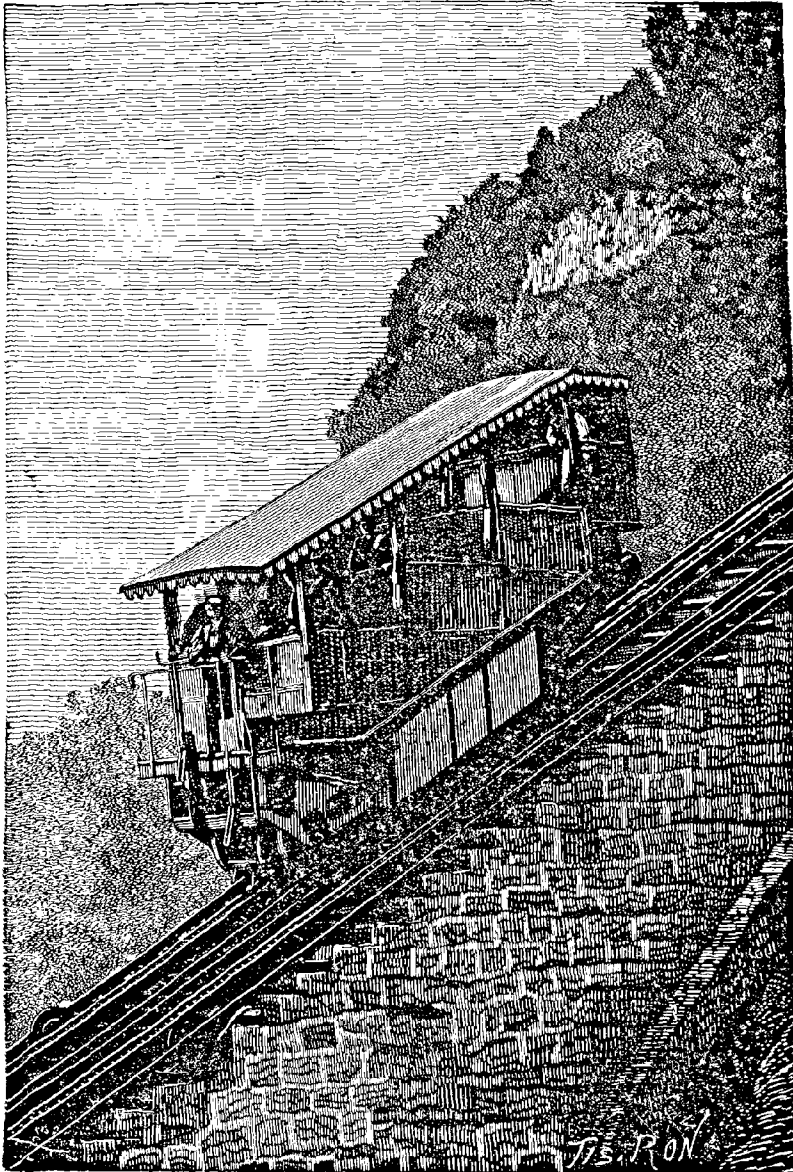


Fig. 286. — Wagon du chemin de fer funiculaire de Territet-Montreux-Glion.

Manienhutte, en Hongrie, chemin de fer du système mixte, pour desservir des carrières et mines appartenant à l'archiduc Albert d'Autriche.

Nous citerons enfin un second chemin de fer funiculaire créé à Lisbonne, pour relier le bas avec le haut de la ville, par la rue de la Gloxia, et une très courte ligne à câble,

construite en 1885 à Lugano par l'ancien ingénieur de M. Riggenbach.

En octobre 1886, un chemin de fer à câble, construit par l'ingénieur Ferretti, a

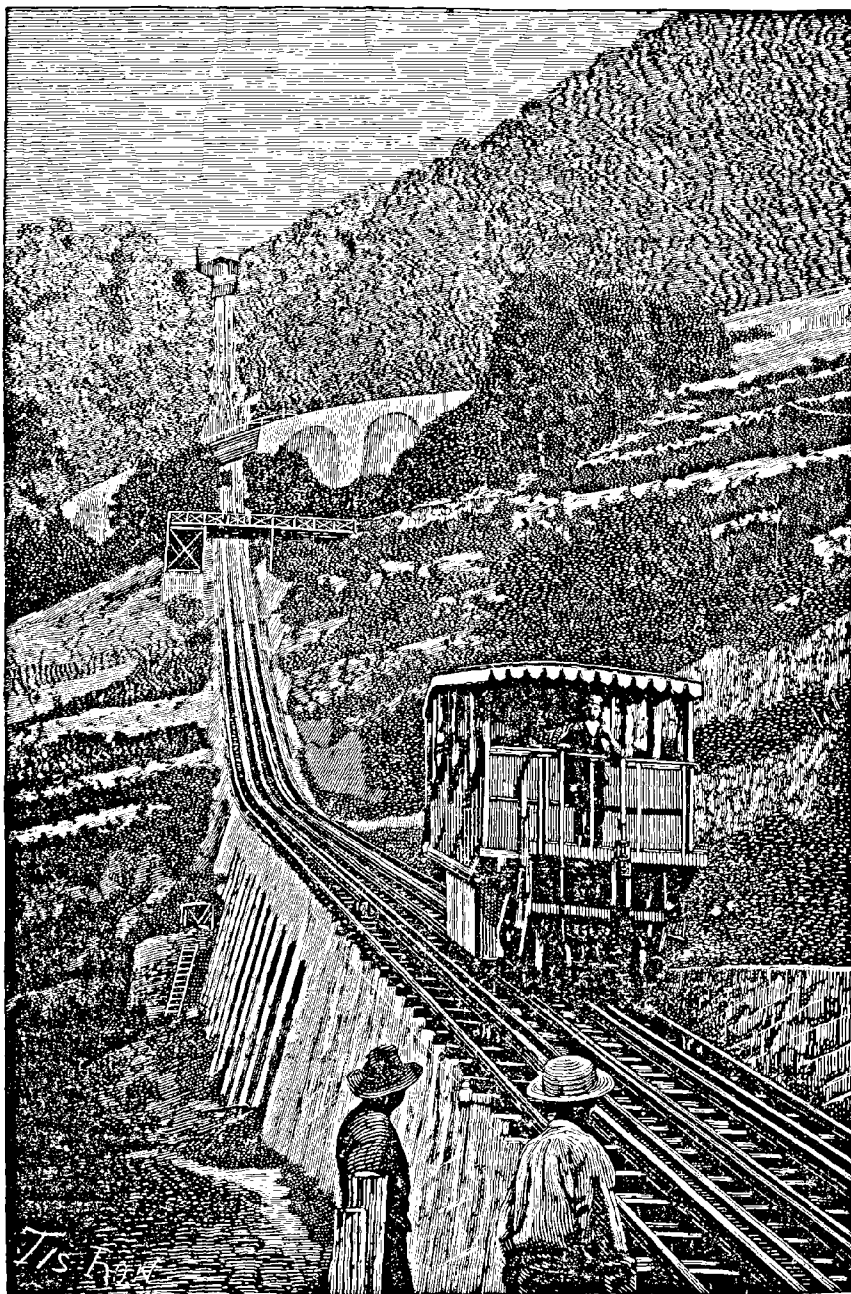


Fig. 287. — Le chemin de fer funiculaire de Territet-Montreux-Glion.

été inauguré à Mondovi (province de Cuneo) et met en communication la partie séparée de la ville, qui compte près de 40,000 ha-

bitants, avec la ville. La longueur de la ligne est de 550 mètres et la différence de niveau des deux stations est de 120 mètres.

La force motrice est fournie par une machine à vapeur de la force de 8 chevaux ; les wagons sont à 24 places et la durée du trajet est de 8 minutes. Dans la journée, on peut faire plus de 100 voyages. Le même ingénieur doit construire une ligne semblable à Bergame. En outre, Naples a accordé les concessions pour deux chemins de fer à câbles, avec moteur fixe. Chacune de ces lignes sera à double voie avec un mètre d'écartement.

De toutes ces voies de montagnes, la seule qui présente pour nous quelque intérêt, c'est la ligne ascendante allant de Rudenheim aux hauteurs du Niederwald, près de Bingen, à quelques lieues de Mayence.

C'est que le bourg de Rudenheim est situé sur la rive gauche du Rhin, presque en regard du lieu où se dresse, en plein fleuve, la sombre *Tour des rats*, la *Maüesturm*.

Une vieille gravure représente la *Maüesturm*, tout entourée d'eau noires et profondes, délabrée, en ruines, sous l'abri de longues collines, qui la couvrent d'une ombre éternelle. Le ciel est noir et plein de nuages. La tour, déchiquetée au sommet, est percée d'une porte à quelques pieds du niveau de l'eau, et de quatre fenêtres, inégales, à travers lesquelles transpire un jour gris et blafard. Tout le paysage est lugubre et désolé.

La *Tour des rats* est populaire en Allemagne, grâce à la légende qui s'y rattache, et elle est également célèbre en Angleterre, parce que l'un de ses poètes, Southey, en a fait le sujet d'un long récit en vers.

J'ai entrevu, dans un voyage en Allemagne, la vieille tour du Rhin, et si vous le permettez, lecteur, je vous dirai, pour terminer ce chapitre, dans quelles circonstances assez singulières, j'eus cette fantastique vision.

J'avais publié, en 1848, de concert avec

Mialhe (mort en 1886), une série d'analyses d'eaux minérales chlorurées françaises, et d'eaux minérales chlorurées d'Allemagne, afin d'établir la complète analogie entre ces deux groupes d'eaux naturelles. Il était prouvé, dans ce mémoire, que les eaux minérales françaises de Bourbonne, de Balaruc, de Niedederbronn, etc., sont les parfaits analogues des eaux de Wiesbade, de Hombourg, de Bade, de Baden, de Nauheim, de Kissingen, de Kreuznach, etc., et que, par conséquent, il n'y avait aucune raison d'aller demander aux eaux d'Allemagne un traitement que l'on pouvait trouver avec autant d'avantages en France.

Ce travail a dû porter ses fruits, si l'on considère que les Français ont déserté, depuis bien des années, les eaux minérales de l'Allemagne, et que le courant des malades qui se dirigeait autrefois vers Bade, Hombourg, Nauheim, Kreuznach, ou Kissingen, se porte aujourd'hui à Bourbonne, à Balaruc, etc.

Quelque vingt ans après la publication de ce travail, j'eus l'idée d'aller visiter les eaux minérales des bords du Rhin, afin de faire connaissance sur place avec des eaux que je n'avais examinées qu'en bouteilles, afin de voir en pleine nature ce que je n'avais vu qu'au fond d'un laboratoire.

Mais pour aller à Wiesbade, à Kissingen, à Kreuznach, il faut traverser Cologne, Francfort et Mayence. Je fis donc ce que l'on appelait alors *le voyage des bords du Rhin*, et ce que l'on désigne encore aujourd'hui sous ce même nom, bien que, voyageant toujours en chemin de fer, on n'aperçoive le Rhin que sur l'une de ses rives, et à travers les vitres d'un wagon.

Je ne dirai rien de ce voyage le long du fleuve allemand, sinon que les vues pittoresques y abondent, et que cette longue succession de collines verdoyantes, de vieux châteaux perchés sur des hauteurs, et de

prairies, plus ou moins ombragées, est un charme continu pour les yeux : mais que, d'autre part, les villes où l'on croit devoir s'arrêter, offrent à l'esprit bien peu de satisfactions artistiques et de motifs d'instruction. Les villes d'Allemagne m'ont laissé singulièrement froid, et sans aucune impression, ni souvenir utile. Comment se fait-il, que le plus petit bourg de l'Italie vous réserve de charmantes surprises artistiques, tandis que les plus grandes villes d'Allemagne soient si pauvres en produits de la science et de l'art ? Francfort est un vaste marché, dans une ville froide et nue ; Mayence, avec ses gares de chemins de fer fortifiées ; ses glacis et ses talus, n'est qu'une ville de guerre rébarbative et maussade ; Cologne, une cité sans physionomie. Seules, les petites villes de Hombourg et de Wiesbade m'ont séduit, parce qu'elles s'étendent toutes deux dans des plaines riantes et fertiles ; peut-être aussi parce que les eaux minérales de ces deux stations répondirent à tout ce que j'allais y chercher, et que mon bonheur était, comme disent les métaphysiciens allemands, *subjectif* et non *objectif*, c'est-à-dire, en français, pris en dedans de moi et non au dehors.

Quoi qu'il en soit, et dùt-on me jeter toutes les pierres des musées de Mayence et de Francfort, les villes des bords du Rhin m'avaient « ennuyé ferme », comme dit un vieux critique de théâtre, tandis que les bords du Rhin m'avaient enchanté. C'est pour cela qu'en revenant de Kreuznach, pour rentrer à Paris, je voulus laisser dans mon esprit une impression quelque peu forte et durable de l'Allemagne que j'allais quitter, et que je résolus, dans ce but, de m'arrêter à Bingen, pour voir la tour fantastique du Rhin.

Parti de Kreuznach, à deux heures, j'arrivais à Bingen à six heures du soir. A peine a-t-on quitté Bingen, et laissé à droite l'embouchure de la Nahe, que l'on passe à côté d'un rocher de quartz, sur lequel

s'élève, au milieu du fleuve, le *Maüesthurm* (*Tour des rats*). Là est une station de chemin de fer. Je me hâtai d'y descendre, pour aller visiter la *Tour des rats*.

Mais la marche, pour se rendre au bord du fleuve, fut difficile. Il était huit heures, et la nuit était venue quand j'arrivai au Rhin. Aucun bateau ne se voyait en ce moment sur le fleuve, aucun batelier sur le bord. Et le premier train venant de Bingen partait le lendemain, de très bonne heure. Il fallait se contenter de contempler de loin le vieux monument perdu dans la brume des eaux et les ténèbres de la nuit.

Je m'assis sur la rive, et me remémorai mentalement la légende à laquelle le *Maüesthurm* doit sa célébrité.

Vers l'an 1050, l'évêque de Mayence s'appelait Hatto. C'était un homme cruel et avide. Pendant une disette qui sévissait en Allemagne, il eut l'idée d'acheter tout le blé des pays environnants, et de l'enfermer dans ses greniers, pour le revendre à des prix exorbitants. Aussi le peuple mourait-il de faim. Bientôt une émeute éclata. La foule entourait le palais de l'archevêque, demandant à grands cris du pain. Mais le méchant prêtre demeurait insensible aux plaintes, comme aux menaces. Et, la sédition ne s'arrêtant pas, il donna l'ordre à ses archers de saisir hommes, femmes, vieillards, et de les enfermer dans une grange.

Le peuple entourait la grange, menaçant d'enlever les prisonniers.

Alors le terrible archevêque ordonna de mettre le feu à la grange ; et tous les malheureux qui s'y trouvaient périrent dans les flammes, en poussant des cris lamentables.

Hatto ne fit querire de ce spectacle affreux, et par une allusion aux cris de douleur de ses victimes il s'écria :

« Entendez-vous siffler les rats ? On me remerciera d'avoir débarrassé le pays des rats qui mangeaient tout son blé ! »

Le lendemain, Mayence était consterné et la sédition du peuple apaisée. Seulement, dit la légende, on vit alors un étrange spectacle. De la grange réduite en cendres, sortaient des légions de rats. Ils venaient de dessous terre, ils surgissaient d'entre les pavés; ils remontaient des caves et descendaient des murs, inondant les rues, les places et les maisons. Toute cette pullulante engeance, tous ces hideux et noirâtres bataillons, se dirigeaient vers le palais de l'archevêque, lequel, effrayé, se hâta de quitter Mayence et de gagner la plaine.

Les rats le suivirent dans la plaine.

Hatto courut s'enfermer dans Bingen, ville défendue par de hautes murailles; mais la fourmillante armée le suivait toujours. Elle franchit, de ses millions de pattes velues, les remparts de Bingen, chassant devant elle le coupable auteur du forfait de Mayence.

L'archevêque quitta précipitamment Bingen, et traversant le Rhin, il alla se cacher dans une tour qui se dressait au milieu du fleuve. Il espérait que la barrière naturelle des eaux le défendrait. Mais les rats sont bons nageurs. Ils passent le Rhin à la nage, et pénètrent dans la tour, où l'archevêque, bloqué entre les murailles, ne peut trouver d'issue. Hatto se réfugie dans une basse fosse, mais les rats vengeurs l'y suivent, et le dévorent tout vivant.

C'est pour cela que le peuple, dit la légende, appelle cette tour la *Tour des rats*.

Hâtons-nous de dire que l'histoire est loin d'être d'accord avec la tradition populaire. L'austère dame prétend que la tour de Bingen n'existait pas au onzième siècle, et qu'elle ne fut construite que deux siècles après la mort de Hatto, par l'archevêque de Mayence, Sigfried.

Quant à la destination réelle de cette tour, les érudits assurent qu'elle servait à percevoir, au profit de la ville de Bingen, un droit de péage sur les bateaux qui franchissaient cette partie du Rhin, le lit du fleuve étant

fort rétréci en ce point. En effet, *Maus en allemand* veut dire *péage*. Les mêmes érudits ajoutent qu'il y avait, au commencement de notre siècle, à Strasbourg, deux tours pareilles, consacrées à une perception d'impôt sur une partie du cours du Rhin, et qui, pour cette raison, s'appelaient aussi *Maüesthurm*.

Victor Hugo, dans le *Rhin*, estime que ces deux opinions peuvent se concilier.

« Il n'est pas absolument impossible, dit l'illustre écrivain, que vers le seizième ou le dix-septième siècle, après Luther, après Érasme, des bourgmestres, esprit forts, aient utilisé la tour Hatto, momentanément installé quelque taxe et quelque péage dans cette ruine mal hantée. Pourquoi pas? Rome a bien fait du temple d'Antonia, sa douane (1). »

Chacun peut choisir entre la légende et l'histoire. Pour moi, il me suffit d'avoir entrevu, dans le glauque brouillard des eaux, et à travers les ombres du soir, la fantastique tour, dont l'aspect me laissa une impression vive et profonde. N'est-ce pas beaucoup, pour l'artiste, qu'une poétique et saisissante vision, qu'elle soit légende ou vérité?

En contemplant la sombre tour à demi noyée dans les ténèbres et dressant encore vers le ciel ses longues murailles éventrées, il me semblait en voir sortir tous les fantastiques héros des légendes, gracieuses ou terribles, de la vieille Allemagne.

Hélas! nous en étions encore, en 1868, à croire aux légendes qui nous représentaient l'Allemagne comme une tranquille et inépuisable source de poésie et de sentiments. Nous croyions alors à la tendre Gretchen, à la rêveuse Marguerite, aux jeunes filles allant à la fontaine, en longues tresses blondes; aux cœurs naïfs et tendres des adolescents d'outre-Rhin. Le canon de Sedan

(1) In-18, tome II, édition de 1855, page 55.

et nos villes incendiées ont fait cruellement évanouir la menteuse auréole que notre crédulité avait mise au front des habitants de l'Allemagne; de sorte que quelquefois, au fond de moi-même, je me prends à me reprocher, comme une erreur, l'heure de

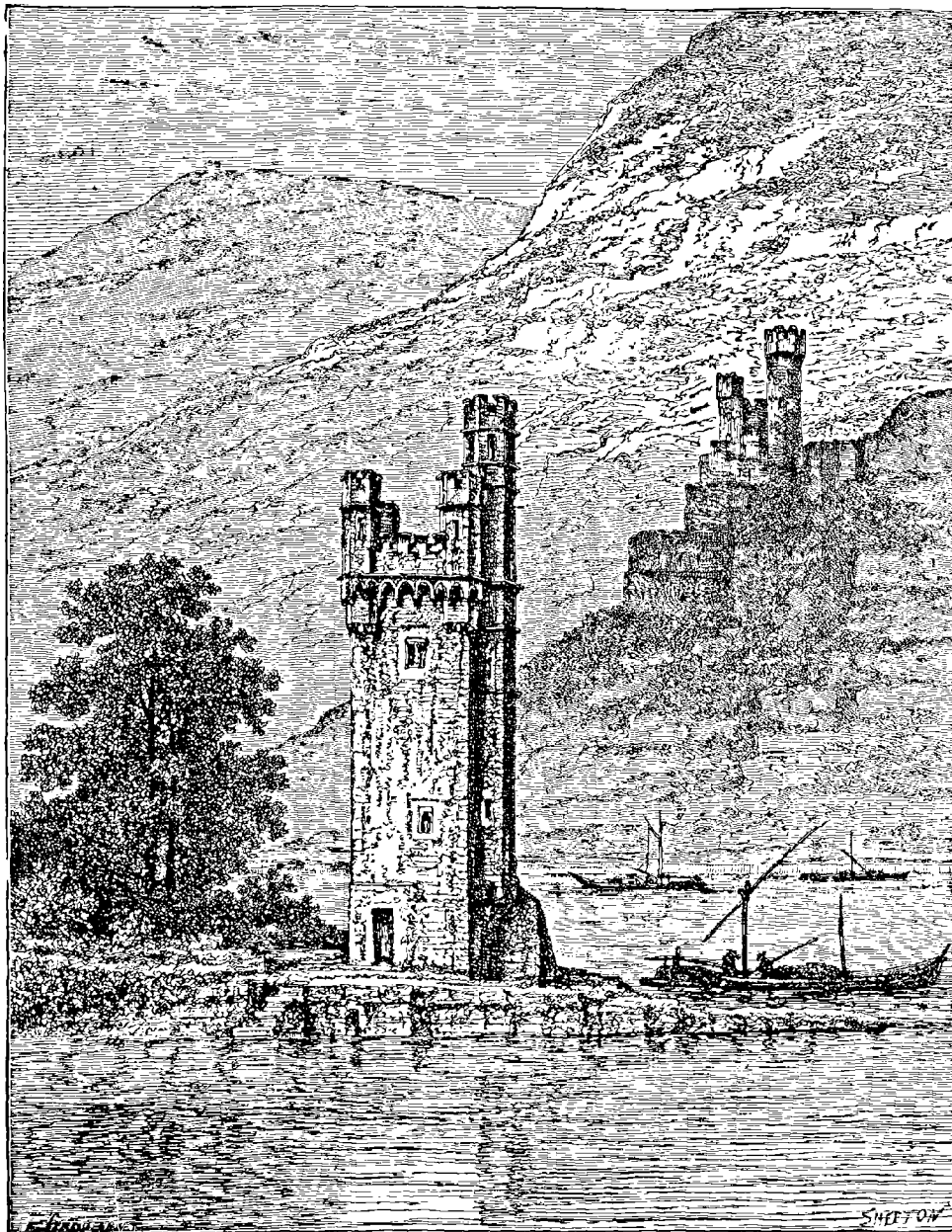


Fig. 288. — La Tour des rats.

réverie passée, par une nuit sombre, aux bords solitaires du Rhin.

Pour en revenir, non à nos moutons, mais à nos crémaillères, nous dirons que

c'est sur l'autre rive du Rhin, non loin de la *Tour des rats*, c'est-à-dire à Rudesheim, que commence la ligne du chemin de fer *funiculaire à crémaillère*, construite par

M. Riggenbach, en 1880. La voie serpente pour s'élever jusqu'au sommet du Niederwald, où se trouve la statue monumentale, *la Germania*, que le gouvernement prussien fit élever, en 1883, en l'honneur de ses victoires.

Mes lecteurs savent, par le procès qui fut jugé à Leipsig, à la fin de décembre 1884, que c'est au Niederwald que les trois socialistes allemands, Reinsdorf, Rupsch et Kùchler, avaient comploté de faire sauter, par une mine chargée de dynamite, et placées sous la statue *la Germania*, l'empereur Guillaume et les princes allemands le jour de l'inauguration de ce monument national.

CHAPITRE XII

LES NOUVEAUX MOYENS DE SÉCURITÉ SUR LES CHEMINS DE FER. — LES FREINS CONTINUS. — LES FREINS A AIR COMPRIMÉ ET A VIDE.

Nous arrivons aux nouveaux moyens de sécurité qui, adoptés sur les voies ferrées de l'Europe, ont permis de réduire désormais, dans une proportion insignifiante, le nombre des accidents.

Les renseignements statistiques qui vont suivre, établiront suffisamment le petit nombre d'accidents que l'on a aujourd'hui à regretter, comparativement aux quantités immenses de voyageurs qui ont parcouru les lignes. C'est ainsi qu'en 1875, tandis que 135 millions de personnes voyageaient sur les lignes des six grandes Compagnies de chemins de fer français, on ne comptait que 3 personnes tuées, c'est-à-dire une victime sur 45 millions de voyageurs.

Le nombre des accidents sur les voies ferrées n'a pas toujours été aussi minime. Nous empruntons à une statistique officielle les renseignements suivants sur le nombre des victimes d'accidents de chemins de fer en France, en Angleterre et en Belgique.

Pendant la période de 1839 à 1854, c'est-à-dire pendant l'enfance des chemins de fer, on comptait :

	1 tué sur	1 blessé sur
France.....	1.955.535	496.551
Angleterre.....	5.256.390	311.345
Belgique.....	8.861.804	2.000.000

La période qui s'étend de 1859 à 1869, accuse un sérieux progrès dans les trois pays.

On y compte :

	1 tué sur	1 blessé sur
France.....	13.323.014	673.927
Angleterre.....	15.229.073	407.260
Belgique.....	13.000.033	1.793.108

Enfin, pendant la période de 1872 à 1879, les progrès ont continué en France, mais non en Angleterre, où le nombre des tués est, proportionnellement, deux fois plus élevé que dans notre pays, comme le témoignent les chiffres suivants :

	1 tué sur
France.....	27.879.000
Angleterre.....	13.423.000
Belgique.....	25.289.421

Si, maintenant, en ce qui concerne seulement la France, nous nous reportons à la statistique publiée en 1879, par le ministère des travaux publics, nous voyons que les accidents de chemins de fer, dans notre pays, se sont élevés, pendant la période décennale de 1868 à 1877, au chiffre total de 773, pour les six grandes Compagnies françaises.

Ces accidents ont été funestes à 2,376 personnes, parmi lesquelles 218 ont été tuées et 2,158 blessées. Les morts se répartissent pour chacune des dix années, de la manière suivante :

1868, 4 personnes tuées. — 1869, 2 personnes. — 1870, 35 personnes. — 1871, 155 personnes. — 1872, 7 personnes. — 1873, 0 personne. — 1874, 1 personne. — 1875, 3 personnes. — 1876, 6 personnes. — 1877, 5 personnes.

L'année 1871 est la plus chargée. Pourtant c'est l'année où il a été transporté le moins de voyageurs (environ 9 millions), tandis que la moyenne est de 440 à 450 millions. Mais il est facile de se rendre compte de cette augmentation, qui provenait de l'état défectueux de nos voies ferrées, à la suite de la guerre.

En 1873, comme il est dit plus haut, trois personnes seulement périrent en France, par suite d'accidents sur les voies ferrées. Aucune mort en 1873.

A quelles causes faut-il attribuer le petit nombre d'accidents que l'on est heureux de constater aujourd'hui sur les lignes françaises? Un rapport adressé en 1880, au Ministre des travaux publics, sur les *moyens de prévenir les accidents de chemins de fer*, donne à cet égard des renseignements intéressants. Aussi résumerons-nous ici ce travail, dû à un inspecteur général des mines, M. Guillebot de Nerville, et qui était le résultat des travaux d'une commission d'enquête, composée de MM. Cacarié, Meissonnier, Tournaire, inspecteurs généraux des mines; Millard, Rousselle, Brame, inspecteurs des ponts et chaussées; Collignon, ingénieur en chef des ponts et chaussées, Vicaire, ingénieur des mines, et Ledoux, attaché au contrôle des chemins de fer Paris, Lyon-Méditerranée.

M. Guillebot de Nerville aborde successivement, dans son rapport, tout ce qui concerne la *voie*, les *signaux*, le *matériel roulant*, les *freins* et l'*exploitation*.

Voie. — Toutes les Compagnies, dit le rapporteur, font de la voie l'objet de leurs soins les plus constants, et l'on substitue partout les rails d'acier aux anciens rails de fer. Les Compagnies d'Orléans et du Midi emploient toujours le rail à double champignon, lequel paraît donner une voie fort stable. La Compagnie d'Orléans a en ce moment 1/5 de la totalité de ses voies en acier, celle du Midi n'en avait encore que 120 kilo-

mètres en août 1880. Les quatre autres Compagnies ont adopté, en principe, le rail Vignole, qui a l'avantage de rendre la voie plus douce, et d'exclure l'emploi du coussinet et du coin. La Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée n'a sur tout son réseau que 1,500 kilomètres de rails de fer; c'est la seule qui emploie exclusivement la voie Vignole. Le Nord, l'Est et l'Ouest ont conservé plusieurs centaines de kilomètres de rails à double champignon. La substitution du rail d'acier au rail de fer suit toujours sa marche ascendante. Sur le réseau de l'État enfin, on remplace le rail Vignole par le rail en acier à double champignon.

Les aiguilles prises en pointe et les passages à niveau sont les parties de la voie qui nécessitent le plus de précautions contre les accidents. La Commission a longuement examiné ce point. Elle a étudié les différents systèmes Viguier, Saxby, Lartigue, et elle a arrêté que les aiguilles qui, par leur position, peuvent être abordées en pointe par des trains à grande vitesse, doivent être maintenues très exactement fermées, quel que soit le système qui assure ce résultat.

Les passages à niveau offrent de grands dangers pour la sécurité publique; aussi sont-ils soumis à une réglementation très sévère; néanmoins ils ont occasionné de terribles accidents. Beaucoup d'inventeurs ont proposé l'emploi d'appareils avertisseurs automatiques, mis en mouvement au passage des trains, par des pédales, situées à 1,200 ou 1,500 mètres avant le passage à niveau. Aucun n'a paru recommandable à la Commission. Le moins imparfait était la pédale d'annonce de M. Lartigue; mais, après de nombreuses expériences faites par la Compagnie du Nord, son fonctionnement a été reconnu incertain. Actuellement, les appareils employés sont ceux de MM. Regnault (Ouest), Joussetin (P.-L.-M.), Siemens (Nord), qui offrent de nombreux avantages sur tous ceux présentes

à la Commission. Aussi celle-ci se fait-elle un devoir de proposer au ministre d'en recommander l'emploi.

Signaux. — La sécurité de l'exploitation des chemins de fer repose surtout sur l'observation des signaux. Leur fonctionnement est généralement satisfaisant, et sur quelques lignes on s'applique encore à le perfectionner. Outre les signaux à couleur rouge, blanche, verte, etc., on emploie des signaux détonants, la nuit particulièrement, ainsi qu'en temps de brouillard.

Un grand nombre d'inventeurs ont cherché à rendre manifeste aux agents d'un train la présence sur la voie d'un autre train déjà engagé, soit dans le même sens, soit surtout en sens contraire, à l'aide de signaux automatiques mis en jeu par des transmissions mécaniques. Mais ils offrent de grandes difficultés en pratique, car il est certain qu'aucun ne saurait supporter un seul jour le mouvement des trains sur une ligne à trafic un peu élevé et à circulation rapide.

D'autres inventeurs, également très nombreux, se sont appliqués à chercher les moyens d'établir une communication télégraphique permanente des trains en marche, soit entre eux, soit avec les stations. M. de Baillehache, ancien inspecteur de chemins de fer, a étudié un mode de communication télégraphique qui, soumis à l'essai, en 1878, sur une ligne de Grenelle au Champ de Mars, n'a pas donné de résultats satisfaisants. Bien que l'expérience eût lieu dans des conditions assez défavorables, il a été reconnu très gênant et même dangereux, pour le service de l'entretien de la voie. Du reste, tous les instruments de ce genre soumis à la Commission étaient trop compliqués et trop délicats pour donner de bons résultats pratiques.

La disposition générale de ces signaux, et la précision des mouvements auxquels est assujétie leur manœuvre, pourraient, jusqu'à un certain point, suffire à donner les

garanties requises de sécurité; mais il faut compter avec les négligences, les oublis, les distractions. Aussi n'obtiendra-t-on le degré de sécurité indispensable que par l'emploi d'*appareils d'enclanchement* et de *conjugaison*, à l'aide desquels la manœuvre des aiguilles et des signaux optiques devient solidaire. Toutes les compagnies ont adopté, depuis longtemps déjà, ces systèmes de conjugaisons d'aiguilles et de signaux. La Compagnie de l'Ouest, à laquelle revient l'honneur d'avoir installé la première le principe si fécond de l'enclanchement, et la Compagnie du Midi, emploient exclusivement le verrou Viguié pour l'enclanchement des aiguilles et des signaux de toutes leurs bifurcations. Les autres Compagnies emploient surtout l'appareil Saxby, qui a donné jusqu'ici de bons résultats. Aussi la Commission, persuadée que l'emploi des appareils d'enclanchement peut seul donner toute la sécurité désirable, est-elle d'avis qu'il y a lieu d'appliquer ces appareils (sans désigner aucun système) à toutes les bifurcations et à tous les groupes d'aiguilles intéressant la sécurité de la circulation sur les voies principales.

Matériel roulant. — Le soin apporté à la construction et à l'entretien du matériel roulant, est une des bases les plus essentielles de sécurité.

Toutes les compagnies ont complètement abandonné, dans la construction des chaudières de locomotives, l'emploi de la tôle d'acier, qui ne donnait pas assez de sécurité. On emploie généralement des tôles de fer, de premier choix. Les accidents de chaudières, ont, d'ailleurs, presque complètement disparu. Les Compagnies remplacent le fer par l'acier, dans certaines pièces du matériel roulant, telles que bandages de roues, essieux, etc., dont les ruptures en marche peuvent entraîner des accidents graves. Les attelages sont renforcés. Dans le réseau de Lyon, les crochets de tenders peuvent sup-

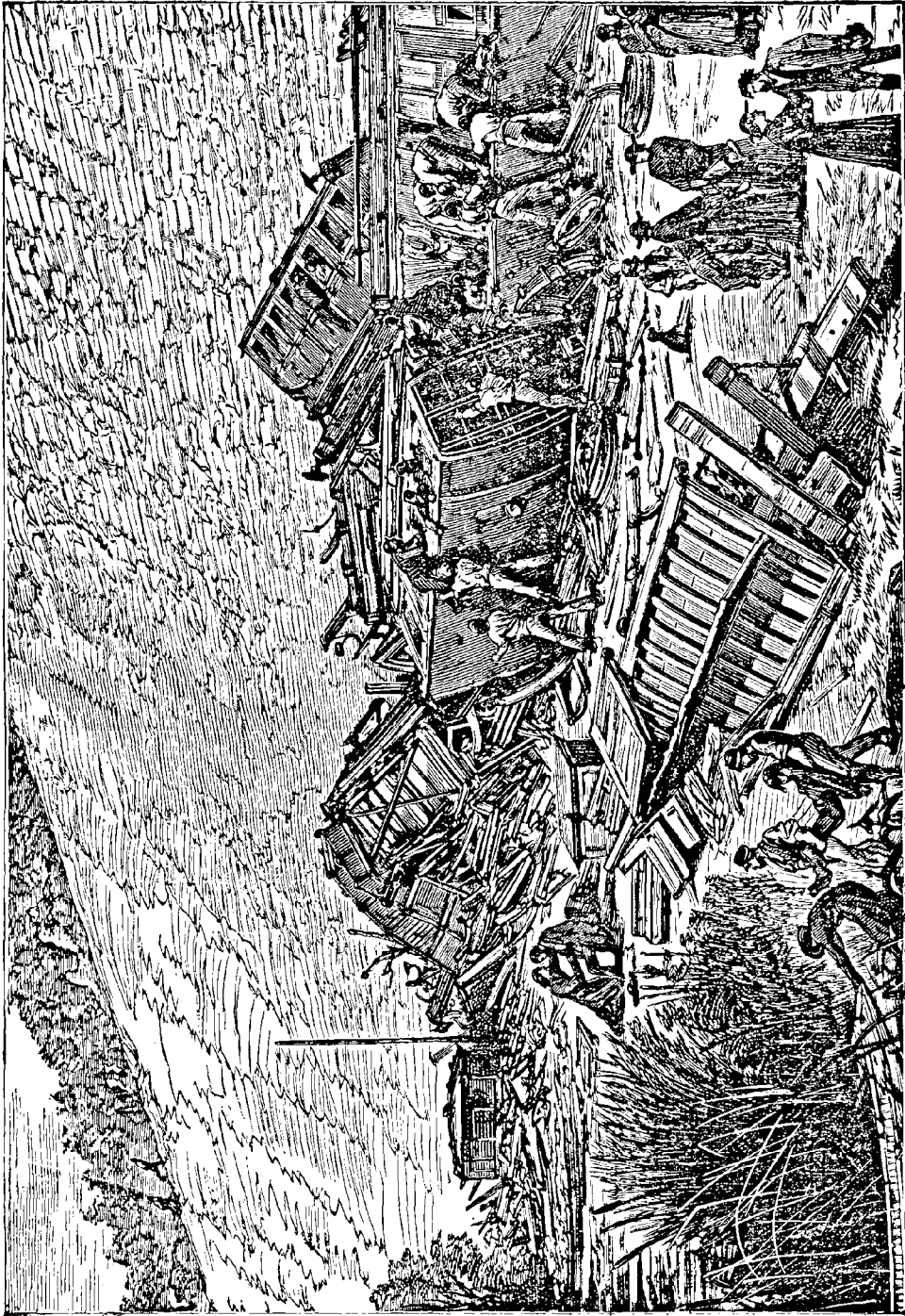


Fig 289 — Un accident de chemin de fer.

porter une traction de 25,000 kilogrammes; enfin, la plupart des pièces et des parties du nouveau matériel roulant, offrent une solidité des plus précieuses contre les chances d'accidents.

La Commission, afin de mettre un empêchement aux crimes de toute sorte qui peuvent se commettre dans les compartiments des différentes classes, s'est occupée des communications à établir entre les voyageurs et les agents des trains. Elle a émis l'avis que les Compagnies adoptassent toutes le mode de communication électrique qui fonctionne déjà sur les réseaux du Nord et de Lyon, avec une régularité très satisfaisante. Elle a également pensé qu'il serait très utile de prendre des mesures pour que la circulation le long des trains, par les marchepieds, soit toujours possible. Enfin elle croit qu'il serait très profitable d'établir des communications partielles avec les compartiments d'une même voiture, au moyen de petites ouvertures fermées par des glaces.

La Commission ne s'est point occupée de communications à établir entre les voyageurs et le chef du train, au moyen du téléphone. Cet instrument, qui a pris aujourd'hui dans toutes les branches de l'industrie une place si importante, sera probablement très facile à installer, et permettra aux voyageurs de tous les compartiments d'être en relation continuelle et directe avec le chef de train.

On évite toute chance de collision au moyen d'un intervalle de temps qu'on s'attache à maintenir entre les trains. En effet, aucun train, ou machine, ne doit partir d'une station ou la dépasser, avant qu'il se soit écoulé, depuis le départ ou le passage du train précédent, un intervalle de 5 ou de 10 minutes, suivant les cas. Mais ce système a le défaut de laisser une trop large place aux négligences des agents. Aussi nos Compagnies ont-elles adopté, totalement ou

en partie, le système de cantonnement des trains dit *block system*, des Anglais, qui substitue la distance au temps, pour assurer l'intervalle entre deux trains. Cette méthode consiste à diviser la ligne en sections, ou cantons (*blocks*), de longueur convenable, et à ne jamais permettre que deux trains se trouvent simultanément dans une de ces sections, aucun train ne devant pénétrer dans une section que lorsque celui qui le précède en est sorti. C'est ce que l'on appelle le *block system absolu*, tel qu'il est généralement pratiqué en Angleterre et en Belgique; mais, pour faciliter la circulation et pour éviter de réduire la capacité du trafic des lignes, on emploie généralement en France un système mixte, le système *permissif*, qui permet au mécanicien, au lieu de s'arrêter à l'entrée d'une section bloquée, de dépasser le signal d'arrêt avec prudence, une fois qu'il s'est rendu maître de sa vitesse, et de s'avancer avec précaution jusqu'au premier signal d'arrêt qu'il trouve sur la voie.

Le chemin de fer de Paris-Lyon-Méditerranée et celui d'Orléans appliquent seuls le *block system absolu*. Les appareils employés pour réaliser ce système de cantonnement, sont soit les électro-sémaphores Lartigue-Tesse et Prud'homme, soit l'appareil Tyler, surtout usité en Angleterre, soit enfin l'appareil Regnault.

Après avoir bien examiné la question, la Commission est d'avis qu'il faut recommander aux Compagnies l'application du *block system absolu*.

Freins. — La question des freins se lie à celle des vitesses; c'est une de celles qui intéressent le plus la sécurité de l'exploitation. Outre l'appareil de marche à contre-vapeur, le frein à vis et à sabots, dont sont munies presque toutes nos locomotives, les diverses Compagnies françaises emploient des freins très puissants, capables de produire l'enrayage simultané, et pour ainsi

dire instantané, de tous les véhicules du train, de façon à obtenir l'arrêt le plus rapide et le plus court. La commission n'examine pas en détail, dans son rapport, les divers caractères qui différencient ces freins ; elle se borne à les nommer. La Compagnie de l'Ouest a adopté le frein Westinghouse (à air comprimé), celle du Nord, le frein Smith (à vide) ; Paris-Lyon-Méditerranée essaye concurremment les deux ; la Compagnie de l'Est étudie, perfectionne et applique le frein électrique Achard, le véritable frein français ; la Compagnie d'Orléans essaye le frein Smith, et développe l'application du frein Héberlin ; enfin celle du Midi commence un essai en grand du frein Westinghouse.

En résumé, la Commission est d'avis d'inviter les Compagnies à munir de freins continus tous les trains de voyageurs dont la vitesse normale, de pleine marche, atteint 60 kilomètres à l'heure, en y ajoutant, bien entendu, l'usage constant de la contre-vapeur.

Exploitation. — Le rapport se termine par l'examen de l'exploitation des lignes à voie unique.

Cette exploitation comprend 42,790 kilomètres, et elle est destinée à prendre un bien plus grand développement quand les lignes projetées seront construites. Toutes les Compagnies, sauf celles du Nord et de Lyon, font reposer la sécurité de cette exploitation sur une réglementation sévère, sans recourir à d'autres appareils que ceux de la télégraphie ordinaire.

L'exploitation à voie unique se fait de deux façons : ou il faut toujours demander l'état de la voie avant le départ de n'importe quel train, comme cela se fait sur le réseau de l'État, ou bien il faut se servir d'un tableau, nommé « Tableau diurne », où sont inscrits, dans leur ordre de succession, tous les trains annoncés qui doivent traverser une station pendant toute une

journée, ce qui est en usage dans les cinq grandes Compagnies.

Comme moyen de sécurité auxiliaire, il faut citer tous les appareils, légèrement modifiés, servant à établir le cantonnement des trains sur les lignes à double voie, et surtout les *cloches électriques*, qui, adoptées par le chemin de fer du Nord, sur la totalité de son réseau à voie unique (4,291 kilomètres), et par la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée sur une longueur de 924 kilomètres, ont donné les résultats les plus satisfaisants. Les *cloches électriques* ont déjà prévenu un grand nombre d'accidents ; aussi la Commission se fait-elle un devoir de signaler au ministre l'emploi de ces cloches, qui lui paraît le moyen le plus pratiquement utile pour augmenter la sécurité de l'exploitation des chemins de fer à voie unique.

Tel est le résumé du rapport de M. Guillebot de Nerville, document d'un grand prix, car, en quelques pages, chaque question a son historique, et les phases qu'elle a traversées y sont indiquées clairement.

A la suite de cet important rapport, le Ministre des travaux publics adressa, le 20 septembre 1880, aux administrateurs des chemins de fer français, une circulaire sur les moyens de sûreté à adopter pour l'exploitation des lignes à voie double et à voie unique. Le Ministre, dans cette circulaire, après avoir rappelé les travaux de la Commission d'enquête, et fait ressortir toute l'utilité des vœux émis dans le rapport de cette Commission, que nous venons d'analyser, invitait les Compagnies :

1° A appliquer l'emploi d'appareils avertisseurs ou protecteurs aux passages à niveau, en ayant égard à leur fréquentation et à leur situation ;

2° A appliquer progressivement les appareils d'enclanchement et de conjugaison des signaux optiques et des aiguilles (sans dési-

gnation d'aucun système particulier) à toutes les bifurcations et à tous les groupes d'aiguilles intéressant la sécurité de la circulation sur les voies principales ;

3° A exécuter, dans toute son étendue, la prescription de l'article 23 de l'ordonnance de 1846, concernant la sécurité des voyageurs, et à prendre des mesures permettant à ceux-ci de faire appel aux agents du train ;

4° A appliquer le *block system* sur toutes les sections de lignes où le trafic atteint un mouvement de cinq trains à l'heure, dans le même sens, à certaines heures de la journée ;

5° A faire l'application du système de cantonnement à certains points particuliers de leurs réseaux, tels que les points de ramification ou de rebroussement des lignes ;

6° A appliquer également le *block system absolu* comme offrant plus de garanties de sécurité, en laissant à leur initiative le choix du système de cantonnement, ainsi que celui des appareils destinée à en effectuer la réalisation ;

7° A munir de freins continus tous les trains de voyageurs dont la vitesse normale, de pleine marche, atteint 60 kilomètres à l'heure, en y ajoutant l'usage constant de la contre-vapeur ;

8° Enfin, sur les sections à voie unique, ayant plus de six trains réguliers, dans chaque sens, en vingt-quatre heures, à appliquer progressivement, soit des cloches électriques, soit le *block system* à signaux extérieurs.

Ces invitations, adressées par le Ministre des travaux publics aux administrateurs des chemins de fer français, n'étaient que les conclusions du rapport de M. Guillebot de Nerville, dont nous avons fait connaître la substance à nos lecteurs.

C'est par l'application des principes posés dans la circulaire du Ministre des

travaux publics aux administrateurs des chemins de fer français, que les moyens nouveaux d'assurer la sécurité sur nos lignes ferrées furent mis à exécution, à partir de l'année 1880, jusqu'au moment présent. Ces nouveaux moyen de sécurité concernent plus particulièrement les freins, les signaux et l'aiguillage. Nous allons donc étudier spécialement :

1° Les *nouveaux freins continus* qui assurent une sécurité complète à la circulation des trains, à savoir, les freins à air comprimé et à vide ;

2° Le nouvel ensemble de signaux visuels mécaniques et électriques ;

3° Les appareils assurant le fonctionnement et le contrôle du mécanisme de l'aiguillage, en reliant le sens des aiguilles à celui des signaux optiques, et les rendant solidaire les uns des autres.

Freins continus. — Pour comprendre le mécanisme des *freins continus*, c'est-à-dire du frein à air comprimé, comme celui du frein à vide, qui agit par un effet physique analogue, il faut se reporter au frein ordinaire des roues des wagons, qui est d'ailleurs à peu près le même que celui des véhicules ordinaires, et que l'on nomme les *freins à vis et à sabot*. Ce n'est, en définitive, qu'une pièce de bois que l'on pousse mécaniquement contre la roue, et qui l'empêche de tourner, qui *l'enraye*, selon le mot consacré.

Chacun peut voir, sur un wagon de chemin de fer, par quelles dispositions mécaniques on pousse le *sabot* contre la roue, ou plutôt simultanément deux *sabots* contre deux roues, pour les enrayer. La figure 155 représente ce mécanisme.

Le sabot F et le sabot F' sont poussés simultanément contre les roues des wagons, par la tige C, qui reçoit elle-même son mouvement de la tige à vis, II, grâce au renvoi articulé G. Le mouvement contraire, c'est-à-dire la rotation de la tige à vis dans

un sens opposé, écarte les sabots des roues, et desserre le frein.

Nous disons que les deux sabots F, F' sont poussés simultanément contre les roues des wagons. C'est à ce double mouvement qu'est affecté le levier A, lequel, comme on le voit sur la figure, est doublement articulé.

En même temps que la tige E pousse le sabot F contre la roue R, par suite des deux articulations mobiles que porte ce

levier A, le sabot F' est poussé contre la roue R'.

C'est donc la tige H, qui, par deux renvois de mouvement, produit la poussée du double frein à friction. Mais qui, fait tourner cette tige H? C'est un employé du train, le *garde-frein*, posté sur le haut d'un tourgon. A un signal donné, ou quand il faut s'arrêter à une station, le garde-frein serre ou desserre le frein. Pour cela, il lui suffit de tourner la manivelle qui commande la tige

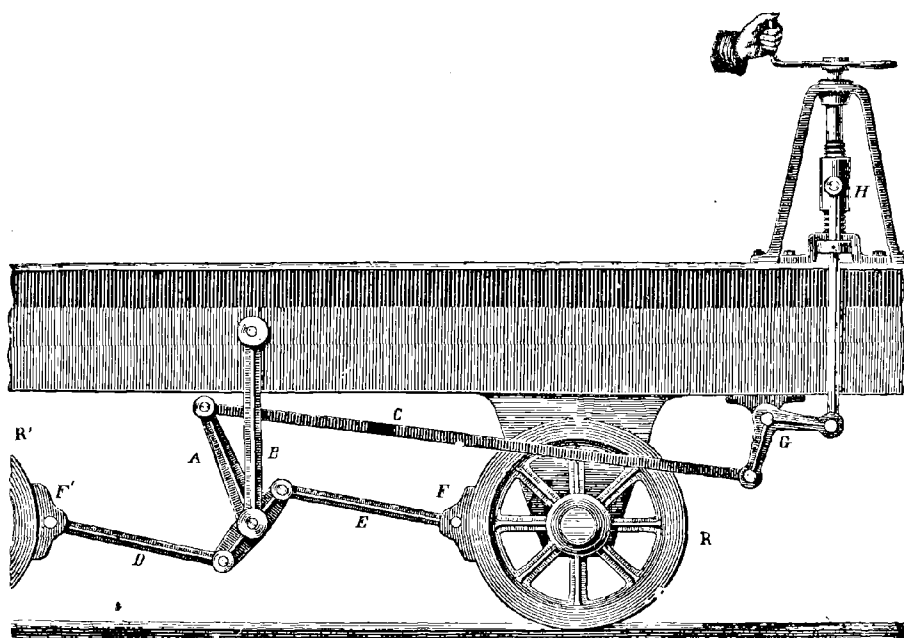


Fig. 291. — Frein ordinaire des wagons de chemin de fer, à vis et à sabot.

H. Dans un convoi comprenant plusieurs voitures, le mécanicien lance un coup de sifflet à vapeur, pour donner aux gardes-frein le signal d'arrêt ou de départ.

Mais, nous n'avons pas besoin de le dire, *siffler aux freins*, et mettre en action les freins à sabot de chaque véhicule, demande du temps, une minute ou deux; et si le train est animé d'une grande vitesse, il parcourt plus d'un kilomètre (1200 mètres) avant de pouvoir s'arrêter. Dans un danger pressant, lorsqu'il s'agit d'arrêter le train devant un obstacle, ou en présence d'un

second train arrivant en sens contraire sur la même voie, ces 1200 mètres parcourus, ces deux minutes perdues, suffisent pour engendrer une catastrophe. Comment abréger ce temps? Comment arrêter le train, d'une manière, pour ainsi dire, instantanée?

Ce problème a paru longtemps insoluble. On faisait remarquer qu'arrêter subitement un train animé d'une vitesse de marche de 60 kilomètres à l'heure, qui est la vitesse d'un train express en France, ce serait le briser sur place en miettes. « Un rocher

« Tombé en travers sur la voie, » écrivait M. Jacquin, « assurerait l'arrêt instantané, « mais au prix de la destruction complète « du train. » Et un ingénieur des mines, M. Gentil, calculait que le choc occasionné par l'arrêt instantané d'un convoi, équivaldrait à la chute de ce dernier de la hauteur d'un quatrième étage.

En dépit de ces évaluations aussi pessimistes que savantes, les inventeurs se sont appliqués à produire l'arrêt presque instantané, et ils y sont parvenus en provoquant le fonctionnement subit de chaque frein, dans toute la série des wagons et voitures qui forment un convoi. L'arrêt du mouvement, étant produit simultanément sur un grand nombre de points d'un même train, n'a plus les inconvénients que l'on redoutait. Seulement, disons-le bien, l'effet mécanique ayant pour résultat de produire l'arrêt, n'est point, à proprement parler, instantané, mais bien gradué et progressif, quoique s'exerçant dans un temps très court.

Comment est-on parvenu à arrêter ainsi chaque wagon, ou voiture, par l'effet d'un frein agissant rapidement, mais graduellement? L'emploi de ce que l'on appelle la *contre-vapeur* avait déjà résolu le problème, mais en partie seulement.

On appelle *agir à contre-vapeur* renverser la distribution de la vapeur dans les cylindres, de manière que les roues tendent à marcher dans le sens opposé à leur mouvement actuel. Dès lors la force vive du train qui empêchait son arrêt subit, est transformée, absorbée, pour produire un travail égal, mais d'une direction opposée, et le danger d'un arrêt trop brusque est écarté.

Mais l'emploi de la *contre-vapeur* s'accompagne de certaines difficultés pratiques. Le levier de changement de marche, qui est très long et très lourd, n'est pas facile à manœuvrer, quand il s'agit d'un

train considérable et animé d'un mouvement très rapide. En outre, les gaz résultant de la combustion du charbon, s'introduisant dans les cylindres à vapeur, les échauffent beaucoup, et peuvent les détériorer.

En dépit de ces difficultés, la *contre-vapeur*, sous la direction de M. le Châtelier, a eu longtemps une grande vogue sur les voies ferrées françaises. On a vu, sur la ligne de Paris-Lyon-Méditerranée, 1400 locomotives pourvues du mécanisme de la *contre-vapeur*; sur celle du Nord, 200 locomotives; 80 au chemin de fer du Nord; 85 à la compagnie du Midi, et 128 à celle de l'Est.

Cependant la *contre-vapeur* appliquée à produire l'arrêt subit du train, a dû céder la place au système des *freins continus*. C'est sous ce titre que l'on désigne les *freins à air comprimé* et *à vide*, auxquels nous arrivons maintenant, ainsi que le *frein électrique*.

Nous décrivons avec quelques détails le *frein à air comprimé* et le *frein à vide*, parce qu'ils représentent la plus grande amélioration apportée, de nos jours, au matériel roulant des voies ferrées, et que c'est leur généralisation sur les lignes européennes qui assure l'entière sécurité des voyages en chemins de fer, en permettant au conducteur ou au mécanicien d'arrêter subitement le train, à la rencontre d'un obstacle.

Les *freins à vide* et *à air comprimé*, grâce aux perfectionnements qu'on leur a apportés, dans ces dernières années, sont d'un effet tellement sûr que, destinés, à l'origine, à servir seulement dans le cas d'accidents imprévus pendant la route, ils sont devenus le moyen ordinaire d'arrêter et de laisser repartir le train, dans les conditions habituelles du service quotidien.

Frein Westinghouse, ou à air comprimé. — L'*air comprimé*, cette force si dédaignée au milieu de notre siècle, et qui est de-

venue, de nos jours, un si puissant et si commode auxiliaire des travaux les plus divers de l'industrie mécanique, depuis le percement des grands tunnels, jusqu'à la distribution de l'heure sur les cadrans à l'intérieur des villes, est l'agent auquel a eu recours l'inventeur du frein instantané continu, l'Américain Westinghouse. C'est l'air comprimé qui pousse, au même instant, tous les sabots contre les roues des véhicules d'un même train.

Voici les dispositions essentielles du *frein Westinghouse*.

Sur la locomotive est installée une petite pompe à vapeur, qui comprime de l'air à 5 atmosphères, dans un réservoir placé au-dessous du tender. De ce réservoir part un tuyau qui va distribuer l'air comprimé dans de petites conduites métalliques, situées, elles-mêmes, au-dessous du châssis de chaque voiture. Des jointures en caoutchouc relient les tuyaux fixes d'une voiture à l'autre. Quand le mécanicien veut arrêter le train, il ouvre un robinet, qui envoie l'air comprimé dans les tuyaux dont chaque voiture est munie. Alors, le piston d'un cylindre, en rapport avec ces tuyaux, est fortement poussé en avant, et le sabot du piston avec lequel ce piston est en contact, se trouvant, à son tour poussé contre la roue, arrête son mouvement et enraye.

Une variante de cette disposition mécanique a remplacé celle que nous venons de décrire. Il n'y a pas de réservoir d'air comprimé sous le tender. La pompe de compression envoie directement l'air comprimé dans de petits réservoirs placés sous chaque voiture. Quand il veut arrêter le train, le mécanicien lâche dans l'atmosphère, en tournant un robinet, l'air comprimé qui remplit les petits réservoirs des voitures. Aussitôt, un organe assez compliqué, que l'on nomme la *triple valve*, est mis en action, et l'air comprimé de chaque réservoir pousse

un piston, lequel, dans son mouvement, presse le sabot contre la roue de chaque voiture.

Dans cette disposition particulière, si une des jointures de caoutchouc qui relient les voitures l'une à l'autre, vient à se rompre, l'air comprimé s'échappant dans l'atmosphère, les pistons des petits réservoirs des voitures agissent, et les sabots des freins sont mis en mouvement, ce qui arrête le train, et prévient tout accident.

Le frein à air comprimé est donc *automatique*, selon le terme consacré; ce qui veut dire que, si un accident arrive au mécanisme du frein, tel que rupture d'attelage, perte d'air comprimé, les freins entrent en action, et, par le fait même de cet accident, le train s'arrête.

Après l'exposé du principe général du *frein Westinghouse continu*, nous représenterons par des dessins les détails du mécanisme. Nous décrirons seulement, bien entendu, le dernier système, celui qui est seul en usage aujourd'hui, et qui consiste à placer sous chaque voiture un petit réservoir d'air comprimé. Ce dernier mérite le nom d'*automatique* puisque, de lui-même, il détermine l'arrêt du train, si un accident quelconque a rompu les jointures de caoutchouc qui rattachent entre elles les voitures, ou si une perte d'air comprimé s'est produite sur un point quelconque de la canalisation.

Dans le *frein Westinghouse*, la pression de l'air comprimé règne en permanence, et il faut rejeter au dehors cet air comprimé, pour que les freins agissent. Le conducteur du train placé dans le tourgon met les trains en action, en tournant simplement un robinet; et même, si on le voulait, on pourrait donner aux voyageurs le moyen de faire eux-mêmes agir les freins. Pour desserrer les freins, le mécanicien n'a qu'à remplir de nouveau d'air comprimé les tuyaux, en tournant un autre robinet. La pression

se rétablit dans la canalisation, et le sabot de friction abandonne la roue.

La figure 292 représente le *frein Westinghouse* appliqué à un wagon, et la figure 293 le dessous du même wagon, montrant la disposition des différents organes du frein automatique.

A E, est la conduite générale de l'air comprimé ; G, le petit réservoir placé sous la voiture ; H, le cylindre contenant de l'air comprimé, et parcouru par un piston, qui vient actionner le sabot à friction et le pousser contre la roue ; F, est l'organe appelé *triple valve*, qui sert à diriger l'air comprimé dans les différents petits conduits, comme nous le décrirons tout à l'heure. E' est le joint de deux véhicules consécutifs, ee le tube en caoutchouc opérant cette jonction. On voit dans la même figure le robinet D, que manœuvre le garde-frein, et au moyen duquel celui-ci peut faire agir les freins, d est le manomètre qui indique la pression de l'air à l'intérieur de la canalisation.

Quand on admet l'air du réservoir principal, G, fixé sous le wagon, dans le tuyau de conduite générale, A E, cet air pénètre, à travers la triple valve, F, et remplit le petit réservoir, H, à une pression égale à celle de la conduite elle-même. Tant que la pression de la conduite générale égale celle des petits réservoirs, les passages qui font communiquer les *triples valves* avec les cylindres à freins, H, restent fermés, et, en même temps, les cylindres sont mis en communication avec l'atmosphère : par suite, les freins sont desserrés. Quand, au contraire, la pression dans la conduite générale est brusquement réduite, de façon à être inférieure à la pression dans les réservoirs, les *triples valves* changent de position, et établissent la communication entre lesdits réservoirs et les cylindres à freins : par suite, les freins sont serrés.

Les robinets interrupteurs, h', situés

entre les triples valves et la conduite générale, permettent, si cela est nécessaire, de supprimer l'action des freins sur une voiture quelconque, sans entraver leur action sur les autres voitures. Des robinets interrupteurs, e', e', sont placés sur la conduite générale, aux extrémités de chaque véhicule, de façon à fermer la conduite à l'arrière du train, et à empêcher le serrage des freins quand on désaccouple les boyaux.

Les tuyaux de la conduite générale sont reliés d'une voiture à l'autre au moyen de boyaux, ee, flexibles, de 26 millimètres de diamètre intérieur. Un des bouts de ces boyaux porte un raccord qui le relie à la conduite générale ; l'autre bout porte une pièce d'accouplement en fonte malléable, munie d'une ouverture latérale et d'un anneau en caoutchouc formant garniture.

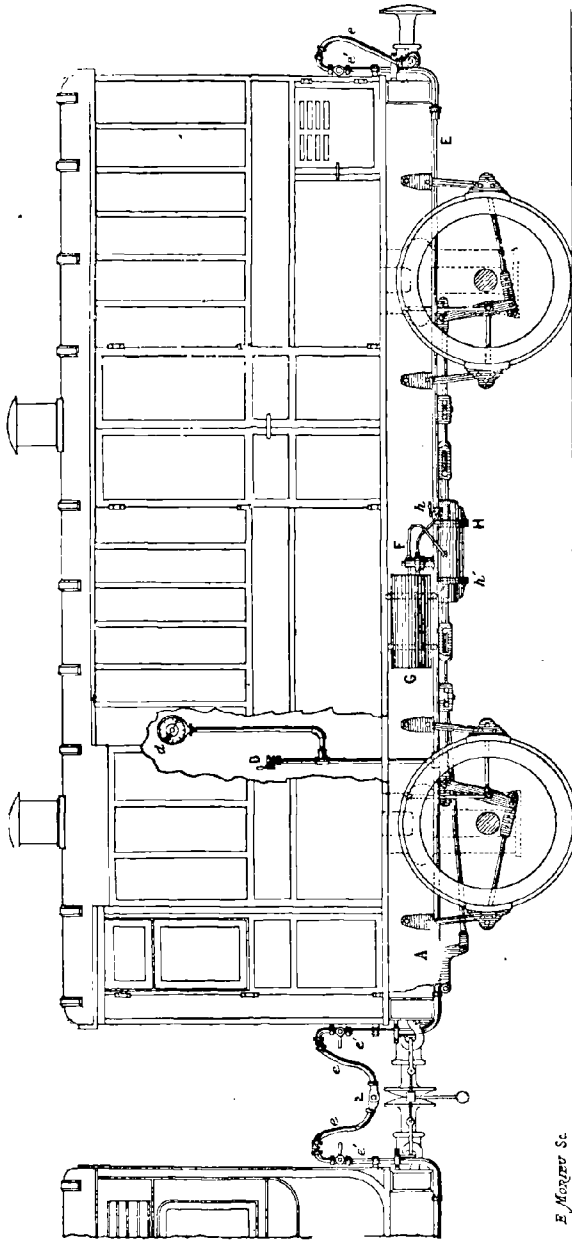
Quand on réunit deux accouplements, la pression intérieure de l'air sert, en même temps, à rendre le joint étanche et à maintenir solidement l'un contre l'autre les deux accouplements.

Si deux accouplements viennent à être séparés, par suite d'une rupture d'attelage, par exemple, les freins se serreront automatiquement, mais aucune avarie ne se produira aux accouplements eux-mêmes.

Comme l'appareil de compression de l'air est un élément fondamental de l'ensemble du frein que nous décrivons, il est important de mettre sous les yeux du lecteur les dispositions mécaniques à l'aide desquelles l'air est comprimé dans les petits réservoirs des voitures.

La compression s'effectue, sur la locomotive même, au moyen d'une pompe actionnée par la vapeur empruntée à la chaudière.

La figure 294 représente l'appareil de compression de l'air installé sur une locomotive, ainsi que la distribution de l'air comprimé aux conduites l'amenant aux petits réservoirs placés sous chaque voiture



E. MORGENTHAU Sc.

VUE EN DESSOUS.

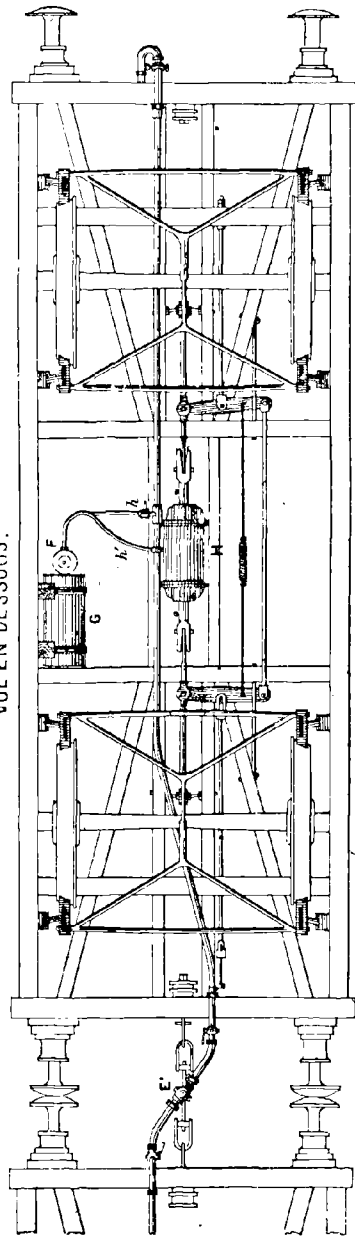


Fig. 292-293. — Installation générale du frein à air comprimé, et vue en dessous de cette installation.

Une machine à vapeur en miniature, de la force d'un demi-cheval-vapeur environ, A, et une petite pompe aspirante et foulante, B, à clapets, constituent l'appareil compresseur. La pompe aspirante et foulante comprime de l'air dans un réservoir principal, C, de 300 litres environ de capacité, installé sous le tablier, près de la première roue; elle donne de 20 à 60 coups de piston par kilomètre parcouru. Un manomètre, D, indique la pression de l'air dans la conduite générale des freins. Un modérateur *a* règle l'arrivée de la vapeur, ainsi que la vitesse de la petite machine à vapeur, et, par suite, la pression de l'air dans la conduite générale. Le tuyau *a'a'* conduit la vapeur d'échappement à la boîte à fumée, G, de la locomotive.

Il existe aujourd'hui plus de 50,000 freins Westinghouse fonctionnant sur les chemins de fer des deux mondes.

Le frein Westinghouse est d'origine américaine; mais il a été importé en Angleterre, et c'est là qu'il a reçu ses plus heureux perfectionnements.

C'est en 1875 que ce bel appareil fut soumis, en France, à des épreuves attentives. Il fut établi que l'on pouvait déjà arrêter un convoi à la distance de 180 mètres. Ces expériences furent continuées en Angleterre, sur différents railways, et l'efficacité de ce frein fut parfaitement établie.

C'est la Compagnie de l'Ouest qui, à la suite d'un accident très grave survenu sur une de ses lignes, adopta, la première, en France, ce système d'arrêt instantané. Aujourd'hui, plus de 300 locomotives et plus de 2000 wagons en sont pourvus. En 1880 la Compagnie du chemin de fer de Paris Lyon-Méditerranée l'a établi sur son réseau presque tout entier.

L'avantage de ce système est qu'il n'y a, pour le mécanicien, aucune complication. Il n'y a qu'à placer, suivant les besoins, la poignée de manœuvre du robinet sur l'un

des trois crans correspondants au serrage, au desserrage et à la position naturelle de marche, et l'effet voulu se produit instantanément. La sûreté de l'appareil est telle que, depuis qu'il est en usage sur la ligne de l'Ouest, il n'y a pas d'exemple qu'il n'ait pas fonctionné.

L'arrêt se produit régulièrement et doucement, en cent mètres de marche pour les trains omnibus, en deux cents mètres pour les trains express. En cas d'accident et avec arrêt brusque, ces distances sont réduites de moitié. Les voyageurs sont alors un peu housculés, mais aucune blessure n'est à craindre et de grands malheurs sont évités.

Frein à vide. — L'effet mécanique produit par l'air comprimé peut, inversement, être déterminé par l'action du vide. Si l'on fait le vide à l'intérieur d'une capacité à parois ondulées, et que la partie mobile de cette capacité porte un levier qui soit attaché au sabot du frein d'une voiture, lorsque le vide sera fait à l'intérieur de cet espace, sous le poids de la pression atmosphérique extérieure, la paroi mobile s'aplatira, et, tirant le levier attaché à cette paroi, produira la poussée du sabot contre le roue.

La première idée de ce curieux système appartient à deux ingénieurs français, MM. Martin et du Tremblay, mais c'est un ingénieur américain, M. Smith, qui la rendit pratique. M. Smith donna à la capacité à parois mobiles dans laquelle on fait le vide, la forme d'un sac à parois élastiques et repliées plusieurs fois sur elles-mêmes, à la manière d'un accordéon.

La figure 295 qui représente la première boîte à vide qui ait servi à arrêter un train de chemin de fer, ou la *boîte Smith*, met, en même temps, sous les yeux du lecteur, la transmission de l'action motrice aux leviers chargés de transmettre cette action aux sabots du frein.

Dans l'espèce d'accordéon ou de soufflet, représenté par la figure 295, ABCD, repré-

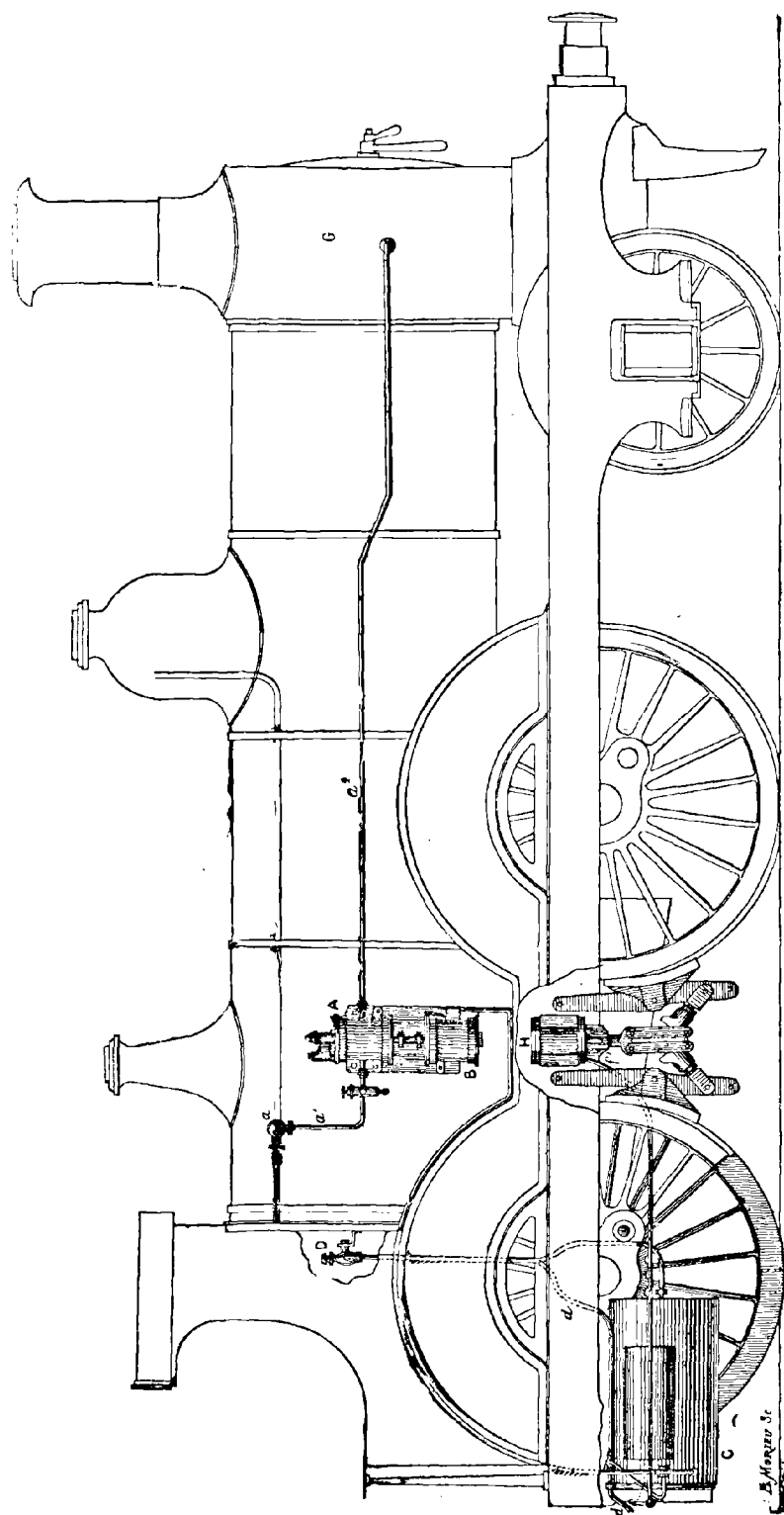


Fig. 294. — Pompe à compression de l'air pour le train Westin house, établissement à l'avant de la locomotive.

sente les parois de cuir où l'on fait le vide. B est la partie fixe, celle qui est attachée au bord de la boîte, C la partie mobile qui est tirée, par son milieu, à un levier coudé LE et à la conduite générale d'air comprimé. H est un contre-poids destiné à donner de la stabilité au levier coudé LE. Lorsque le vide est opéré dans cette boîte, le soufflet s'aplatit et le fond, C, tire, par l'intermédiaire du levier articulé, LE, le sabot du frein. Quand on laisse rentrer l'air, la pression ordinaire est rétablie, le fond mobile

reprend sa place et le sabot s'écarte de la roue.

Le soufflet de cuir dont se servait l'Américain Smith était assez vite mis hors de service; le cuir n'étant pas protégé contre l'action de l'air. Un ingénieur aux chemins de fer autrichiens, M. Hardy, remplaça cet organe par une boîte en fonte contenant un sac de cuir, rendu plus résistant par l'adjonction à sa partie inférieure d'un plateau métallique, destiné à le renforcer.

La figure 296 représente le *sac à vide de*

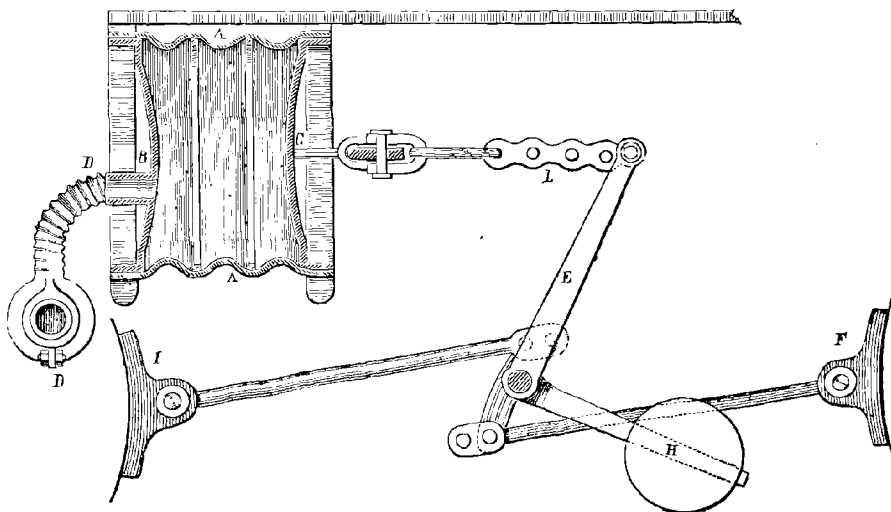


Fig. 295. — La première boîte à vide, ou boîte de Smith.

Hardy. A l'intérieur de la caisse en fonte, AB, A'B', est le sac en cuir, DD', avec la plaque métallique qui lui donne plus de résistance; C'est la conduite principale dans laquelle le vide se fait, parce qu'elle est en communication avec le *sac à vide*. A la partie inférieure de la plaque métallique renforçante, s'attache le levier vertical F, qui, par un renvoi de mouvement, va pousser le sabot du frein contre la roue.

Par une disposition récente et très ingénieuse on a rendu le mouvement du *sac à vide* plus régulier tout en assurant sa plus longue conservation. Cette amélioration consiste en ce que les cylindres contenant

le *sac à vide de Hardy*, sont remplacés par d'autres qui contiennent un anneau roulant en caoutchouc, le long duquel s'opèrent le déplacement du sac en haut et bas par la variation de la pression. L'anneau roulant, en caoutchouc, constitue un joint parfait, et ne produit qu'un faible frottement. Ainsi modifié, le *sac à vide* dure plus longtemps, coûte moins cher et peut être rapidement remplacé à l'intérieur du cylindre.

L'appareil au moyen duquel on produit le vide est la partie la plus remarquable et la plus originale du frein que nous décrivons. Le vide est opéré par le simple effet du passage d'un courant de vapeur autour

de l'ouverture extérieure d'un conduit plein d'air. Le *tuyau soufflant* des locomotives, ou l'*injecteur Giffard*, peuvent donner une idée de ce curieux organe, que l'inventeur a désigné sous le nom d'*éjecteur*, pour rappeler qu'il ressemble à l'*injecteur Giffard*, à cela près qu'il s'agit d'opérer un vide partiel dans un tuyau, et non d'aspirer de l'eau.

La figure 297 (page 514) représente l'*éjecteur* du frein à vide. Sur la coupe que nous donnons, il y a deux éjecteurs accolés, parce qu'il s'agit d'opérer le vide dans deux canalisations différentes, mais l'inspection d'un seul de ces dessins en fera comprendre le mécanisme.

AC, est le tube qui amène le courant de

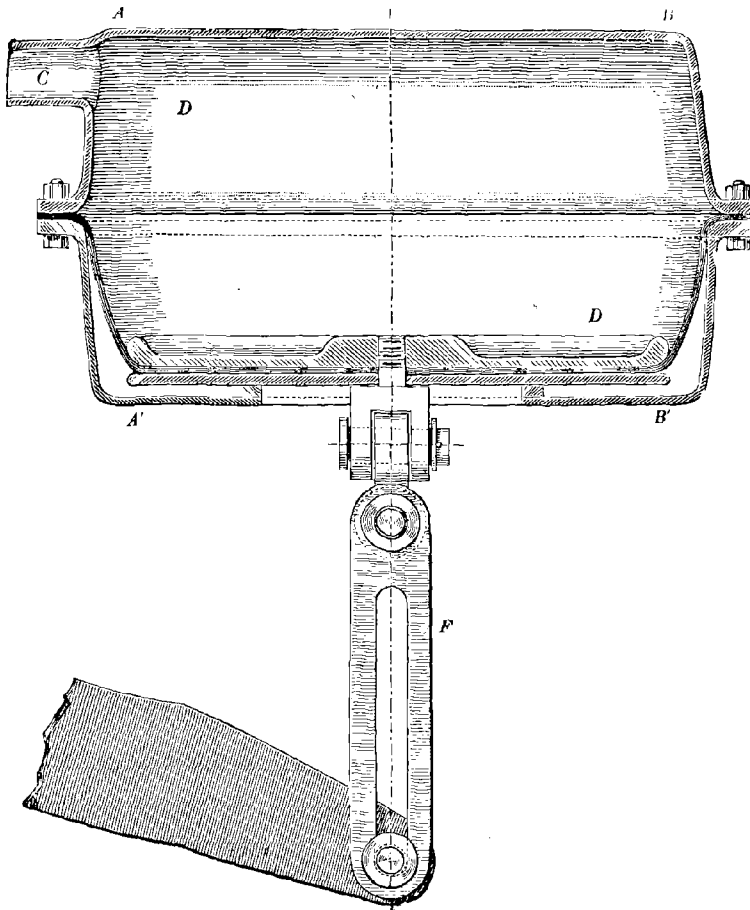


Fig. 296. — Le sac à vide, ou *botte de Hardy*.

vapeur emprunté à la chaudière de la locomotive ; il communique par le passage, F, avec le deuxième éjecteur, JKL. Le tuyau DE, correspond avec le tuyau longeant le train. Le courant de vapeur passant dans l'espace annulaire HK, appelle l'air du tuyau et des sac à vide, et produit un vide suffisant pour que les membranes souples de ce sac, agissant par l'effet de la pression

atmosphérique, se relèvent et entraînent avec elles les leviers de serrage des sabots des roues.

Comment expliquer ce curieux phénomène ?

Les explications varient. Pour nous, il nous semble qu'il doit y avoir condensation partielle de la vapeur dans le tuyau B et, par suite, appel et vide partiel dans la

conduite qui est en communication avec ce tuyau.

Quoi qu'il en soit de l'explication théorique, on voit que cet organe remarquable produit le vide par le moyen le plus simple et le plus pratique que l'on puisse désirer.

Nous disons le vide. Il faudrait, pour être

exact, dire une simple diminution de la pression normale de l'air. Ce n'est pas, en effet, le vide réel qui existe dans la conduite générale du frein Smith-Hardy, mais seulement de l'air raréfié à $2/3$ d'atmosphère, ce qui suffit à produire l'effort mécanique désiré.

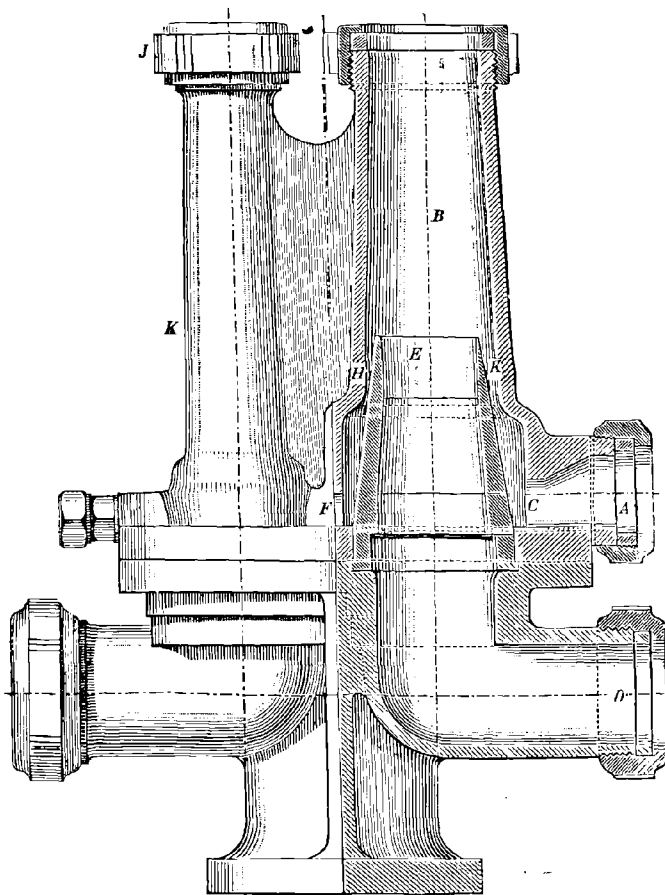


Fig. 207. — Electeur (double) ou organe producteur du vide dans la conduite générale du frein à vide.

Les deux chambres d'aspiration d'air séparées sont mises en communication chacune avec une des files de tuyaux de la conduite générale, mais avec la même prise de vapeur.

Si nous ajoutons qu'un tuyau général régnant le long du convoi entier, envoie un embranchement à chaque petit réservoir de vide placé sous le wagon, nous aurons

signalé les organes essentiels du frein à vide, et nous pourrions mettre sous les yeux du lecteur l'installation générale de ce frein.

L'application d'un frein à vide non automatique sur un train, est représentée sur la figure 298. Elle comprend les pièces suivantes, que nous décrirons séparément :

1° Le robinet de prise de vapeur placé sur la locomotive, en A ; 2° l'éjecteur, B ; 3° les

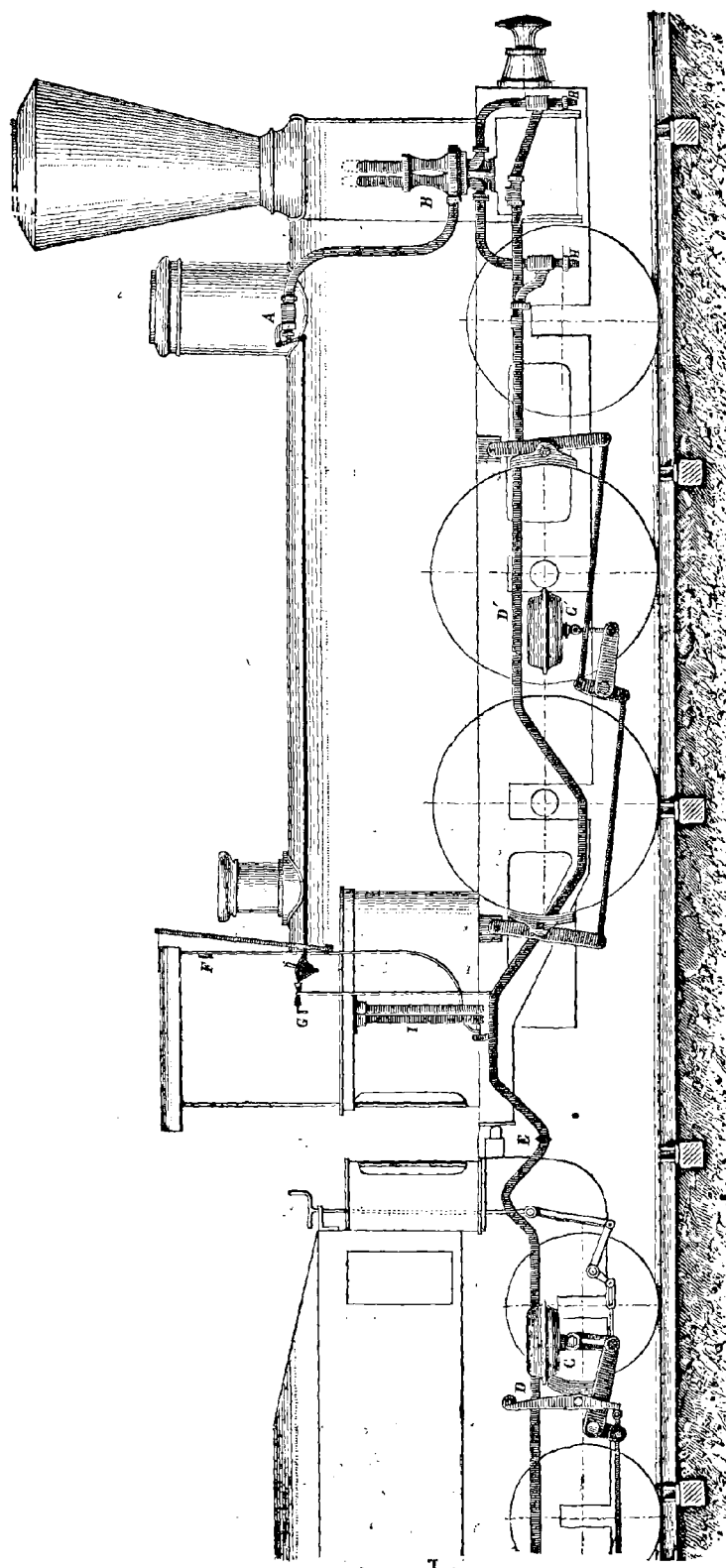


Fig. 298. — Installation générale du frein à vide.

cylindres à vide C, C' placés sous chaque véhicule et reliés aux leviers des sabots des freins; 4° la conduite générale DED' et les raccords d'accouplement; 5° la valve de rentrée d'air, I; 6° les purgeurs automatiques de l'eau de condensation II; 7° le robinet éjecteur G et le manomètre.

Les sacs à vide contiennent une membrane, ou diaphragme, en caoutchouc toilé, ou en cuir, armé de plaques métalliques à sa partie inférieure, où s'attache la tige du frein. La membrane est prise sur ses bords entre les brides de la boîte. La bride inférieure de la boîte a une ouverture pour le passage de la bielle du levier du frein et pour la rentrée de l'air. La boîte supérieure est fixée au plancher des véhicules, et porte un ajutage recevant un tuyau simple qui se raccorde à la conduite générale.

La conduite peut être simple ou double. La conduite simple comprend les tuyaux et les boîtes à vide de la locomotive, du tender et du fourgon de tête. Elle suffit pour les trains de marchandises, qui marchent à une faible vitesse, l'action des freins sur ces trois véhicules, d'un poids total d'environ 70 tonnes, étant suffisant pour produire l'arrêt ou le ralentissement sur les pentes.

C'est ainsi que ce frein fonctionne sur le chemin de fer du Nord français, et en Autriche pour un certain nombre de trains de marchandises. On emploie, dans ce dernier cas, un éjecteur simple.

La conduite double comprend, outre celle ci-dessus décrite, une conduite spéciale passant sous tous les véhicules du train; il faut, dans ce cas, un éjecteur double.

Les raccords d'accouplement (système Hardy) sont adoptés par les chemins de fer d'Autriche, d'Allemagne, d'Italie, de Suisse, etc. M. Clayton, ingénieur du chemin de fer du Midland, a adopté, pour le matériel de cette Compagnie, et fait adopter par un certain nombre de lignes anglaises, un

raccord plus simple, qui a fonctionné sur deux trains, pendant deux ans, au chemin de fer de Paris à Orléans, et qui fonctionne actuellement sur les chemins de fer de l'État à Tours. Ce raccord, qui facilite beaucoup la manœuvre d'accouplement et de découplément des véhicules, n'exige pas la torsion des tuyaux en caoutchouc, et, en cas de séparation brusque des véhicules, n'entraîne pas la rupture des tuyaux.

Les tuyaux d'accouplement sont en caoutchouc toilé, garnis à l'intérieur d'une spirale en fil de fer galvanisé.

La conduite double, allant l'une d'un éjecteur aux boîtes à vide de la locomotive et du tender, et l'autre du second éjecteur aux véhicules du train, a l'avantage d'assurer dans tous les cas l'action des freins de la locomotive et du tender, si par négligence on oubliait d'accoupler un des véhicules du train (ce qui peut se vérifier en marche par le mécanicien à l'aide du petit robinet éjecteur G).

Pour intercaler un des véhicules munis d'un autre système de freins continus, dans un train pourvu de freins à vide, il suffit de munir ces véhicules d'un tuyau additionnel et de raccords d'accouplement.

Il y a aujourd'hui en Europe plus de 4,000 locomotives et 47,000 véhicules, munis du frein à vide, qui fonctionnent dans les circonstances les plus difficiles et les plus variées, et qui n'ont jamais occasionné d'accidents, ni manifesté d'impuissance en présence d'un danger.

Des expériences officielles faites sur le chemin de fer du Nord français et en Angleterre sur le *Nord Eastern*, en présence de M. Douglas Golten, et des principaux ingénieurs anglais, ont démontré que l'efficacité et la promptitude d'action des freins à vide étaient sensiblement les mêmes que celles des freins à air comprimé.

La préférence accordée par un grand nombre d'ingénieurs au frein à vide, s'ex-

plique parce que, outre la sécurité qu'il présente comme fonctionnement, il est, de tous les systèmes de freins continus, le plus simple, *le plus facile à comprendre par les mécaniciens, le moins cher d'installation et d'entretien, et le seul qui fonctionne sans intermédiaire mécanique.* Les seuls agents dont il ait besoin pour fonctionner, sont, en effet, la vapeur de la chaudière et l'air extérieur employés sans aucun travail mécanique.

L'action du vide a pour résultat d'assurer les joints de la conduite générale et les raccords d'accouplement ; de telle sorte que si une fissure se déclare aux tuyaux en caoutchouc, les lèvres de cette fissure, pressées par l'air extérieur, tendent à se fermer, et laissent intact le fonctionnement du frein. C'est le contraire qui se produit avec les freins à air comprimé, dont la pression est intérieure et beaucoup plus considérable. Cette pression intérieure est de 5 atmosphères, tandis que, pour les freins à vide, la pression extérieure est de $\frac{2}{3}$ d'atmosphère seulement : c'est une des raisons pour lesquelles les dérangements constatés avec les freins à vide, sont beaucoup moins nombreux qu'avec les freins à air comprimé.

La consommation de vapeur pour actionner les freins à vide, est très faible, et n'a lieu que pendant quelques secondes, aux arrêts, aux gares ou sur les pentes, en d'autres termes, quand la vapeur de la chaudière ne peut faire défaut aux besoins de la locomotive.

Afin que le mécanicien puisse à tout instant contrôler l'état du frein à vide, un petit robinet éjecteur G (figure 298), de 5 millimètres de diamètre, est placé sur la locomotive, en communication avec la conduite générale, dans laquelle il ne produit un vide que de quelques centimètres, insuffisant pour produire le serrage des sabots, mais suffisant pour indiquer, à l'aide d'un manomètre, au mécanicien et au conduc-

teur placé dans le wagon de queue, si les accouplements des tuyaux d'une voiture à l'autre sont faits, et si le frein est en ordre.

On reprochait au frein à vide le bruit que produisent l'air et la vapeur en sortant de l'éjecteur. La Compagnie du chemin de fer du Nord a fait droit à ces réclamations. Elle a installé le tuyau d'évacuation de l'éjecteur dans la cheminée de la locomotive, comme on le fait, d'ailleurs, en Angleterre, en Autriche, en Allemagne et aux chemins de fer de l'État français. Dans ces conditions, le bruit est très sensiblement atténué.

Il est nécessaire d'ajouter que la manœuvre de la valve à vapeur, et, par suite, de l'éjecteur, peut être faite, en cas de besoin, par l'employé qui se trouve dans le fourgon de queue, à l'aide d'une corde longeant le train. Cette corde, à la portée de la main de l'employé, est attachée au levier de la manœuvre de la valve à vapeur.

La même manœuvre peut être exécutée (ainsi qu'on le fait au chemin de fer du Nord) en utilisant le contact électrique, qui est appliqué pour les disques-sigaux, qui avoisinent les gares, comme nous l'expliquerons dans le chapitre suivant, en parlant des nouveaux signaux de chemins de fer. La locomotive est munie, à sa partie intérieure, d'une brosse, ou balai, composé de fils métalliques, qui vient frotter et établir un contact sur un plan incliné également métallique placé entre les rails et à une distance déterminée du disque-signal. Un commutateur vient, à l'aide d'un appareil disposé *ad hoc*, sur la machine, agir, au moyen d'un électro-aimant, sur le levier de la valve à vapeur, de manière à faire fonctionner l'éjecteur et par suite le frein, pour le cas où le mécanicien oublierait de le faire agir en temps utile.

C'est à tort que l'on a prétendu que le frein à vide n'est pas automatique, c'est-à-dire qu'il n'agit pas de lui-même, pour produire l'arrêt sans le concours des employés

du train, lorsqu'il y a, par exemple, rupture d'attelage, ou déraillement. Cette erreur a trouvé créance par ce fait que la Compagnie du chemin de fer du Nord, ainsi qu'un grand nombre de lignes anglaises, autrichiennes, allemandes, italiennes, etc., ont considéré que le frein à vide non automatique remplit suffisamment les conditions exigées dans une exploitation ordinaire, et qu'elles ne se sont pas inquiétées de le rendre automatique. Mais en présence de l'opinion d'un certain nombre d'ingénieurs de chemins de fer, qui tenaient à l'automatisme du frein, la Compagnie du frein à vide a étudié et appliqué, depuis 1879, sur huit lignes anglaises, et récemment sur la ligne du Grand-Central belge et sur les chemins de l'État français, son système de frein automatique, qui jouit exactement des mêmes propriétés que celui du frein à air comprimé, et ne produit que très peu d'arrêts intempestifs en pleine voie, avantage qu'il doit à la simplicité de l'organe qui produit l'automatisme, et aussi à cause du principe même du vide, qui a pour avantage de rendre les joints autoclaves, puisque la pression atmosphérique extérieure assure ces joints ; tandis qu'avec l'air comprimé à 5 kilogrammes de pression intérieure par centimètre carré, dans la conduite et dans les organes, les assemblages tendent à se disjoindre, ce qui amène un arrêt intempestif du train.

Comment obtient-on l'automatisme du frein à vide ? L'action du vide, dans le frein non automatique, est intermittente, et n'a lieu, comme on l'a dit plus haut, que lorsque le mécanicien ou l'employé qui se tient dans le fourgon de queue, le juge nécessaire. Pour réaliser l'automatisme du même frein, c'est-à-dire pour qu'il soit toujours prêt à agir, il faut que le vide soit permanent dans la conduite et dans les organes spéciaux du frein. Cette permanence de vide est obtenue à l'aide d'un très petit *éjecteur*,

dont on peut régler le débit, et qui a pour mission de compenser, par son action, la perte du vide et les rentrées d'air, qui peuvent se produire accidentellement.

La rentrée de l'air dans le frein à vide qui doit produire l'effet automatique, est obtenue à l'aide d'un appareil spécial, très simple. Il se compose d'une petite balle métallique, de 12 millimètres de diamètre, qui, dans les conditions normales, se tient en équilibre, mais qui, d'elle-même, remplit les fonctions de soupape sphérique, aussitôt que son équilibre est rompu, soit par suite de l'introduction de l'air faite accidentellement par le mécanicien, soit que l'air extérieur se soit glissé inopinément dans la conduite principale. Si un accident de ce genre arrive, si l'air, a pénétré dans la conduite générale, la petite balle métallique se déplace, et l'air, avec sa pression, arrive sous le *sac à vide*, lequel est soulevé par cette pression. Et comme le levier d'arrêt actionnant les sabots des voitures et wagons est attaché au *sac à vide*, les freins entrent en action, et le train s'arrête.

Le frein à vide non automatique est adopté en France d'une manière exclusive par le chemin de fer du Nord, qui a aujourd'hui en service 624 locomotives et 2,800 véhicules munis de ce frein. Son application doit continuer sur le reste du matériel. Il est exclusivement adopté en Autriche et sur un grand nombre de lignes anglaises, notamment sur le railway Métropolitain de Londres, où les trains se succèdent toutes les deux minutes, sur le railway Métropolitain de Berlin, etc. On le trouve sur le *London North Western, Lancashire et Yorkshire, London South Western, Midland, etc.*, enfin les chemins de fer d'Irlande.

En Angleterre, où les freins continus sont mis en pratique depuis plus longtemps qu'en France, le frein à vide était appliqué, au 31 juin 1884, sur 2,965 locomotives et 45,590 véhicules.

En résumé, le but d'un frein étant d'assurer la sécurité des voyageurs et des convois circulant sur la ligne, l'idéal du genre consisterait à trouver un frein d'un effet *infaillible*. Un tel problème est irréalisable d'une façon absolue; mais l'expérience prouve, et tous les rapports des ingénieurs constatent, que le frein à vide et le frein à air comprimé donnent tous les avantages désirables, et que la sécurité des trains et la vie des voyageurs sont préservées aussi efficacement qu'on puisse le désirer, par l'usage de l'un ou de l'autre de ces freins.

On a comparé, avec raison, la locomotive au coursier fougueux qui dévore l'espace, en lançant, par ses nascaux brûlants, la flamme et la fumée. Mais il fallait pouvoir maîtriser la puissance, quelquefois aveugle, de cet impétueux cheval de fer et d'acier; il fallait mettre aux mains du mécanicien, pour diriger son élan et prévenir de dangereux écarts, la bride et le mors, qui l'arrêtent en face d'un obstacle ou d'un péril. Après de longs efforts, la science mécanique a résolu ce problème, réputé jusque-là insoluble, et c'est un spectacle saisissant que de voir avec quelle singulière facilité le conducteur arrête aujourd'hui un train lancé à toute vapeur, après seulement 30 ou 40 mètres de parcours, en face d'un obstacle, ou simplement aux abords d'une station. La locomotive qui se prête, avec tant de souplesse, aux manœuvres les plus diverses, qui peut s'élancer et s'arrêter, comme le plus docile serviteur, sous la simple pression des doigts du mécanicien, qui gradue, arrête ou redouble sa puissance, selon les besoins et les accidents de la route, qui traîne les plus lourdes charges, gravit les pentes, et tourne les lacets des chemins de montagnes, était déjà une des plus admirables créations de l'industrie des hommes. Par une merveille nouvelle on est parvenu, de nos jours, à ajouter à ces éléments précieux la garantie

certaine de la sécurité, et l'assurance de pouvoir éviter, à l'avenir, ces catastrophes qui jetaient, par intervalles, au sein des populations, l'épouvante et le deuil. Il est bon de révéler à la foule inconsciente ces admirables créations de l'art contemporain, afin de lui inspirer une juste reconnaissance pour les incessants bienfaits qu'elle doit au génie des savants.

CHAPITRE XIII

LE FREIN ÉLECTRIQUE. — TRAVAUX DE M. ACHARD. — AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DU FREIN ÉLECTRIQUE. — ÉTAT ACTUEL DE LA QUESTION. — « HABENT SUA FATA LIBELLI ».

Les *freins continus*, c'est-à-dire le frein à air comprimé et le frein à vide, ont pour but de remplacer la main du garde-frein qui serre le sabot. L'effet presque instantané de l'air comprimé ou du vide, constitue l'avantage fondamental des freins *continus*. Mais il est un agent dont la rapidité de transport et d'action est supérieure encore à ces deux moteurs : nous voulons parler de l'électricité. On a donc, de très bonne heure, songé à appliquer l'électricité au serrage instantané des freins.

M. Achard, ancien élève de l'École polytechnique, ingénieur civil à Cnatte, près Saint-Marcellin (Isère), est le premier qui sut résoudre le problème de l'arrêt instantané d'un convoi. L'appareil qu'il construisit à l'origine, remonte à l'année 1869. On trouvera dans le tome VIII^e (pages 134-137) du journal *la Lumière électrique*, le dessin de cet appareil, assez bizarre, mais qui renfermait le germe des améliorations que l'inventeur devait réaliser plus tard.

C'est à l'Exposition universelle de Paris de 1855 qu'apparut, pour la première fois, le frein électrique de M. Achard.

L'*envoyeur électrique*, qui figurait à cette

xposition, avait pour but de remplacer les gardes-freins, pour l'arrêt des convois. Voici quelles étaient les dispositions de cet appareil.

Au-dessous de chaque wagon pourvu d'un frein, et près de l'arbre de ce frein, se trouve un électro-aimant, c'est-à-dire une lame de fer parcourue par un fil conducteur, dans l'intérieur duquel on peut faire circuler un courant électrique, capable de lui communiquer la vertu magnétique. En face de cet électro-aimant est placée une armature de fer, susceptible d'être attirée par l'aimant temporaire. Une pile voltaïque, disposée sur le wagon, peut envoyer de l'électricité à cet électro-aimant, et lui communiquer ainsi la puissance attractive. Dans l'état ordinaire, c'est-à-dire, lorsque le mécanicien ne veut pas arrêter son convoi, l'électricité ne circule pas autour de l'électro-aimant. L'armature et l'électro-aimant se meuvent donc librement; ils suivent tous les deux les mouvements que leur imprime la progression du convoi, et tout marche comme si cet appareil n'existait pas. Mais si le mécanicien veut arrêter le train, il établit, à l'aide d'un petit levier, la communication entre les fils conducteurs de la pile voltaïque et l'électro-aimant : aussitôt, le courant électrique s'élançant dans le fil, l'électro-aimant devient actif, et attire l'armature de fer, qu'il entraîne avec lui. Or, dans l'état de marche ordinaire, cette armature tient en respect un cliquet, ou verrou, destiné à pousser une roue dentée, qui peut elle-même mettre en action l'arbre du *serre-frein*. Ce cliquet se trouvant rendu libre par le déplacement de l'armature, la roue du *serre-frein* (qui se meut lui-même par la force d'impulsion du convoi) se met aussi à agir, et arrête la marche.

Ainsi, dans l'*enrayeur électrique* que M. Achard construisait en 1855, la force électro-magnétique n'était pas employée comme puissance mécanique directe, pour

arrêter le convoi. L'effort développé par un moteur électro-magnétique semblait alors impuissant à produire ce résultat, L'électro-aimant servait donc tout simplement à dégager un cliquet qui laissait partir une roue. Quant à l'effort mécanique de l'enrayage, il était dû tout entier à la force impulsive du convoi, par l'intermédiaire de l'axe tournant des roues du wagon.

La pensée de ne demander à l'électricité qu'un très faible effort mécanique, tout en profitant de l'instantanéité de son action, était des plus ingénieuses. Il était pourtant préférable de faire servir directement la force mécanique qu'engendre l'électricité, à produire, par sa propre énergie, le serrage des freins. Les progrès faits par la science de l'électricité ayant permis de donner à la force engendrée par la pile ou par le mouvement, une énergie suffisante, M. Achard s'appliqua à cette nouvelle solution du problème, et le nouveau frein électrique qu'il a imaginé paraît répondre à toutes les objections.

Nous représentons dans les figures 199-200 le frein électrique de M. Achard, tel qu'il a été expérimenté plusieurs fois au chemin de fer de l'Est, dans ces dernières années.

Si un courant électrique traverse l'électro-aimant tubulaire, G, les pôles de cet électro-aimant sont attirés par l'essieu H, du wagon. Ils participent alors au mouvement de rotation de l'essieu, et ils entraînent l'arbre d'enroulement d'une chaîne dont l'électro-aimant G est pourvu. Alors cette chaîne, soulevant deux grands leviers, J, J, fait appliquer le sabot contre la roue, et en raye.

Pour desserrer les roues, il suffit d'interrompre le courant : l'électro-aimant abandonne l'essieu, les chaînes se détendent, et les sabots s'écartent de la roue.

Le courant électrique est produit par une pile *accumulatrice*, I. Le courant qu'elle

engendre arrive à l'électro-aimant G, par les fils d'aller et de retour ABCD.

Mais une pile accumulatrice est d'un

pois considérable. On s'occupe à remplacer cette source d'électricité par une machine Gramme. Ici l'inconvénient est d'une autre

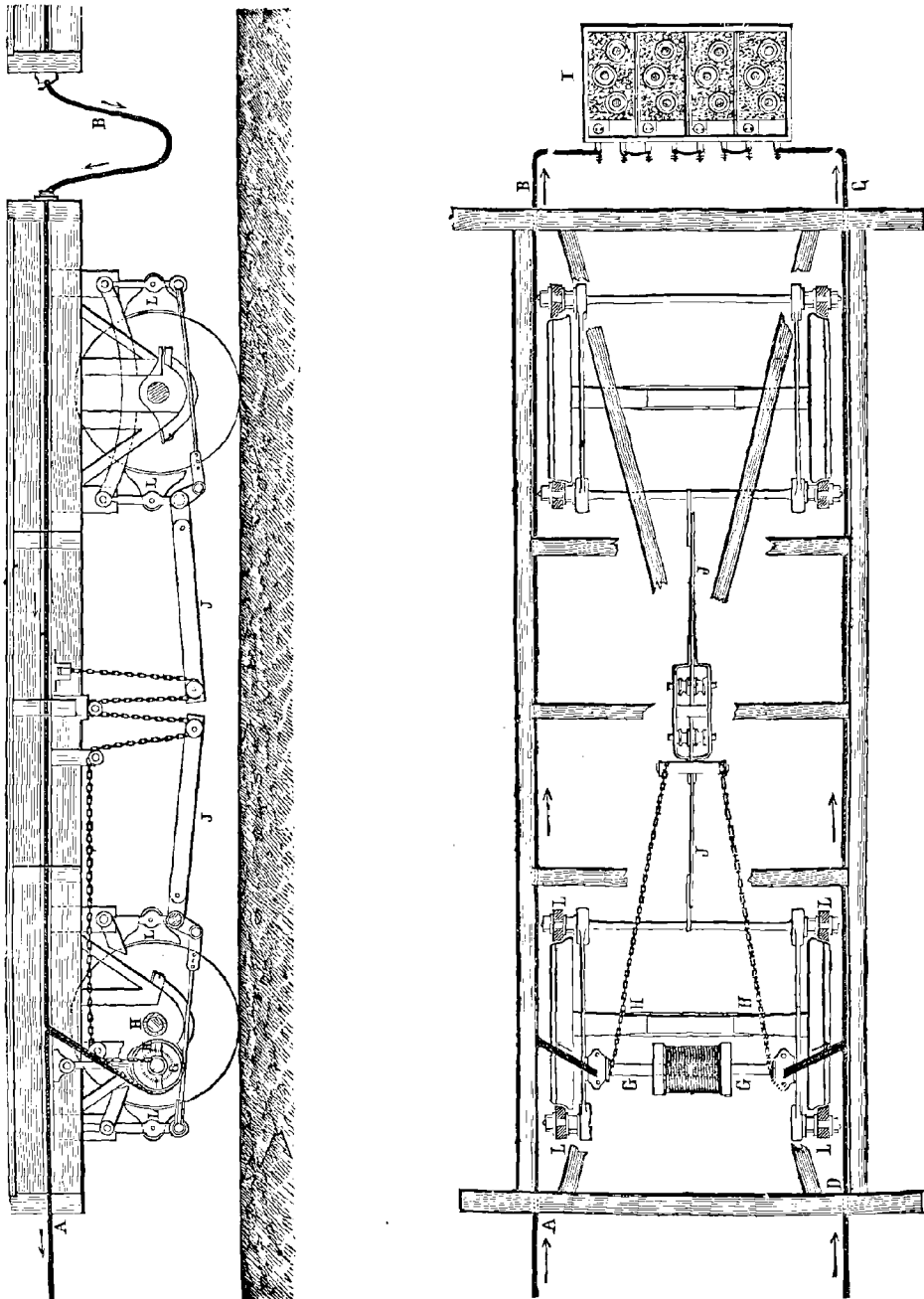


Fig. 299-300. — Frein électrique (perspective du frein et coupe horizontale du châssis du wagon.

nature. Pour actionner une machine électromotrice Gramme, il faut emprunter la vapeur à la chaudière; ce qui a pour résultat

de soustraire une partie de sa puissance à la locomotive.

On voit que la question de l'emploi de

l'électricité se complique, quand on entre dans la pratique du service des voies ferrées.

Quoi qu'il en soit, la pile accumulatrice est placée dans le fourgon à bagages, comme le représente notre dessin, et une autre pile semblable est établie dans le premier wagon ; de sorte que le frein peut être manœuvré soit par le mécanicien, soit par le conducteur du train.

Quant à la manière de faire agir le frein électrique, elle est des plus simples. Il suffit de tourner un *commutateur électrique*, qui envoie le courant dans le fil conducteur, et tous les freins se serrent au même instant.

On reproche à ce frein sa trop grande rapidité, qui produit un arrêt trop brusque, comparé à l'effet, toujours gradué, quoique rapide, des freins à air comprimé et à vide. On peut remédier à cet excès en interposant, dans le circuit, un *rhéostat*, qui permet de graduer l'action du courant.

Il y a donc, dans le frein électrique, une grande rapidité d'action, jointe à une extrême facilité de manœuvre. Il permet d'intercaler facilement, dans un train, des wagons non munis de frein, à la condition d'intercaler aussi deux fils conducteurs, pour maintenir la continuité du circuit électrique.

L'entretien des piles, qu'on aurait pu croire difficile, se fait, au contraire, de la façon la plus aisée, par de simples ouvriers.

En résumé, le frein électrique, qui joint à la rapidité d'action la facilité des manœuvres, produit, avec une admirable efficacité, l'arrêt instantané de toutes les voitures d'un train. Il n'est inférieur, sous aucun rapport, aux freins à vide et à air comprimé ; et bien des personnes y voient « le frein de l'avenir ». D'où vient pourtant que les freins à vide et à air comprimé soient aujourd'hui en usage sur presque toutes nos voies ferrées, tandis que le frein Achard, toujours délaissé, n'a jamais pu

parvenir à se faire adopter par les Compagnies ? Pendant quarante ans, l'inventeur a prêché, avec une ténacité et une force de conviction inébranlables, l'adoption de son système, et il n'est pas beaucoup plus avancé qu'à ses débuts. Nous avons connu M. Achard à l'Exposition universelle de Paris de 1855 ; nous l'avons revu à celle de 1878. C'était un docte ingénieur et un homme au caractère des plus sympathiques. Travailleur infatigable, il était animé d'une philosophie douce, tolérante et résignée. C'était bien l'inventeur obstinément attaché au triomphe de son œuvre, et y dévouant sa vie, sans amertume ni regret. Aujourd'hui encore, après quarante années d'efforts, il est sans cesse en instance auprès des Compagnies de chemins de fer, et préside avec ardeur à tous les essais que poursuit la Compagnie de l'Est, qui patronne son système et se flatte de le mener à bien. Ses cheveux ont blanchi, ses forces ont décliné, mais il est toujours inébranlable dans sa marche vers le but à atteindre. Les anciens disaient : *timeo virum unius libri* (Je redoute un homme qui a étudié un seul livre). M. Achard, qui n'a pas cessé de se consacrer, depuis sa jeunesse, à l'étude du frein électrique, a droit à l'admiration de ses contemporains, et s'il ne réussit pas définitivement dans la grande tâche qui fut le but constant de sa vie, il sera, du moins, en possession de la reconnaissance publique, car ses travaux ont eu pour but la conservation et la préservation de la vie des hommes par un moyen d'éviter et de prévenir les accidents de chemins de fer. On dit que les livres ont leur destin : *Habent sua fata libelli*. Il en est ainsi des inventions mécaniques. Leurs destins sont suspendus aux hasards des événements et du sort.

CHAPITRE XIV

LES NOUVEAUX SIGNAUX ASSURANT LA SÉCURITÉ DES TRAINS.

— LE SIFFLET ÉLECTRIQUE AUTOMOTEUR À L'APPROCHE DES STATIONS. — LES SONNERIES TREMBLEUSES. — LES « POSTES-VIGIES » POUR L'AIGUILLAGE GÉNÉRAL. — CLOCHES ALLEMANDES. — LE «BLOCK-SYSTEM», SON PRINCIPE, SES APPLICATIONS EN FRANCE ET EN ANGLETERRE.

La sécurité des trains est assurée, dans les conditions habituelles du service, par un ensemble de signaux que nous n'avons pas à décrire, puisque leur usage remonte aux premières périodes de la création des chemins de fer. Nous devons nous contenter de les rappeler.

On sait que des signaux fixes ou des signaux à main indiquent si la voie est libre ou occupée, si un obstacle ou si un autre train est à proximité d'un convoi en marche.

Aux signaux à main se rattachent, pendant le jour, les drapeaux, rouges ou verts, déployés ou fermés ; et, pour la nuit, des lanternes, que le cantonnier présente au train, et dont le verre est tantôt blanc, tantôt vert, tantôt rouge.

Aux signaux fixes se rattachent les disques présentant une face rouge ou noire, pendant le jour, et, pendant la nuit, d'autres colorations convenues ; ainsi que les boîtes détonantes, qui signalent, en temps de brouillard, quelques passages dangereux.

Nous omettons d'autres moyens simples, qui varient selon le réseau des diverses Compagnies, ou selon les pays, et qui assurent la sécurité des trains sur un parcours peu étendu.

Mais tous ces signaux, étant basés sur la vue d'un objet matériel, ou sur la perception d'un bruit, ne sont utiles qu'à une faible distance, à quelques kilomètres. Si le parcours est plus grand, ils deviennent insuffisants. Il a donc fallu créer toute une série de moyens nouveaux, pour que, dans chaque gare, on puisse connaître l'état de

la voie, comme si on l'avait sous les yeux.

Dans ces dernières années, ce genre de signaux s'est singulièrement accru et perfectionné, et c'est à leur application générale que l'on doit attribuer le petit nombre d'accidents qui se produisent aujourd'hui sur nos voies ferrées.

C'est à l'électricité que l'on emprunte presque tous les moyens de connaître, à chaque instant, l'état de la voie. Les moyens, proposés et essayés depuis dix ans, sont en nombre considérable, et nous risquerions de nous égarer dans leur diversité si nous n'avions un guide sûr : c'est le rapport de M. Guillebot de Nerville, cité dans les pages précédentes. Ce rapport signale les appareils électriques ou autres dont l'adoption a été recommandée aux Compagnies françaises de chemins de fer, et qui ont été bientôt adoptés. Il nous suffira donc de faire connaître ces appareils, qui peuvent se réduire aux suivants :

1° Le sifflet électrique automatique à l'arrivée en gare, ou dans les stations importantes ;

2° Le carillon trembleur, qui sert à prévenir les employés de la gare qu'aucun autre train ne s'avance sur la ligne,

3° La manœuvre mécanique pour actionner les aiguilles sans erreur possible, en d'autres termes, les *postes-vigies*, ou *pavillons pour l'aiguillage général*, qui ont remplacé les aiguilleurs stationnant sur la voie ;

4° Le *block-system* ;

5° Les *cloches allemandes*.

Sifflet électrique automatique. — Le mécanicien ou le conducteur d'un train peuvent ne pas apercevoir les disques qui signalent un point dangereux de la voie, ou l'approche d'une station. On a, dès lors, voulu que la locomotive elle-même annonçât son passage, par un effet physique infaillible.

C'est le courant électrique qui réalise cet effet.

Beaucoup d'appareils de ce genre ont été essayés par les Compagnies. Celui auquel

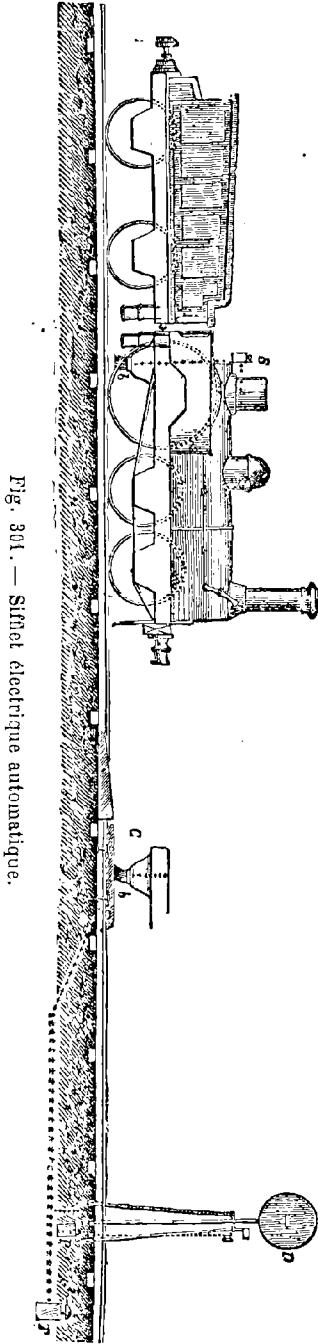


Fig. 301. — Sifflet électrique automatique.

on s'est arrêté a été combiné par M. Lartigue, ingénieur de la Compagnie du Nord, et

construit par M. Digney. Voici ses dispositions.

A une certaine distance du disque d'arrêt, est établi un *contact électrique*. C'est un corps métallique saillant entre les rails, au milieu de la voie, et que les employés désignent vulgairement, sous le nom de *crocodile*, parce que sa carapace paraît rappeler ce reptile. De cette espèce de carapace métallique faisant saillie sur la voie, partent deux fils conducteurs qui aboutissent à une pile voltaïque, placée dans la guérite du cantonnier, ou à la maison du garde-barrière. Le pôle négatif de cette pile est en contact avec la terre, et dans les conditions ordinaires le courant électrique ne circule pas. Mais le courant circule quand la locomotive arrive. En effet, la locomotive est pourvue, à sa partie inférieure, d'une sorte de brosse métallique, c'est-à-dire formée de fils conducteurs de l'électricité, et dont la longueur est calculée pour venir frotter la surface du *contact métallique*. Le courant électrique s'établissant par la brosse de la locomotive qui vient réunir les deux pôles, fait retentir le sifflet que porte toujours la chaudière d'une locomotive.

Nous représentons dans la figure 301 le contact fixe, ainsi que la locomotive, pourvue, à sa partie la plus basse, de la brosse de fils métalliques. P, est la pile voltaïque qui fournit le courant. S, est le sifflet placé sur la locomotive. Il résonne, par l'effet de la vapeur, grâce à un mécanisme très ingénieux, dû à M. Lartigue, mais qu'il serait superflu de décrire dans ses détails. Quand la brosse b, placée sous locomotive, vient établir la communication électrique en touchant le contact, C, le sifflet S retentit automatiquement.

C'est par ce moyen qu'à l'entrée d'une gare, à l'approche d'un tunnel ou d'une rampe, la locomotive annonce elle-même son arrivée, et remplace le mécanicien, qui peut être distrait ou occupé à d'autres soins.

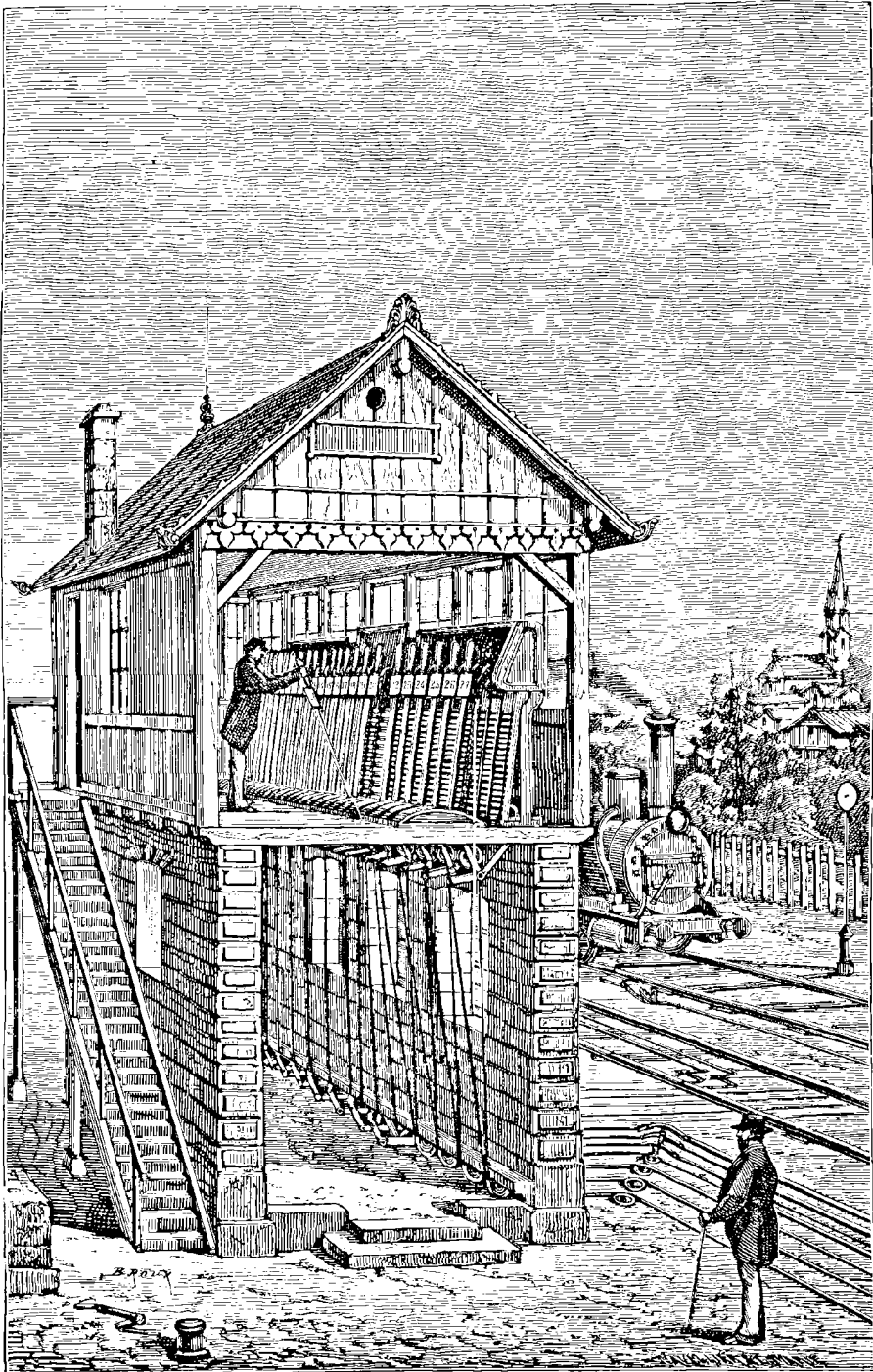


Fig. 392. —Poste-vigie pour l'aiguillage général aux abords d'une gare.

(Coupe verticale montrant le mécanisme).

Le carillon électrique. — Quand on voyage sur la ligne de Paris à Marseille, on entend, dès que le train est entré en gare, retentir un carillon, qui continue à résonner cinq minutes encore après le départ. Cette sonnerie n'est pas, comme on pourrait le penser, dépendante du service des télégraphes : elle se rattache au système des signaux du chemin de fer. Ce carillon est, en effet, l'indice que le *disque-signal* placé à une certaine distance, indique bien l'arrêt du train, afin de prévenir un autre train, s'il s'en présente un, d'avoir à ne pas s'engager sur la même voie.

Le *carillon électrique* est donc destiné, simplement, à contrôler la manœuvre du *disque-signal*, annonciateur de l'état de la voie. Quant au mécanisme qui fait retentir le *carillon électrique* jusqu'au départ du train, il est fort simple. On sait que le *disque-signal* est porté au haut d'un mât. Lorsqu'il vient à tourner, par le mouvement de rotation sur son axe qu'imprime à l'arbre qui le porte l'employé spécial de la voie, ce disque entraîne avec lui une tige, laquelle vient toucher un contact métallique, quand ce disque est placé au signal d'arrêt. Ce contact établit le courant électrique aboutissant à la *sonnerie trembleuse* placée dans la gare, et le carillon continue son tintement tant que le *disque-signal* est placé à l'arrêt. Quand la sonnerie cesse de retentir, c'est la preuve que le *disque-signal* a repris sa place, ce qui annonce la liberté de la voie.

Postes-vigies pour l'aiguillage général. — On connaît l'importance fondamentale des aiguilles, c'est-à-dire de l'appareil mobile, composé de tronçons de rail, qui produit le changement de voie. Si l'aiguilleur est distrait, malade, etc., il peut diriger le train, par une fausse manœuvre, dans un mauvais sens, et alors un accident est possible. C'est pour prévenir les fausses manœuvres des aiguilleurs que, dès l'année 1856, un ingénieur du chemin de fer de

l'Ouest, M. Viguier, imagina un appareil qui produisait les signaux optiques, c'est-à-dire manœuvrait les *disques-signaux*, en même temps que l'aiguilleur produisait le changement de voie. Grâce à ce moyen, on était averti de la bonne exécution de la manœuvre par l'aiguilleur. L'apparition du signal optique, c'est-à-dire du *disque-signal*, en était le garant.

On appella *enclenchement*, le système mécanique qui établit la solidarité entre le mouvement des aiguilles et le signal optique.

L'appareil de M. Viguier est resté longtemps en usage; mais, plus tard, la multiplication extraordinaire des trains sur les chemins de fer de l'Ouest et sur d'autres lignes, rendit insuffisant l'appareil à *déclenchement automatique* de M. Viguier. On eut alors l'idée, dans les grandes gares, de réunir en un même point, de centraliser, pour ainsi dire, les leviers des aiguilles, pour produire l'enclenchement d'un très grand nombre d'aiguilles. On cite en Angleterre, à Charring-Cross (Londres), des postes mécaniques d'aiguillage qui renferment jusqu'à 70 leviers. A la gare du Nord de Paris, les aiguilles à faire agir dans le même pavillon sont au nombre de 60, et de 50 au chemin de fer de l'Ouest.

Deux constructeurs anglais, MM. Saxby et Farmer, sont les inventeurs d'un système mécanique, très compliqué dans ses combinaisons, mais très sûr dans ses résultats, qui permet de produire à distance l'*enclenchement* des leviers des aiguilles pour les changements de voie, et qui ferme l'accès à toute autre voie que celle que le train doit suivre. En d'autres termes, les *enclenchements* établis entre les leviers immobilisent, quand l'un d'eux a été manœuvré, ceux dont le mouvement pourrait créer un danger.

Le mécanisme de l'appareil de MM. Saxby et Farmer est tellement sûr que l'on a dit

qu'un aveugle qui entrerait dans un *poste-vigie*, et qui manœuvrerait au hasard les leviers, pourrait sans doute arrêter la circulation des trains, mais ne saurait produire une collision.

La fig. 302 représente le bâtiment qui renferme les leviers pour manœuvrer à distance les aiguilles, dans une station de chemin de fer, c'est-à-dire un *poste-vigie* pour l'aiguillage.

Le block-system. — Deux trains marchant dans la même direction et sur la même voie sont susceptibles de s'atteindre et de se tamponner. Les règlements des diverses Compagnies prescrivent, pour éviter ces rencontres, de séparer chaque départ de train, sur une même ligne, et dans le même sens, par un certain intervalle de temps. Cet intervalle séparateur est, en général, de 10 minutes. Mais la vitesse de l'un des deux trains marchant dans la même direction, est surbordonnée à des incidents imprévus, qui peuvent ralentir l'un des trains, ou même l'arrêter, sans que le suivant en soit averti.

Sur des lignes à faible trafic, le temps pris comme base, pour faire succéder un train à l'autre, peut être un moyen de précaution suffisant, mais sur des lignes très fréquentées, par exemple sur les lignes de banlieue du chemin de fer de l'Ouest, où les trains se succèdent quelquefois de minute en minute, il est tout à fait indispensable de prendre un autre moyen d'empêcher les collisions. Il faut substituer à la garantie du temps la connaissance précise de l'état de la voie en ses différentes parties. Tel est l'objet du *block-system*

On divise toute la longueur de la ligne en un certain nombre de sections, composées, chacune d'un poste, contenant un employé et un appareil télégraphique. La distance d'une station à l'autre dépend de l'importance du trafic de cette ligne. Un train en marche ne peut sortir de ce can-

tonnement sans que le garde préposé au poste de la station, ne lui en ait donné l'autorisation, et cette autorisation n'est donnée que quand le garde s'est assuré, au moyen du télégraphe, qu'il n'y a aucun autre convoi sur la section suivante de la voie.

Tel est donc le principe de l'important ensemble des moyens d'avertissement mutuel qui porte le nom de *block-system*, du verbe anglais *block*, barrer, bloquer, ce qui signifie qu'un train est *bloqué* dans une section, jusqu'à ordre contraire.

L'invention de ce système est due à un ingénieur anglais, M. Tyer. Il a été perfectionné successivement par M. Regnault, ingénieur français, et MM. Siemens et Halske, de Berlin.

Voici quelle est la disposition de chaque poste, dans le *block-system*.

Deux cadres rectangulaires sont divisés, dans le sens de la hauteur, en deux parties, l'une pour la *voie d'aller*, l'autre pour la *voie de retour*. Dans chaque moitié du cadre, c'est-à-dire de la représentation graphique de la voie d'aller ou de retour, est une aiguille de fer, qui peut, sous l'influence d'un courant électrique, ou d'un électro-aimant actionné par un courant, s'incliner à droite ou à gauche, comme le fait l'aiguille du vieux télégraphe électrique anglais. Ces deux indications de l'aiguille tournant à droite et à gauche, correspondent aux mots: *voie occupée*, *voie libre*.

Dans le poste est un appareil électrique, appelé *avertisseur*, et un autre, *récepteur*. Au moyen de l'appareil *avertisseur*, le garde fait savoir au garde du poste suivant si la voie est *libre* ou *occupée*, et avec l'appareil *récepteur* il reçoit les réponses du poste suivant. Bien entendu qu'une sonnerie électrique attire l'attention de l'employé du télégraphe, quand la dépêche va lui être expédiée.

Grâce à ces deux signaux le garde, dès

qu'un train est engagé sur la voie de sa section, en est prévenu, et il prévient, à son tour, le garde de la section suivante. Quand le train est reparti, le même garde en donne avis au poste suivant. Par cette série de messages télégraphiques, l'état de la voie est constamment connu de tous les autres employés au mouvement et à la surveillance des trains

Nous ajouterons que chaque poste est ordinairement pourvu d'un appareil à signaux, connu sous le nom d'*électro-sémaphore*, qui sert de complément aux dépêches télégraphiques. Lartigue, ingénieur au chemin de fer du Nord, plus tard directeur de la Société générale des téléphones, mort en 1884, est l'inventeur d'un *électro-sémaphore* qui est en usage au chemin de fer du Nord

La compagnie du chemin de fer de Paris-Lyon-Méditerranée se sert d'un appareil électro-magnétique destiné à la transmission des signaux pour la correspondance d'un poste à l'autre, qui a été construit par M. Tyer, l'inventeur du *block-system*, et perfectionné par un ingénieur français M. Joussetin; ce qui a fait donner à cet appareil à signaux le nom d'appareil *Tyer-Joussetin*. Il produit, par le mouvement des aiguilles sur les cadrans du poste et avec le même courant électrique, non pas seulement deux signaux, comme le premier appareil, dont nous avons parlé, mais 12 signaux. Ces signaux répondent aux indications suivantes :

1° *Demande d'une locomotive à voyageurs.*

2° *Demande d'une locomotive à marchandises.*

3° *Avis de l'existence sur la voie d'une machine isolée.*

4° *Arrêtez et visitez le train.*

5° *Wagons échappés et libres sur la voie d'aller.*

6° *Wagons échappés et libres sur la voie de retour.*

7° *Arrêtez le train venant sur moi.*

8° *Train en détresse sur la voie d'aller.*

9° *Train en détresse sur la voie de retour.*

10° *Rentrer dans la section.*

11° *Essayer le jeu de l'appareil.*

12° *Le signal produit est annulé.*

Il paraît que ces douze signaux suffisent pour tous les avis à donner dans une section.

On trouve aujourd'hui sur la ligne de Paris-Lyon-Méditerranée (802 kilomètres) 233 postes munis des appareils à signaux *Tyer-Joussetin*.

De nombreux accidents ont été évités depuis l'adoption de ces ingénieuses combinaisons et de l'emploi intelligent des messages télégraphiques. Mais on le conçoit, l'établissement d'un pareil ensemble est fort coûteux, et ce n'est que sur les lignes d'une grande importance qu'il peut être installé. Sur les lignes d'un moindre trafic, le *block-system* fonctionne avec des appareils d'une disposition plus simple, mais reposant toujours sur le même principe, à savoir, la division de la voie en sections, consacrées chacune à la police de cette partie de la ligne

Les cloches allemandes. — Sur les lignes à voie unique, il serait impossible de songer à faire fonctionner le *bloc-system*, qui est d'un usage trop dispendieux. Cependant un chemin de fer à voie unique a besoin d'être surveillé autant qu'un chemin de fer à double voie, car des accidents résultant de la rencontre de deux trains marchant en sens contraire, peuvent s'y produire. C'est pour assurer la sécurité des lignes à voie unique par une surveillance rigoureuse, que l'on a inventé, en Allemagne, les *cloches électriques*, qui, comme le *block-system*, empruntent leurs moyens d'avertissement à l'électricité.

Pour faire usage de ce dernier moyen d'assurer la police de la ligne, toutes les

gares et les stations importantes sont reliées par un fil télégraphique, au moyen duquel les chefs de gare transmettent continuellement des dépêches relatives à l'état de la voie. Le télégraphe Morse, — disons-le en passant — a remplacé, depuis quelques années, l'ancien télégraphe à cadran, qui était d'une action trop lente.

Les sonneries du télégraphe et les appareils récepteurs des dépêches sont établis dans les postes des gardes-barrières disséminés sur la ligne. L'employé indique le sens de la circulation des trains par un nombre déterminé de coups de la sonnerie. Tous les agents de la ligne sont avertis, de cette manière, du nombre de trains en marche et de leur sens. S'il arrive que deux sonneries différentes se fassent entendre, à peu d'intervalle, c'est la preuve que deux trains marchent en sens contraire; et alors les employés font immédiatement les signaux d'arrêts, dans les deux directions.

C'est pour perfectionner ce mode d'avertissement que Leopolder imagina, en Autriche, en 1876, les cloches dites aujourd'hui *allemandes*.

La Compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée, après une étude approfondie des *cloches Leopolder*, faite en Autriche et en Italie, a adopté ce mode d'avertissement.

On trouve, dans une Notice publiée par cette Compagnie, la description suivante des *cloches allemandes*.

« Le système Leopolder consiste à faire sonner électriquement de grosses cloches placées sur les façades des gares, sur les maisonnettes des gardes-lignes, ou sur des guérites intermédiaires, de manière à prévenir par l'audition d'un certain nombre de coups convenus réglementairement, les agents des gares et tous les agents en stationnement sur la ligne, du départ des trains et de tous les incidents relatifs à leur circulation, tels que : marche en dérive, demande de secours, marche de deux trains à la rencontre l'un de l'autre, etc.

Ainsi, par exemple, les trains marchant dans le sens pair sont annoncés par trois séries de deux coups de cloche, tandis que les trains marchant en sens impair sont annoncés par trois séries de trois

coups de cloche. Comme les cloches sont réparties sur la ligne, de façon à être entendues d'un point quelconque de cette ligne, il en résulte que les agents des gares et les agents de la voie sont prévenus non seulement du départ des trains, mais encore du sens de la marche de ces trains. Par suite, si deux gares envoient, par une inadvertance coupable, deux trains en sens contraire, les agents, entendant le

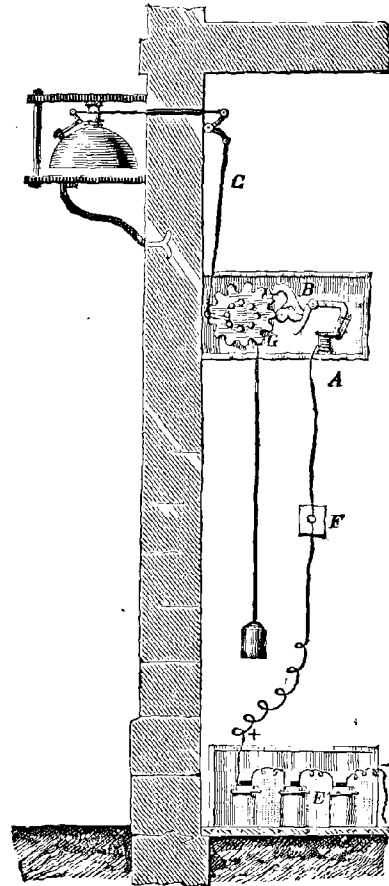


Fig. 303. — Cloche allemande.

signaux correspondant à chacun, de ces trains, peuvent prendre les mesures nécessaires pour les arrêter et prévenir une collision.

On comprend que l'on puisse, en faisant varier le nombre de coups de cloche et la durée de l'intervalle qui les sépare, obtenir des signaux tout à fait distincts. En représentant les coups de cloche par des points et les intervalles séparant deux groupes consécutifs de coups de cloche par des traits horizontaux, on obtient une représentation graphique des signaux. Ainsi :



représente un groupe de deux coups de cloche trois fois répétés.

représente un groupe de trois coups de cloche trois fois répétés.

Deux coups de cloche consécutifs, d'un même groupe, doivent être séparés par un intervalle d'une seconde et demie à deux secondes. Deux groupes consécutifs doivent être séparés par un intervalle de six secondes au moins et de huit secondes au plus. Deux signaux consécutifs doivent toujours être séparés par un intervalle de huit secondes au moins, par un emprunt fait au télégraphe Morse les six coups de cloche, selon leur nombre et leur espacement répondent aux signaux inscrits dans le tableau suivant.

NOMBRE DE COUPS

1. Annonce d'un train impair.	1
2. Annonce d'un train pair.	2
3. Annulation du départ d'un train impair. . .	3
4. Annulation du départ d'un train pair. . . .	4
5. Machine de secours demandée, trains impairs.	5
6. Machine de secours demandée, trains pairs.	6
7. Machine de secours avec wagons de secours, trains impairs.	7
8. Machine de secours avec wagons de secours, trains pairs.	8
9. Arrêtez tous les trains (signal à répéter trois fois).	9
10. Wagons en dérive (sens impair).	10
11. Wagons en dérive (sens pair).	11

Le mécanisme qui produit la sonnerie dans les *cloches allemandes*, est représenté sur la figure ci-jointe.

Le mouvement du marteau qui doit frapper le timbre D, est déterminé, grâce à la tige, C, par la chute d'un poids et des rouages, c'est-à-dire par le mécanisme du tourne-broche. Mais la chute du poids, et par conséquent le mouvement du rouage, G, sont empêchés par un cliquet, B, lequel est en rapport avec un électro aimant A. Si l'on vient à toucher le bouton F, on fait passer le courant électrique, provenant de la pile E, dans tout ce système, et l'on rend actif l'électro-aimant A. Dès lors, l'armature de cet électro-aimant est attirée, ce qui rend libre le rouage, G, ainsi que le poids du tourne-broche, et le marteau frappe un coup sur le timbre. En interrompant ainsi le courant à différents intervalles, on produit autant de coups de cloche qui

servent de signal, d'après la liste conventionnelle des signaux inscrits sur le tableau transcrit ci-dessus.

CHAPITRE XV

COUP D'ŒIL SUR LES TYPES ACTUELS DE LOCOMOTIVES EN USAGE SUR LES CHEMINS DE FER DE L'EUROPE : LOCOMOTIVES A VOYAGEURS, LOCOMOTIVES A MARCHANDISES ET LOCOMOTIVES MIXTES. — TYPES SPÉCIAUX : LES LOCOMOTIVES FAIRLIE ET BARCHAERT.

Pour continuer la revue des perfectionnements apportés, depuis quelques années, à l'art et à l'industrie des chemins de fer, considérés en Europe, il nous reste à parler des moyens de sûreté adoptés aujourd'hui, pour éviter la rencontre des trains et des accidents, et à décrire les nouveaux types de locomotives et de wagons en usage sur les voies ferrées de l'Europe. Les locomotives, et les wagons ont reçu, en effet, depuis peu d'années, d'importantes modifications, que nous ne saurions passer sous silence.

Tout le monde sait que l'on classe les locomotives, suivant la nature de leur service, en trois catégories : les *locomotives à voyageurs*, ou à grande vitesse — les *locomotives à marchandises*, ou à petite vitesse — et les *locomotives mixtes*, qui sont consacrées alternativement et selon les besoins du trafic, au service des voyageurs ou à celui des marchandises.

Locomotives à voyageurs. — Jusqu'en 1875 environ, la *locomotive Crampton* fut le type le plus généralement adopté sur toutes les lignes de l'Europe, pour le service des voyageurs. Bien qu'elle ait été combinée à l'origine par un ingénieur anglais, Crampton, cette locomotive est devenue, on peut le dire, française, par l'usage général qu'on en fit dans notre pays peu après son invention; par le nombre considérable que les constructeurs du Creusot, de Fives-Lille et de

Paris, en ont livré aux Compagnies; enfin par le grand nombre de machines de ce

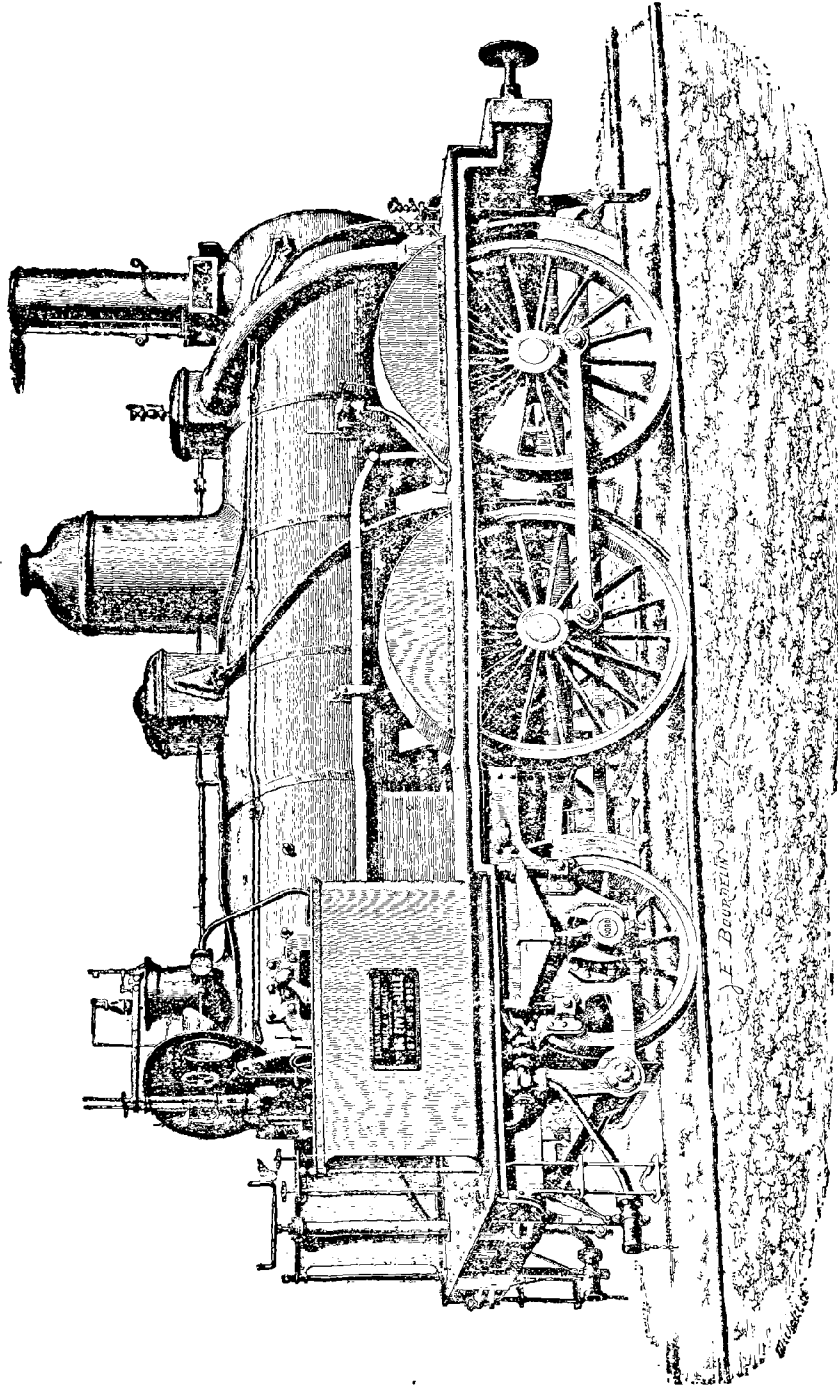


Fig. 304. — Locomotive à voyageurs.
Type construit par la Compagnie de Fives-Lille.

type qui sont sorties des ateliers de nos grandes Compagnies.

La locomotive Crampton qui fit, en 1849, une révolution dans l'art des chemins de

fer, en réalisant, pour la première fois, les transports rapides, avait dû son succès à l'idée fondamentale de Crampton, de n'employer que deux roues motrices de grande dimension (plus de 2 mètres de diamètre) en les plaçant à l'arrière du foyer de la chaudière et du mécanisme. Le diamètre considérable des roues assure nécessairement une grande vitesse, parce que le développement de la roue sur le rail est plus allongé, et l'action motrice multipliée dans la même proportion.

La *machine Crampton* jouit d'une grande stabilité, en raison de l'abaissement du centre de gravité de tout son ensemble, et de l'écartement des essieux. Ajoutons qu'elle produit une force motrice considérable, par suite de l'énorme surface de chauffe de sa chaudière tubulaire, qui dépasse 100 mètres carrés. La course du piston des cylindres à vapeur est, sans doute, un peu courte; mais les pièces mobiles du mécanisme à vapeur, ne marchant qu'à une vitesse médiocre, sont d'une plus longue durée.

La *locomotive Crampton*, c'est-à-dire à grandes roues motrices libres, est restée en usage pendant trente ans, en France, sur les chemins de fer de l'Est, du Nord et de Paris-Lyon-Méditerranée.

Dans le reste de l'Europe, le même système un peu modifié a été également conservé très longtemps. On peut citer, en particulier, les *Crampton badoises*, qui sont munies d'une articulation, mobile, dans une certaine mesure, pour remorquer les trains de voyageurs dans des courbes de petit rayon; et les *locomotives Mac-Connel* et *Sturrock*, qui ont remplacé, en Angleterre, les *Crampton primitives*, et sont remarquables par les dimensions du foyer; enfin la *locomotive Stephenson*, dans laquelle on fait usage de trois cylindres à vapeur, au lieu de deux, pour remédier à l'insuffisance de la longueur des cylindres à vapeur et

des pistons, que l'on reprochait, avec juste raison, au premier type anglais.

Cependant les changements survenus dans le service des trains de voyageurs ont créé des conditions nouvelles auxquelles la locomotive Crampton ne répondait plus. Cette machine rapide ne marche bien que sur des lignes à très grandes courbes et à très faible pente. Or, on demande aujourd'hui aux locomotives à grande vitesse de remorquer des charges énormes, puisqu'on adjoint aux trains rapides des voitures de 2^e classe, quelquefois même des voitures de 3^e classe. D'autre part, on construit les nouvelles lignes de chemins de fer avec des courbes d'un rayon beaucoup plus petit qu'autrefois, et l'on ne recule plus devant des rampes d'une assez forte inclinaison.

Il a donc fallu renoncer à la machine Crampton. Dans les locomotives à grande vitesse que l'on construit aujourd'hui, on continue de donner aux roues motrices un grand diamètre, mais on prend quatre roues motrices au lieu de deux, et on les accouple, c'est-à-dire on réunit les moyeux de chaque paire de roues par une barre d'acier, ou *bielle*, articulée, qui les rend solidaires. On a ainsi une plus grande puissance motrice, sans nuire à la stabilité générale du système.

La *locomotive Polonceau* fut la première modification apportée au type Crampton, dans le sens qui vient d'être expliqué. Mais, depuis Polonceau, on a encore perfectionné la machine à grande vitesse, par d'heureuses dispositions des organes secondaires du mouvement. En définitive, le type Crampton, c'est-à-dire la locomotive à grande vitesse, composée de deux roues de grand diamètre et indépendantes, est aujourd'hui remplacé par une machine à quatre roues motrices solidaires, c'est-à-dire couplées deux à deux, par leurs essieux.

tout en leur donnant le plus grand diamètre possible.

Pour faire connaître dans leurs détails les locomotives à grande vitesse les plus

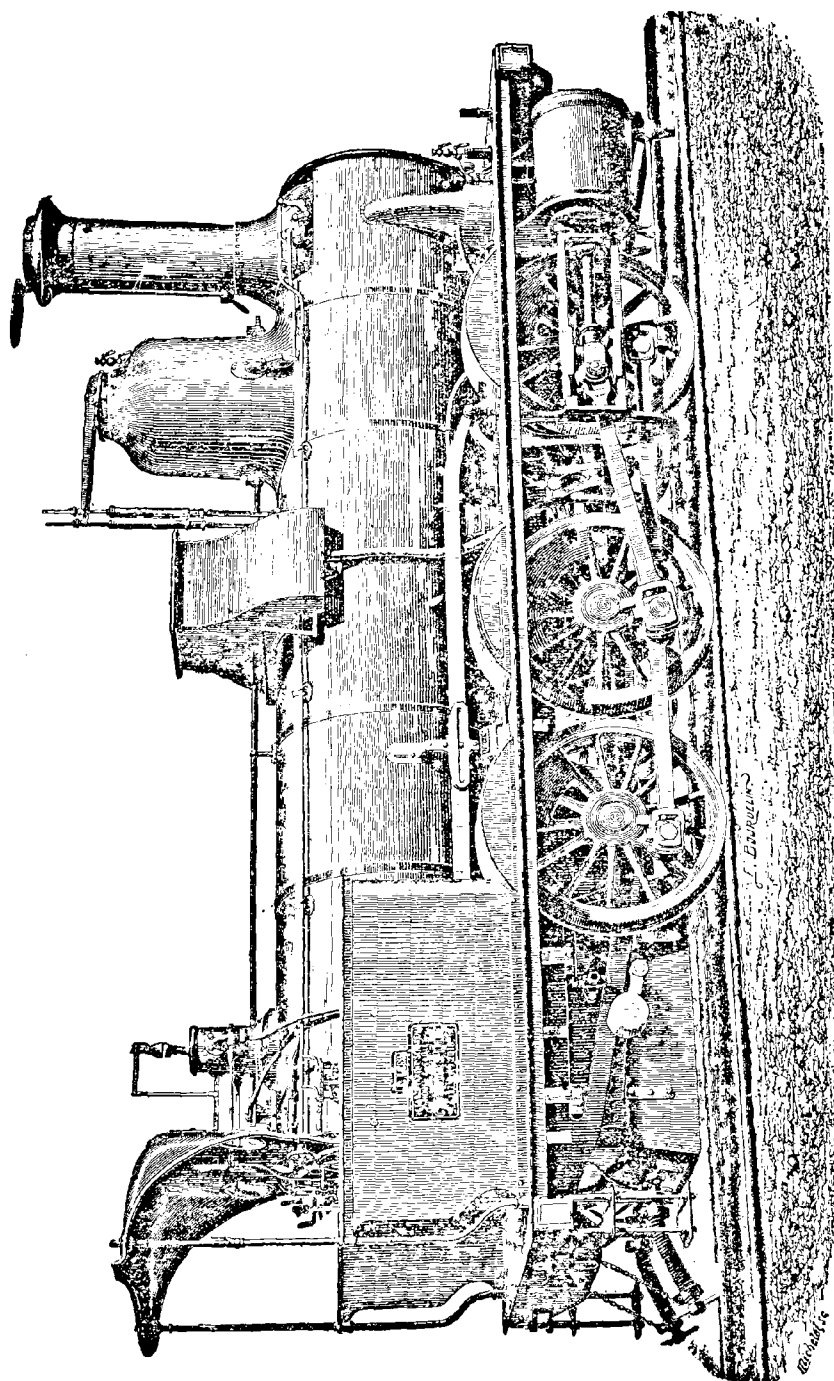


Fig. 30a. — Locomotive à marchandises
Type construit par la Compagnie de Fives-Lille.

répandues aujourd'hui en Europe, nous | donnerons le dessin du type de la loco-

motive à voyageurs que construit l'usine de Fives-Lille, et qui consiste essentiellement à coupler chaque paire de roues, et à placer les cylindres à vapeur sous la chaudière, dans l'espace libre existant entre les roues non motrices.

Voici quelles sont les *conditions principales* de la locomotive à voyageurs de Fives-Lille que nous représentons dans la figure 304.

Diamètre des cylindres	0 ^m ,420	
Course des pistons	0 ^m ,360	
Diamètre des roues	1 ^m ,800	
Timbre de la chaudière (pression effective par centimètre carré).....	8 ^k ,500	
Grille {	Longueur.....	1 ^m ,558
	Largeur.....	0 ^m ,978
	Surface.....	1 ^{mc} ,52
	Diamètre.....	0 ^m ,050
Tubes {	Longueur entre les plaques tubulaires.....	3 ^m ,815
	Nombre.....	456
Surface de chauffe {	Du foyer.....	7 ^{mc} ,47
	Des tubes.....	89 ^{mc} ,72
	Totale.....	97 ^{mc} ,19
Capacité des caisses à eau.....	»	
Capacité des caisses à combustible..	»	
Poids de la machine vide.....	29.000 kil.	
Poids de la machine en service.....	32,500 kil.	

Locomotives à marchandises. — Nous avons parlé, à propos des chemins de fer de montagne, de l'invention du type primitif des machines à petite vitesse. C'est en 1851, qu'Engerth établit les principes généraux sur lesquels repose la construction des machines à petite vitesse; et ces principes ont été si bien posés par l'ingénieur autrichien, qu'on n'y a jamais apporté de changements sérieux.

Rappelons que, pour réaliser la traction de lourds convois, à petite vitesse, il faut prendre l'inverse des dispositions propres aux machines à grande vitesse. Au lieu de deux ou de quatre grandes roues motrices, qui prennent sur le rail un long développement, afin d'accélérer la marche, il faut employer de petites roues, qui progressent

lentement, mais qui fournissent un point d'appui considérable et une adhérence proportionnée; et il faut réunir, c'est-à-dire *coupler* les six à huit roues motrices. Le couplement des roues répartit plus uniformément le poids de toute la machine, et, en augmentant l'adhérence des roues, les empêche de *patiner*, c'est-à-dire de tourner sur place. Autre condition essentielle : il faut que les cylindres à vapeur aient de grandes dimensions, pour donner à la tige du piston une plus grande longueur, afin qu'elle agisse sur l'essieu moteur par un bras de levier plus long. Il n'est pas difficile, d'ailleurs, de loger de gros cylindres à vapeur et de longues tiges de piston sur les machines à petite vitesse, où la place ne fait pas défaut, en raison de leur grand volume. On les installe à l'extérieur et à l'avant.

Tandis, que, sur les machines à grande vitesse, les roues motrices atteignent des dimensions de 2 mètres de diamètre, sur les machines à petite vitesse, les roues n'ont pas plus de 1 mètre.

La vitesse à réaliser avec un train de marchandises n'est que de 30 kilomètres à l'heure.

Dans toute machine à marchandises, ainsi qu'on le fit sur les machines Engerth, dès l'origine de cette invention, le *tender*, c'est-à-dire les caisses à eau et au charbon, est réuni à la locomotive sur le même support, et la surface de chauffe des tubes de la chaudière est très considérable.

Toutes ces dispositions, nous le répétons, étaient réalisées sur le type primitif de la locomotive d'Engerth, que l'on conserve aujourd'hui sur tous les chemins de fer de l'Europe, pour la traction des lourds convois à petite vitesse.

La figure ci-dessus, qui reproduit le type des machines à marchandises construites par l'usine de Fives-Lille, fixera les idées à cet égard, en mettant sous les yeux du lecteur l'aspect exact de ce type. Le tableau des

dimensions et des *conditions principales de* | *construction de la même machine, complé-*

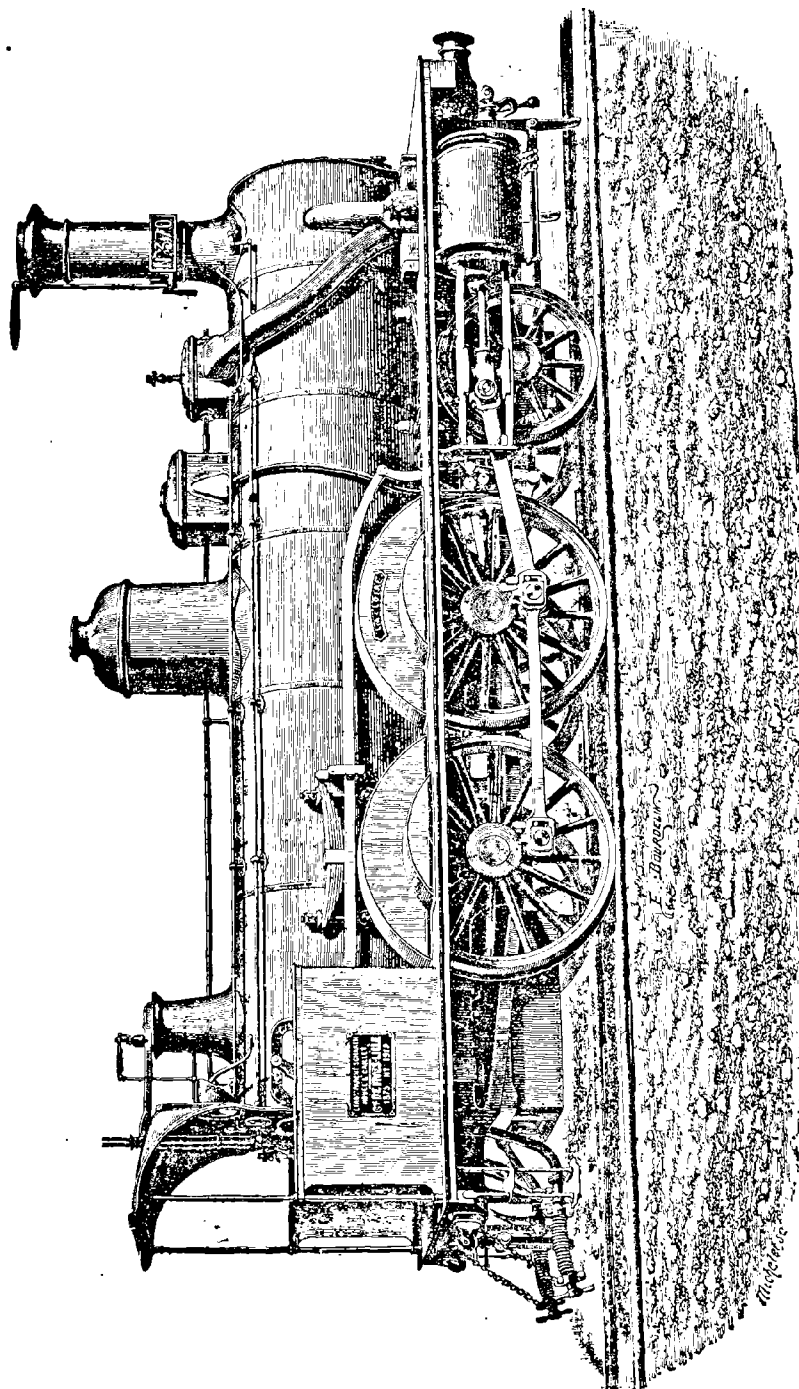


Fig. 306. — Locomotive mixte.
Type construit par la Compagnie de Fives-Lille.

tera la notion résultant de la simple inspection du dessin.

Voici donc les *conditions principales de construction de la machine à six roues cou-*

plées et à cylindres extérieurs pour train de marchandises, construite à l'usine de Fives-Lille.

Diamètre des cylindres..	0 ^m ,450	
Course des pistons	0 ^m ,650	
Diamètre des roues	1 ^m ,300	
Timbre de la chaudière (pression effective par centimètre carré).....	9 ^k ,000	
Grille {	Longueur	1 ^m ,340
	Largeur	1 ^m ,00
	Surface	1 ^m ,34
Tubes {	Diamètre extérieur.....	0 ^m ,050
	Longueur entre les plaques tubulaires.....	4 ^m ,852
	Nombre.....	177
Surface de chauffe {	Du foyer.....	7 ^m c,45
	Des tubes.....	113 ^m c,50
	Totale.....	180 ^m c,65
Capacité des caisses à eau.....	»	
Capacité des caisses à combustible.....	»	
Poids de la machine vide.....	30,500 k.	
Poids de la machine en service.....	34,700 k.	

Locomotives mixtes. — Les *locomotives mixtes* remorquent tantôt de forts trains de voyageurs ; tantôt des convois de marchandises médiocrement lourds ; tantôt enfin, des trains où se trouvent à la fois des wagons de marchandises et des trains de voyageurs. Elles réalisent une vitesse de 35 à 50 kilomètres à l'heure, suivant la charge qu'elles traînent et l'inclinaison de la voie.

Un convoi ordinaire de marchandises se compose de vingt à vingt-cinq wagons chargés.

Il est facile de comprendre que, devant répondre à une vitesse moyenne, ce type de locomotives soit formé d'éléments empruntés aux types extrêmes. Le diamètre des roues motrices est intermédiaire entre celui des deux autres types, c'est-à-dire de 1^m,50 environ. Comme les locomotives à grande vitesse en usage aujourd'hui, elles ont les roues motrices couplées ensemble. Les cylindres à vapeur sont extérieurs. La longueur de la course du piston et de sa tige motrice, est moyenne. On peut en dire autant de la surface de chauffe de la chaudière.

Le dessin d'un type de machine mixte fera, d'ailleurs, suffisamment connaître les dispositions d'ensemble de ce troisième ordre de locomotives, et le tableau des *conditions principales de sa construction* en précisera les détails. La figure 305 représente la *locomotive à quatre roues couplées et à cylindres extérieurs* qui est construite par l'usine Fives-Lille, pour les trains mixtes. Le tableau suivant fait connaître les *conditions principales de construction* de cette machine :

Diamètre des cylindres.....	0 ^m ,402	
Course des pistons.....	0 ^m ,600	
Diamètre des roues motrices.....	1 ^m ,650	
Diamètre des roues porteuses.....	1 ^m ,150	
Timbre de la chaudière (pression effective par centimètre carré).....	8 ^k ,5	
Grille {	Longueur.....	1 ^m ,496
	Largeur.....	1 ^m ,008
	Surface.....	1 ^m c,50
Tubes {	Diamètre extérieur.....	0 ^m ,050
	Longueur entre les plaques tubulaires.....	4 ^m ,250
	Nombre.....	175
Surface de chauffe {	Du foyer.....	7 ^m c,62
	Des tubes.....	112 ^m c,42
	Totale.....	119 ^m c,74
Poids approximatif de la machine vide..	29,000 k.	
Poids approximatif de la machine en service.....	32,500 k.	

La classification des locomotives que nous avons adoptée et qui est généralement suivie, c'est-à-dire celle qui a pour base le service en grande ou petite vitesse, ne peut comprendre tous les types de locomotives en usage de nos jours. Pour être complet, il faudrait ajouter un quatrième type. Nous voulons parler du type de locomotive, fort intéressant d'ailleurs, qui joue, sur les voies ferrées, le rôle d'une sorte de *factotum*.

Pour débarrasser la voie des trains de voyageurs ou de marchandises venant de décharger leur contenu, ou pour composer un train, au moment du départ, une locomotive d'une grande force, mais d'un petit volume, est nécessaire. S'il s'agit de remorquer un convoi sur un faible parcours,

comme sur les lignes de banlieue des grandes villes, où il peut se présenter des courbes et des rampes assez prononcées, un remorqueur spécial est encore utile, et il ne peut rentrer dans aucune des trois catégories de locomotives citées plus haut. Ce dernier type, qui est devenu d'un usage général dans nos gares, porte le nom de *machine-tender*.

La *machine-tender*, ou *locomotive de gare et de banlieue*, est assez petite pour pénétrer, grâce aux plaques tournantes, dans toutes les parties des gares de marchandises, mais elle peut déployer une grande puissance d'efforts et servir aux manœuvres diverses qui

s'exécutent dans les gares, pour le démarrage des trains ou des wagons de marchandises.

Pour répondre à ces diverses conditions, on supprime le tender, et on emmagasine l'eau et le charbon dans un très petit espace, autour de la chaudière et du foyer. La *machine-tender* est, ordinairement, à 8 roues, couplées quatre par quatre et d'un petit diamètre. L'ensemble a peu d'élévation. C'est un moteur, pour ainsi dire, bas et ramassé, pour exercer une grande puissance de traction.

Le lecteur se fera une idée suffisante de la *locomotive-tender*, quand nous représenterons plus loin, c'est-à-dire, en parlant des

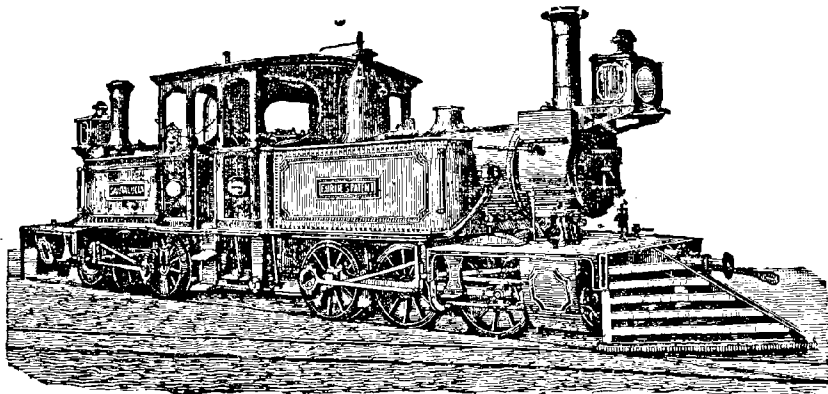


Fig. 307. — Locomotive Fairlie, à train articulé.

chemins de fer à voie étroite, la *locomotive-tender à six roues couplées pour chemins de fer d'intérêt local*.

Pour compléter l'énumération des types de locomotives en usage aujourd'hui sur les voies ferrées européennes, il faudrait signaler encore les *locomotives articulées*, dont on a fait usage en France, en Angleterre, en Allemagne, sur des lignes à voies étroites, dans lesquelles les courbes de la voie sont très prononcées, et où l'on admet d'assez fortes rampes. Il est évident, que, pour circuler dans les courbes qui peuvent descendre jusqu'à 50 mètres de rayon, il faut que la locomotive, comme une voiture, ait

une sorte d'avant-train mobile. Les *locomotives articulées de Fairlie* et de *Rarchaërt* répondent à ce desideratum.

Nous avons déjà dit un mot de ce type de locomotive, en parlant des chemins de fer de montagne. Il nous suffira donc de mettre sous les yeux du lecteur celle de ces deux machines qui est le plus en usage, c'est-à-dire la *locomotive Fairlie*. La figure 307 représente cette locomotive. On voit, en examinant ce dessin, que la locomotive se compose, comme nous l'avons dit, de deux machines posées, pour ainsi dire, dos à dos, et portées sur deux trucs mobiles.

La *machine Fairlie* est d'origine américaine; c'est ce qu'il est facile de reconnaître

au râteau d'avant-train, ou chasse-pierre à claire-voie, dont elle est munie, et qui caractérise les locomotives américaines ; mais elle a été importée en France, et en raison de sa mobilité, qui lui permet de tourner dans de petites courbes, elle est en usage en Europe pour les chemins de fer à voie étroite, ainsi que pour les travaux divers qui s'exécutent au moyen des petites voies ferrées transportables, que nous avons décrites dans le chapitre précédent.

La locomotive *Rarchaërt*, destinée à circuler dans des courbes de 40 à 50 mètres de rayon, est due à un constructeur français. Elle sert aux transports pour les différents travaux de l'industrie, aussi bien que pour l'exploitation des lignes de chemins de fer à voie étroite. La mobilité qui la caractérise a été obtenue par M. Rarchaërt par un moyen nouveau. Les pistons des cylindres à vapeur actionnent, non les essieux eux-mêmes, comme dans la locomotive ordinaire, mais un arbre coudé, intermédiaire, placé entre les deux chariots qui supportent l'ensemble de la locomotive, et qui met en mouvement chacun des deux essieux. Ces essieux peuvent tourner dans les plus petites courbes, grâce à leur mode d'articulation avec l'arbre coudé.

CHAPITRE XVI

LES NOUVEAUX WAGONS DE CHEMINS DE FER EN EUROPE. — VOITURE PERMETTANT DE CIRCULER D'UN BOUT À L'AUTRE DU TRAIN, A L'IMITATION DU TYPE AMÉRICAIN. — LES « VOITURES A COMPARTIMENTS COMMUNICANTS DU CHEMIN DE FER DE BERLIN A PARIS. — LES « WAGONS GALERIE DU » CHEMIN DE D'AMIENS AU TRÉPORT. — LES « WAGONS-LITS » — PREMIERS ESSAIS D'IMITATION DES « PULMANS' CARS » AMÉRICAINS. — LES « WAGONS-LITS » EN FRANCE ET EN ALLEMAGNE. — LE TRAIN D'ORIENT. — LES WAGONS DE LUXE ET DE GALA.

Dans la revue que nous allons faire des améliorations ou modifications apportées, dans ces dernières années, aux voitures et wagons de chemins de fer, nous devons

commencer par ce qui concerne leur aménagement intérieur. On sait qu'en Europe, à l'exception peut-être de l'Italie et de la Suisse, tous les wagons, de quelque classe qu'ils soient, sont divisés en trois compartiments, à la manière des anciennes diligences. Une distribution absolument opposée existe en Amérique, où les bancs sont disposés transversalement, et séparés pas un couloir central, permettant de circuler d'un bout à l'autre de la voiture. Les banquettes sont placées de manière que le voyageur regarde la tête du train. Chaque siège est, néanmoins, mobile sur son axe ; de sorte que le touriste peut changer son point de vue, et regarder, successivement, par le vitrage, ou retourner son siège vers la queue du train. De cette manière, les voyageurs occupant deux banquettes successives, peuvent se placer en face les uns des autres, en formant, pour ainsi dire un groupe. Ils peuvent, d'ailleurs, quitter leur place, et circuler à volonté d'un bout du train à l'autre, pour prendre leur repas dans le wagon-restaurant qui accompagne les voitures, pour se placer sur une balustrade extérieure d'un wagon disposé à cet effet, etc. On appelle, en Amérique, les wagons communicants les *Pulman's cars* (voitures de Pulman).

De telles facilités pendant le voyage ont assurément un bon côté ; mais le type américain a ses inconvénients, qui l'ont empêché d'être accepté d'une manière générale, en Europe, tant par les voyageurs que par les Compagnies.

D'abord, cette distribution des banquettes fait perdre beaucoup de place, et nécessite des voitures plus longues et plus lourdes, pour un assez petit nombre de voyageurs. L'existence de deux portes seulement, à l'avant et à l'arrière, est un grand désavantage. En effet, au moment des arrêts, il y a encombrement, par l'insuffisance des issues. En Amérique, où l'on fait de longs trajets

sans descendre de wagon, et où des voyages, tels que celui de New-York à San-Francisco, durent trois jours, il y a peu de stations, et les arrêts ne sont pas fréquents, le convoi emportant tout ce qui est nécessaire aux besoins des voyageurs. Mais les conditions sont tout autres sur les voies ferrées de l'Europe. Les stations y sont nombreuses et, le voyageur a la facilité de descendre souvent pour s'approvisionner ou se reconforter aux buffets des stations ou des gares.

Il faut remarquer aussi que sur les chemins de fer américains, on ne connaît qu'une classe de voyageurs, et que notre division en trois compartiments, selon le rang social, ou, si l'on veut, selon la fortune, n'est pas admise. L'égalité règne parmi les citoyens des États-Unis en voyage. Ajoutons, toutefois, que si l'on ne connaît, dans la démocratique Union américaine, qu'une seule classe de voyageurs, c'est que l'on a soin de reléguer les gens de couleur, — on ne dit plus les esclaves — dans le wagon aux bagages. On sait que la même exclusion est pratiquée dans les voitures publiques et au théâtre, où tout nègre est cantonné au paradis. Question d'aristocratie, dira-t-on? Non, question d'odeur!

Le véritable avantage des wagons américains, c'est que, si un danger quelconque se révèle, comme la rupture du bandage de roues ou d'un essieu, un voyageur peut aussitôt quitter sa place, et aller prévenir le conducteur du train.

Quant à la sécurité que cette forme de wagon assure, dit-on, au voyageur américain, lequel n'est jamais isolé, l'assertion est contestable; car il arrive souvent qu'en dépit du grand nombre de banquettes, les voyageurs sont en très petit nombre. Un crime peut avoir été concerté par quelques malfaiteurs, montés ensemble dans la voiture; rien ne les empêche alors d'accomplir leur agression.

Quoi qu'il en soit, le type du wagon américain, le *Pulman's car*, ayant séduit beaucoup de personnes, on a fait, en Italie, en Allemagne et en France, des emprunts à ce système. Nous avons voyagé sur les chemins de fer du nord et du centre de l'Italie et de la Suisse, dans des voitures disposées à peu près à l'américaine, c'est-à-dire avec des rangs de deux banquettes groupées, mais pourtant immobiles; d'autres fois avec des banquettes latérales, à peu près comme dans nos omnibus et tramways. Toutes ces voitures étaient extrêmement agréable et commodes.

En Allemagne, l'*Union des ingénieurs* a fait adopter des dispositions mixtes, qui concilient les deux systèmes. On a placé les banquettes latéralement, comme dans nos tramways et omnibus, mais on a ménagé entre ces banquettes un passage, ou un compartiment longitudinal, fermé et muni de portes, pour la communication d'une rangée de sièges à l'autre. On a, en Allemagne, pour les petites distances à parcourir, des voitures de 1^{re}, 2^e, 3^e et 4^e classes avec un passage central. On a encore des voitures de 1^{re} et 2^e classes, avec un couloir latéral, ces dernières fermées par un compartiment et qui servent aux voyages plus longs. On a enfin des voitures de 1^{re} et 2^e classes à compartiments isolés. Cette dernière disposition est, d'ailleurs, celle qui est en usage en Angleterre, pour les trains express. Ces voitures sont munies de *water-closets*.

A l'exposition de Dusseldorf, en 1880, la Compagnie de *Bergisch Markirch* avait présenté une voiture de ce modèle, et aujourd'hui ce type est adopté pour le trajet de Berlin à Paris. La voiture est mixte, c'est-à-dire à quatre compartiments, dont deux de deuxième classe, placés aux deux extrémités, et deux de première classe, au milieu. Chaque compartiment de deuxième classe est séparé du compartiment voisin

de première classe par deux *water-closets*, qui occupent toute la largeur de la voiture et communiquent, par une porte placée dans la cloison, avec un des *water-closets*, lequel est ainsi commun aux deux compartiments.

En France, on a construit, d'après le type américain, des voitures qui laissent peu à désirer, mais qui sont encore peu répandues. C'est la Compagnie du Nord qui a fait construire ce premier modèle.

Sur la ligne de Tréport à Longpré, on inaugura, en 1872, une forme de voiture qui vint réaliser dans les aménagements, le progrès réclamé depuis longtemps par l'opinion publique, c'est-à-dire des wagons sur lesquels on peut circuler, grâce à une galerie latérale et extérieure communiquant d'un véhicule à l'autre, et dans lesquels les *water-closets* ne sont pas oubliés.

Grâce au *wagon-galerie* dû aux ingénieurs Delahante et Desgranges, le conducteur placé dans le fourgon de tête du train et celui placé dans le wagon de queue, peuvent circuler sur toute la longueur du train, et visiter chaque voiture. Les voyageurs peuvent sortir de leur compartiment, circuler sur le balcon, ou, changer de voiture, et se rendre au compartiment de fumeurs, dans le fourgon à bagages, où se trouve « l'endroit indispensable », soit, enfin, pour aller trouver le conducteur du train, donner ou appeler du secours.

Ce système de voitures, qui présente des avantages incontestables pour tous les trains de voyageurs des grandes lignes, ou des lignes secondaires, est appelé à rendre des services d'un autre ordre pour les petites lignes et les chemins d'intérêt local. En effet, la plupart de ces dernières lignes ne sont possibles qu'à la condition d'être exploitées économiquement. Or, la première économie à faire, c'est la suppression du personnel des petites stations affectées à la délivrance des billets et à l'enregistrement

des bagages. Cette simplification dans le service des stations, est facile avec les nouvelles voitures à galerie. Les petites stations deviennent de simples haltes, où les voyageurs peuvent monter dans les trains, sans billet. Les conducteurs délivrent eux-mêmes ces billets, et procèdent au pesage et à l'enregistrement des bagages.

Les figures 146, 147 représentent le wagon-galerie du chemin de fer de Tréport, avec le plan du train et des deux fourgons à bagages.

Un autre emprunt heureux a été fait par l'Europe à l'Amérique, en ce qui concerne les voyages en chemins de fer : nous voulons parler des *wagons-lits*.

Les longues lignes ferrées de l'Union américaine traversaient autrefois d'immenses étendues de pays, à peine façonnés à la civilisation, ou d'immenses solitudes, dans lesquelles on ne rencontrait ni habitations ni auberges. En traversant par exemple les plaines du Far-West, il fallait nécessairement, sous peine de mourir de faim, se munir des objets nécessaires à la satisfaction des besoins de nourriture et de sommeil. C'est ainsi que l'on fut conduit à créer, sur les convois de chemins de fer américains, de véritables hôtelleries ambulantes, c'est-à-dire un restaurant et des lits. Les *Pulman's cars* offrent aux voyageurs des lignes américaines tout le confortable nécessaire pour boire, manger, dormir, sans interrompre un moment sa course. Nous donnerons, en traitant des chemins de fer en Amérique, le dessin représentant les *Pulmans' cars*. Nous les signalons seulement ici, pour constater que les *wagons-lits* de nos chemins de fer européens, sont un emprunt fait au matériel roulant des railways de l'Amérique.

Cet emprunt fut, d'ailleurs, accompli en Europe, d'une manière assez timide, et pour ainsi dire, par étapes. Au début, les trajets en chemins de fer étaient assez

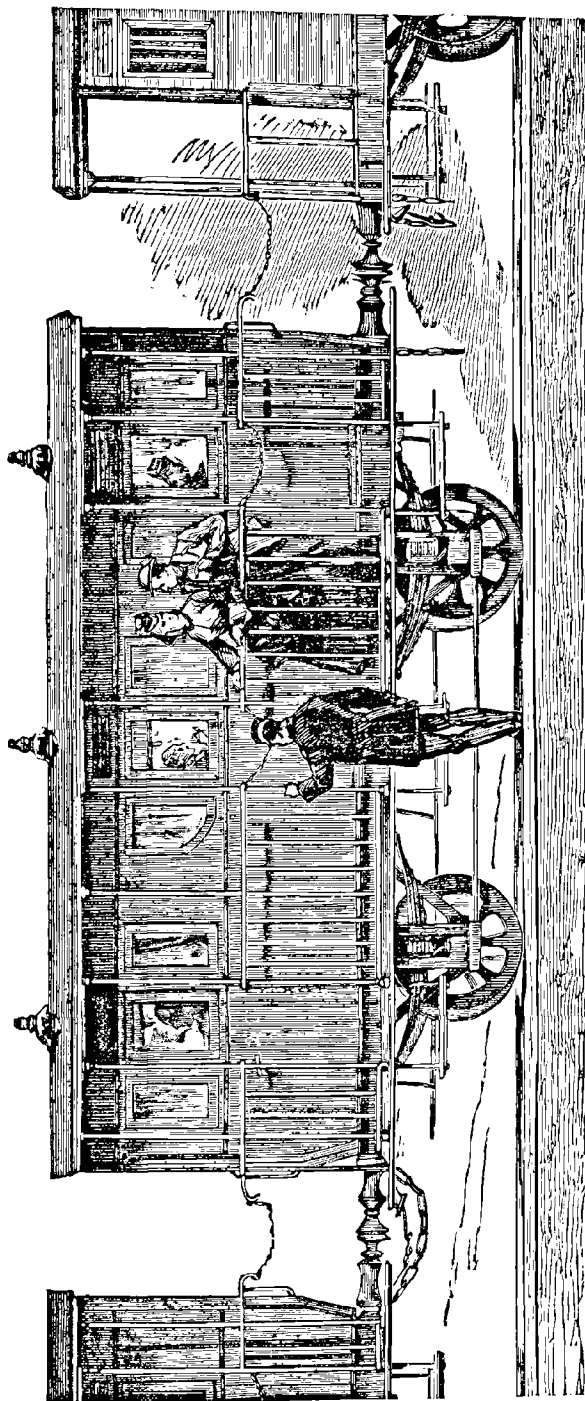


Fig. 308. — Wagon à galerie de communication, inauguré par la Compagnie du chemin de fer du Nord.

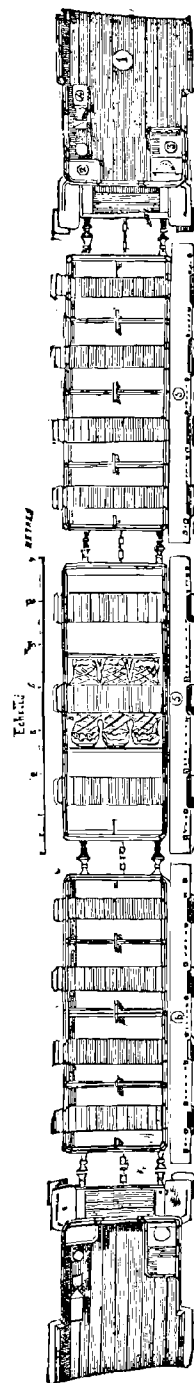


Fig. 309. — Plan du wagon à galerie de communication.

courts sur nos lignes. Ce n'est que plus tard que l'on eut des trains d'un long parcours ; de sorte que la création de *voitures à dormir*, comme on les appelle en Angleterre (*Sleeping cars*) ne se fit qu'assez lentement.

La première amélioration faite, en France, aux wagons de chemins de fer, pour les rendre plus confortables, consista dans l'adjonction à quelques voitures de première classe, de *coupés*, c'est-à-dire de compartiments à quatre places seulement, placées à l'avant et à l'arrière de chaque voiture, et regardant l'une en avant, l'autre en arrière du train.

Dans les *coupés*, la deuxième banquette est supprimée, et remplacée par un vitrage, qui permet à la vue de s'étendre sur le paysage, ou du moins sur les côtés non masqués par la voiture antérieure.

C'est quelque chose que d'avoir le spectacle de la campagne, même quand on n'en jouit que par une échappée latérale, plus ou moins étendue. Mais la nuit, cet avantage disparaît, et il faut alors songer au sommeil. La Compagnie du chemin de fer de l'Est sut, la première en France, répondre à ce *desideratum*. Au-dessous du grand vitrage du *coupé* elle ménagea une planche, garnie d'étoffe rembourée, qui, en basculant, venait offrir aux jambes du voyageur fatigué une sorte de chaise-longue, pouvant, à la rigueur, passer pour un lit. Les Compagnies du Nord, d'Orléans et de Paris-Lyon-Méditerranée s'empressèrent d'adopter le *coupé-lit*, et pour ne pas être en reste d'invention, on vut du bien-être des voyageurs, elles surent adapter à la chaise-longue un petit lavabo, dissimulé sous le coussin, et même une lunette.... *proh pudor!*

En même temps, on réduisit à trois le nombre des places du *coupé-lit*, en augmentant, bien entendu, le prix du voyage, dans la proportion de la place supprimée.

Bientôt on construisit des *compartiments-lits*. Puis vinrent les *salons de famille*, créés

par la Compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée.

Dans ces nouvelles voitures, à l'usage des familles qui se rendent dans les villes d'hiver de la Méditerranée, on trouve un salon, pouvant recevoir quatorze personnes. La voiture est divisée en trois compartiments. Dans l'un, sont quatre fauteuils, que l'on peut transformer en lits, et quatre chaises. A chaque extrémité de la voiture est un autre compartiment à quatre sièges, qui peuvent également se transformer en lits ou en tabourets. L'un de ces tabourets peut même, selon les besoins, se transformer en *water-closets* ou en table de toilette. L'autre compartiment n'a que des banquettes, pour la domesticité.

Le modèle de cette *voiture de famille* fut présenté à l'Exposition internationale universelle de Paris, en 1878. Un autre modèle était disposé pour recevoir six à huit personnes pendant le jour, et quatre pendant la nuit. Une cuisine et une table de toilette, complétaient ce mobilier volant.

C'est peu de temps après l'adoption du *salon de famille* qu'une Compagnie internationale s'empara des *Pulmon's cars* américains, et les perfectionnant avec beaucoup d'art, enfanta les *wagons-lits*, qui font les délices de ceux qui aiment leurs aises et qui ont la bourse bien garnie.

C'est en 1875 que l'on vit, pour la première fois, circuler des wagons de ce modèle. La compagnie de l'Est soumit alors à des essais, qui démontrèrent tous leurs avantages, des *wagons-salons*, munis de banquettes superposées, lesquelles se transformaient en lits, pendant la nuit.

Ces wagons composant un train devant circuler sur les grandes lignes de France, d'Allemagne et des confins de la Russie, avaient été construits à Berlin, et étaient aussi remarquables par le luxe que par la bonne entente de leurs dispositions extérieures.

Chaque wagon est divisé en plusieurs compartiments, pouvant contenir, les uns quatre, les autres deux voyageurs. Tous ces compartiments, isolés les uns des autres, s'ouvrent sur un couloir latéral. Les ouvertures sont à glaces doubles, pour mieux garantir du froid, et ces glaces baissées peuvent être remplacées par des châssis garnis de toile métallique, quand on veut avoir de l'air, sans de la poussière.

Dans chaque compartiment sont des divans, sur lesquels, le jour, les voyageurs peuvent demeurer assis, mais qui, la nuit venue, se transforment en couchettes, garnies d'un matelas, d'oreillers et de couvertures. Circonstance à noter, les deux couchettes d'un même côté sont superposées, comme à bord des paquebots : la couchette inférieure est constituée par le siège du divan, la supérieure par le dossier, qui se relève et se fixe au moyen de courroies. Le voyageur grimpe sur ce dernier lit, au moyen d'un escabeau, lequel sert, en même temps, de table, grâce à l'adjonction d'une tablette fixée au sommet.

Des *water-closets*, des cabinets de toilette et un office, où l'on trouve des rafraîchissements et des pâtisseries sèches, permettent d'attendre avec patience l'arrivée à une gare-buffet.

Les menuiseries du wagon-lit sont en bois de noyer poli et verni, les glaces intérieures dépolies et ornementées. Les cabines, comme le couloir, sont garnis d'un épais tapis de moquette ; les divans-lits recouverts d'une étoffe épaisse à dessins. Le système de suspension sur ressorts supprime en grande partie la trépidation ; de telle sorte que l'on peut écrire sans trop de difficulté. Enfin, tout cet intérieur est chauffé par un calorifère à circulation d'eau chaude (thermo-siphon), et éclairé par de nombreuses lanternes de cuivre, brillantes comme de l'or.

En résumé, le *wagon-lit* est plutôt un hôtel roulant qu'une voiture de chemin de fer.

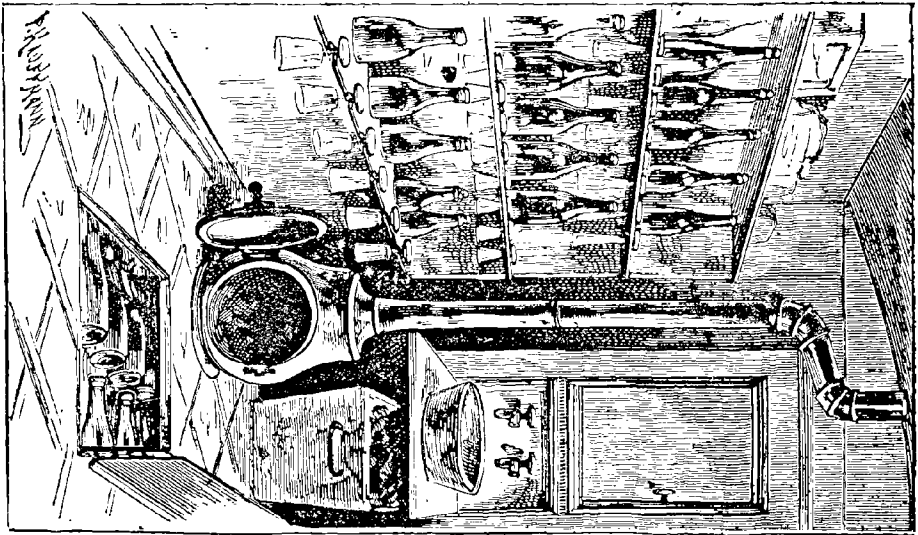
Comme ces voitures peuvent, grâce à des conventions spéciales entre les Compagnies de diverses nationalités, circuler sur les différentes lignes des pays traversés, elles ne sont soumises à aucune des lenteurs qui résultent des changements de train, des transbordements des bagages, des visites des douaniers, etc. Il en résulte une grande économie de temps, et, par conséquent, une rapidité considérable.

Nous représentons dans les figures des 2 pages suivantes, les divers compartiments d'un *wagon-lit*.

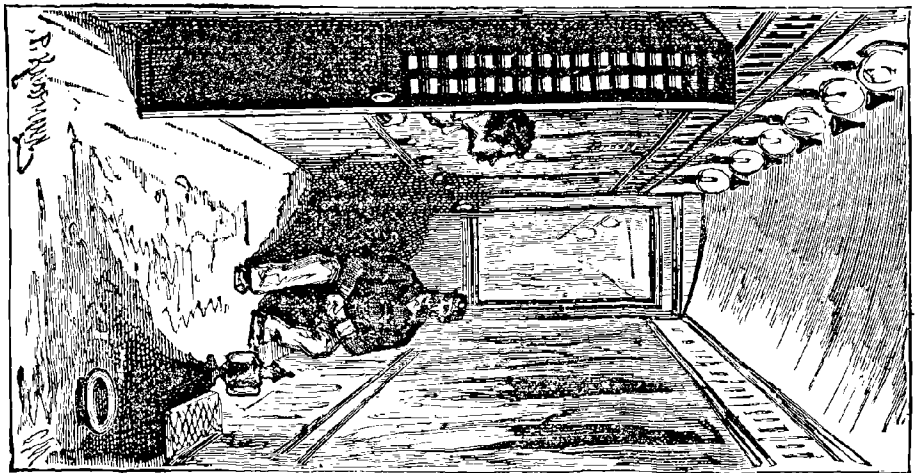
Nous ajouterons que la Russie, qui ne peut admettre sur ses rails les *wagons-lits* internationaux, en raison de la largeur spéciale de voie adoptée dans l'empire des Czar, — dans le but, de s'isoler des autres nations, au point de vue des transports, — la Russie a voulu pourtant jouir, comme les autres États de l'Europe, des avantages qui se rattachent aux *wagons-lits*, et les Compagnies de chemin de fer russes ont fait construire des wagons de ce genre, calqués sur les wagons-lits d'origine allemande.

On s'est demandé, au début, si de telles voitures, très longues et très lourdes, et ne contenant qu'un petit nombre de places, ne seraient pas onéreuses pour la Compagnie qui les exploite. Le prix de la construction d'un tel véhicule est excessif ; car on prétend qu'un wagon ainsi aménagé revient à 100,000 francs. Il est probable, pourtant, que la Société des wagons-lits, grâce aux arrangements conclus avec les grandes Compagnies de chemins de fer européennes, réalise des bénéfices, puisque le nombre de ces voitures de luxe va toujours en augmentant.

En résumé, les *Pulman's car* américains

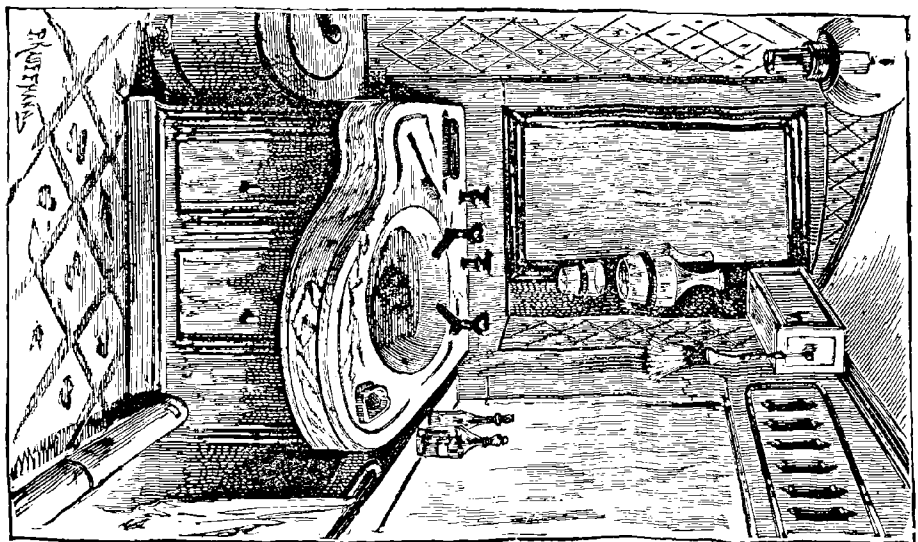


Calorifère ou thermo-siphon.

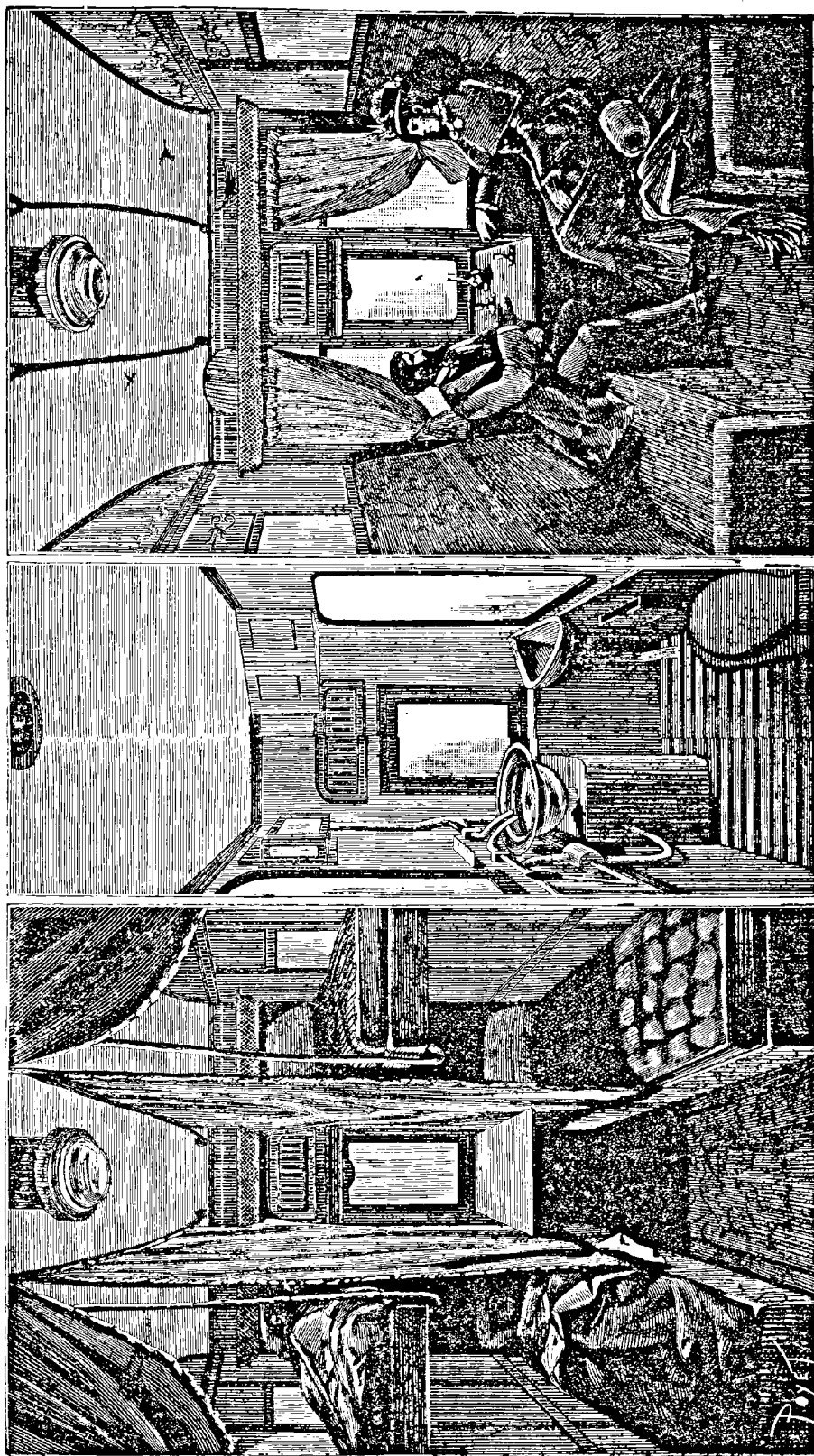


Couloir.

Fig. 310. — Un wagon-lit.



Cabinet de toilette.



Le jour.

Cabinet de toilette.

Fig. 311. — Un wagon-lit.

La nuit.

sont bien distancés par les *wagons-lits* qui circulent sur le réseau européen.

La rapidité de transport qui résulte de l'usage des *wagons-lits*, a permis de créer un train d'une rapidité exceptionnelle, pour aller de Paris à Constantinople, par Vienne. C'est ce que l'on appelle le *train d'Orient*, qui effectue en trois jours le voyage de Paris à Constantinople.

L'un des wagons de ce train sert de salle à manger : c'est le *wagon-restaurant*. Le *wagon-salon* se transforme, la nuit, en chambre à coucher. Tout le train est chauffé et éclairé. Chaque voiture, longue de 15 mètres, comprend, outre les compartiments ci-dessus indiqués, deux plate-formes extrêmes, qui permettent au touriste de prendre l'air et de fumer, si tel est son plaisir, ainsi qu'un couloir, sur lequel s'ouvrent les portes de tous les compartiments. Ces compartiments sont au nombre de sept, composant le salon, qui se change, la nuit, en dortoir, comme il est dit plus haut.

La figure 312 montre l'aspect extérieur du *wagon-restaurant*, faisant partie de l'ensemble du *train d'Orient*, et la figure 313 la vue générale du *train d'Orient*.

Les wagons qui composent ce train, sont montés sur des châssis doubles à quatre roues, dits *châssis boggies*, du nom de l'inventeur américain Boggy. Ils sont très larges, parce que la caisse bénéficie de l'espace gagné par la suppression des marchepieds latéraux que remplacent des marchepieds disposés à chaque extrémité.

Le compartiment où séjournent les voyageurs, est le *wagon-salon*, avec divans ou canapés, table de lecture, de travail ou de jeu, et large baie à glace, permettant de suivre le panorama fuyant des pays traversés. La nuit, le salon devient une chambre à coucher, semblable à la cabine d'un navire.

De chaque côté du compartiment, les divans se dédoublent : leur dossier, relevé et fortement maintenu par des barres de fer, forme, pour chaque compartiment, quatre couchettes, deux supérieures, deux inférieures, avec rideau isolant les deux groupes. L'un des compartiments est un cabinet de toilette avec lavabo, robinets d'eau chaude ou d'eau froide, et bouches d'expulsion des eaux.

Le *wagon-restaurant* est une véritable salle à manger, de riche décoration, dont les tables sont groupées sur les côtés du wagon, de manière à laisser libre un couloir central, qui permet de circuler d'un bout à l'autre, non seulement du wagon, mais même du train tout entier, les plates-formes des différentes voitures se reliant les unes aux autres. Grâce au mode de support de la caisse, à ses ressorts, à ses tampons, la stabilité du wagon est telle son roulement est si doux et si égal malgré une vitesse de 15 à 20 lieues l'heure, que rien ne bouge sur les petites tables garnies de bouteilles et de cristaux délicats. Aussi, aucune précaution n'est-elle nécessaire. La cuisine est au milieu, ménagée, en quelque sorte, dans une armoire. C'est miracle, d'ailleurs, qu'un cuisinier parvienne à se mouvoir dans un aussi petit espace et à y confectionner des rôtis ou des sauces. Tous les compartiments sont chauffés au thermo-siphon, et éclairés au gaz, dont le wagon possède une provision, comprimée dans un solide réservoir de tôle disposé au-dessous du wagon.

La Compagnie possède actuellement 175 *wagons-salons*, ou *wagons-restaurants*, qu'elle attelle aux trains reliant entre elles toutes les capitales, grâce à des traités qui leur assurent la circulation sur toutes les lignes ferrées du continent. Le voyageur, parti de Paris, va à Berlin, à Vienne, sans changer de voiture ou plutôt d'hôte, sans

être arrêté par les exigences de la vie matérielle, ou aux passages des frontières par les formalités des douanes, les bagages étant visités dans le fourgon même de transport.

Le train général de l'*Orient express*, se compose de deux wagons-lits à vingt places, avec salon de dames et fumoir, d'un restaurant de vingt-quatre places, de deux fourgons, destinés, l'un aux bagages, l'autre au logement du personnel de service : interprètes, domestiques, cuisiniers. Le voyageur, parti par l'*Orient-express*, traverse l'Europe en 80 heures, c'est-à-dire trois jours et demi, y compris cinq heures d'arrêt sur différents points, et arrive à Giurgewo, en Valachie, point terminus de la ligne, tant que la jonction des chemins serbes aux chemins turcs ne sera pas effectuée. A Giurgewo, on traverse le Danube, pour aller prendre, à Routschouk, le chemin de fer de cette ville à Varna et de Varna, on gagne Constantinople par paquebot.

Si, pour les grands trajets, le *wagon-restaurant* est une nécessité du convoi, pour les trajets moindres, — pour celui de Paris au Havre, ou de Paris à Trouville, par exemple, — il constitue un agrément très apprécié de l'homme d'affaires, qui peut, de son bureau, sauter dans le train, et, le temps seulement de dîner, arriver à destination ; ou, s'il part de Trouville, de Dieppe, du Tréport, déjeuner pendant la route, pour, une fois arrivé à Paris et à peine descendu du wagon, courir à ses affaires. Le *wagon-restaurant* des lignes de bains de mer est devenu l'un des éléments de la vie facile.

Le luxe qui s'introduit partout, et qui se montre avec tant de recherche sur les voitures et attelages aristocratiques, ne pouvait manquer d'étaler ses magnificences

dans les véhicules de chemins de fer. On connaît les splendeurs des trains que les souverains de quelques États monarchiques se sont fait construire, pour voyager, eux et leur suite, dans des wagons de *gala*. On a conservé les dessins des wagons de la reine Victoria, de la princesse de Galles, de l'empereur Napoléon III, du Czar, etc. Nous donnerons un échantillon de ces wagons de luxe, en décrivant le wagon du train impérial que la Compagnie des chemins de fer ottomans offrit au sultan de Turquie (fig. 314, page 551).

A l'occasion de l'inauguration de la ligne ferrée qui va de Constantinople à Andrinople, l'administration de ce chemin de fer fit exécuter un *wagon gala* orné de toutes sortes de festons et d'astragales. Il avait été construit dans les ateliers de la Compagnie de l'Est, à Paris, sous la direction de M. Dietz, un de ses ingénieurs.

Couvertes d'arabesques et de rinceaux en bronze blanc, la partie inférieure de la caisse, en forme de balustrade, supporte, au moyen de sveltes colonnes torsées, un pavillon découpé en volutes et en coquilles délicates et gracieuses. Les portes latérales, surmontées du croissant de rigueur, et sur lesquelles resplendit, dans un écusson, le sceau impérial, sont un ouvrage de serrurerie et de sculpture remarquable. Des grandes glaces à biseau ferment le wagon de toutes parts, ouvrant ainsi de larges espaces au jour et au soleil. Des rideaux d'un rouge vif et à bordures de velours noir piqués de pois d'or, sont retenus aux pâtes de bronze par des cordelières à crêpines filigranées. Le plafond coupé par des baguettes en losanges, les cartouches en chêne fouillé qui encadrent les lampes, le plancher en marqueterie, sont de petits chefs-d'œuvre.

Le fauteuil impérial, en satin vert capitonné, occupe la place principale du salon. En face, à droite et à gauche, — sans doute

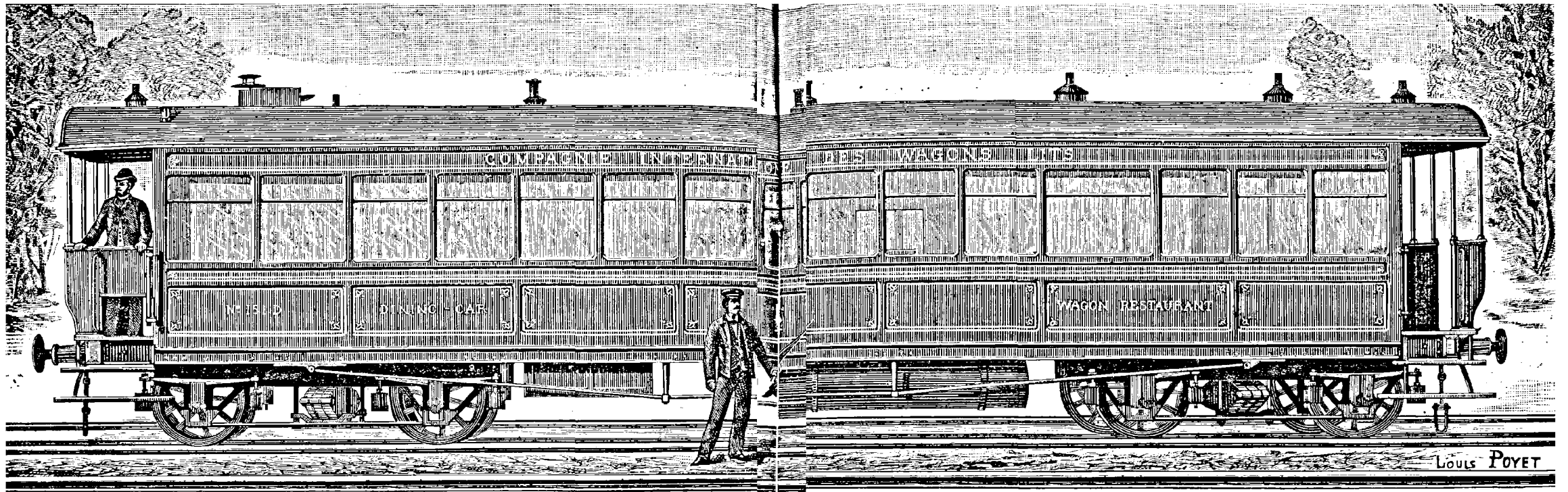


Fig. 312. — Les wagons; 1^{er} wagon-restauration.

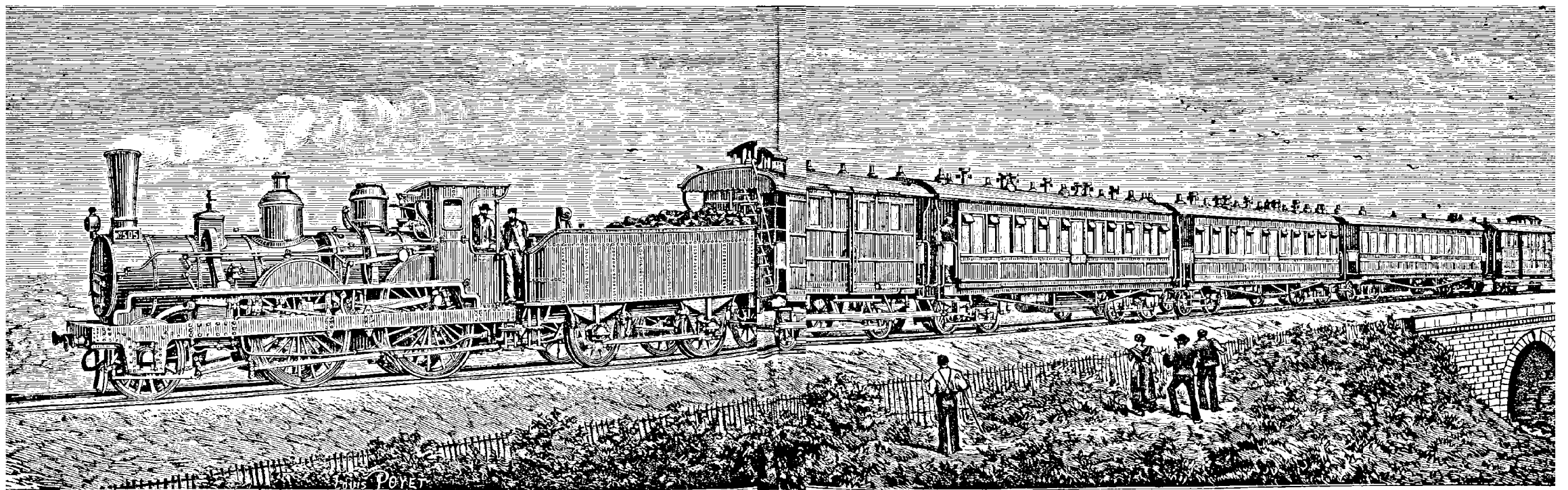


Fig. 313. — L'Orient-Express (traité par la Compagnie des wagons-lits).

pour donner plus de vigueur au contraste. — sont disposées deux banquettes, mesquines et sèches, pour les serviteurs de ce palais ambulante.

Par le grand axe, des portes de communication donnent accès sur les autres véhicules du train, reliés entre eux par des passerelles à jour. C'est d'abord le grand salon du sultan, tendu de soie d'un rouge cramoyé à grands lampas jaunes, au meuble éblouissant d'or, au plafond ornementé ; puis la chambre à coucher à tenture bleue et mauve. On passe ensuite dans le salon des sultanes, divisé en trois compartiments, à savoir, deux chambres à coucher et un petit salon de *buen-retiro*, au pavillon étoilé de moire blanche.

Plus loin, c'est la salle à manger, en chêne sculpté, avec son meuble en cuir de Cordoue repoussé, l'office où se préparent les sorbets parfumés, les limonades à l'encens et les *cherbets* roses, enfin de spacieuses et confortables voitures, réservées au personnel de la suite impériale.

Nous omettons les appareils télégraphiques communiquant les ordres dans tous les véhicules du train ; les épais tapis aux riches couleurs, baromètres, horloge, etc., encadrées dans des cartouches sculptés et dorés, etc. l

Tout cela est superbe ; on se demande seulement si ce magnifique train doit rouler en Turquie, un pays dont le sol est sans doute riche en produits de toutes sortes, mais où les routes ferrées sont rares et en mauvais état

CHAPITRE VIII

LE CHAUFFAGE ET L'ÉCLAIRAGE DES WAGONS

Deux améliorations importantes ont été réalisées, depuis quelques années, dans le service des chemins de fer. Nous voulons

parler du chauffage et de l'éclairage des voitures et wagons.

Dans les premiers temps de l'exploitation, les voitures de première classe étaient seules chauffées. Vinrent ensuite les deuxièmes classes. Enfin, aujourd'hui, les troisièmes classes sont également chauffées ; ce que prescrivait d'ailleurs, l'humanité la plus élémentaire. Ce sont, en effet, ces derniers compartiments qu'il importe le plus de chauffer, le froid y pénétrant plus aisément, en raison des clôtures imparfaites des portes et fenêtres, et de l'absence de coussins rembourrés et de tapis, qui conservent le calorique.

Mais si chacun est d'accord sur la nécessité de chauffer tous les compartiments d'un train, on est loin de cette unanimité quand il s'agit de choisir le mode de chauffage le meilleur, au point de vue de l'économie, de la salubrité et de la facilité de mise en pratique.

Les moyens de chauffage des voitures sont, en effet, très divers, selon les pays, et même pour chaque contrée d'un pays. Eau chaude, air chaud, vapeur, briquettes de sable ou d'argile tassée, thermo-siphons, *charbon chimique*, tous ces modes de chauffage ont été expérimentés, sans amener de préférence bien marquée pour l'un ou pour l'autre.

Une série d'expériences fut exécutée, en 1876, par un des ingénieurs de la Compagnie de l'Est, pour comparer les différents procédés de chauffage connus, et choisir les plus avantageux. Ces expériences avaient été entreprises à la suite de la convention arrêtée entre l'État et les six grandes Compagnies, de chauffer les wagons de toutes les classes, dès que l'on aurait trouvé un moyen pratique et économique d'effectuer ce chauffage.

En France, les voitures de chemins de fer étaient chauffées, avant 1876, au moyen de bouilloires en tôle étamée, de près d'un

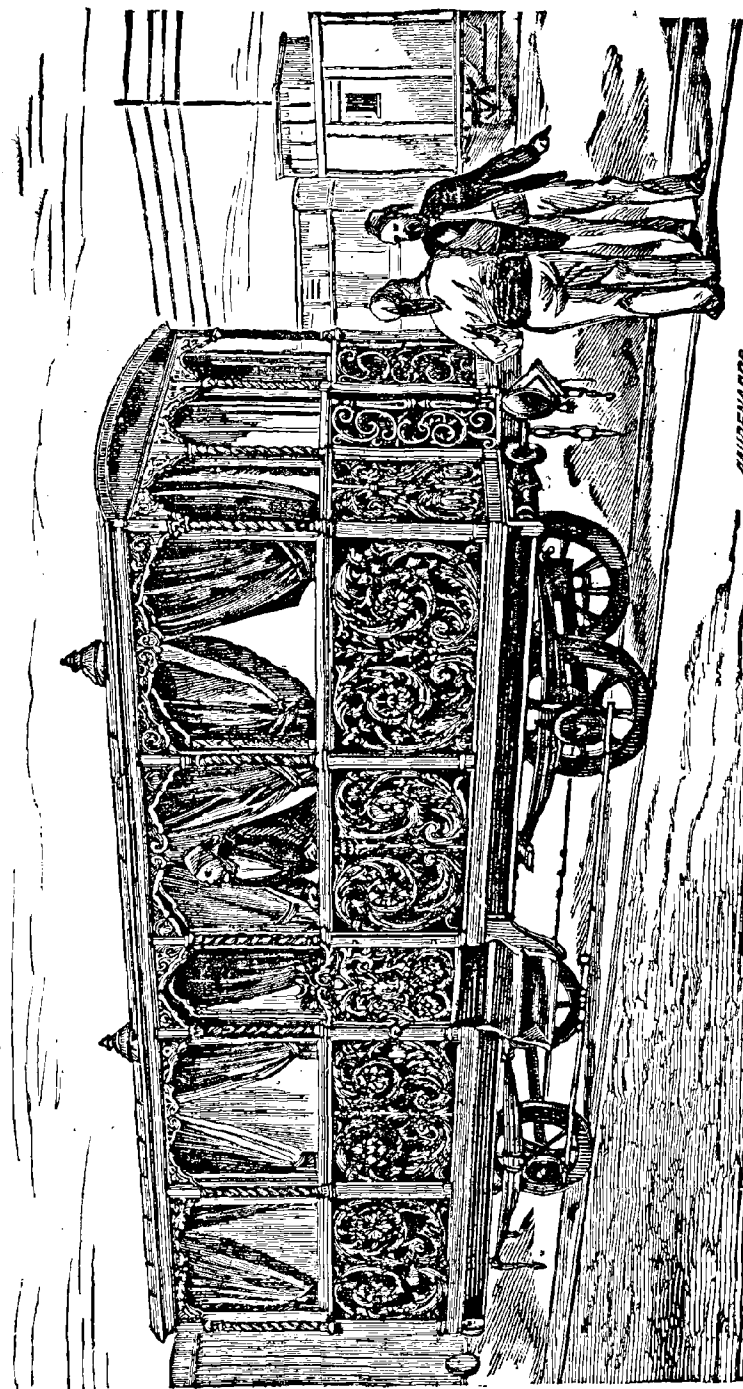


Fig. 314. — Le wagon du Sultan.

mètre de longueur, et de 20 centimètres de largeur, contenant 10 litres d'eau, à la température d'environ + 80°. Il fallait, au bout d'un certain intervalle de temps, retirer les chaufferettes refroidies, dévisser le tampon de la boîte, la vider, la remplir de nouvelle eau chaude, visser le tampon, et reporter la chaufferette dans le wagon. Cette opération, longue et compliquée, exigeait un personnel spécial; et les embarras qu'elle occasionnait auraient suffi pour engager à restreindre le chauffage, au lieu de le développer. On ne pouvait pas songer, en effet, à chauffer ainsi tout un train de 18 à 20 wagons, qui aurait exigé plus de 150 bouillottes.

Pour remplacer ce système, il fallait expérimenter les moyens employés à l'étranger. Les grandes Compagnies chargèrent la Compagnie de l'Est d'étudier les procédés en usage à l'étranger, de les expérimenter, et de faire elle-même les recherches nécessaires pour obtenir la meilleure solution du problème.

Pour remplir la mission qui lui était donnée, la Compagnie de l'Est fit installer dans les trains de voyageurs des wagons chauffés par les différents procédés connus, et elle confia à l'un de ses ingénieurs, M. Regray, le soin d'exécuter les comparaisons et les mesures. C'est d'après le mémoire publié en 1876, par M. Regray, que nous allons donner un tableau de la question des divers procédés de chauffage des wagons.

Le chauffage par les poêles, très acceptable dans le nord de l'Europe, où ce mode de caléfaction est usuel, est intolérable en France. Il chauffe la tête et non les pieds, et répartit très mal la chaleur dans le wagon, surtout lorsque quelques-uns des voyageurs ouvrent accidentellement les fenêtres et les portières. Il est dangereux, parce que tout le combustible, étant contenu dans le wagon, peut en cas d'accident, augmenter ou provoquer un incendie.

Les briquettes chaudes que l'on emploie en Allemagne, sont un mauvais procédé. Ces briquettes sont formées de charbon de bois pulvérisé, aggloméré par une matière agglutinante additionnée d'un peu de salpêtre. Leur température s'abaisse dès qu'elles sont recouvertes par les cendres. Pour mettre ces briquettes chaudes sous les pieds des voyageurs, dans les chemins de fer français, il aurait fallu refondre tout le matériel des wagons.

Le chauffage par un courant de vapeur, puisée soit dans la chaudière de la locomotive, soit dans un générateur spécial, compris dans le train, a le grand inconvénient d'obliger à rendre tous les wagons solidaires, ce qui entraîne à de grande difficultés lors des manœuvres d'un convoi, quand il faut retrancher ou ajouter des voitures, placées en un point quelconque du train.

L'air chaud, qui a été employé à l'étranger, pour le chauffage des wagons, est un système plus mauvais encore. L'air s'échauffe difficilement; il tient la tête des voyageurs chaude et les pieds froids, ce qui va contre le but qu'on veut atteindre; et, comme tout chauffage de ce genre, il est nuisible à la santé des voyageurs, en raison de la trop grande sécheresse de l'air ainsi chauffé.

Voici un procédé de chauffage par l'air, inventé par M. Mallet, qui a l'avantage de n'exiger aucune manutention à l'intérieur ou à l'extérieur des voitures, et qui n'entraîne aucune modification dans l'aménagement des voitures.

Entre les banquettes et sur le plancher, M. Mallet établit un tuyau méplat et creux, en tôle et cuivre. Ce tuyau porte en dessous, en son milieu, une bouche, qui va s'ouvrir sous le wagon, à l'air libre. Aux deux extrémités, sous les portières, sont installés deux coffres métalliques en tôle, dans lesquels on place une petite chaufferette, où brûle



Fig. 315. — Le wagon-restaurant du train de Paris au Havre, éclairé au gaz et chauffé (p. 537).

un combustible quelconque, charbon, poussier, etc. L'air chaud passe par le tube méplat, lui cède une partie de sa chaleur, et sort ensuite, presque froid, par le tuyau inférieur.

C'est là, au fond, un procédé de chauffage par l'air chaud, qui est débarrassé des inconvénients qu'on lui a si souvent reprochés, au point de vue de l'odeur, de la viciation de l'atmosphère, etc. Le chargement des chaufferettes se fait par l'extérieur et sans déranger les personnes installées dans le compartiment. Mais, pour se prononcer sur la valeur de ce procédé, il aurait fallu savoir quels résultats il donnerait sur un wagon en service ordinaire et quel serait le prix de revient.

Le chauffage par la circulation de l'eau chaude, ou le *thermosiphon*, est un système qui a paru à M. Regray supérieur à tous ceux qui sont actuellement en usage. M. Regray a réglé les conditions de son emploi, de manière à satisfaire les plus exigeants. L'appareil pour échauffer l'eau, est placé hors des voitures. Le combustible est du coke, placé dans une trémie qui alimente automatiquement le foyer. L'eau, circulant en vertu d'une différence de niveau de 0^m, 60 entre la sortie et l'entrée, passe dans les bouillottes fixes placées sous les pieds des voyageurs, où elle entretient une température constante de + 60° à + 66°.

La Compagnie de l'Est, frappée des avantages de ce dernier système de chauffage par l'eau, a fait construire 50 wagons, munis de *thermosiphons*, qui ont circulé sur ses différentes lignes. Seulement, le poids de ces appareils est de 750 kilogrammes, et correspond, pour chaque wagon, à celui de 10 voyageurs. Les frais de chauffage sont donc assez élevés, et les réparations de l'appareil mettent le wagon hors de service pendant tout le temps qu'elles durent.

Malgré ces inconvénients secondaires, le système des *thermosiphons* est celui qui

fixa, en 1876, le choix de la Compagnie de l'Est.

Voici en quoi consiste le *thermosiphon* dont la Compagnie de l'Est fait usage aujourd'hui sur une partie de ses voitures.

Un générateur, rempli d'eau chaude, est placé au milieu de la voiture. Un tuyau, partant de cette chaudière, vient distribuer l'eau chaude dans des chaufferettes en fonte placées transversalement entre les banquettes de chaque compartiment, et retourne de là au générateur. Le foyer qui maintient la température de l'eau à + 50° ou à + 60°, est situé au centre de la chaudière, qui a la forme circulaire. Les gaz et la fumée résultant de la combustion du charbon, s'échappent par-dessus le toit des voitures, en suivant un tuyau plat, logé dans une des cloisons. Avec ce moyen de chauffage, on n'a pas besoin d'ouvrir les portières des wagons, pour remplacer les chaufferettes refroidies, et la dépense n'est pas de plus de 4 centime par heure, pour chaque voiture.

Ce système n'a pas, toutefois, généralement prévalu. La Compagnie de l'Est est la seule qui l'ait adopté; encore ne l'a-t-elle pas établi sur toutes ses lignes.

On est donc revenu au chauffage par les bouillottes, mais en perfectionnant la manière de remplacer rapidement les bouillottes refroidies.

Au chemin de fer d'Orléans, M. Forquenot a établi une disposition très commode pour réchauffer l'eau des bouillottes.

Les bouillottes retirées froides des wagons, sont placées, verticalement, au nombre de 20, sur un chariot. Leur goulot est ouvert, et au lieu de se fermer à vis, il se clôt par un mouvement de baïonnette. Ce chariot est introduit dans une chambre pleine de vapeur, et on le place sous le plancher d'un récipient à vapeur muni de vingt canules, lesquelles s'adaptent aux goulots des bouillottes, et qui fournissent à toutes à la fois

la vapeur nécessaire pour les réchauffer. On ne remplace donc pas l'eau de la bouillotte : la vapeur qu'on y introduit échauffe l'eau très vite. Le chariot est ensuite retiré, et ramené sur le quai, pour livrer ses bouillottes et prendre celles qu'on a retirées refroidies.

M. Regay a imaginé, pour la Compagnie de l'Est, un moyen de chauffer les bouillottes qui est plus simple encore. Les godets des bouillottes n'ont pas besoin d'être ouverts ; les bouillottes sont prises et plongées, au moyen d'une chaîne à godets, dans un puits contenant de l'eau à + 100 degrés, Elles y restent cinq minutes, sont retirées, essuyées et reportées sur les quai.

Ce procédé, essayé en grand, a donné les meilleurs résultats, et c'est aujourd'hui le plus en usage sur nos lignes ferrées.

Aux Compagnies d'Orléans, de l'Ouest, du Nord et de Paris-Lyon-Méditerranée, on réchauffe les bouillottes en les dévissant, et y injectant, par une canule, un courant de vapeur, selon le procédé de M. Forquenot, décrit plus haut.

En 1880, un ingénieur français, M. Ancelin, ayant reconnu qu'un sel organique, l'acétate de soude cristallisé, reprend et emmagasine, quand il se dissout dans l'eau, une quantité considérable de *chaleur latente*, qu'il retient avec une grande énergie, a fait l'application de ce phénomène physique pour perfectionner le chauffage des wagons de chemins de fer. Si, en effet, on ajoute à l'eau de la bouillotte, de l'acétate de soude cristallisé, on peut emmagasiner beaucoup plus de chaleur que n'en contient l'eau pure, dans les mêmes limites thermométriques.

« Une chaufferette de 11 litres contient, dit M. Ancelin, environ 15 kilogrammes d'acétate de soude ; en supposant sa température initiale de + 80°, température maxima des chaufferettes à eau, lors de leur mise dans les wagons, elle dégagera :

Chaleur sensible de 80° à 60°	225 calories
Chaleur latente	4110
Chaleur sensible de 60° à 40°	96
Total	4531

« La même chaufferette remplie d'eau dégagera de 80° à 40°, 440 calories. L'acétate donnera donc environ quatre fois autant de chaleur que l'eau pure. »

Puisque une dissolution d'acétate de soude retient quatre fois autant de chaleur utile qu'un même volume d'eau pure, il suffit d'ajouter de l'acétate de soude à l'eau que l'on introduit dans les chaufferettes des wagons pendant le service d'hiver.

Dans une chaufferette de la capacité de 11 litres, on dissout 15 kilogrammes d'acétate de soude cristallisé. Si on compare cette chaufferette contenant une dissolution d'acétate de soude à une chaufferette contenant de l'eau chaude, sans aucune addition, il est facile de constater que la température extérieure de la chaufferette descend, parallèlement à celle des chaufferettes à eau pure, jusqu'à + 54° environ, température correspondant au point de solidification de l'acétate de soude. Au-dessous de + 54°, elle reste plusieurs heures à peu près stationnaire, puis descend de 2 degrés ou 3 degrés à l'heure, jusqu'à + 40 degrés, de telle façon que la chaleur se conserve au moins quatre fois plus qu'avec le chauffage à l'eau.

Les changements de chaufferettes, qui ont lieu, sur les chemins de fer, toutes les deux heures et demie environ, ne seraient donc plus nécessaires que toutes les dix heures. Il y aurait ainsi économie des trois quarts de la main-d'œuvre et moins de dérangement pour les voyageurs.

Avec ce mode de chauffage, il y a économie notable de combustible ; car, pour remettre les bouillottes en service, il faut, avec l'eau pure, emmagasiner 3520 calories pour chaque chaufferette de 11 litres, tandis que pour une chaufferette de la même capacité, contenant 15 kilogrammes d'acétate,

il ne faut emmagasiner que 1987 calories. Il y a, de plus, économie par ce fait que les 1987 calories emmagasinées dans l'acétate, le sont en une seule fois, tandis que l'accumulation des 3,620 calories dans l'eau se fait en quatre opérations,

Le remplissage des chauffeuses contenant de l'acétate de soude, se fait une fois pour toutes, en prenant certaines précautions, simples, mais nécessaires, qui ont pour but d'éviter la surfusion de l'acétate de soude. Les bouchons doivent être soudés, et les chauffeuses solides et parfaitement étanches, pour éviter toute perte d'acétate, et toute rentrée d'eau lors du réchauffage, qui se fait en plongeant les chauffeuses dans de l'eau bouillante.

L'acétate de soude étant un corps essentiellement stable, sa durée doit être, pour ainsi dire, indéfinie.

Des essais avec l'acétate de soude, furent faits, pendant l'hiver de 1881, aux chemins de fer de l'Ouest et de l'État. Pendant l'hiver de 1882, le nombre de chauffeuses en réserve fut notablement augmenté, et aujourd'hui sur les lignes de Paris au Havre et à Dieppe, on n'emploie que les chauffeuses à acétate de soude de M. Ancelin.

En Belgique, on chauffe aujourd'hui les voitures au moyen d'une circulation d'eau chaude, qui traverse, sous les pieds des voyageurs, un canal métallique, pour revenir au foyer, placé sur le tender, ou pour se rendre au réservoir d'eau chaude qui sert à l'alimentation de la chaudière.

En Allemagne, on se sert également d'un courant de vapeur, circulant dans un conduit, sous les pieds du voyageur.

En Suède, on a un système plus compliqué et plus efficace. L'air chaud et la vapeur sont employés simultanément. Une boîte métallique, pourvue d'ailettes, comme beaucoup de calorifères modernes, afin d'augmenter le rayonnement, enfermée dans

une caisse en bois placée sous le châssis de chaque wagon, est chauffée par un mélange d'air chaud et de vapeur. L'air contenu dans la caisse de bois, une fois chaud, est dirigé dans les compartiments, au moyen de bouches de chaleur, qui viennent s'ouvrir sous les sièges, et chauffer tout l'intérieur de la voiture. Avec ce système on n'a pas besoin de déranger les voyageurs pour retirer les bouillottes, ce qui n'est pas indifférent dans des pays aussi froids que le Nord de l'Europe.

En Allemagne, on a adopté définitivement les charbons à combustion lente, qui sont en usage à Paris, depuis plusieurs années, pour chauffer les fiacres, pendant la mauvaise saison. Dans une boîte métallique ovoïde, on introduit un *charbon chimique*, c'est-à-dire un mélange particulier de houille en poudre et de matières résineuses et nitreuses, qui brûle avec beaucoup de lenteur, en développant une assez grande quantité de calorique. Mais ce *charbon chimique* répand souvent une odeur désagréable, ou émet des gaz irrespirables, que beaucoup de personnes supportent avec peine.

En résumé, le chauffage des voitures est loin d'être partout uniforme. Dans chaque pays de l'Europe on a un procédé particulier. Le moyen de chauffage est, d'ailleurs, indifférent au voyageur, pourvu que le chauffage existe, et c'est maintenant la règle universelle.

Une lampe à huile que l'on allume de l'extérieur, c'est-à-dire du haut de la voiture, et qui projette du dehors, dans le compartiment, une lueur assez pâle, tel est encore aujourd'hui le mode général d'éclairage, sur la plupart des trains de chemins de fer de l'Europe. Le support de la lampe perce le toit de la voiture, et une coupe de cristal réfléchit, tant bien que mal, la lumière à l'intérieur. Dans les pays froids on ajoute du pétrole à l'huile, pour l'empêcher de se solidifier.

Ce mode d'éclairage n'a, d'ailleurs, que l'inconvénient d'être peu brillant.

On a commencé, en Allemagne, en 1884, à faire usage du gaz pour l'éclairage intérieur des voitures. On place, au haut de chaque voiture, un petit réservoir de gaz comprimé, qu'on renouvelle à chaque arrivée dans une ville ayant une usine à gaz. En Italie et en Belgique, les mêmes essais ont été faits.

En France, la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée a inauguré, en 1884, sur une grande partie de ses voitures, l'éclairage par le gaz. On se sert de gaz comprimé, qui est contenu dans un réservoir cylindrique posé sur le toit de chaque voiture. Le tuyau de gaz traverse le toit, et produit dans l'intérieur de la voiture un éclairage magnifique. La quantité de gaz contenue dans le réservoir est calculée pour suffire à un voyage d'un bout à l'autre de la ligne principale de la Compagnie. Il n'est donc pas nécessaire d'installer un tuyau de conduite communiquant d'une voiture à l'autre, ce qui est toujours gênant, quand il faut ajouter ou supprimer un véhicule pendant le trajet.

La préparation et la compression du gaz dans les réservoirs, se fait dans une usine particulière appartenant à la Compagnie.

Les autres Compagnies de chemins de fer français commencent à suivre en ce qui concerne l'éclairage des wagons, l'exemple donné par la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée.

Nous donnons dans la figure 315 (p. 553), le dessin du *wagon-restaurant* du train de Paris au Havre (Compagnie de l'Ouest) éclairé par le gaz.

L'électricité paraît devoir offrir un moyen presque aussi pratique que le gaz, pour l'application qui nous occupe. Nous avons décrit, dans la première partie de ce volume consacrée à l'*Électricité* (1), les

moyens divers que l'on a expérimentés pour transformer en électricité éclairante le mouvement d'un train de chemin de fer. Nous renvoyons à ce chapitre pour ce qui concerne l'éclairage électrique appliqué aux voitures de chemins de fer. Nous rappelons seulement que les essais dont il s'agit ont laissé la question incertaine.

En 1884, M. D. Tommasi a proposé un système d'éclairage des trains, composé de l'union de l'électricité et du gaz. Il espère réduire ainsi la dépense et réaliser l'éclairage de la voie à l'avant des trains.

M. Tommasi a imaginé de ne se servir de l'éclairage au gaz que pendant les seules périodes des ralentissements, arrêts et mises en marche du train, parce que, pendant les arrêts, le mouvement étant suspendu, et le mouvement étant la cause productrice de l'électricité, l'éclairage électrique cesse forcément quand le train est au repos.

La lumière électrique et celle du gaz se substituent réciproquement l'une à l'autre, et ne brillent concurremment, qu'affaiblies, pendant les seules périodes de transition.

La machine destinée à produire l'électricité consiste en un appareil dynamo ou magnéto-électrique, à courants continus ou à courants alternatifs. Elle est placée dans le fourgon à bagages, et reçoit son mouvement de l'un des essieux, de sorte que sa marche est absolument dépendante de celle du train.

On dispose sous le fourgon, à l'aplomb de l'arbre de la machine dynamo-électrique, un arbre de transmission intermédiaire, placé à la hauteur des essieux. Les supports de cet arbre de transmission sont fixés à la membrure du fourgon. La distance des centres des poulies de la courroie de la machine demeure donc invariable. Quant à la courroie, sensiblement horizontale, qui relie l'arbre intermédiaire à l'essieu moteur, elle n'éprouve que des variations de tension négligeables.

Dans chaque compartiment de voiture et

(1) Page 165.

dans les fourgons se trouve une lampe électrique à incandescence, d'un système quelconque, en même temps qu'un bec à gaz. Le réservoir de gaz, que l'on a préalablement comprimé, est placé dans le fourgon où est disposée la machine génératrice d'électricité. Le gaz se rend, de là, aux becs des voitures.

Un commutateur automatique, intercalé dans le circuit, permet, toutes les fois que l'intensité électrique baisse, de fournir aux becs de gaz la quantité de gaz nécessaire pour le maintien de l'éclairage.

Ce système s'applique aux trains dans lesquels le gaz est emmagasiné dans le fourgon, et distribué, de là, par une conduite qui s'étend sur toute la longueur du train. Mais il pourrait aussi être appliqué dans le cas où l'éclairage au gaz est particulier à chaque voiture, comme on le fait au chemin de fer de Paris-Lyon-Méditerranée; dans ce cas, il faudrait un commutateur.

Sonnerie d'alarme. — Autrefois, les voyageurs, parqués dans les wagons, étaient privés de tout rapport avec les agents de la voie. Il fallut le retentissement de crimes affreux, commis dans des voitures de chemins de fer, pour amener les Compagnies à donner aux voyageurs le moyen de communiquer avec le chef du train. Tout le monde se rappelle la terrible tentative d'assassinat, dont fut victime le docteur Constantin James, sur la ligne de Nice à Marseille, et l'événement semblable arrivé, sur la même ligne, à un autre médecin, le docteur Lubanski. C'est à la suite de ces deux tentatives de meurtre que la Compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée, et bientôt toutes les autres Compagnies françaises, installèrent dans les voitures une sonnerie d'alarme.

Rien de plus simple, d'ailleurs, que ce mode d'appel, qui n'est autre chose qu'une sonnerie électrique d'appartement appliquée à un train. D'une voiture à l'autre, on établit la communication du fil conducteur,

en entourant ce fil d'un cordon isolant. La source d'électricité est une pile Leclanché, installée dans le fourgon à bagages. Chaque voiture est pourvue d'un bouton d'appel, posé au plafond, et le fil conducteur fait communiquer ce bouton avec une sonnerie posée dans la cabine du conducteur du train. Pour que celui-ci puisse reconnaître de quelle voiture lui vient l'appel, dès que le bouton a été touché, un mécanisme électrique fait surgir, au-dessus de la voiture, un petit drapeau de fer, peint en blanc ou en rouge.

Tout cela est bien simple, et presque toutes les voitures de chemins de fer sont aujourd'hui pourvues de boutons d'alarme, avec cette indication : *Appel au chef de train, en cas de danger.*

Une seule question divise encore les Compagnies. Faut-il recouvrir le bouton d'alarme d'un petit carreau de verre, que le voyageur est forcé de briser, pour atteindre au signal? Où vaut-il mieux laisser le bouton apparent? Les avis ne sont pas unanimes à cet égard : les uns soutiennent qu'il y a imprudence à laisser le signal d'appel à la disposition du public, qui peut en abuser, et faire retentir sans nécessité la sonnerie; les autres prétendent que la précaution est inutile, attendu qu'en chemin de fer, chacun est fort timoré, et ne songe guère à jouer, sans nécessité, avec une pièce mécanique quelconque.

Pour moi, je suis pour le bouton découvert. Si un individu, d'apparence suspecte, vient à monter dans un compartiment que vous occupez seul, vous pouvez, sans doute, tirer de votre poche un revolver, et le braquer sur le dangereux compagnon que vous amène votre mauvaise étoile. Mais on n'a pas, d'habitude, un revolver sur soi; et, quand on en est pourvu, il y a beaucoup de chances pour que l'arme se décharge dans votre poche, sans avoir jamais servi à vous défendre d'une agression. Le vrai moyen de tenir en respect un malfaiteur qui vous

fait vis-à-vis, dans un tête-à-tête inquietant, c'est de se lever, et d'approcher sa main du bouton d'alarme. Ce simple geste vaut mieux qu'une arme à feu.

Et, quelquefois, cette petite manifestation a pour résultat de dissiper des appréhensions mal fondées. L'histoire suivante, qui m'a été contée, en donnera la preuve.

Un voyageur voit entrer, dans le compartiment où il se trouve seul, un homme armé d'un fusil, et portant à la main un gros sac de cuir. Le nouvel arrivant a une épaisse coiffure de loutre, avec des cache-oreilles retombant sur les yeux, et de terribles moustaches, qui lui donnent tout l'air d'un voleur de grand chemin. Effrayé à cet aspect, notre voyageur se lève, et dirige sa main vers le bouton de la sonnerie d'alarme. Mais le prétendu brigand est aussi effrayé que son compagon ; car ce dernier a la figure enflammée, les cheveux épars, les vêtements négligés, et il roule des yeux furibonds. L'homme au fusil se lève donc, à son tour, et approche sa main du même bouton d'appel.

La peur réciproque avait rapproché les distances.

Mais quand les distances sont rapprochées, on voit mieux les physionomies, on se rend plus exactement compte des allures et des intentions. Deux pattes rouges, ressemblant à celles d'une perdrix, sortent du sac de cuir du nouveau venu, et sur le nez du second compagon, se dresse une honnête paire de lunettes.

« Vous n'êtes donc pas un voleur ? dit celui-ci.

— Non, je suis un chasseur. J'arrive d'un parc réservé, avec un coq d'inde, trois faisandes et deux perdrix... Et vous, vous n'êtes donc pas un échappé de prison ?

— Non je suis un poète. Je viens de composer, dans la solitude de mon wagon, un sonnet aux étoiles. Cela ma échaulfé ; j'ai passé longtemps ma main dans mes cheveux.

ce qui me les a quelque peu ébouriffés, et l'inspiration me donne peut-être l'air un peu égaré.

— Je vois alors, reprit le chasseur, que nous pouvons nous tendre la main. »

Comme les mains se touchaient presque, elles n'eurent pas un long chemin à faire pour se donner une mutuelle étreinte ; et les deux voyageurs tranquilisés, allèrent, chacun, dormir tranquillement dans son coin.

C'est ainsi qu'une scène, commencée en tragédie, se termina en vaudeville.

Mais s'il avait fallu, pour atteindre le bouton d'appel, prendre un marteau ou un instrument contondant, et briser une glace, l'histoire, je vous le demande, aurait-elle pu avoir un dénouement heureux ?

Voilà pourquoi je suis pour le bouton d'alarme laissé à découvert.

CHAPITRE XVIII

LES LIGNES A VOIE ÉTROITE. — AVANTAGES ET APPLICATIONS DE LA VOIE ÉTROITE. — EMPLOI DES LIGNES A VOIE ÉTROITE POUR LES TRAVAUX DES MINES, DES ATELIERS, DES CHANTIERS DE TERRASSEMENT, ETC. — LE *porteur universel Decauville*. — LES LIGNES A VOIE ÉTROITE ET LES CHEMINS DE FER MILITAIRES. — MATÉRIEL DES CHEMINS DE FER MILITAIRES, EN TEMPS DE PAIX ET EN TEMPS DE GUERRE.

Ce fut une pensée de génie que celle qui décréta, dès l'origine des chemins de fer, l'uniformité de largeur de la voie dans tous les pays civilisés, et qui fixa cette largeur à 1^m, 445, entre les rails, ou 1^m,50 pour la totalité de la voie. C'était, en effet, fonder la solidarité universelle des nations dans l'entreprise des transports. On voulut que tout wagon de voyageurs ou de marchandises, partant d'un lieu quelconque de l'Europe, pût passer, sans rompre charge, sans effectuer aucun transbordement, de la voie ferrée d'un pays sur la voie d'un autre

pays. C'est grâce à cette entente, à laquelle toutes les nations modernes (à l'exception de la Russie et de l'Espagne) ont obéi et sont restées fidèles, que les chemins de fer ont dû les principaux avantages qu'ils apportent au commerce international et à la civilisation générale.

Pendant, comme il n'y a rien d'absolu, ni dans le monde moral, ni dans le monde économique, ce principe fondamental et fécond a subi, de nos jours, une modification importante. A mesure que s'est étendu le réseau de nos voies ferrées, le besoin s'est fait de plus en plus sentir de faire participer les petits centres de population, et surtout des populations manufacturières, aux avantages de la possession de voies ferrées.

Ces nouvelles lignes, qui ont été dénommées, avec juste raison, *d'intérêt local*, n'ont pas besoin d'être reliées avec le réseau général des chemins de fer. Leurs modestes prétentions se bornent au service régional. Il leur suffit d'être un chemin de fer, sans songer à se prolonger dans le réseau commun.

C'est ainsi que l'on a été conduit à créer les *chemins de fer à voie étroite*, qui, depuis quelques années, se sont beaucoup multipliés en France, et qui avaient pris antérieurement un grand développement en Angleterre.

Les avantages particuliers des chemins de fer à voie étroite, ou *départementaux*, comme on les a encore appelés, c'est de comporter des courbes d'un rayon beaucoup moindre que celles des lignes du type général, et de permettre, dès lors, de créer des voies ferrées sans travaux d'art dispendieux, de ne demander qu'un développement très court, et de n'exiger qu'un matériel peu coûteux. C'est par ce moyen que, dans de grands centres manufacturiers qui se trouvent dans des pays au sol accidenté, on crée aujourd'hui des lignes ferrées auxquelles on n'aurait jamais pu songer s'il avait fallu exé-

cuter le tracé avec une grande largeur de voie.

Il faut, sans doute, avec les chemins à voie étroite, opérer un transbordement, pour passer de la ligne départementale au réseau général, mais on peut réduire les frais de ce transbordement en construisant des caisses spéciales, qui sont chargées directement sur les trucks de la voie étroite, et transportées de là, au moyen de grues, sur les trucks des lignes à voie ordinaire. C'est ce que l'on a fait, par exemple, sur les lignes à voie étroite de Ribeauvillé, qui sont reliées au chemin de fer de Strasbourg à Bâle.

Les lignes à voie étroite comportent des locomotives d'un faible poids relatif, et dans lesquelles le tender et la chaudière sont réunis, ce qui a le double avantage d'augmenter leur adhérence sur les rails et de diminuer leur prix.

Nous représentons dans la figure 125 une locomotive pour l'usage spécial des chemins de fer d'intérêt local, ou départementaux. Ce type de locomotive est construit par la Compagnie de Fives-Lille. Ses dimensions sont les suivantes :

Diamètre des cylindres.....	0 ^m ,350	
Course des pistons.....	0 ^m ,600	
Diamètre des roues.....	1 ^m ,400	
Timbre de la chaudière (pression effective par centimètre carré)...	8,500	
Grille {	Longueur.....	1 ^m ,199
	Largeur.....	0 ^m ,999
	Surface.....	1 ^m ,100
Tubes {	Diamètre extérieur....	0 ^m ,050
	Longueur entre les plaques tubulaires.....	4 ^m ,150
Surface de chauffe {	Nombre.....	108
	du foyer.....	5 ^m c,80
	des tubes.....	67 ^m c,56
	totale.....	73 ^m c,36
Capacité des caisses à eau.....	3500 litres	
Capacité des caisses à combustible	1000 litres	
Poids de la machine vide.....	24,500 k.	
Poids de la machine en service...	30,0.0 k.	

Les chemins de fer à voie étroite com-

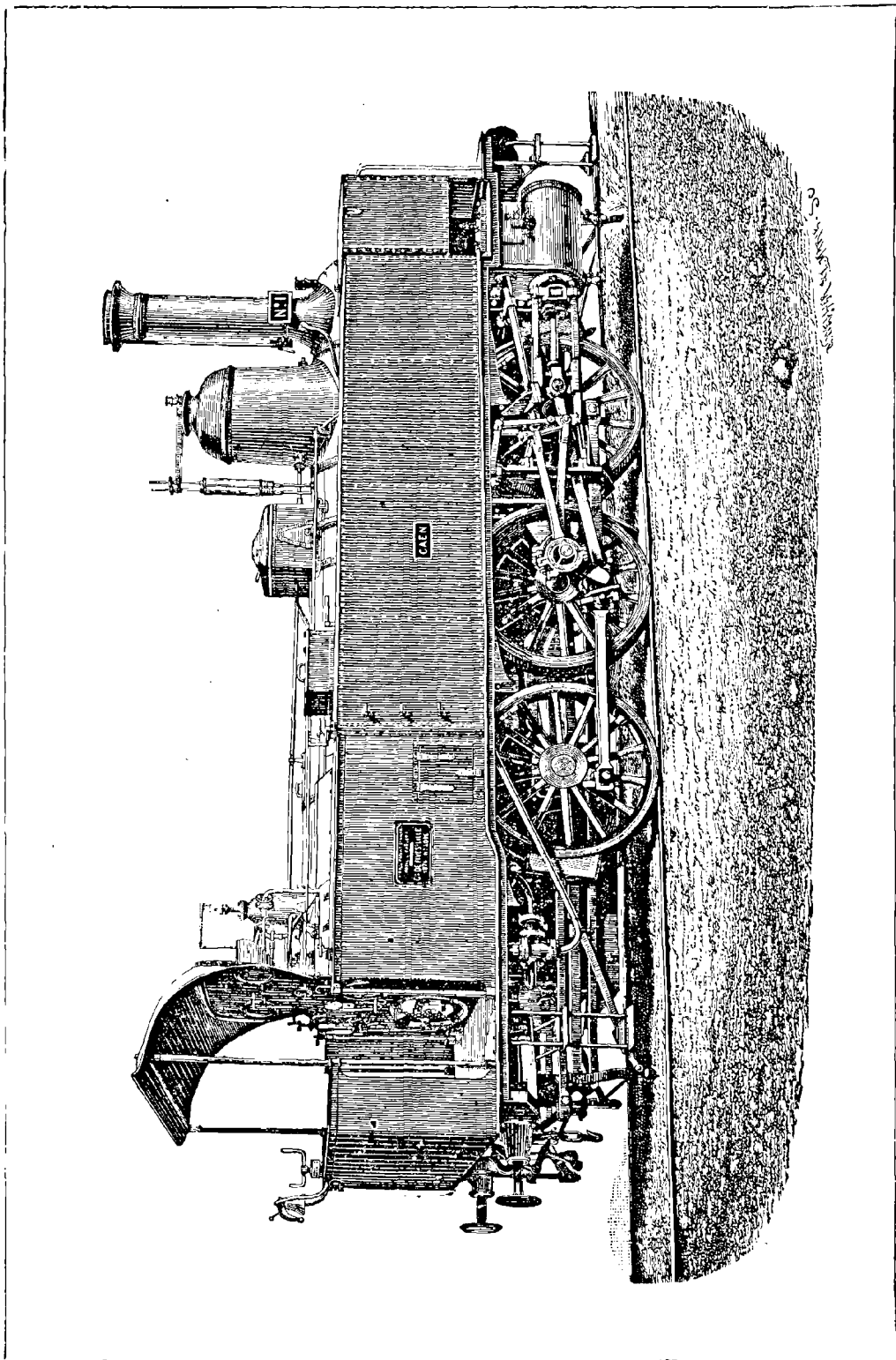


Fig. 316. — Locomotive-tender à six roues couplées, pour chemin de fer départemental et d'intérêt local.
Type construit par la Compagnie de Fives-Lille).

mentent à se multiplier beaucoup en France. Le plan général élaboré par le ministre Freycinet, et qui a reçu de sérieux commencements d'exécution, comporte un grand nombre de chemins de fer départementaux. Les lignes à voie étroite sont donc appelées à beaucoup s'accroître dans notre pays.

La ligne à voie étroite d'Anvin à Calais, et celle d'Hermes à Beaumont donnèrent en France, le signal, et on pourrait dire le modèle, de ce nouveau type de lignes ferrées.

Nous trouvons dans le dernier Bulletin de la *Société des ingénieurs civils*, une communication intéressante d'un savant ingénieur, M. Auguste Moreau, l'un des rédacteurs du *Génie civil*, qui résume, avec précision, les avantages propres aux lignes à voie étroite, et la place qu'il convient de leur assigner dans le système économique actuel des transports par les voies ferrées.

« Dans quelle condition, dit M. Auguste Moreau, doit-on faire usage de la voie étroite ? »

« Il est certain, dit cet ingénieur, que la voie large est indispensable lorsque la ligne présente un trafic important, comme cela arrive pour les grandes artères des Compagnies du Nord ou de Paris-Lyon-Méditerranée, qui font au moins 150.000 francs de recette par kilomètre. Mais, vouloir employer le grand matériel et faire de grandes dépenses pour établir un chemin de fer cantonal, dont les recettes ne dépasseront pas le plus souvent 1,500 à 2,000 francs par kilomètre, cela paraît un non-sens absolu.

« Il y a donc lieu d'adopter la voie étroite lorsqu'on a affaire à un trafic restreint. Seulement, fait observer M. Auguste Moreau, il ne faut pas comprendre le mot restreint comme on le fait généralement en France, où l'on considère comme sérieuses des recettes analogues à celles des chemins de fer de l'État, par exemple, qui s'élèvent à environ 10,000 francs par kilomètre. La voie

étroite possède assez de puissance pour faire face aisément à un trafic de 50,000 francs par kilomètre, comme le prouve surabondamment l'exemple si connu du chemin de fer de Festiniog, en Angleterre, qui fait 35,000 francs de recettes par kilomètre, avec sa petite voie de 0^m, 60. Il est donc facile de comprendre qu'avec une voie d'un mètre, on pourrait aller beaucoup plus loin,

« La voie étroite s'est répandue surtout, d'abord à l'étranger, mais nous en possédons de nombreux exemples en France, sans compter plus de 3,000 kilomètres actuellement concédés, à voie d'un mètre, et non encore construits. »

Le chemin de fer à voie étroite de Festiniog, dans le pays de Galles (Angleterre), dont parle M. Aug. Moreau, est un des plus anciens connus, et il suffit à un trafic que n'atteignent pas bien des routes de fer à voie normale.

La plus ancienne des voies de ce réseau est celle qui va de Dinas à Port-Madoc, sur une distance de 24 kilomètres.

Nous représentons (fig. 317) la partie la plus pittoresque de cette voie, la station de Tan-y-Bltch, située dans un pays abrupt et accidenté. Les courbes sont nombreuses, les rampes très prononcées.

La largeur de la voie n'est que de 60 centimètres. Les voitures de voyageurs ont 3^m,50 à 4^m,50 de long.

Le matériel de marchandises, plus important que celui des voyageurs, car il s'agit de transporter les ardoises extraites des carrières du pays, se compose de 50 wagons par kilomètre exploité. Les machines sont du type Farlie, c'est-à-dire à train mobile articulé, pour pouvoir tourner dans les plus petites courbes. La vitesse moyenne de marche est de 16 à 19 kilomètres à l'heure. Les recettes normales sont de près de 30,000 francs par kilomètre. Il est vraiment remarquable qu'une voie de

60 centimètres puisse donner lieu à un trafic si important.

« La voie étroite étant admise, dit M. Auguste Moreau, au travail de qui nous revenons, on peut se demander quelle est la largeur de voie à adopter. En théorie, on ne doit préconiser aucune largeur spéciale si l'on veut proportionner l'instrument au travail qu'il a à effectuer. Mais, en pratique, il

est bon de ne pas trop multiplier le nombre des types, afin de trouver facilement et économiquement dans les usines le matériel courant et les pièces de rechange nécessaires. Aussi est-il bon de se fixer à deux largeurs extrêmes, qui sont : un mètre, et 0^m,75, selon que l'on a un trafic presque nul ou appréciable. »

M. Auguste Moreau examine alors les

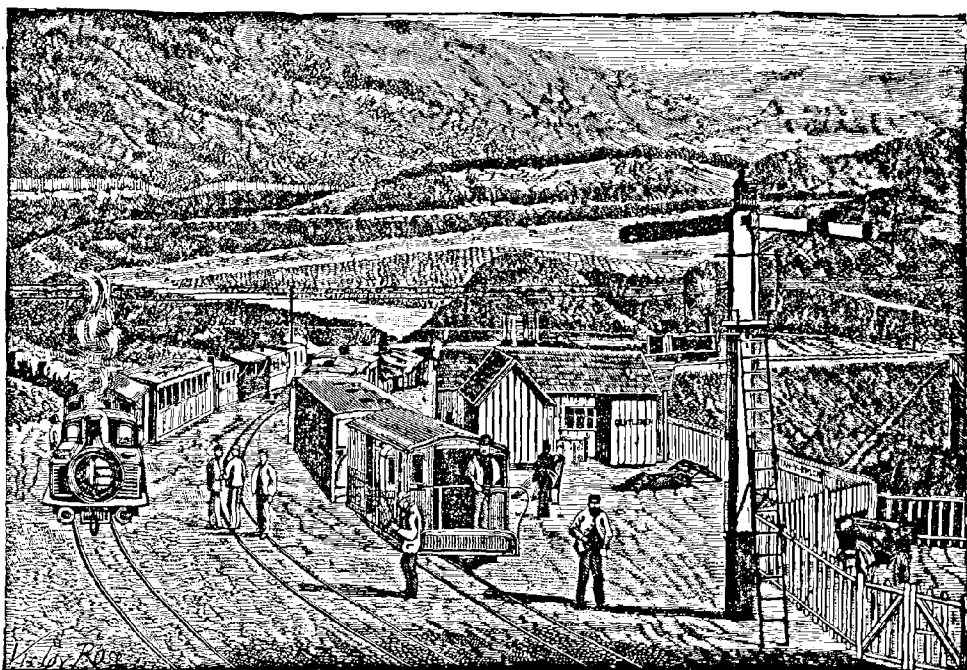


Fig. 317. — Chemin de fer de Festiniog, à voie de 0^m,60. — La station de Tan-y-Bltch.

différents chapitres de la construction et de l'exploitation d'un chemin de fer dont la voie est supposée égale seulement à un mètre, et il en conclut les économies que ce type réalise sur la voie large ordinaire de 1^m,50.

« Les économies, dit-il, sont surtout dues à la flexibilité de la voie étroite, qui peut employer des rayons de courbe deux fois plus petits que ceux de la voie normale, à résistance égale, tout en conservant le matériel rigide et les roues calées sur les essieux, nécessairement en usage sur les chemins de fer. En outre, comme on a

moins de poids mort, on peut avoir également des déclivités plus fortes, dans tous les éléments; d'ailleurs il y a une réduction de longueur, de largeur, de cube, de poids, de prix, qui entraîne forcément des différences notables dans la dépense de premier établissement. Voici le résumé de ces chiffres :

Infrastructure. . .	40 à 50	0/0 au minimum
Superstructure. . .	35 à 40	— —
Matériel roulant . .	30 à 35	— —

« La conclusion qu'on peut tirer de ces chiffres, c'est que l'adoption de la voie

étroite entraîne une économie qui est au *minimum représentée par la réduction de largeur de la voie*. Mais très souvent cette proportion est notablement dépassée, à mesure que le terrain devient plus difficile.

« Dans l'exploitation et l'entretien, les économies se font sentir également sur tous les chapitres ; les frais d'entretien sont en effet une fraction déterminée de ceux de premier établissement ; quant aux manœuvres, elles sont beaucoup plus économiques parce que le matériel est plus léger ; enfin la consommation des matières est réduite sensiblement comme le poids des machines. En somme, là aussi, l'économie réalisée sur la voie large est représentée par la *différence qui existe entre les largeurs des voies*. »

M. Auguste Moreau insiste sur ces conclusions qui n'ont jamais été tirées d'une façon bien nette, et qui résultent en grande partie d'une expérience personnelle s'étendant à plus de 2,000 kilomètres de travaux ou de projets.

Il fait justice ensuite des principales objections soulevées contre la voie étroite, entre autres de l'épouvantail du transbordement. Il fait remarquer, d'abord, que les lignes à voie étroite ont rarement quelque chose à transborder, puisque leur trafic est exclusivement local. En outre, avec le prix maximum de 0 fr. 45 cent. que ce transbordement atteint aujourd'hui, il représente un allongement de parcours de deux kilomètres au plus sur la ligne.

Quant aux petites lignes, à plus forte raison sont-elles obligées de transborder leurs marchandises, même lorsqu'elles ont la même voie que le grand réseau. En effet, vu le faible trafic, et par suite de l'impossibilité, pour chaque gare, de charger un wagon complet à destination d'une gare déterminée du grand réseau, il faut procéder forcément à un triage au point de soudure.

« Enfin, on ne peut éviter le transborde-

ment qu'au moyen des traités d'échange de matériel, qui sont toujours au désavantage de la petite exploitation. C'est à ce point que certaines Compagnies, qui avaient au début fait de grands frais d'installation de gares communes, pour éviter le transbordement, se sont vues, par la suite, dans l'obligation de laisser tout cela inutilisé au moment de l'exploitation, c'est ce qui est arrivé à Mamers, à Saint-Calais, gare de Connéré. »

On a prétendu qu'en simplifiant les installations de la voie normale, on pourrait arriver à construire des chemins de fer ne coûtant que 60,000 francs par kilomètre, c'est-à-dire à peu près le prix de la construction en voie étroite. M. Auguste Moreau combat cette opinion, en s'appuyant sur des chiffres précis.

« Le prix de la construction d'une voie ferrée du type ordinaire (4^m,50) ne peut jamais tomber, dit M. Moreau, au-dessous de 100,000 francs par kilomètre, en admettant même un matériel articulé qui permette à la voie large de passer dans les mêmes courbes que la voie d'un mètre ; la première coûtera toujours sensiblement plus cher par ce seul fait que tous les éléments en sont plus longs, plus larges, partant plus épais et plus lourds. Mais l'inconvénient le plus grand de ce genre d'adaptation est de conserver pour l'exploitation économique un matériel beaucoup trop grand, qui n'est jamais complètement utilisé et entraîne un transport de poids mort tout à fait anormal. L'exemple des grandes Compagnies est absolument topique à ce point de vue. En Angleterre, les wagons de la grande voie qui peuvent porter 8 tonnes en moyenne, d'après les statistiques n'en portent qu'une ; en France où, grâce au monopole dont jouissent les Compagnies, l'exploitation est beaucoup mieux faite, il faut mettre en mouvement, pour remorquer un tonne de charge utile. 4 tonnes de poids

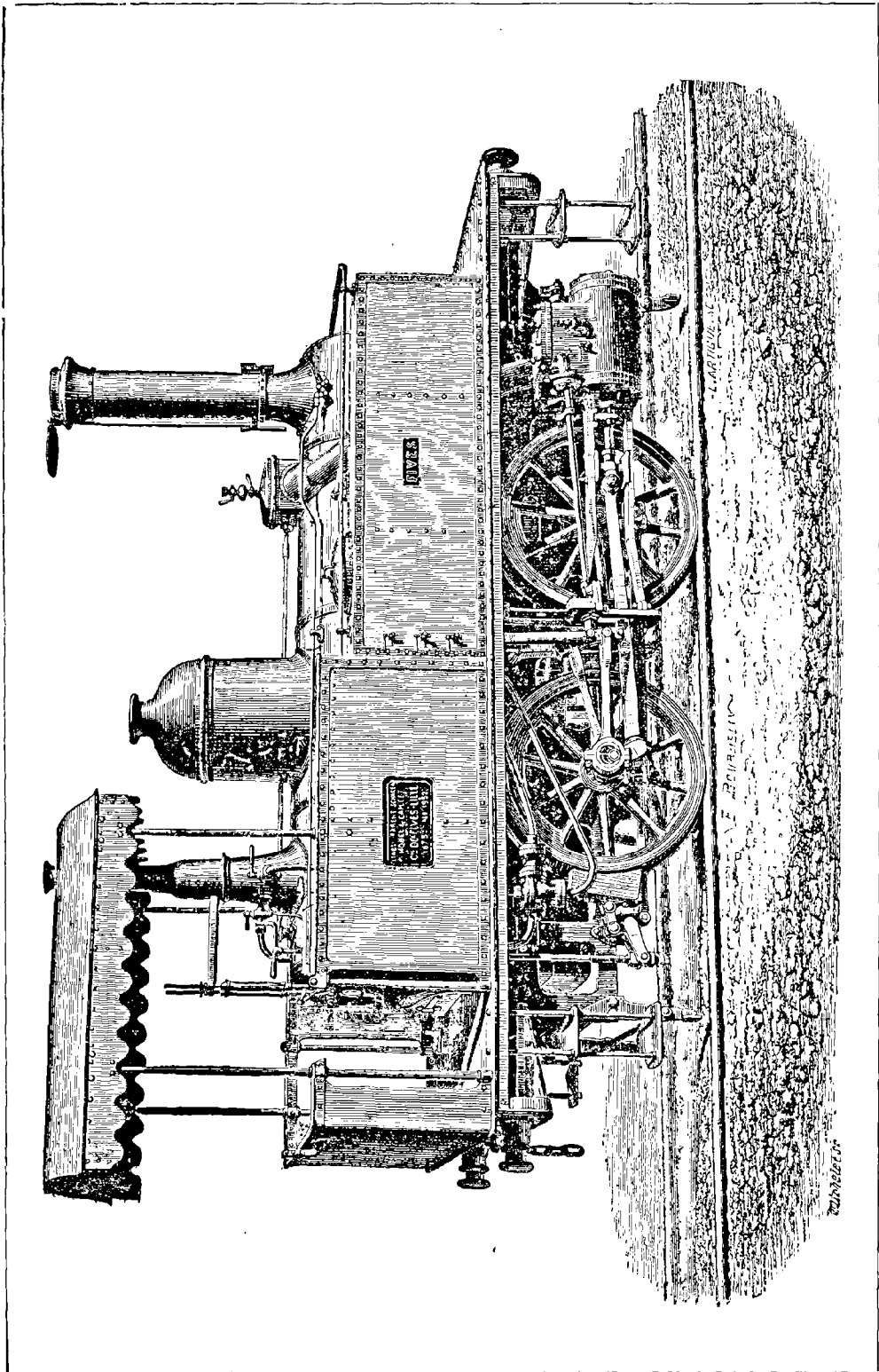


Fig. 318. — Locomotive tender à quatre roues complètes, pour service d'usines et travaux de terrassement.
Type construit par la Compagnie de Fire & Lille).

mort ! On conçoit d'après cela qu'il faut, au contraire, chercher à réduire le plus possible les véhicules, et non pas adapter ceux de la grande voie à la petite exploitation

« Au point de vue de l'exploitation, comme sous le rapport de la construction, la voie large prétendue économique est donc toujours une erreur. »

M. Auguste-Moreau conclut que la voie étroite réalise parfaitement le desideratum cherché de la *securité*, de l'*efficacité* et de l'*économie*; le chiffre *minimum* de réduction de dépenses obtenu par l'emploi de la voie réduite étant représenté par la *diminution de largeur de la voie*, aussi bien dans la construction que dans l'exploitation. La cause paraît d'ailleurs aujourd'hui absolument gagnée; le gouvernement français est décidé à faire établir à voie d'un mètre toutes les lignes *d'intérêt général* qui n'ont pu être rétrocedées aux grandes Compagnies par les Conventions.

Il n'y a, en résumé, plus aucun chemin de fer à voie large à construire en France, à l'exception des lignes stratégiques, pour lesquelles l'hésitation n'est même pas permise. Et l'on sait que le réseau de nos lignes stratégiques est aujourd'hui presque achevé.

C'est par une application du principe des lignes à voie étroite que l'on construit aujourd'hui des lignes ferrées provisoires pour le service des grands ateliers et chantiers divers. Pour le creusement d'un canal, pour le percement d'une montagne, pour l'extraction des produits miniers et le transport de minerais ou de matériaux d'un pays à l'autre, les ingénieurs établissent des voies de chemin de fer, à échelle très réduite, pour lesquels un matériel spécial est construit.

Nous représentons par la figure 319, le type d'une locomotive à l'usage des usines et travaux de terrassements, que construit

l'usine de Fives-Lille. Comme dans la précédente, la chaudière et le tender sont réunis sur le même bâti de fer.

Voici ses dimensions et conditions principales.

Diamètre des cylindres.....	0 ^m ,240	
Course des pistons.....	0 ^m ,360	
Diamètre des roues.....	0 ^m ,840	
Timbre de la chaudière (pression effective par cent. carré).....	8 ^k ,500	
Grille {	Longueur.....	0 ^m ,706
	Largeur.....	0 ^m ,698
	Surface.....	0 ^{m²} ,49
Tubes {	Diamètre extérieur.....	0 ^{m¹¹} ,040
	Longueur entre les plaques tubulaires.....	2 ^{m¹¹}
	Nombre.....	76
Surface de chauffe {	du foyer.....	2 ^{m^c} ,30
	des tubes.....	18 ^{m^c} ,14
	totale.....	20 ^{m^c} ,44
Capacité des caisses à eau.....	800 litres	
Capacité des caisses à combustible...	200 kil.	
Poids de la machine vide.....	9600 kil.	
Poids de la machine en service.....	44,500 kil.	

Par un perfectionnement nouveau du matériel des lignes à voie étroite, un constructeur français, M. Decauville, de Petit-Bourg (Seine-et-Oise), fabrique un matériel de chemins de fer qui offre cette particularité de pouvoir se démonter et se transporter de place en place, suivant les circonstances. Ses voies sont munies, à cet effet, de traverses en fer, et constituent une sorte de *porteur* qu'il est facile de déplacer d'un lieu à un autre.

Le *porteur Decauville* convient parfaitement aux travaux de la petite industrie manufacturière et même aux travaux agricoles. On peut, sans terrassements préalables, improviser des voies ferrées qui rendent de réels services.

Nous dirons quelques mots des locomotives et de quelques modèles de wagons construits par l'usine de Petit-Bourg, et nous représenterons par des dessins pittoresques les principales applications qu'a reçues le *chemin de fer portatif à pose ins-*

tantanée de M. Decauville, pour les travaux de diverses industries.

La locomotive la plus employée, et que nous représentons dans la figure ci-

dessous a pour nom *Passe-partout*. Elle est du poids de 2 tonnes et demie et circule sur des voies de 0^m,50 seulement.

Un autre type (*Fédora*), pesant 4 tonnes,

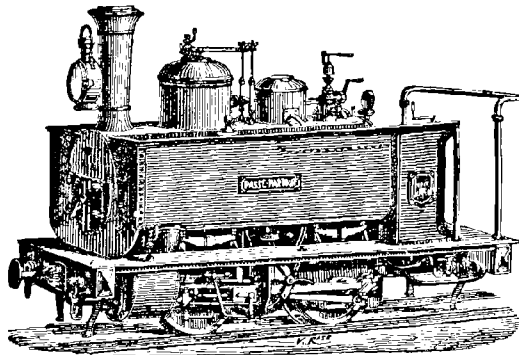


Fig. 319. — Type de locomotive du chemin de fer à voie étroite transportable de M. Decauville.

est muni d'un tender et peut traîner des charges plus considérables.

Quant aux wagons, on conçoit que leurs formes varient selon les transports divers

auxquels ils sont destinés. Nous parlerons seulement des wagons à l'usage des terrassements, des transports de charbon, de sable, de matériaux de construction, etc.

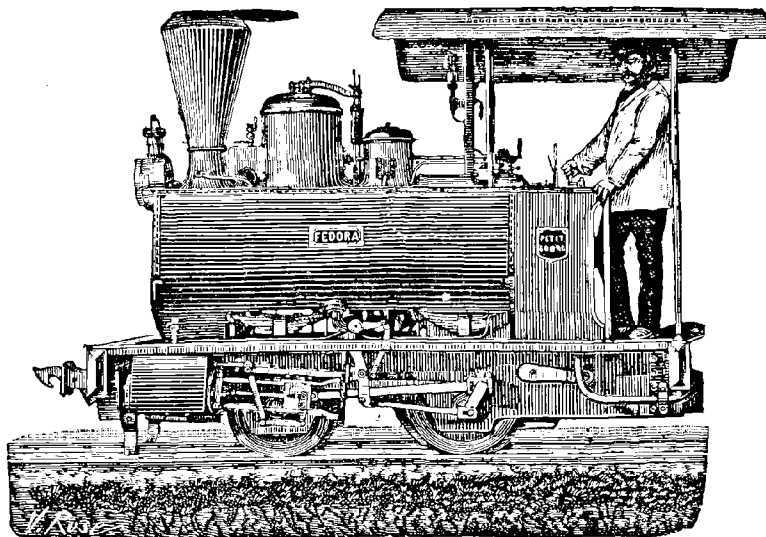


Fig. 320. -- Type de locomotive du chemin de fer à voie étroite transportable de M. Decauville.

Pour ce genre particulier de transport on emploie des wagons dont la caisse est à bascule, équilibrée et sans portes, qui décharge tout d'un coup son contenu. Ces wagons sont construits en tôle, de l'épaisseur de

3 millimètres. La caisse reste parfaitement en équilibre dans les parcours les plus accidentés. Pour la faire basculer à droite ou à gauche, il faut la pousser du côté opposé, et le contenu se vide complètement. Elle peut

être munie de deux crochets, pour l'enlever au moyen d'une grue.

Dans les travaux du canal de Panama plus de 5,000 wagons de ce genre circulent sur des voies de 0^m,50

Nous représentons dans les deux figures de cette page le type des wagons pour le transport des matériaux. Ce wagon peut être muni d'un frein à vis, que l'on actionne au moyen du pied agissant sur une poulie

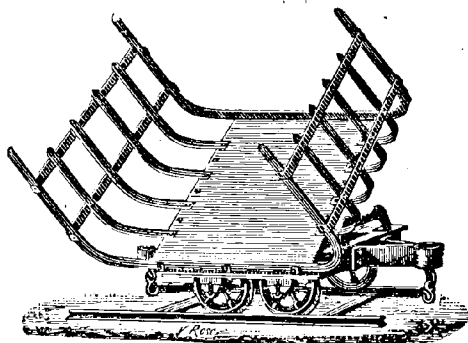


Fig. 321. — Wagon à claire-voie basculant

à crans placée dans la barre d'attelage.

Dans les figures que suivent nous montrons l'application du *porteur Decauville* à divers transports sur de petites voies.

Pendant la guerre, on a souvent à

construire des voies ferrées pour le transport des troupes et du matériel. Chaque État de l'Europe dispose aujourd'hui d'un corps d'ouvriers militaires, qui exécutent sur tout terrain, sans aucun terrassement, une voie ferrée provisoire, laquelle, quel-

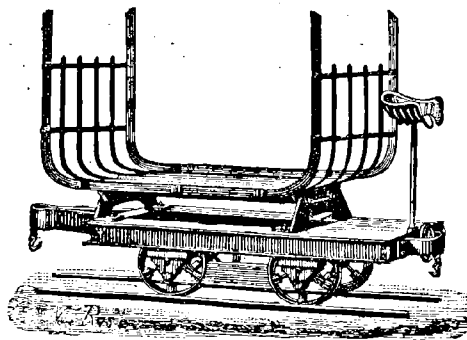


Fig. 322. — Type d'un wagon à claire-voie pour le transport des matériaux.

quefois, rivaliserait avec nos lignes du type ordinaire.

Ceci nous amène à dire quelques mots de l'importante question des *chemins de fer militaires*.

Au point de vue militaire, les chemins de fer ont à effectuer des transports de troupes

et de matériel, aussi bien en temps de paix qu'en temps de guerre.

En temps de paix, les transports de troupes et de matériel militaire, s'opèrent facilement, sans interrompre le service habituel de la ligne ferrée. Il ne s'agit que d'embarquer et de débarquer rapidement des compagnies d'infanterie et de cavalerie, de l'ar-

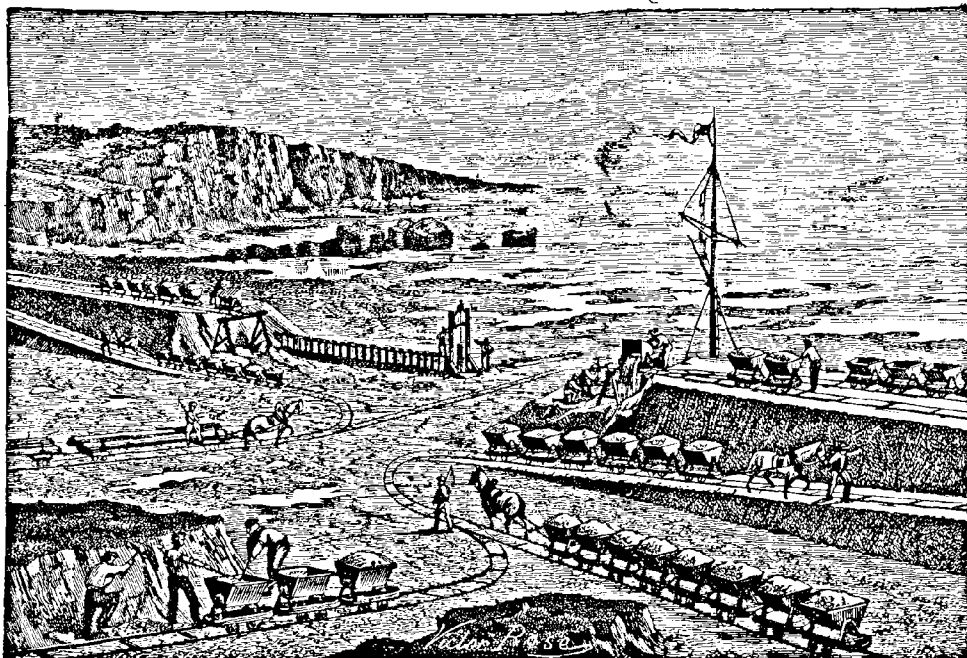


Fig. 323. — Application de la voie transportable Decauville aux travaux d'endiguement.

tillerie, des bagages, des fourgons et tout ce qui se rattache au service des troupes. | Les wagons de troisième classe, et les *wagons-écurie* suffisent au transport des troupes.

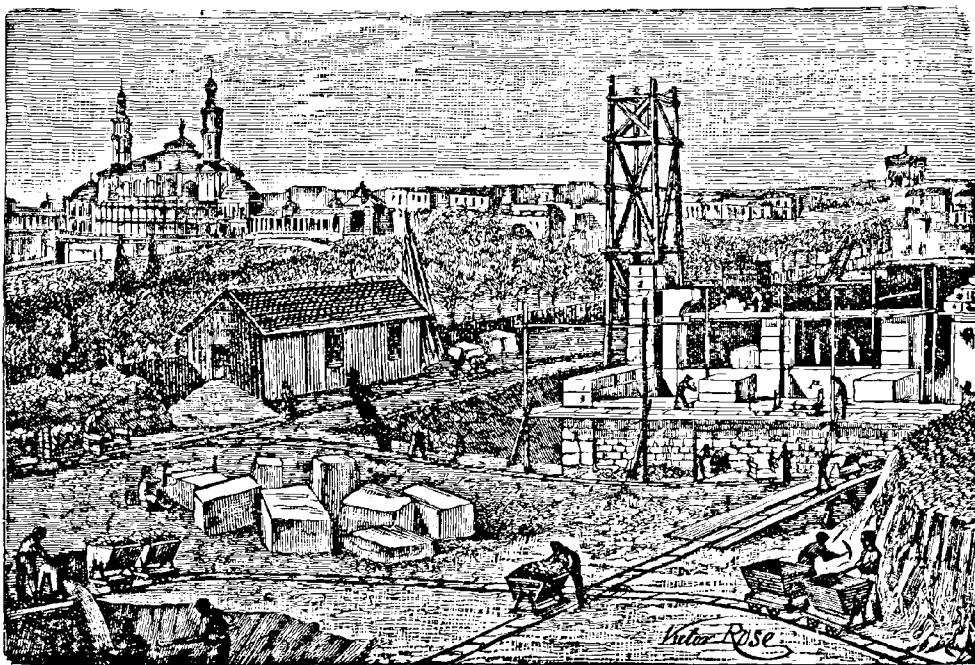


Fig. 324. — Application de la voie transportable Decauville aux travaux de construction en maçonnerie.

des chevaux et d'un matériel varié. Mais les conditions sont tout autres pendant la guerre, alors qu'il faut faire voyager rapidement un corps d'armée, avec son artillerie, ses munitions, et ses immenses *impedimenta*. Une administration spéciale a été créée, dans ce but, chez toutes les nations de l'Europe. En France, une *Commission militaire supérieure*, qui siège au Ministère de la guerre et qui est composée d'officiers supérieurs et d'ingénieurs, dirige ce service. La *Commission supérieure des chemins de fer militaires* a sous ses ordres des sous-commissions, chargées d'exécuter ses prescriptions. Ces sous-commissions s'occupent de la composition des trains et de leur surveillance. Les transports sur la ligne se font, néanmoins, par les soins des agents ordinaires des Compagnies de chemins de fer.

On distingue les transports militaires en temps de guerre, selon qu'il s'agit d'opérer sur le réseau de notre territoire, ou sur le territoire ennemi. La première section est du domaine de la *Commission supérieure des chemins de fer militaires*; mais c'est l'état-major général de l'armée qui a la direction des *chemins de fer de campagne*. Comme il est, d'ailleurs, difficile, en temps de guerre, de savoir quel est le territoire national ou le territoire ennemi, et que ces deux bases d'opérations varient suivant les événements de la campagne, on comprend qu'on n'ait pu établir ici de règles bien fixes. L'état-major général qui dirige les *chemins de fer de campagne*, doit donc faire face à bien des indications et des besoins imprévus, nécessités par les péripéties de la guerre. Il faut pouvoir transporter rapidement des masses considérables d'hommes sur des routes ferrées, souvent endommagées. Il faut pouvoir refaire, avec promptitude, des portions de voies détruites par l'ennemi, prévenir tout déraillement pendant le transport et tout accident de route. Il faut débarquer les troupes et le matériel, au point

exactement fixé par les instructions des chefs de corps. Quelquefois, enfin, on a à détruire des voies existantes et à les remplacer par de nouvelles. L'état-major général dirige toutes ces opérations, par les agents divers qu'il a sous ses ordres.

L'état-major général distingue les transports militaires, en temps de guerre, selon qu'il s'agit de transports de *mobilisation*, de *concentration*, de *ravitaillement* et d'*évacuation*. Les services administratifs, constitués pour répondre à ces diverses opérations, comportent un *matériel fixe* et un *matériel roulant*.

Pour le *matériel fixe*, il faut avoir étudié, d'avance, le territoire ennemi, de manière à y choisir, principalement sur les frontières, les gares les plus importantes, dans lesquelles les quais d'embarquement et de débarquement soient assez larges pour recevoir des masses de troupes. Quand on transporte de la cavalerie, le train est composé de 30 à 40 wagons, dont chacun a 7 mètres de longueur. Il faut donc que les quais d'embarquement et de débarquement aient 250 à 300 mètres de long, pour que le train tout entier puisse être déchargé à l'abri et à couvert. Il faut, en même temps, que les gares choisies comme points de départ et d'arrivée, ne soient pas trop éloignées d'une ville, pour que l'intendance y trouve, en quantités suffisantes, des vivres et des fourrages.

Le *matériel roulant* des chemins de fer de campagne diffère de celui qui sert en temps de paix. Il se compose de wagons aménagés de façon à recevoir le plus grand nombre d'hommes possible, sans trop les gêner, sans les priver de leurs armes et de leurs munitions. Ces wagons sont pourvus de plusieurs portes distinctes, de manière à faciliter l'entrée et la sortie rapide des soldats porteurs de leurs armes. Plus d'une fois, au milieu du voyage, un détachement militaire est forcé de s'arrêter.

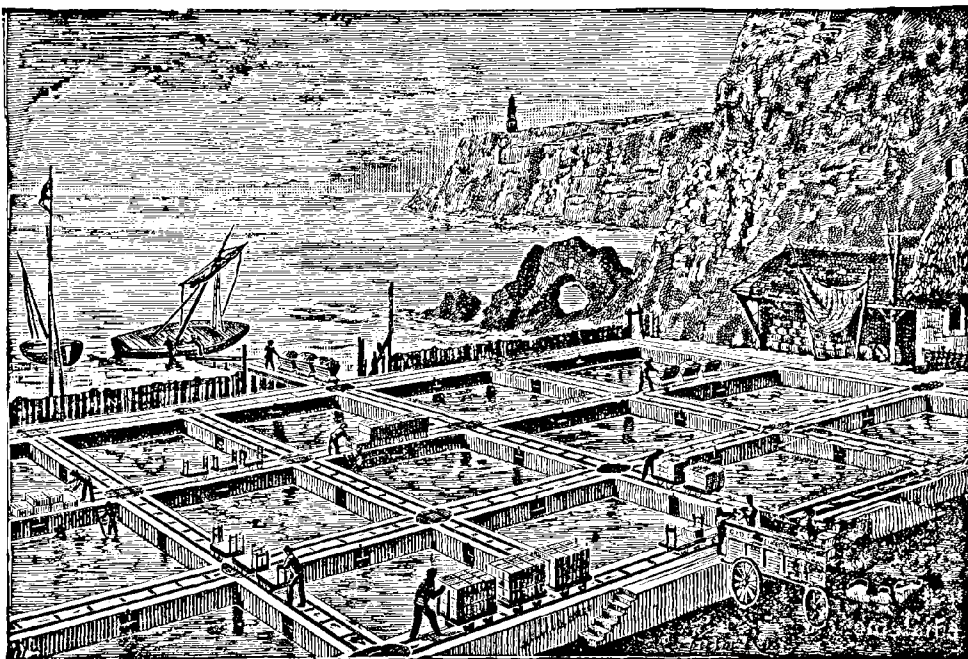


Fig. 325. — Application de la voie Decauville au service d'un parc à huîtres.

barquer ses hommes, qui vont faire le coup de feu, et remontent ensuite en wagon.

Il faut pouvoir répondre à ce cas fortuit. D'autres fois, l'ennemi a réussi à faire dé-

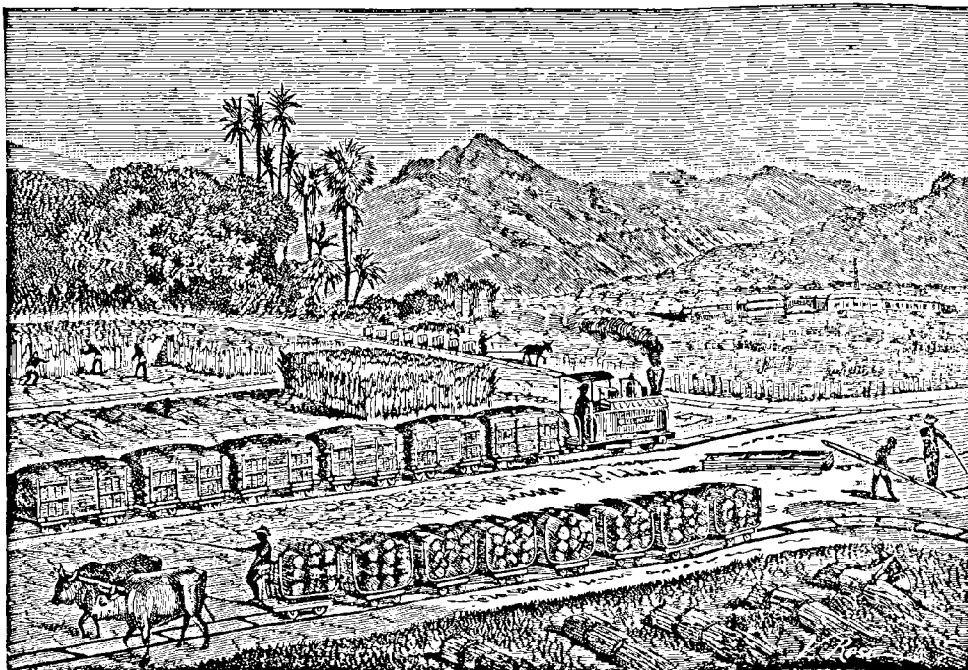


Fig. 326. — Application de la voie Decauville au transport des cannes à sucre, à Java.

railler un tram militaire, et il faut que les troupes ainsi surprises puissent, malgré cet accident redoutable, descendre rapidement de wagon et repousser l'agression.

La figure 327, qui a été exécutée d'après le croquis d'un témoin oculaire, retrace un événement de ce genre.

Pendant la guerre civile d'Espagne, en 1873, un train militaire parti de Madrid, dans la soirée du 11 mars, et devant arriver le lendemain, à onze heures du matin, à Hendaye, fut assailli par une bande de soldats de Don Carlos, à son passage dans la province de Guipuzcoa, en sortant du tunnel de Ycastigueta. Les carlistes avaient enlevé des rails à quelques mètres d'un pont qui traverse le torrent d'Orio, qui se trouve immédiatement à la sortie du tunnel, du côté de la France. En sortant du tunnel, le train essuya une décharge de mousqueterie partant de deux groupes de carlistes, l'un posté sur la montagne, à deux ou trois cents mètres de la voie, l'autre occupant une ferme à soixante ou quatre-vingts mètres du tunnel.

Quelques secondes après la première décharge, le déraillement du train eut lieu et la locomotive, roulant le long du talus, fut précipitée dans un ravin.

Pendant que les hommes du train cherchaient à sortir des wagons, la fusillade continuait. Les carabiniers, qui se trouvaient dans le train, s'élancèrent, le fusil à la main, les officiers en tête, à la poursuite des carlistes. Mais ceux-ci abandonnèrent le terrain, en laissant un des leurs grièvement blessé.

Le mécanicien, le conducteur et le garde-frein, furent tués. Les funérailles de ces malheureux agents eurent lieu à Tolosa, avec solennité. Les autorités de la ville, les volontaires et des détachements de l'armée, y assistèrent.

Le plus intéressant de l'histoire, c'est que l'administration des chemins de fer du Nord

de l'Espagne, terrifiée par cet événement, jugea prudent de traiter avec les rebelles, pour garantir la sûreté de la ligne. Elle signa, avec les chefs carlistes qui opéraient dans les provinces basques, un traité analogue à celui que Saballs avait signé avec les compagnies de chemins de fer de la Catalogne.

Aux termes de cet arrangement, les carlistes s'engageaient à ne pas interrompre la circulation des trains entre Miranda de Ebro et la frontière française, à ne pas couper les fils télégraphiques, et à respecter la vie des employés, ainsi que les propriétés de la Compagnie. En échange, la direction du chemin de fer promettait de ne plus transporter de troupes républicaines dans ses wagons, et de raser toutes les fortifications que l'on avait élevées à l'entrée des tunnels et aux gares.

La direction de la Compagnie demanda l'acquiescement du pouvoir exécutif de Madrid aux stipulations contenues dans ce traité, et le gouvernement ne refusa pas à la Compagnie des chemins de fer du Nord de l'Espagne ce qu'elle avait accordé à celles des voies ferrées de la Catalogne.

Les wagons destinés au transport de la cavalerie, hommes et chevaux, ont été l'objet de beaucoup d'études, et ce service ne laisse plus rien à désirer aujourd'hui en France.

Les *trucks* destinés à porter les pièces d'artillerie, les forges de campagne, les fourgons à bagages et les voitures d'ambulance, se posent sur des wagons spéciaux, lesquels sont souvent munis de *ponts-volants*, pour les raccorder entre eux, ou pour les mettre en rapport avec le quai. Pour faire monter sur les wagons tout ce matériel divers, comme aussi pour embarquer ou débarquer les chevaux, on a des rampes mobiles en charpente ou en fer, qui se posent entre les wagons et le quai.

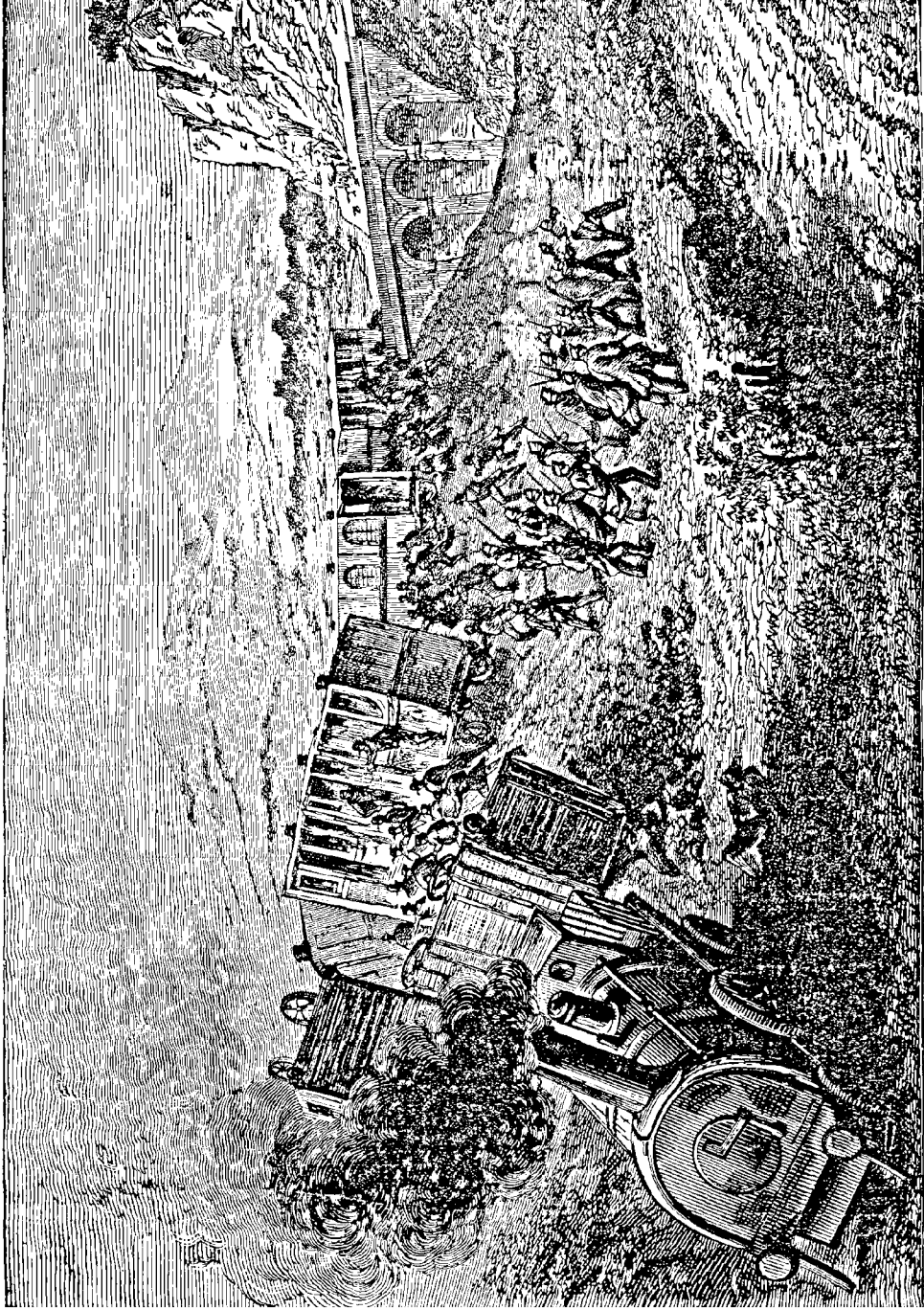


Fig. 327. — Un épisode de la guerre civile d'Espagne. (1873).

Dans toutes les nations militaires de l'Europe, le service des chemins de fer pour les transports, en temps de paix et en temps de guerre, a été l'objet, depuis 1870, des études les plus attentives, et l'on a soin, pendant la période des grandes manœuvres, d'exercer les régiments de chaque corps d'armée à la mise en pratique de ces mouvements. En France, on eut malheureusement à regretter, en 1870-1871 l'absence à peu près complète d'études et de prévisions de ce genre : et c'est à cette cause que l'on peut attribuer le triste désordre qui marqua les mouvements de nos troupes, au début de la guerre. Rien de semblable, on peut l'affirmer, n'est à redouter pour l'avenir.

Une invention d'une certaine utilité pratique, sur laquelle l'attention a été attirée par l'emploi qu'en ont fait les Anglais, au début de leur campagne d'Égypte, en 1883, c'est le *wagon blindé*.

Une pièce de siège est montée sur un wagon ordinaire, que l'on a entouré, à l'avant, de plaques métalliques, destinées à protéger les artilleurs servants. Un fourgon plein de projectiles, suit le wagon blindé. Puis viennent une série d'autres wagons fermés, contenant des soldats armés de fusils; vient enfin la locomotive, laquelle, dans un train blindé, se trouve toujours à l'arrière.

Par le fait de sa mise sur roues, une pièce de siège est transformée en pièce de campagne. Par sa mobilité, par son va-et-vient incessant, elle met les batteries ennemies dans l'impossibilité de rectifier leur tir.

Les batteries attelées dont on se sert en campagne, sont obligées de rester stationnaires pendant le tir, et, dès que les pointeurs ennemis ont trouvé leur distance, ces batteries sont forcées de changer de place. Il faut remettre des prolonges et prendre une autre position. C'est là une perte de temps très fâcheuse au plus fort de l'attaque.

Ce grave inconvénient, inséparable des batteries attelées, disparaît avec une batterie portée sur des rails, qui est toujours en mouvement.

Le train blindé abrite un petit détachement d'infanterie, destiné à soutenir l'attaque. Ce détachement est placé, comme nous l'avons dit, dans les fourgons fermés, lesquels sont percés de meurtrières, qui deviennent de véritables casemates roulantes. Des employés de chemins de fer, tirés de l'armée, accompagnent également le train, qui porte des rails de rechange.

Les rails que l'ennemi a enlevés sont, d'ailleurs, beaucoup plus faciles à remplacer qu'on ne le croyait. L'expérience l'a bien prouvé à Kafr-Dawar, en 1883. Toutes les nuits, la voie ferrée était endommagée par les soldats d'Arabi, et le lendemain la voie était réparée par les ajusteurs de rails au service du général Wood.

Les pièces de l'artillerie blindée sont d'un calibre au moins double de celui des pièces ordinaires de campagne.

Les Anglais, comme nous l'avons dit plus haut, se sont servis du *wagon blindé*, pendant leurs combats contre Arabi, en 1883. Mais c'est à tort que l'on a attribué au général Wolseley l'invention des *trains blindés*. C'est également sans aucune raison qu'on a fait aux Allemands l'honneur de la même découverte. Cette invention est française. En 1870-1871, un ancien ingénieur du chemin de fer d'Orléans, M. Delaunay, fut cité avec éloges par le gouvernement de la Défense nationale, pour ses « *travaux sur le blindage des wagons pendant le siège de Paris* ».

Mais il paraît que le véritable inventeur de ce système serait M. Alexandre Prevel, qui, pendant le siège, était chef de la gare des marchandises de la compagnie d'Orléans, à Ivry. C'est sur les conseils de M. Alexandre Prevel et sous la direction de Dupuy de Lôme, que furent construits et

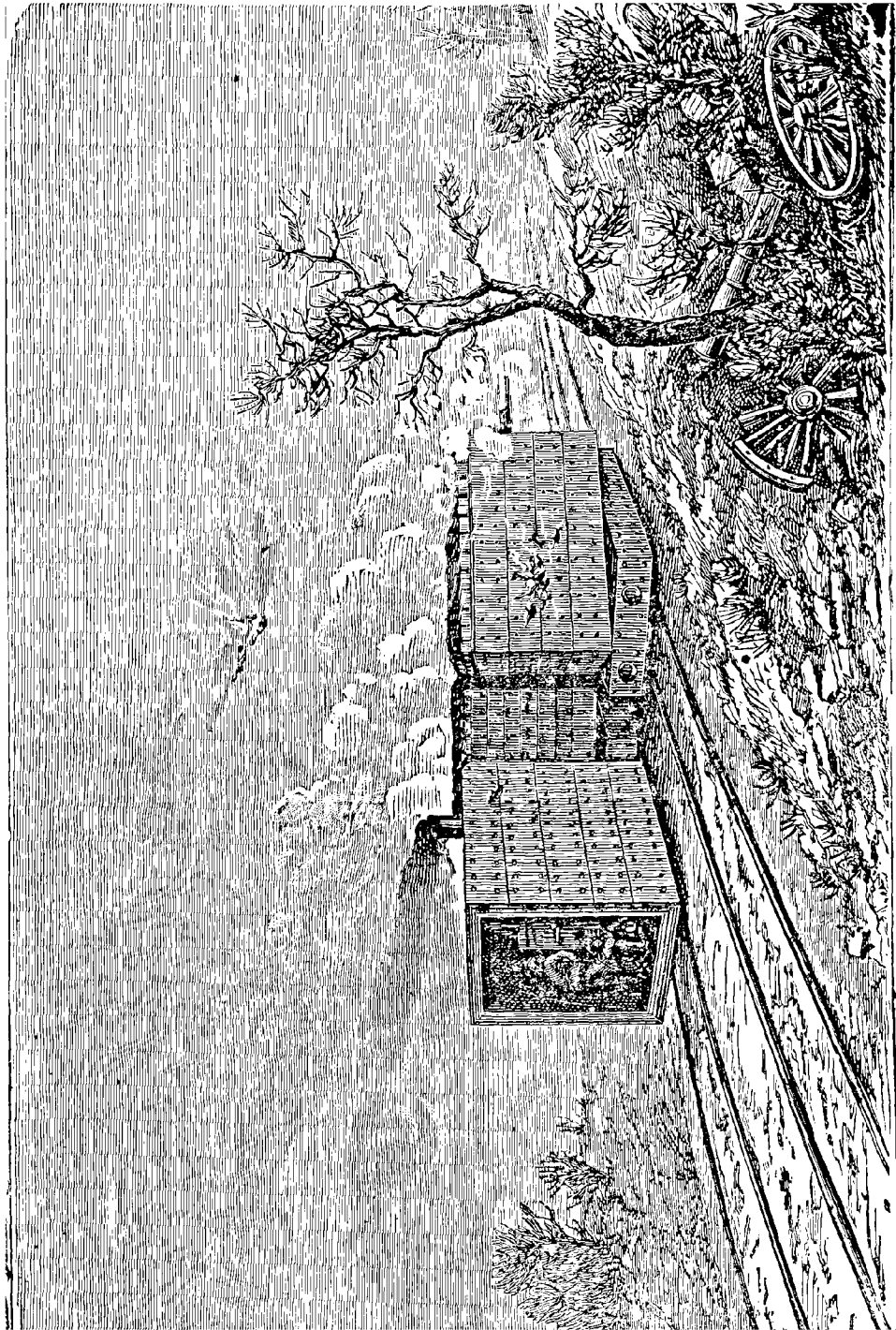


Fig. 328. — Les wagons blindés, employés pendant le siège de Paris, 1870.

1870, les deux trains blindés qui prirent part à la bataille de Champigny, et qui, plus tard, saisis par les insurgés de la Commune, leur servirent de batteries mobiles entre Asnières et Paris.

Quelques détails sur les *wagons blindés* qui furent employés pendant le siège de Paris, ne seront pas de trop ici. C'est au delà de la gare d'Ivry qu'on fabriquait ces sortes de batteries mobiles.

Sur un *truk* de chemin de fer on avait placé un affût, supportant une des énormes pièces de canons de marine, se chargeant par la culasse. La pièce et son affût étaient enfermés dans une chambre cuirassée, dont les parois, à l'abri des boulets, étaient faites de sept feuilles de blindage, dont l'épaisseur totale atteignait 8 centimètres, et d'une pièce de chêne, épaisse de 50 centimètres.

Ce wagon blindé pivotait sur son axe, comme les tourelles des navires cuirassés; en sorte que la gueule du canon de marine, placée à l'avant, pouvait, au besoin, regarder l'ennemi de tous côtés.

Ces forteresses ambulantes étaient amenées sur le champ de bataille par une locomobile posée sur un truck et enfermée, comme elle, dans une chambre à l'abri des projectiles lancés par des pièces de campagne.

Celles qui furent conduites sur le chemin de fer d'Orléans, pour donner un peu d'aide au corps du général Vinoy, étaient servies par des marins de la *Gloire* et de la *Dévastation*.

En les voyant arriver sur le terrain, les Allemands crurent que ces wagons étaient chargés de provisions pour les troupes. L'envie leur vint de s'en emparer, et ils commencèrent à les canonner. Mais les boulets tombèrent sur leur carapace comme des pois sur une vitre, et firent le même effet. Les Prussiens furent bien vite désillusionnés, et ils se sauvèrent en voyant de quelle manière cette machine les recevait.

CHAPITRE XIX

LES CHEMINS DE FER ÉLECTRIQUES. — PRINCIPES DE L'EMPLOI DE L'ÉLECTRICITÉ COMME AGENT MOTEUR SUR LES VOIES FERRÉES. — PREMIER ESSAI DE TRACTION ÉLECTRIQUE FAIT EN 1879, PAR MM. WERNER SIEMENS ET HALSKE, A L'EXPOSITION D'ÉLECTRICITÉ DE BERLIN. — DESCRIPTION DU VÉHICULE REMORQUEUR ET DE LA VOIE. — CRÉATION DU PREMIER CHEMIN DE FER ÉLECTRIQUE SUR LA LIGNE DE LICHTERFELDE A L'ÉCOLE DES CADETS, PRÈS DE BERLIN. — LA VOITURE ÉLECTRIQUE DE BERLIN A L'EXPOSITION DE PARIS, EN 1881.

L'application de l'électricité à la traction des wagons de chemins de fer est une des adaptations de cette force le plus naturellement indiquées, une de celles qui présentent le plus d'espérances pour l'avenir.

Considérez, en effet, les inconvénients qu'entraîne l'emploi de la vapeur pour la traction des convois sur les voies ferrées. Avec nos locomotives, il faut que le moteur commence par se traîner lui-même. Et quel poids ne représente-t-il pas ! Il faut porter avec soi, la provision de charbon et d'eau. Il faut donner à la locomotive, pour assurer son adhérence sur les rails, un poids de 8 à 10 tonnes. Vraiment, quand on voit certaines locomotives, ce qui étonne, c'est qu'elles puissent encore remorquer des wagons, après s'être traînées elles-mêmes. Une locomotive de marchandises, pesant 12 à 15 tonnes, absorbe la moitié de sa propre force pour progresser sur les rails; le reste, c'est-à-dire 50 pour 100 seulement, est disponible pour la traction. Avec l'électricité, au contraire, le poids du moteur, que porte la locomotive, est tellement faible qu'il peut être considéré comme négligeable. La force est développée au loin, dans un atelier convenablement choisi pour y trouver toutes les facilités d'installation, au milieu d'un centre fixe, où l'on peut placer autant de machines et emmagasiner autant de charbon qu'on le désire. Le convoi est le seul poids à traîner. N'est-ce pas plus conforme aux lois de la logique et de l'économie ?

Avec une locomotive actionnée par l'électricité, plus de chaudière à faire voyager ; plus de provision d'eau et de charbon à emporter, c'est-à-dire plus de tender ; plus de mécanisme compliqué et lourd à faire fonctionner ; plus de flammèches, ni d'escarbilles projetées sur la voie. Enfin, sécurité complète, le courant électrique pouvant être renversé par un simple commutateur, pour agir en sens inverse, et faire office de frein instantané.

Un autre avantage de la traction électri-

que consiste dans la possibilité de diviser la voie en un certain nombre de *blocks*, c'est-à-dire de régions spécialement affectées à un système de surveillance. Cette suite de *blocks* résulte du nombre de machines fixes à vapeur établies sur le parcours de la route, pour envoyer l'électricité aux locomotives circulant sur la ligne.

Ajoutez que, par l'absence de fumée, la locomotive électrique s'impose, pour ainsi dire, dans la traversée des tunnels, des souterrains et des travaux des mines. L'air com-

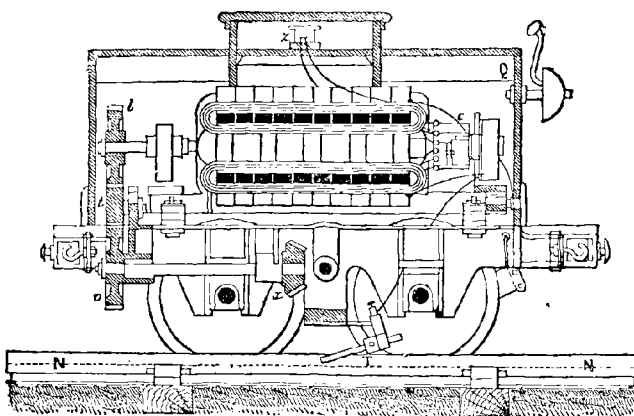


Fig. 329. — Le wagon électrique du chemin de fer d'essai de l'Exposition de Berlin, en 1879.

primé et l'électricité sont les seuls agents de traction applicables avec sécurité aux travaux souterrains.

Quant à la liaison à établir entre la machine productrice d'électricité et la locomotive, elle peut se faire de diverses manières, mais jamais elle ne peut gêner la circulation sur la voie.

Ces considérations ont frappé de bonne heure les mécaniciens et les électriciens. Mais la difficulté était de transporter ces vues dans la pratique.

Disons tout de suite comment cette idée a fini par être réalisée.

Nous avons expliqué, dans la première partie de cet ouvrage, consacrée à l'*Électricité*, les principes du transport de la force à distance. Nous les rappellerons ici.

Une machine dynamo-électrique, c'est-à-dire produisant un courant électrique par le mouvement, — ce mouvement, étant provoqué par l'effet d'une machine à vapeur, — envoie le courant qu'elle détermine, dans un fil métallique conducteur. On peut appeler cette machine, installée en un lieu fixe, la *machine productrice d'électricité*. Le courant électrique formé par la *machine dynamo-électrique productrice d'électricité*, recueilli dans le fil conducteur, est envoyé à une pareille machine, installée à distance, sur un *truck* de chemin de fer qui se déplace sur les rails. Le courant circulant dans cette seconde machine, et animant les électro-aimants qui la composent, y produit du mouvement, c'est-à-dire fait tourner un axe ou un arbre ; et cet axe ou

cet arbre étant relié par des fils de cuivre avec les roues qui supportent le *truck* mobile, celui-ci avance sur les rails; et si sa force est suffisante, il entraîne le convoi auquel il est attaché par une chaîne.

Ces principes étant posés, on comprendra comment on peut, dans la pratique, établir la liaison entre la machine *dynamo-électrique productrice fixe* et la machine mobile. Le courant peut être envoyé de la machine fixe à la machine mobile, en prenant pour conducteurs les rails du chemin de fer. Et si ce moyen présente des difficultés dans l'application, on peut établir la liaison entre les deux machines, en faisant porter le fil conducteur sur des poteaux échelonnés le long de la voie. Pour mettre la machine mobile continuellement en rapport avec le pôle de la machine dynamo-électrique qui lui distribue l'électricité, on peut munir le haut de la locomotive d'une tige verticale portant un *cavalier*, en d'autres termes, un petit *curseur* métallique, qui, tout en se déplaçant avec le véhicule, ne cesse jamais de reposer sur le fil, et d'établir ainsi une communication permanente entre le fil et la locomotive, ou plutôt entre les deux machines productrices et réceptrices d'électricité, l'une fixe, l'autre mobile.

Le grand principe sur lequel repose l'application de l'électricité à la traction sur les voies ferrées, c'est donc, comme l'appellent les physiciens, la *réversibilité* des machines dynamo-électriques. Mais ce principe est d'invention assez récente. Ce n'est, comme nous l'avons dit dans la notice consacrée, dans ce volume, à l'*Électricité*, ce n'est qu'en 1873, à l'Exposition d'électricité de Vienne, que ce principe fondamental, et si riche d'avenir, fut mis en évidence par les représentants de la Société de la machine Gramme. L'invention qui nous occupe ne pouvait donc se produire avant l'année 1873, date de la découverte de la *réversibilité* des moteurs électriques.

Quels sont les physiciens qui peuvent revendiquer l'honneur d'avoir, les premiers, réalisé la traction électrique sur les voies ferrées?

On ne peut contester ce mérite aux constructeurs de Berlin, MM. Werner Siemens et Halske qui, par l'étude attentive de toutes les conditions à remplir, réussirent à créer la traction des wagons de chemins de fer par deux machines dynamo-électriques *conjuguées*, l'une fixe, l'autre mobile avec le convoi.

C'est à l'Exposition de Berlin, en 1879, que cette belle invention mécanique vit le jour. Une voiture circula sur un petit chemin de fer de démonstration, de dimensions sans doute fort exiguës, mais qui suffisaient pour établir la certitude du fait.

La longueur du trajet n'était pas de plus de 300 mètres. La ligne composait une courbe ovale fermée; de sorte que les voyageurs revenaient à leur point de départ, ou pouvaient faire plusieurs fois le tour de cette sorte de piste.

Les voitures n'étaient que des petites banquettes à deux faces adossées, semblables à celles que des chevaux nains traînent, depuis l'entrée du bois de Boulogne à Paris, jusqu'au Jardin d'Acclimatation, sur un chemin de fer en miniature.

Le moteur était une machine dynamo-électrique fixe, qui envoyait le courant électrique engendré par elle, à une seconde machine semblable, portée par le véhicule en mouvement. Le courant était recueilli par une paire de *balais*, analogues à ceux de la machine Gramme, lesquels s'appliquaient constamment contre un rail central, ou plutôt une barre de fer posée au milieu de la voie. Cette barre conductrice était continuellement en rapport avec l'un des deux pôles de la machine dynamo-électrique fixe, dont l'autre pôle était relié par des pièces métalliques conductrices, aux deux rails ordinaires de la voie. Le courant, après

avoir animé et mis en mouvement les bobines du véhicule remorqueur, repassait par les roues et les rails, puis revenait à la machine fixe. Pour établir la communication électrique générale, toutes les roues des wagons et celles du remorqueur communiquaient par des fils de cuivre.

Le conducteur était assis au-dessus du

remorqueur, ayant à sa disposition, à main gauche un *commutateur électrique*, pour établir les communications électriques selon les besoins, c'est-à-dire pour mettre le train en marche ou pour l'arrêter. Pour ce dernier cas, il manœuvrait de la main droite un *sabot*, ou frein à friction, qui arrêtaient les roues du lourd véhicule remorqueur.

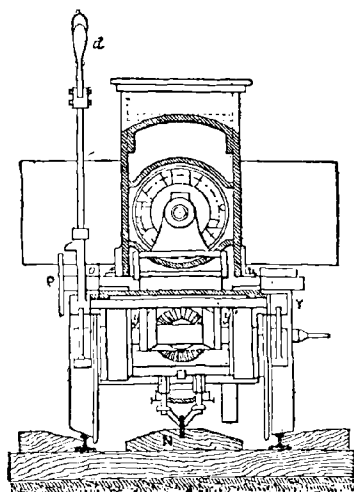


Fig. 330.

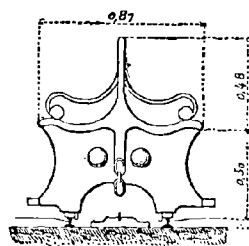


Fig. 331.

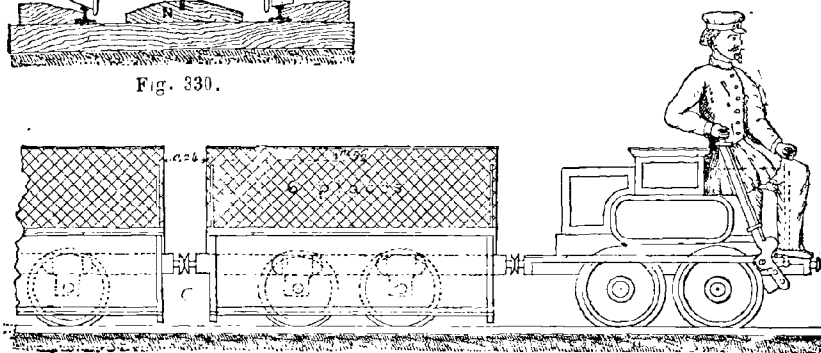


Fig. 332. — Le wagon électrique du chemin de fer d'essai de l'Exposition de Berlin, en 1879.

Les figures 330-331 feront comprendre le mécanisme que nous venons d'expliquer en traits généraux. La figure 330 représente la locomotive, ou véhicule remorqueur, et deux voitures, le tout à l'échelle de 1/40.

La figure 331 est une coupe transversale de la locomotive; la figure 332 une coupe de l'un des bouts de la voiture pour indiquer ses dimensions.

On voit sur les figures 331 et 332 le rail central en fer N, contre lequel viennent

s'appliquer les *balais* conducteurs servant à établir la relation électrique avec la machine fixe génératrice. Le courant qui arrivait par le rail central N et par les *balais*, est relié au pôle positif. Après avoir actionné les bobines d'induction du moteur, il retourne à la machine génératrice, par l'intermédiaire des roues de la locomotive et des rails.

La machine génératrice d'électricité était une machine Siemens, à courant continu. Le remorqueur, représenté figure 332 avec

le mécanicien qui le conduit, était aussi une machine Siemens transmettant le mouvement aux roues par une série d'engrenages que l'on voit représentés sur la figure 330

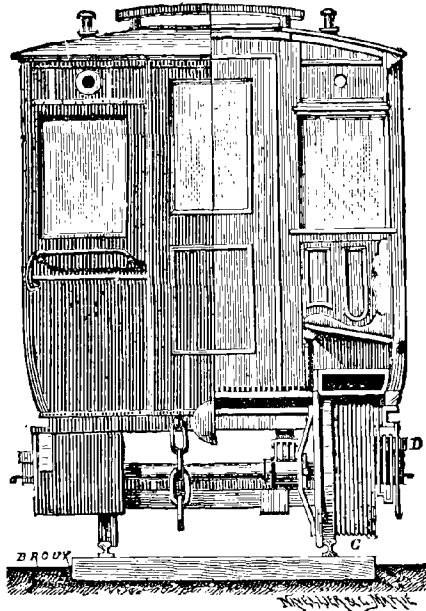


Fig. 333. — Coupe du wagon du chemin de fer électrique de Lichterfelde vu, par le bout.

dans la coupe transversale du remorqueur, longitudinale sur la figure 331. La locomotive à une échelle plus grande et en coupe longitudinale sur la figure 334. La locomotive électrique de l'Exposition de Berlin,

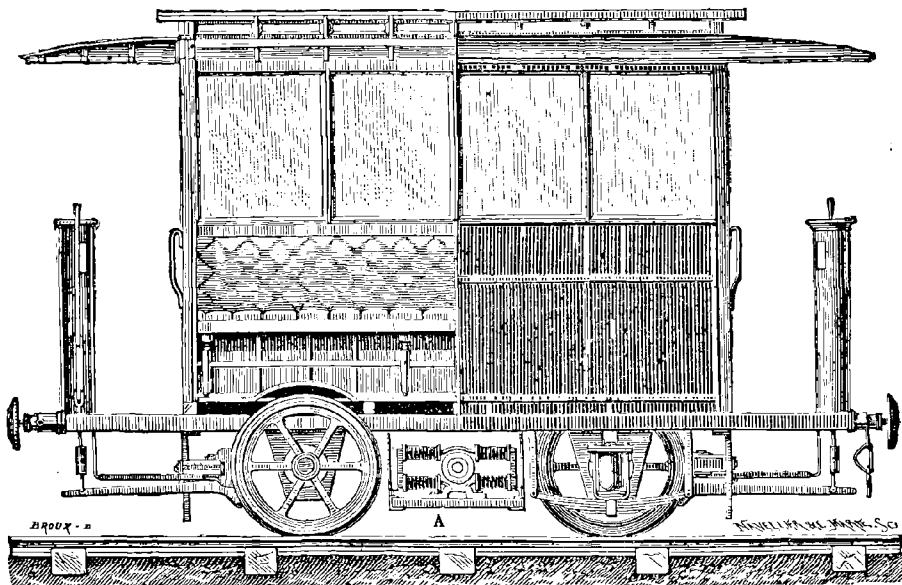


Fig. 334. — Wagon du chemin de fer électrique de Lichterfelde.

remorquait trois petits wagons qui ne contenaient que six places chacun, trois de chaque côté.

On voit sur la figure 332 le mécanicien tenant dans sa main gauche le commutateur qui sert à interrompre le courant, et dans sa

main droite le levier d'un frein à sabot qui vient agir sur les roues de devant du remorqueur. Il suffisait d'inverser le sens du courant dans la bobine de la machine mo-

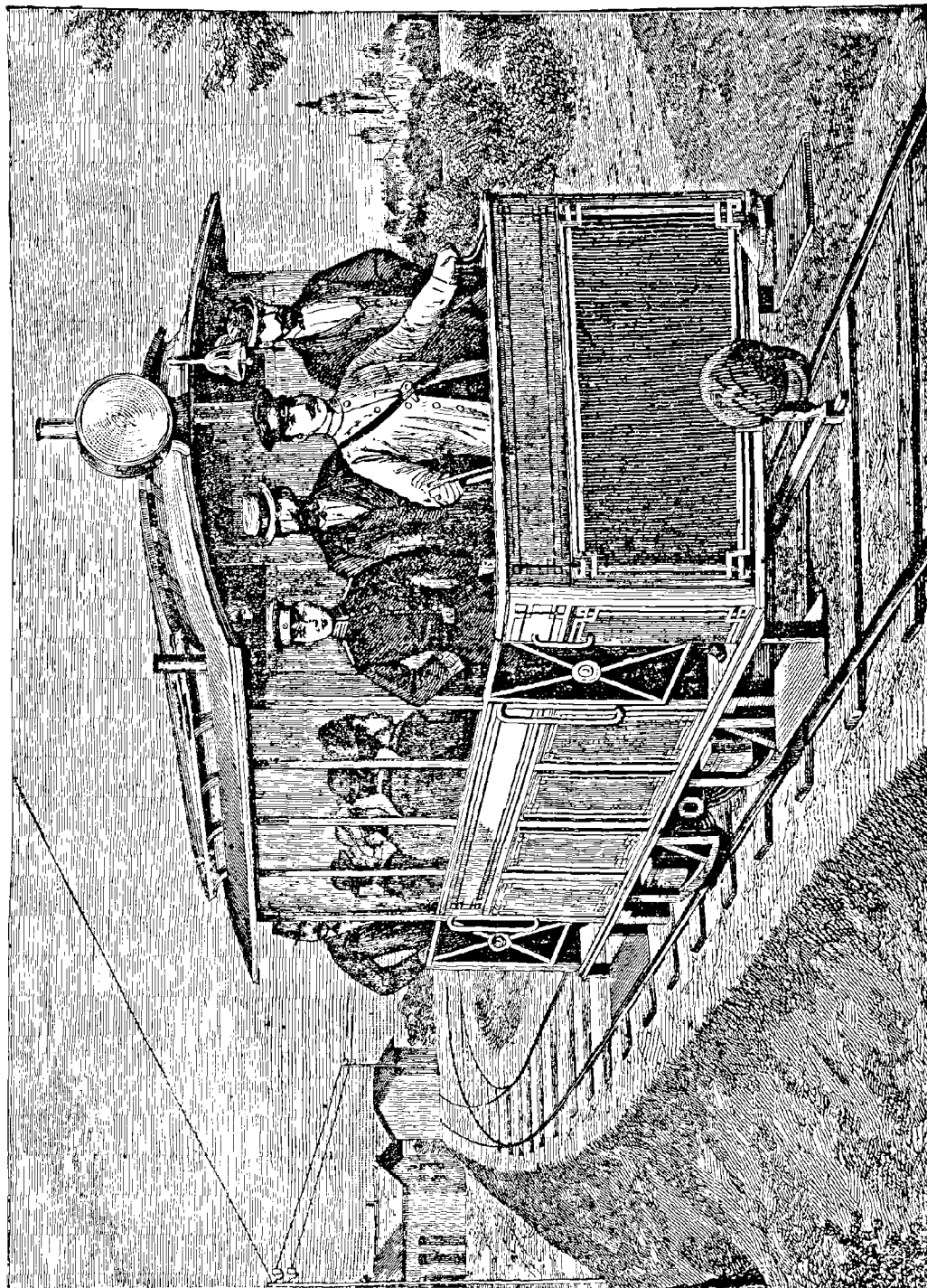


Fig. 335. — Chemin de fer électrique de Lichterfelde à l'École des Cadets, à Berlin.

trice, pour changer le sens de la marche de la machine.

Voici les dimensions principales de cette installation mécanique :

Largeur de la voie, 40 centimètres.

Diamètre des roues, 50 centimètres.

Largeur la plus profonde, 86 centimètres.

Hauteur maxima, 93 centimètres.

Malgré ces dimensions minuscules du remorqueur, l'effort de traction, à la vitesse de 1^m,88 par seconde, était de 75 kilogrammes, ce qui représente un travail de près de deux chevaux-vapeur. A l'intérieur de l'Exposition, la vitesse était de 3^m,15 par seconde. L'effort de traction était, dans ce dernier cas, de 40 kilogrammes, et le travail total était estimé à près de trois chevaux-vapeur.

Ces chiffres sont importants, car ils montrent que dès les premiers essais, en 1879, on put transmettre une force assez considérable à une locomotive en marche.

L'expérience de traction électrique faite par MM. Siemens et Halske, à l'Exposition de Berlin, en 1879, n'avait duré que quelques mois, mais elle eut un grand retentissement en Allemagne. Aussi ce même petit chemin électrique d'essai fut-il bientôt transporté à Francfort, à Dusseldorf et à Bruxelles.

A Francfort la voie allait de l'Exposition à une gare de railways. Sa longueur était de 250 mètres. On avait installé sur son parcours trois tunnels en miniature, qui rendaient le trajet plus pittoresque.

Un résultat sérieux devait bientôt dériver de ces premiers essais. Un service régulier de communication par procédé électrique, sur une ligne ferrée, fut établi aux portes de Berlin, entre l'*École des Cadets*, ou *École militaire*, et Lichterfelde, par MM. Siemens et Halske. Lichterfelde est une station du chemin de fer de Berlin à Anhalt; la longueur du trajet entre ces deux points est de 2,450 mètres. L'inauguration de ce premier *chemin de fer électrique* eut lieu le 12 mai 1881.

Il faut dire, toutefois, que MM. Siemens

et Halske avaient conçu un projet beaucoup plus hardi. Ils avaient étudié, et ils furent sur le point d'obtenir la création d'un railway métropolitain électrique pour la traversée de la ville de Berlin. Mais ce projet, quoique appuyé sur les meilleures études, et dont tout le système mécanique était prêt à fonctionner, ne reçut point l'approbation de l'État. M. Siemens se proposait d'élever la voie sur des arcades. Il s'agissait donc d'un *railway métropolitain aérien*. Dans ce cas, la communication de l'électricité par les rails offre les plus grandes facilités, la voie n'étant accessible ni aux piétons, ni aux véhicules étrangers. Malheureusement, les habitants de Berlin virent avec déplaisir ce projet. Il leur répugnait de penser qu'un train de chemin de fer passerait devant leurs fenêtres. Le mur de la vie privée leur semblait trop exposé à être percé à jour, par un indiscret coup d'œil jeté à travers la portière d'un wagon.

On fit tant et si bien que l'empereur Guillaume se mêla de l'affaire. On menaçait de faire traverser au railway électrique l'allée des Tilleuls, sa promenade favorite. Cette perspective décida le vieil empereur à mettre son *veto* sur l'entreprise. C'est à la suite de cette décision impériale, que MM. Siemens et Halske, forcés de porter leurs vues ailleurs, se décidèrent à créer la petite ligne de l'*École des Cadets* à Lichterfelde.

Seulement, et voici la morale de l'histoire, les habitants de Berlin ne gagnèrent rien à leur opposition aux vues de la science. Les trains du railway passèrent, malgré eux, devant leurs croisées. On a créé à Berlin un railway métropolitain et, sur une partie de son parcours, la voie, portée sur des arcades, passe souvent au niveau des premiers étages des rues. Au lieu d'un wagon électrique, ce fut un wagon à vapeur qui frisa les demeures des Berlinoises et des Berlinoises. Au lieu de la locomotive électrique silencieuse, les bourgeois *calcitrants* eurent dans les

oreilles le bruit de la vapeur et de la ferraille.

Avec la ligne terrestre de l'École des Cadets à Lichterfelde, l'installation du système électrique était plus difficile que sur des arcades aériennes, les rails étant exposés à tous les contacts qui résultent de la circulation publique, MM. Siemens et Halske durent se mettre en frais d'invention pour accommoder la conduction de l'électricité à ces conditions anormales.

Voici les dispositions qui furent adoptées par ces physiciens-constructeurs, pour la voie de Lichterfelde à l'École militaire. Les rails, devant être isolés l'un de l'autre, sont disposés de façon à ne toucher que des traverses de bois, et à n'être pas directement en contact avec le sol sur lequel elles reposent. Dans les conditions où l'on se trouvait, cet isolement suffisait. On pourrait d'ailleurs le rendre plus sûr, soit en revêtant les traverses de matières bitumineuses isolantes, soit en plaçant entre les rails et les traverses, des isolateurs en verre ou en porcelaine.

La machine dynamo-électrique destinée à fournir le courant, était installée dans un bâtiment dépendant de la station de Lichterfelde. Elle était actionnée par une machine à vapeur rotative. Des câbles conducteurs, partant du pôle nord de la machine dynamo-électrique, passaient sous le sol, et allaient porter le courant à la locomotive, en suivant les rails, grâce au contact des rails avec les roues de la locomotive. Le chemin de fer d'essai, établi par MM. Siemens et Halske à l'Exposition de Berlin de 1879, se composait, comme on l'a vu, d'un wagon moteur pouvant traîner plusieurs voitures. A Lichterfelde, il en fut autrement : chaque voiture avait son moteur électrique, actionné à distance par la machine dynamo-électrique fixe.

Les voitures du chemin de fer de Lichterfelde ressemblent à celles des tramways sud

de Paris. On en voit un modèle représenté sur les figures 333 et 334. On voit, sur la figure 334, la petite machine dynamo-électrique, A, posée entre les deux roues, sous la caisse, et actionnant l'essieu de chaque paire de roues. C'est une petite machine Siemens. La bobine tournante est placée perpendiculairement à l'axe de la voie. Le mouvement de la bobine est transmis aux roues par des courroies qui, partant d'un tambour extérieur D, vont s'enrouler sur la circonférence même des roues, C. C'est ce que l'on voit dans la figure 333.

Ces voitures peuvent contenir 26 personnes. Elles sont pourvues de freins à sabot. La prise de courant pouvant être opérée de l'un ou de l'autre bout de la voiture, celle-ci peut marcher alternativement dans un sens ou dans l'autre, sans être retournée, comme le font, en général, les voitures des tramways.

Le passage ou l'interruption du courant électrique se fait à l'aide d'un commutateur, qui se trouve sous la main du conducteur.

L'autorité allemande exige que la vitesse ne dépasse pas 20 kilomètres à l'heure. On marche habituellement à la vitesse de 15 kilomètres, mais on pourrait aller beaucoup plus vite.

Telle est l'intéressante installation du premier chemin de fer électrique qui ait été consacré à un service régulier.

MM. Siemens et Halske, à l'inauguration de cette voie électrique, ont publié une Notice, qui met bien en évidence les avantages de ce nouveau système de transport par l'électricité. Comme les arguments mis en avant par les inventeurs, viennent compléter ce que nous disions, au commencement de ce chapitre, sur les avantages inhérents à la locomotion par l'électricité sur les voies ferrées, nous reproduirons les principaux de ces arguments.

«Le moteur, disent MM. Werner Siemens et Halske, n'est pas établi sur le wagon même, comme avec la

vapeur, ou l'air comprimé. Par conséquent on n'est pas forcé de transporter une charge inerte, très considérable. Le wagon devient beaucoup moins lourd; il est susceptible d'une construction très légère. On peut, par suite, diminuer la force motrice et économiser considérablement sur les frais de rails, coussinets, pont, etc, dans l'établissement d'une force hydraulique naturelle qui n'a nullement besoin de se trouver à proximité de la voie; l'électricité dans ce cas permettra de supprimer l'emploi des combustibles avec une facilité que ne présente aucun autre système.

« Le chemin fer électrique offre, sous certains rapports, une supériorité incontestable. Quand il y a deux voies de rails, la machine qui produit le courant dynamo-électrique peut fournir à elle seule la force d'impulsion dont elle a besoin.

« En prenant les mesures convenables, deux ou plusieurs wagons pourront former un train sur la même voie, ou partir isolément, à intervalles fixes.

« Assurément le système électrique est encore susceptible de nombreuses améliorations, de nombreux perfectionnements; mais, tel qu'il est maintenant, tel qu'il s'est montré lors des expériences faites à la fin de mai 1881 sur le chemin de fer de Lichterfelde, il peut être sûr d'un brillant avenir. »

Le chemin de fer électrique de l'École militaire à Lichterfelde ayant effectué son service pendant un temps suffisant, d'une manière très régulière, on se décida à le prolonger jusqu'au milieu du village de Lichterfelde, puis jusqu'à la gare de Steglitz, sur la ligne du chemin de fer de Potsdam. Enfin MM. Werner Siemens et Halske obtinrent de remplacer par leur système électrique la traction par les chevaux qui s'effectuait sur le tramway de Charlottenbourg à Spandau.

L'établissement du système électrique sur le tramway de Charlottenbourg à Spandau, amena MM. Siemens et Halske à modifier le mode de communication électrique entre les machines dynamo-électriques fixes et les petites machines du même type qui actionnent les roues des voitures. La route suivie par un tramway n'est pas défendue par des barrières et inaccessible aux autres véhicules, comme l'est une voie ferrée

ordinaire. La circulation générale qui s'y établit, met, à chaque instant, les rails en contact avec les roues d'une foule de voitures étrangères. Or, lorsque deux rails sont touchés en même temps par un cheval, le courant passe par le corps du cheval, et non par les rails. Dès lors, le cheval peut être, non pas foudroyé, mais, atteint par une décharge électrique. De là, la nécessité pour MM. Siemens et Halske, de renoncer aux rails, comme conducteurs du courant. C'est alors que ces ingénieurs imaginèrent de dresser le long de la voie des poteaux de bois, sur lesquels les fils conducteurs étaient élevés et soutenus en l'air, et sur lesquels un petit chariot mobile, une sorte de navette en laiton, établissait une communication permanente du courant au véhicule en mouvement.

La figure 336 donne une vue pittoresque du railway électrique de Charlottenbourg à Spandau.

L'occasion se présenta bientôt, pour MM. Siemens et Halske, de soumettre à l'examen des savants français leur système de transport électrique. L'Exposition d'électricité de 1881 venait de s'ouvrir à Paris, et M. Werner Siemens ne manqua pas d'y envoyer un spécimen du tramway électrique de Charlottenbourg à Spandau.

Seulement, on fut obligé de le modifier, par des raisons que l'on va comprendre.

La ligne ferrée partait du bas de l'avenue des Champs-Élysées, devant les chevaux de Marly (place de la Concorde), où l'on avait construit un petit chalet servant pour le départ, et elle aboutissait à l'intérieur du palais.

La force motrice était produite par une puissante machine dynamo-électrique, dont le courant était conduit jusqu'au wagon. Ce wagon, beaucoup plus grand et beaucoup plus lourd que celui du chemin de fer électrique de Berlin, n'était qu'un simple omni-

bus de la Compagnie des tramways, dans lequel, on avait placé une machine dynamo-électrique, ou *bobine* Siemens. La police municipale de Paris avait exigé

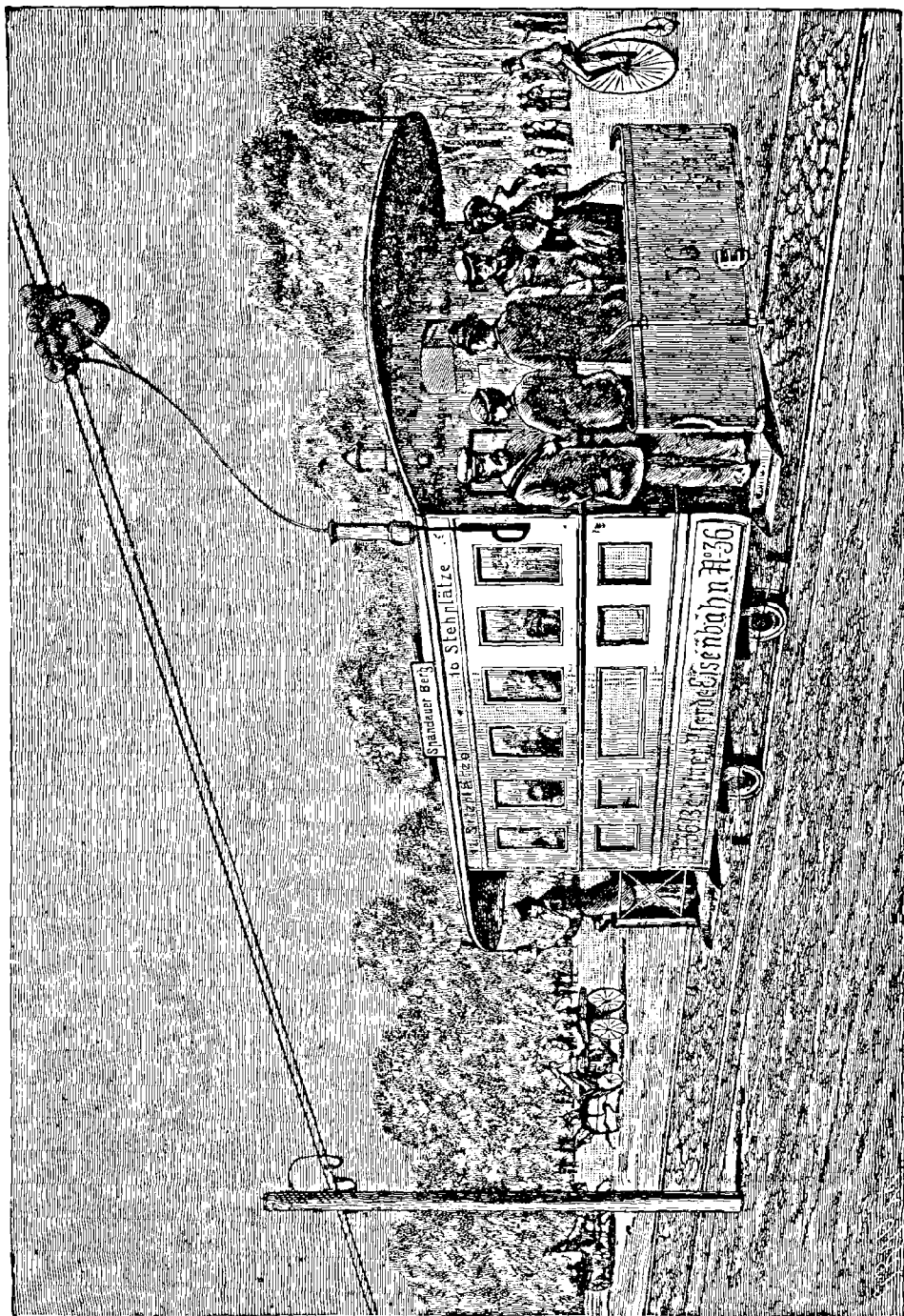


Fig. 336. — Chemin de fer électrique de Charlottenbourg à Spenndau.

que les rails fussent disposés comme ceux des tramways, c'est-à-dire en rainures; par suite de cette injonction, on ne put se servir des rails pour conduire le courant. La boue

et la rouille empêchèrent même de les employer comme communication à la terre ; de sorte qu'il fallut installer sur des poteaux, deux fils et deux tubes à rainures, qui suivaient la voie à hauteur de l'omnibus, pour obtenir la liaison entre la machine génératrice et la machine réceptrice placée sur le véhicule. Cette liaison était effectuée par l'intermédiaire de deux frotteurs à roulettes, qui glissaient à l'intérieur des tubes, et d'une double corde (renfermant les conducteurs métalliques) qui suivaient l'omnibus, en passant à travers les rainures des tubes.

Le moteur dynamo-électrique entraînait la voiture avec une vitesse de 15 kilomètres à l'heure.

L'aspect général du *tramway électrique* de l'*Exposition de Paris* en 1881 est donné par la figure 337.

Quelques jours après son inauguration, le tramway électrique fonctionnait parfaitement, malgré les difficultés qui s'étaient présentées au moment de l'installation.

Les fils conducteurs, suspendus en l'air sur des poteaux, étaient parcourus par un petit chariot en cuivre, qui les mettait en communication avec la voiture. La petite machine dynamo-électrique, placée sur le véhicule moteur, était, comme dans le wagon de Lichterferlde et de Charlottenbourg, cachée entre les roues du véhicule, auxquelles elle communiquait son mouvement de rotation, par une chaîne sans fin.

La longueur du parcours était de 500 mètres environ. La voiture locomobile la franchissait, en moyenne, en deux minutes ; ce qui représente une vitesse de 17 kilomètres à l'heure. La voiture, semblable à celle des tramways nord et sud de Paris, pouvait recevoir 50 voyageurs. La voie présentait deux courbes, l'une de 55 mètres, l'autre de 30 mètres de rayon ; sur une certaine partie du parcours il existait une rampe de 2 0/0. Le travail développé par la machine fut environ de 3, 5 chevaux-vapeur, sur la

voie droite ; sur les courbes, il atteignait 7,5 chevaux, et sur la rampe 8,5 chevaux. En raison des variations de vitesse, il fallait un régulateur. A cet effet, le conducteur avait à sa disposition la manette d'un rhéostat, avec laquelle il introduisait, à volonté, dans le circuit, les résistances convenables, qui produisaient le ralentissement, au moment nécessaire.

L'omnibus électrique de Berlin, transporté à l'Exposition de Paris, et qui fonctionnait depuis la place de la Concorde jusqu'à l'entrée Est du Palais de l'Industrie, fut une des grandes curiosités de cette Exposition. Nous avons représenté dans la figure 337, l'omnibus électrique de l'Exposition de Paris en 1881 dont nous avons dit un mot dans ce volume (page 361), en parlant du *transport de la force par l'électricité*.

Les figures 338 et 339 font comprendre quel était le mode de rattachement des fils conducteurs avec la voiture en mouvement sur les rails. Cette particularité mécanique est d'autant plus intéressante à connaître qu'elle a été reproduite sur les chemins de fer électriques qui ont été établis depuis cette époque, particulièrement sur ceux de Vienne et d'Offenbach.

Les deux fils conducteurs, placés sur l'un et l'autre côté de la voie, sont pourvus du même système mécanique assurant la communication des fils avec les voitures en marche. Nous n'en décrirons qu'un seul, l'un et l'autre étant semblables.

C'est un *charriot mobile* qui a mission d'établir la communication dont il s'agit.

La figure 338 représente ce *charriot mobile*. Son ensemble forme un châssis rectangulaire E, S, E', S', H, dont voici les divers éléments. Au milieu du châssis est un galet, ou roulette, R, dont la gorge, demi-cylindrique, vient s'appuyer contre la partie extérieure du fil, ou plutôt du canal conducteur du courant, *t*, *t'*. Ce canal conducteur est en

laiton. Il a 2 centimètres de diamètre (22 millimètres) et il est fendu par le bas, sur une longueur d'environ 1 centimètre. A l'intérieur glisse un noyau cylindrique N, de 12 centimètres de longueur, et aux extré-

mités de ce noyau cylindrique sont fixées deux tiges verticales S, S' qui supportent la roulette R. Deux ressorts à boudin poussent, de haut en haut, la roulette R, contre le canal de cuivre, *t, t'*, en s'appuyant sur

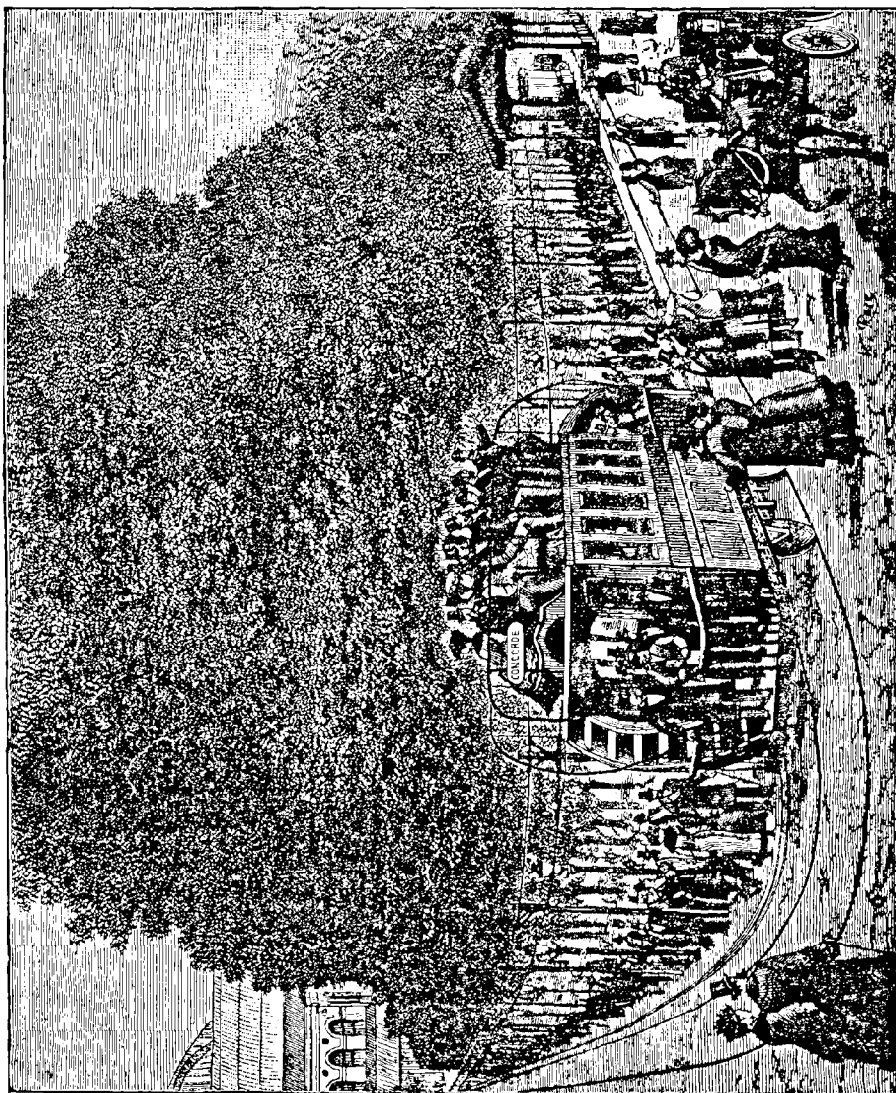


Fig. 331. — Tramway électrique de Verner Siemens, à l'Exposition d'électricité de Paris en 1881.

ces tiges verticales S, S', et ils établissent ainsi un contact, doué d'une certaine élasticité, entre la roulette et le canal conducteur. Le contact est ainsi assuré; et, pendant que le chariot se déplace, dans son ensemble, la roulette R roule contre le canal conducteur, et le noyau N glisse dans l'intérieur de

ce tube, sans que le contact soit interrompu. Le courant électrique descend à la petite machine dynamo-électrique de la voiture, par le conducteur vertical F, qui est en cuivre et rattaché solidement par la jointure B.

Ajoutons qu'une corde attachée, d'une

part au-dessus de la traverse E, E', et, d'au- | de contact selon le sens que l'on veut imprim-
 tre part, à la voiture, sert à tirer l'appareil | mer à la marche de la voiture. Il y a donc

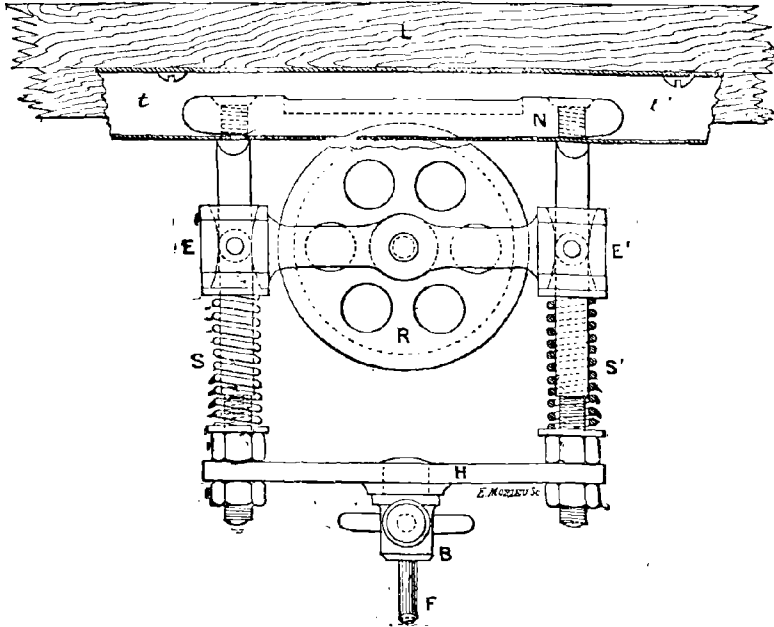


Fig. 338. — Conductor and contact mobile du tramway électrique de M. Siemens au Palais de l'Industrie.

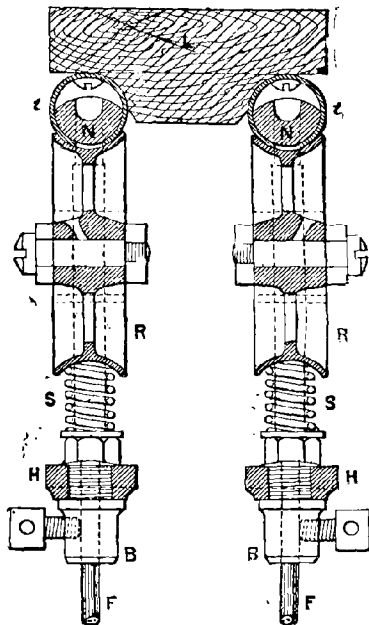


Fig. 339. — Conductor and contact mobile.

quatre cordes pour relier la voiture à l'en-
 semble des deux contacts mobiles.

Cet ingénieux système qui est dû à

MM. Boistel et Sapé, ingénieurs de MM. Sie-
 mens à Paris, a donné d'excellents résultats.

A force de servir, les pièces de contact

s'usent ; mais l'usure porte surtout sur le noyau, ou navette N, qu'il est facile de remplacer.

La vitesse moyenne de la voiture électrique qui fonctionna en 1884, de la place de la Concorde à l'entrée Est de l'Exposition, était de 17 kilomètres par heure. Pour régler cette vitesse, le conducteur du *car* avait sous la main, comme nous l'avons dit, la manette d'un rhéostat ; il pouvait ainsi introduire dans le circuit des résistances plus ou moins grandes. On arrêtait la voiture en interrompant le circuit électrique ; pour éviter une trop brusque rupture du courant, cette interruption était précédée de l'introduction dans le circuit d'une très grande résistance. Le conducteur tournait la manette de son commutateur de manière à augmenter graduellement la résistance. Quand la manette était arrivée à l'extrémité de sa course, le courant était rompu.

La voiture était munie, d'ailleurs, d'un frein à sabot.

Les deux chariots qui suivent, dans leurs tubes respectifs, les déplacements du véhicule, sont une très ingénieuse combinaison mécanique, qui est restée acquise à l'art nouveau de la locomotion électrique sur les voies ferrées. Le système du chemin de fer du Palais de l'Industrie, construit pour marcher, à l'instar d'un tramway, sur un chemin ordinaire, a été, en effet, établi plus tard, sur des lignes de chemins de fer électriques.

Quant à la ligne du chemin de fer électrique de Charlottenbourg à Spandau, elle a toujours bien fonctionné et c'est la régularité de son service à laquelle nous revenons, en terminant ce chapitre, qui donna la confiance de continuer l'essai de ce nouveau système de transport sur une voie ferrée.

CHAPITRE XX

LE CHEMIN DE FER ÉLECTRIQUE DE LA *Chaussée des Géants*, EN IRLANDE. — LES MERVEILLES NATURELLES DE L'ÎLE DE STAFFA ET DE LA GROTTTE DE PINGAL (ÉCOSSE). — LA *Chaussée des Géants* DES RIVAGES DE L'IRLANDE. — DISPOSITIONS SPÉCIALES DU CHEMIN DE FER ÉLECTRIQUE DE L'IRLANDE. — LE CHEMIN DE FER ÉLECTRIQUE DE BRIGHTON. — SYSTÈME MÉCANIQUE ET ÉLECTRIQUE EN USAGE SUR CETTE VOIE FERRÉE. — LE CHEMIN DE FER ÉLECTRIQUE DE L'EXPOSITION DE VIENNE, EN 1883 ; DISPOSITION DE LA VOIE ET MODE DE COMMUNICATION DE L'ÉLECTRICITÉ AVEC LES VOITURES. — LE CHEMIN DE FER ÉLECTRIQUE SUR LA LIGNE DE FRANCFORT A OFFENBACH, EN 1884 ; SES DISPOSITIONS PARTICULIÈRES. — CONCLUSION TOUCHANT L'AVENIR DES VOIES FERRÉES ÉLECTRIQUES.

De nouvelles lignes électriques ne tardèrent pas à se créer, en présence des résultats des premières. Le journal anglais, *l'Engineer*, écrivait, à la date du 29 septembre 1882 :

« La longueur totale des chemins de fer et tramways électriques concédés ou en cours de construction, est de 160 kilomètres environ.

Les lignes actuellement en exploitation sont :

En Allemagne, celle de Lichterfelde (9 kil, 300) et de Spandau à Charlottenbourg, près de Berlin.

En Irlande, celle du Port Rush à Bush Mills, 18 kilomètres.

En Hollande, la ligne de Zandwoort à Kostverloren, 2 kilomètres 10.

Les principales lignes concédés ou en construction, sont :

En Autriche, la ligne de Mœdling près de Vienne, 2 kilomètres 5, construite par la Sudbalm.

En Allemagne, celle de Wiesbaden à Nuremberg, 2 kilomètres, et celle des mines royales de Saxe à Zankerode, 2 kilomètres.

En Angleterre, à Londres, la ligne de Charing-Cros à Waterloo-Station en passant sous la Tamise. 2 kilomètre 2, et dans le sud du pays de Galles, une ligne de 60 kilomètres, alimentée par des chutes d'eau.

En Italie, on est sur le point d'en établir à Turin et à Milan.

Aux États-Unis, la compagnie Edison va exploiter par l'électricité une des principales lignes de l'État de New York, sur une longueur de 80 kilomètres. M. Husler construit, à Saint-Louis, une ligne électrique de 1 kilomètre 700. »

L'un des nouveaux railways de ce genre les mieux établis, est celui de Port Rush, en

Irlande, qui est destiné à accéder à la célèbre *Chaussée des géants*, le gisement de basalte, si éminemment pittoresque, qui a été tant de fois cité dans les ouvrages d'histoire naturelle, et qui est depuis longtemps visité par un grand nombre de touristes et d'amateurs des beautés de la nature.

Rien de plus curieux, en effet, que ces réunions de colonnes prismatiques accolées, composées d'une pierre d'un noir intense et d'une dureté considérable, qui constituent ce que l'on nomme *haussée des géants*, par suite de cette idée, singulière, que de telles masses si régulièrement modelées, et qui présentent un si grand développement en surface et en hauteur, ne peuvent sortir que des mains de géants, c'est-à-dire de colosses appartenant à l'humanité primitive. La géologie donne une explication moins fantaisiste de l'origine de ces assises, en apparence cristallines.

Les *chaussées des géants* sont des roches basaltiques; et ces roches elles-mêmes sont des laves sorties, aux temps géologiques, des cratères de volcans, aujourd'hui éteints, qui ont existé pendant les périodes secondaire et tertiaire de l'histoire de notre globe: ce sont des roches *ignées*. Ce qui le prouve, c'est qu'il existe des coulées de basaltes en courants bien déterminés, qui se rattachent à des cratères encore apparents aujourd'hui.

Mais comment les laves basaltiques, descendues de l'orifice du cratère volcanique, ont-elles pris une structure géométrique si régulière? Comment offrent-elles une forme prismatique souvent parfaite? Cette lave, qui est homogène et à grains très fins, se compose essentiellement de pyroxène, noir et compact. En passant de l'état de lave liquide et rouge de feu, à l'état solide, en se figeant par le refroidissement, ces laves basaltiques ont obéi aux lois physiques qui règlent la direction des fissures de retrait dans les corps qui passent de l'état liquide à l'état

solide, par le refroidissement: elles ont pris l'aspect de prismes réguliers. Aussi représentent-elles souvent des colonnades, des prismes à 5 ou 6 pans, et dont la direction paraît perpendiculaire aux surfaces de refroidissement. D'autres fois, ces colonnes, brisées au même niveau, composent des sortes de pavés, formés de pièces à pans régulièrement accolés, qui s'étendent sur des espaces considérables, et qui sont placés en amphithéâtre les uns au-dessus des autres. De là le nom de *pavés des géants*, que l'on donne fréquemment à ces dépôts réguliers.

Les *chaussées*, ou *pavés des géants*, abondent dans les régions volcaniques de la France, particulièrement dans le Vivarais, le Velay et l'Ardèche. La petite rivière du *Volant*, dans l'Ardèche, coule sur une chaussée basaltique, qui tapisse ses bords de pavés noirs et réguliers. Sur les flancs de la montagne de la *Coupe*, dans le Vivarais, on voit le basalte prismatique, avec les traces qu'a laissées le courant de lave descendant du cratère.

En Allemagne, aux bords du Rhin, à Coblenz, se voient de grandes coulées de basalte, que l'on exploite, pour en faire des meules, en raison de leur dureté.

Dans beaucoup de villes, ces laves basaltiques servent au pavage. En effet, si l'on scie ces colonnes prismatiques, on obtient d'excellents pavés, tout taillés, et qui s'assemblent parfaitement les uns avec les autres, comme ils le faisaient dans leur situation naturelle. Sur les bords du Rhin, on se sert de ces colonnes tronquées, pour faire des bornes et des garde-fous, le long des routes. La ville antique de Pompéi était pavée en lave du *Vésuve*, et ce pavage y subsiste encore.

Les laves basaltiques servent même de pierres à bâtir. L'église de Clermont, en Auvergne, et celle de Riom, sont construites avec de la lave. Ces matériaux sont de très longue durée, comme le prouve l'église de

Riom, qui ne compte pas moins de huit cents ans d'existence.

Quand les colonnes basaltiques occupent de grands espaces, elles présentent des aspects très pittoresques, qui ont toujours frappé l'imagination des hommes. Il existe, entre Trèves et Coblenz, une grotte très remarquable en ce genre. Elle est connue sous le nom de *grotte des fromages*, parce que ses colonnes sont formées de pièces circulaires, semblables entre elles, et superposées régulièrement.

Mais les plus remarquables dépôts de ce genre se voient dans un îlot situé entre l'Écosse et l'Irlande : *Pîle de Staffa*, l'une des Hébrides. Ce n'est guère qu'un rocher désert, inaccessible à l'industrie humaine, et impropre à la culture, parce qu'il est uniquement composé de coulées de basalte s'enchevêtrant si bien qu'il n'y a pas place pour la terre végétale.

C'est là que se trouve la grotte de *Fingal*, célèbre dans le monde entier.

La *grotte de Fingal* est une longue galerie que la mer traverse de part en part, et qui se compose de prismes basaltiques, formant une double enfilade de hautes colonnes.

Souvent, les flots agités et les tourbillons de vent, s'engouffrant à travers cette grotte marine, produisent des sons d'une merveilleuse harmonie. Les Écossais prétendent que ces sons émanent des harpes éoliennes que vient faire vibrer l'ombre du vieux Fingal, père d'Ossian, le barbe vénéré de l'Écosse.

La *caverne de Fingal* ressemble à une grande église gothique, dont la nef présenterait deux rangées de colonnes qui auraient été brisées et transportées tout debout, mais ayant des hauteurs inégales, à la droite et à la gauche de l'édifice. Le fond de la grotte est ténébreux, et fermé, comme le chœur d'une chapelle. La grève qui touche à cette caverne merveilleuse, est triste et sombre.

Quant à la grotte, elle a la forme d'un vaste escalier de marbre noir, qu'un cataclysme souterrain aurait bouleversé. On remarque au milieu un réduit, pareil à un confessionnal obscur. Cet enfoncement bizarre se rétrécit tellement, qu'il n'a, dans la partie la plus reculée, que la largeur d'un fauteuil ; aussi l'a-t-on nommé le *fauteuil de Fingal*.

La voûte est composée, comme les parois, de colonnades séparées entre elles, à distances à peu près égales, et dont l'une des parties est restée suspendue, tandis que l'autre partie, en tombant, a laissé libre le long espace qui forme la caverne. Les prismes du bas et du haut se correspondent avec beaucoup d'exactitude. Les basaltes sont étroitement unis, et comme cimentés entre eux par une matière calcaire jaune, qui se détache sur la nuance de fer, qui est dominante. A l'intérieur de la galerie, la pierre se revêt des teintes vert et orange du plus joli effet, et la transparence des eaux, lorsque la mer est calme, ajoute à l'effet et à la variété de ces couleurs.

La partie extérieure de la grotte est couverte, à son sommet, d'une couche très mince de terre végétale. On a défriché un coin de ce plateau aride, et quelques épis d'avoine y poussent à grand-peine. Des vaches et des chevaux, tous de petite taille, paissent l'herbe rare qui croît entre ces rochers. Quelques pâtres vivent, avec leurs maigres troupeaux, sur leurs flancs dénudés. Mais comme d'effroyables tempêtes se déchaînent sur l'île, pendant les trois quarts de l'année, les pâtres ne peuvent y séjourner. Ils viennent de l'île d'Iora, avec leurs troupeaux, pendant les jours de l'été, et y passent quelques semaines. Au milieu des brumes continuelles qui couvrent ces tristes grèves, ils n'ont d'autres distractions que la chasse aux cormorans, aux pingouins, aux mouettes et aux guillemots, qui viennent jouer à la surface des flots, en livrant leurs ailes aux rafales des vents.

En face de l'île de Staffa, sur le rivage de l'Irlande, se trouve la *chaussée des géants*, pour l'accession de laquelle on a construit, en 1883, un chemin de fer électrique à l'usage des touristes.

En effet, tandis que Staffa, aux bords escarpé dans presque toute sa circonférence, n'est qu'un îlot aride et sauvage, la *chaussée des géants* des rives de l'Irlande, est, au contraire, située près de grands centres de population, et par conséquent, est fréquemment visitée par les touristes de toutes les nations. Elle s'étend, au bord de la mer, à une demi-lieue de Bush Mills, au nord de l'Irlande, dans le comté d'Antrim.

Le comté d'Antrim, le plus septentrional de la province d'Ulster, est couvert, dans toute son étendue, principalement sur la côte, de basalte aux prismes gigantesques, dressant partout ses édifices, ses colonnades, ses obélisques, ses digues et ses remparts, que la nature semble avoir pris plaisir à façonner de sa puissante main. Mais toutes ces merveilles s'effacent devant la *chaussée des géants*.

Deux routes y conduisent. On peut, en quittant la commerçante cité de Belfast, longer le rivage jusqu'à Carrickfergus, ou bien aller par Antrim et le lac Neag. On part de la petite ville de Coleraine, et pour arriver à la plage, où s'étend le champ basaltique que l'on vient admirer, on traverse des landes désertes et des collines incultes, en ne rencontrant devant soi que quelques cahutes de terre, dont les habitants, debout sur le seuil, le visage livide, l'œil sombre, les pieds et les jambes nus, le corps à demi couvert de tristes lambeaux, semblent étaler avec ostentation cette misère irlandaise, la plus effrayante qui soit au monde.

En longeant le rivage, on salue, avec émotion, une de ces anciennes demeures des chefs de clans, immortalisés par les vers d'Ossian. On a devant soi le château de Dunluce, gothique manoir, bâti sur la crête

d'une vaste roche, haute et droite, que des murailles de basalte couvrent tout entière, et qui, aillée à pic de tous côtés, se tient debout à 60 mètres au-dessus de l'Océan, comme un géant sourcilleux. Des hauteurs de ce château en ruines, on écoute le bruit des flots que le vent a poussés des rives de l'Amérique; car on est sur la dernière pierre du territoire européen. Au loin s'étend l'Atlantique, sous le ciel du nord de l'Irlande et de l'Écosse, dont la brume, transparente et profonde, a quelque chose de vague, de mystérieux et d'éminemment poétique. On comprend qu'Ossian se soit inspiré de cette atmosphère embrumée. On croit voir les mystérieux héros du barde écossais dans ces nuages sombres, et l'on écoute avec admiration le guide qui vous accompagne, répéter les chants du vieux poète national.

A mesure qu'on avance, soit que l'on plane du haut de la superbe falaise que nous venons de décrire, soit que l'on suive un sentier tracé sur la grève, les monuments laissés par les convulsions volcaniques, se multiplient. On arrive devant un golfe large et profond. La falaise âpre et noire qui la dessine, s'élève à 130 mètres au-dessus du niveau de la mer. Par les particularités de sa construction, cette haute muraille fixerait d'abord les regards du touriste, si son attention n'était tout entière enchaînée à la scène étrange qui se déroule à ses yeux. On est dans un entassement d'édifices. Partout des fûts de colonnes, des piliers étendus à terre, matériaux préparés pour quelque grand ouvrage inconnu. On est arrivé à la *chaussée des géants* (fig. 115).

Quand on jette un coup d'œil sur son ensemble, on reconnaît trois chaussées, deux plus petites, une plus grande, qui toutes les deux, s'avancent majestueusement du sein des flots, vers la falaise, et tout à coup s'arrêtent, interrompues

Des trois chaussées, la plus grande s'a-

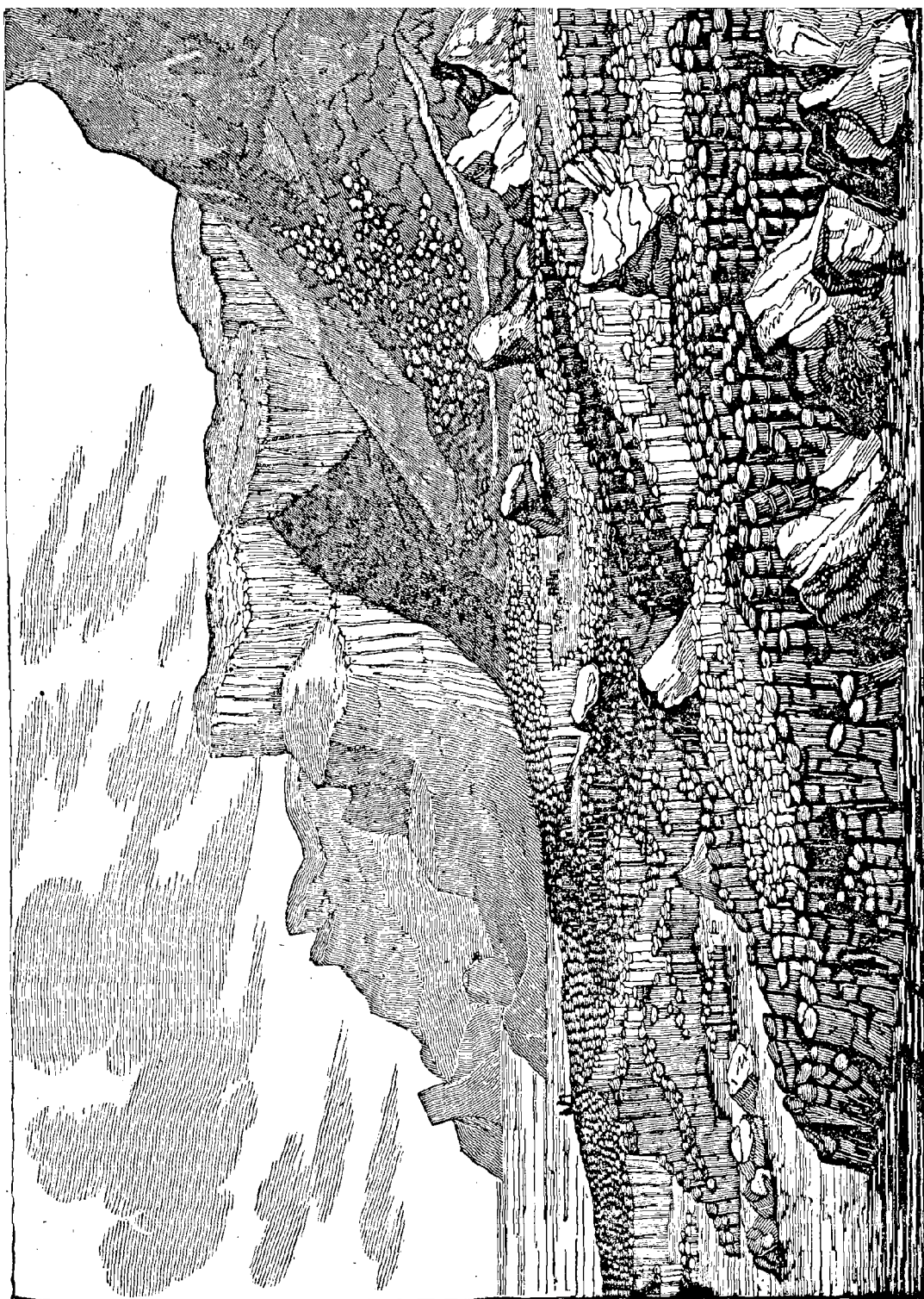


Fig. 340 — La Chaussée des Géants, des rivages de l'Irlande.

vance environ durant 230 mètres sous la mer.

Les piliers basaltiques qui s'enfoncent perpendiculairement dans la terre, à des profondeurs inconnues se dressent hauts, droits, pressés les uns contre les autres, de manière à ne laisser aucun vide entre eux. Ils ont de trois à neuf faces; mais les formes hexagonales dominant, et, chez tous, les angles sont admirablement taillés et les faces parfaitement polies.

Presque partout les colonnes sont en contact entre elles par leurs faces latérales, en sorte que leur assemblage ne laisse point de vide: on ne pourrait glisser la lame d'un canif entre leur assemblage. Et remarquez que ces prismes ne sont pas d'un seul jet; mais qu'ils se composent d'assises superposées, de 1 mètre de hauteur environ chacune. On dirait que le sublime auteur de cette construction merveilleuse, après avoir dressé ces colonnes hautes et droites, a fait passer un plan horizontal, qui les coupes en tranches régulières, pour une section générale.

On voit pourtant quelques colonnes isolées, mais très rapprochées, et composées, comme les autres, de pierres superposées. On remarque surtout un groupe de cette espèce sur l'une des faces de la montagne dont la *chaussée des géants* est un contrefort. Les colonnes y décroissent avec une régularité qui a fait donner à leur assemblage le nom d'*orgues*. Bien que ces assises soient coupées régulièrement à l'œil, on trouve, en les détachant, qu'elles s'emboîtent entre elles, les unes étant convexes, les autres concaves, mais toutes calculées de manière à ne pouvoir s'ajuster qu'à celles qui les surmontent. L'adhérence est telle que, pour les séparer, on s'expose à les briser.

Quand on embrasse, d'un coup d'œil, ce large parquet de colonnes, on se demande quel bras puissant les a ainsi amoncelées,

et on ne voit, d'un côté que la mer, qui les bat de ses vaines fureurs, de l'autre côté, que le désert. On se sent écrasé sous la main inconnue qui a jeté ces monuments sur le sable, comme un défi à notre faiblesse. Partout se déploient les plus curieuses perspectives. Là, coule une fontaine creusée dans un lit de colonnes régulières: c'est la *fontaine des géants*. Des digues défendent le rivage contre les invasions de l'Océan: elles ne sont pas de main d'homme, mais des œuvres de la nature.

Le sol s'élève en amphithéâtre, par une suite de gradins. Les colonnes qui le composent, s'interrompent, reprennent, et suivent toujours des lignes si régulières que notre architecture n'a rien de plus uniforme ni de mieux construit. Les prismes présentent quelquefois des formes bizarres. En face de l'*Orgue des géants*, est le *Métier des géants*, ailleurs la *Chaise des géants*. Les géants partout, et l'homme nulle part!

Une colonne isolée avec les cinquante ou soixante assises dont elle se compose, se dresse, fière et superbe, après avoir résisté, depuis l'origine des âges, aux assauts de la tempête. Les monuments, œuvres des hommes, disparaissent, sous l'injure du temps; tandis que les monuments créés par la nature, bravent la durée des siècles.

A l'une de ces colonnes solitaires se rattache un grand souvenir historique. Il ne s'agit de rien moins que de la destruction de la flotte que l'orgueil espagnol avait baptisée du nom d'*invincible Armada*. On sait que le fils de Charles-Quint, Philippe II, l'avait équipée à grands frais, pour la conquête de l'Angleterre, et que son anéantissement amena la ruine de la marine d'Espagne.

La colonne de *Pleaskin* s'élève, haute et droite, et les mamelons prismatiques qui l'entourent, ressemblent, de loin, à des tours et à des forteresses. La flotte de Philippe lui crut voir dans cette haute colonne le sommet d'une forteresse, et elle s'avança, pour

la foudroyer. Mais les navires en s'approchant de la côte, s'échouèrent, et bientôt le reste de l'*invincible Armada* fut détruit par la fureur de la mer, sur les côtes occidentales de l'Écosse et de l'Irlande. Depuis ce jour, l'Espagne n'eut plus de marine. Une baie de ces parages a gardé le nom de *Port de Spagna*, en souvenir de cette catastrophe. La colonne de *Pleaskin* est donc le monument funèbre de la gloire navale de l'Espagne.

C'est pour donner aux touristes de tous les pays les moyens de parvenir à la *chaussée des géants*, que l'on a construit le chemin de fer électrique dont nous allons donner la description.

La construction de la voie électrique qui aboutit à la *chaussée des géants*, est due à l'initiative du Haut Shériff d'Antrim, le docteur Trecill. Destinée au transport des voyageurs et à celui des marchandises, cette voie ferrée a une longueur de plus de 6 milles anglais. Elle est portée sur un des côtés de la route qui va de Port Rush à la *chaussée des géants*. La double ligne occupe un espace de 3 mètres de large; un petit exhaussement en granit empêche la circulation d'autres véhicules sur la voie. Les rails sont en acier et placés au niveau d'une surface de gravier. Parallèlement aux rails, s'étend un troisième rail en fer, qui sert à conduire le courant de la machine dynamo-électrique aux voitures. Le contact entre le rail et la voiture s'effectue à l'aide d'une brosse de fils métalliques, attachée sous la voiture. La source d'électricité est située à la station centrale de Port Rush. Des turbines, placées sur la rivière Bush, engendrent l'électricité, par le mouvement de l'eau. A leur défaut, on emploie une machine à vapeur.

La gare du chemin de fer électrique de la *chaussée des géants*, est un bâtiment solidement édifié avec de gros blocs de pierre. Les wagons, fabriqués à Birmingham, ont

6 mètres de long et 2 mètres de large, et sont décorés avec élégance.

La voie, qui est de la largeur de 0^m, 90, traverse, sur une longueur de 800 mètres environ, la principale rue de Port Rush; pendant le reste du trajet, elle suit l'accollement de la route.

Les pentes sont très raides; elles atteignent, en certains points, 35 millimètres par mètres; les courbes sont très accentuées.

On se propose de prolonger cette ligne jusqu'à Dewock, de manière à compléter le réseau des voies étroites de 0^m, 90 entre Ballmena Larne et Cushendall.

Le journal *Lumière électrique* a publié sur le chemin de fer électrique de la *chaussée des géants*, quelques détails techniques, concernant les appareils destinés à conduire le courant aux voitures.

« Le système de transmission de l'électricité aux véhicules du chemin de fer, dit la *Lumière électrique* est à conducteur séparé. Ce conducteur est formé par un rail en T, pesant 9 kilogrammes 5 par mètre, supporté à 0^m, 43 du sol et à 0^m, 56 du rail intérieur sur des poteaux de sapin bouillis dans le goudron, et écartés de 3 mètres, il est relié par un câble souterrain à une *shunt dynamo* mue par une machine à vapeur de 25 chevaux environ.

Le courant est amené du conducteur à la voiture locomotive par deux ressorts d'acier fixés, aux extrémités de la voiture, à des barres d'acier. Ces balais s'usent très peu sur le fer des rails: en temps secs, il faut un peu les graisser; en temps humide, l'eau déposée à la surface des rails suffit.

Les doubles balais placés aux extrémités des voitures suffisent pour franchir les interruptions du conducteur occasionnées par les passages à niveau, etc., le balai d'arrière touchant encore le rail quand celui d'avant l'a quitté, il ne représente que deux ou trois interruptions qui ne peuvent pas être franchies de cette manière, et pour lesquelles le passage du courant est interrompu sur son parcours de 9 ou 10 mètres.

Le courant passe sous les interruptions à travers un câble de cuivre isolé dans un tube de fer à une profondeur de 0^m, 45.

Le courant est amené des balais à un commutateur manœuvré par un levier qui introduit dans le circuit un nombre variable de résistances placées sur la voiture; ce même levier change la position

des balais, sur le commutateur de la dynamo dont il permet de renverser la marche, le courant revient de la dynamo-locomotive à la génératrice par les boîtes à graisses, les essieux, les bandages et les rails.

Les rails qui forment le conducteur et la voie sont reliés par des éclisses et des doubles boucles de cuivre soudées au fer ; le contact électrique des éclisses ordinaires est tout à fait insuffisant.

La machine dynamo-électrique se trouve au centre de la voiture, sous le plancher, et commande un des essieux seulement de la voiture par une chaîne, au moyen d'une transmission intermédiaire.

Les leviers de changement de marche, qui commandent aussi les freins, sont reliés aux deux bouts de la voiture de manière que le mécanicien puisse toujours se tenir à l'avant, condition essentielle à la réussite d'une ligne longeant une route.

Les voitures sont de première et de troisième classe, les unes couvertes, les autres découvertes, et peuvent tenir 20 voyageurs, il y en aura bientôt cinq munies de machines dynamo-électriques, le matériel se composera, en tout, de sept voitures. »

En 1883, un essai de ligne électrique a été fait à Brighton (Angleterre) par un ingénieur électricien de la localité, M. Magnus Wolk. Cette petite ligne, destinée aux plaisirs des touristes et des baigneurs de Brighton, a été construite en fort peu de temps, puisque vingt jours ont suffi à son installation.

Le *car*, ou wagon, peut contenir dix personnes, cinq de chaque côté, et la machine dynamo-électrique réceptrice, mobile, commandée par une machine dynamo-électrique Siemens, établie fixement à l'extrémité de la ligne, est cachée dans une caisse située à l'arrière. La largeur de la voie, est de 0^m,60. La vitesse est d'environ 9 kilomètres à l'heure.

Le générateur d'électricité, c'est-à-dire la machine dynamo-électrique Siemens, est actionnée par une machine à gaz. Elle envoie son courant, comme il vient d'être dit, à une petite machine semblable, placée sous la caisse de la voiture, et qui ne pèse que 275 livres anglaises.

La vitesse, sur une pente de 1 p. 100, est de 5 milles par heure environ. Le retour, en descendant le plan, se fait avec une vi-

tesse de 10 milles par heure. La voiture transporte ordinairement 12 voyageurs, sans compter le conducteur; ce nombre a pourtant été porté jusqu'à 16. L'éclairage se fait la nuit, par une lampe électrique Swan, de la force de 20 bougies.

Le mouvement en sens inverse s'opère au moyen d'un commutateur, qui introduit un certain nombre de résistances dans le circuit, avant de l'interrompre, diminuant ainsi considérablement les étincelles qui peuvent se produire, entre les contacts métalliques. Le même levier qui actionne ce commutateur, change également la direction des *balais collecteurs*, dont une seule paire est employée. L'usure de ces balais a été tellement insignifiante qu'on n'a eu besoin de les changer qu'après trois semaines d'un usage presque constant.

La ligne, d'une longueur d'un quart de mille, est placée sur des traverses ; on se sert des rails ordinaires et de longrines longitudinales. Les rails sont en communication entre eux par des brides de fer et de cuivre, mais tenus par des chevilles de 3/8 de pouce.

Le 6 août 1883, jour de l'inauguration, la voiture fut employée pendant onze heures, sans arrêt. Le nombre des passagers transportés, s'éleva à 1200, et la distance parcourue à 50 milles. Depuis ce jour, le service s'est fait régulièrement tous les jours, sans interruption. La perte de courant n'excède pas, dit-on, 10 pour 100, même par un temps humide, et par un temps sec il n'atteint pas même 5 pour 100. Les rails seuls sont employés comme conducteurs et l'humidité n'a donné lieu à aucune difficulté.

Le journal *La Lumière électrique*, qui nous fournit ces détails, ajoute :

« Les frais de transport de 12 passagers en 60 voyages d'un demi-mille chaque, c'est-à-dire du transport de 12 passagers à une distance de 30 milles ou d'une personne à 360 milles, ont été ainsi calculés :

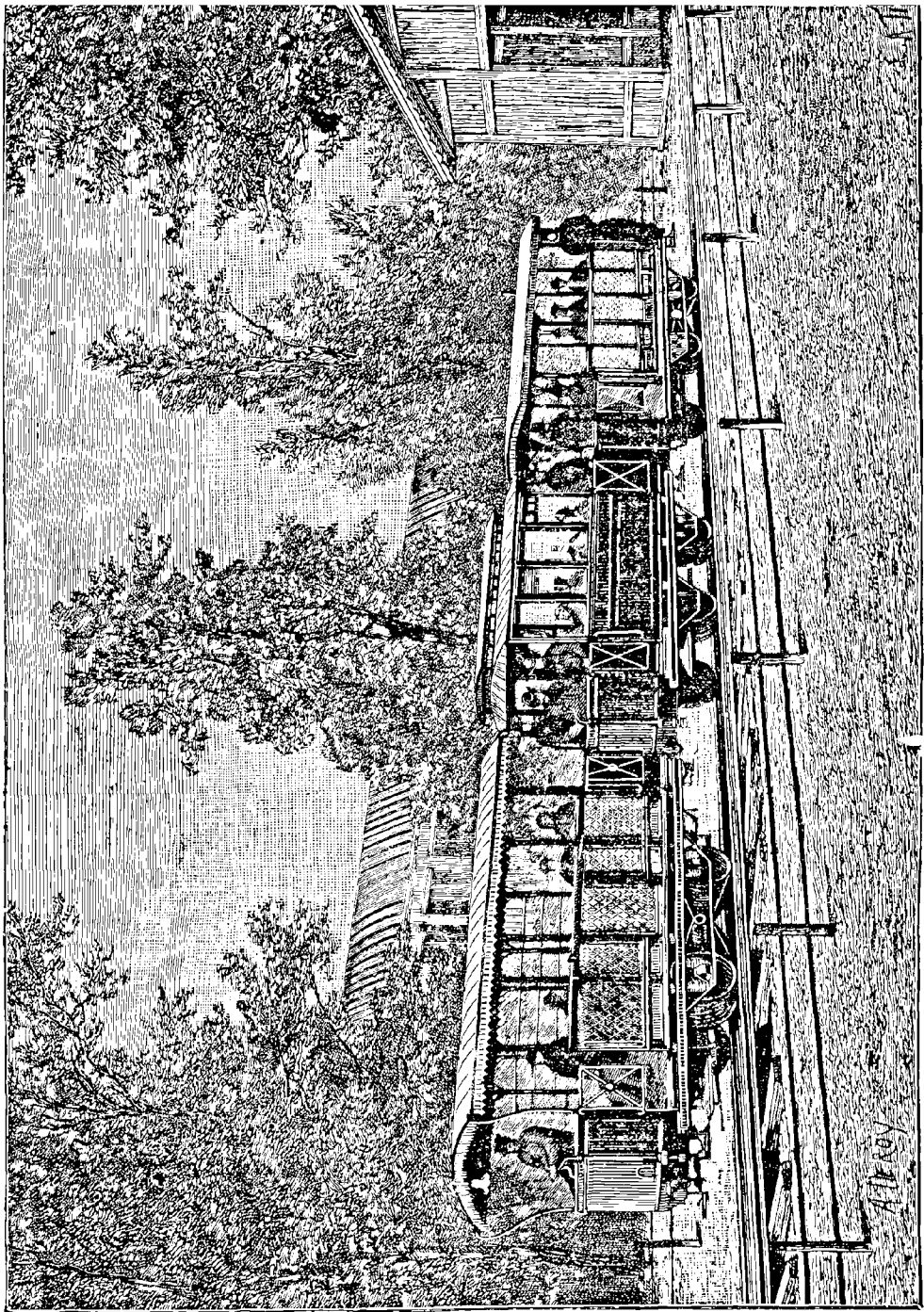


Fig. 341. — Le chemin de fer électrique de M.V. Siemens Halske, à l'Exposition de Vienne

Gaz, 10 heures à 30 centimes.....	3 »
Huile et perte. Total.....	» 80
Conducteur.....	4 »
Ouvrier pour nettoyer et soigner la machine.....	3 20
Dépréciations 15 0/0 sur 12 500 fr., soit.	8 25
	49 25

ou un peu plus que 5 centimes par mille. Comme la voiture ne marche actuellement que 5 minutes et ensuite s'arrête pendant 5 minutes, sa capacité de transport peut être multipliée par 2, sans autre augmentation de dépenses que 50 pour 100 de plus de gaz, les frais pour salaires restant les mêmes, de sorte qu'en supposant la voiture pleine à chaque voyage, le coût ne serait que de 2 1/2 pour 100 par mille et par voyageur. »

Pendant l'Exposition d'électricité de Vienne de 1883, un nouveau chemin de fer fut établi par MM. Siemens et Halske, pour amener les visiteurs du quartier de la *Schwimmsurh-Allee* jusqu'à la rotonde du palais. Ce chemin de fer, qui présentait trois légères rampes et trois courbes, constituait un progrès sur celui de l'Exposition d'électricité de Paris de 1881. Ce n'était plus en effet, comme à Paris, une simple voiture de tramway, parcourant un trajet de 500 mètres, mais un petit train, composé de deux et quelquefois de trois voitures; et la longueur du trajet était de 1528 mètres.

Les machines dynamo-électriques qui fournissaient le courant, étaient placées dans la galerie ouest de la rotonde, et étaient mises en action par une puissante machine à vapeur.

Le courant empruntait les rails, comme agents conducteurs. A cet effet, un des pôles de la machine aboutissait à un fil de cuivre, isolé par une enveloppe de gutta-percha, et était mis en contact avec le rail. Le courant suivait le rail jusqu'au point où se trouvait la voiture. Là il arrivait, par la circonférence métallique des roues, à l'un des pôles de la petite machine dynamo-électrique installée sous la caisse de la voiture et passait à l'autre pôle de la même machine, pour revenir, par les roues et les

rails, au second pôle de la machine dynamo-électrique fixe, établie dans la galerie de la rotonde.

La petite machine dynamo-électrique agissait sur les deux essieux de la voiture, et faisait ainsi tourner les roues, pour faire progresser le train. Ce n'était qu'au moment du départ que les pôles de la machine électrique génératrice étaient mis, par un commutateur, en contact avec les rails.

C'est pourtant un procédé singulièrement délicat, dans la pratique, que de se servir, comme conducteurs du courant, des rails posés au niveau du sol. Cette installation n'est guère possible que sur une voie aérienne, c'est-à-dire élevée sur des arcades, afin qu'aucun véhicule étranger ne puisse y pénétrer. Si une voiture attelée d'un cheval venait à rencontrer les rails, le cheval, ainsi que nous l'avons dit, touchant les deux rails, donnerait passage au courant, et serait foudroyé, ou frappé gravement.

De tels accidents se seraient certainement produits, en certains points du parcours du chemin de fer électrique de l'Exposition de Vienne. Aussi avait-on pris les mesures nécessaires pour parer à ce danger, dans les passages à niveau où d'autres véhicules devaient croiser la voie électrique.

Cette partie de la voie était isolée, et mise en communication avec le conducteur, également isolé, au moment des passages des voitures électriques dans la rue. La communication avec les rails était alors exécutée, au moyen du conducteurs souterrains, et par un commutateur; de sorte qu'il était facile de laisser passer ou d'interrompre le courant à un moment quelconque.

La figure de la page précédente donne une idée du chemin de fer électrique de l'exposition de Vienne. On voit, sous chacune des trois voitures qui composent le train, la petite machine dynamo-électrique qui fait tourner l'essieu des deux roues, et

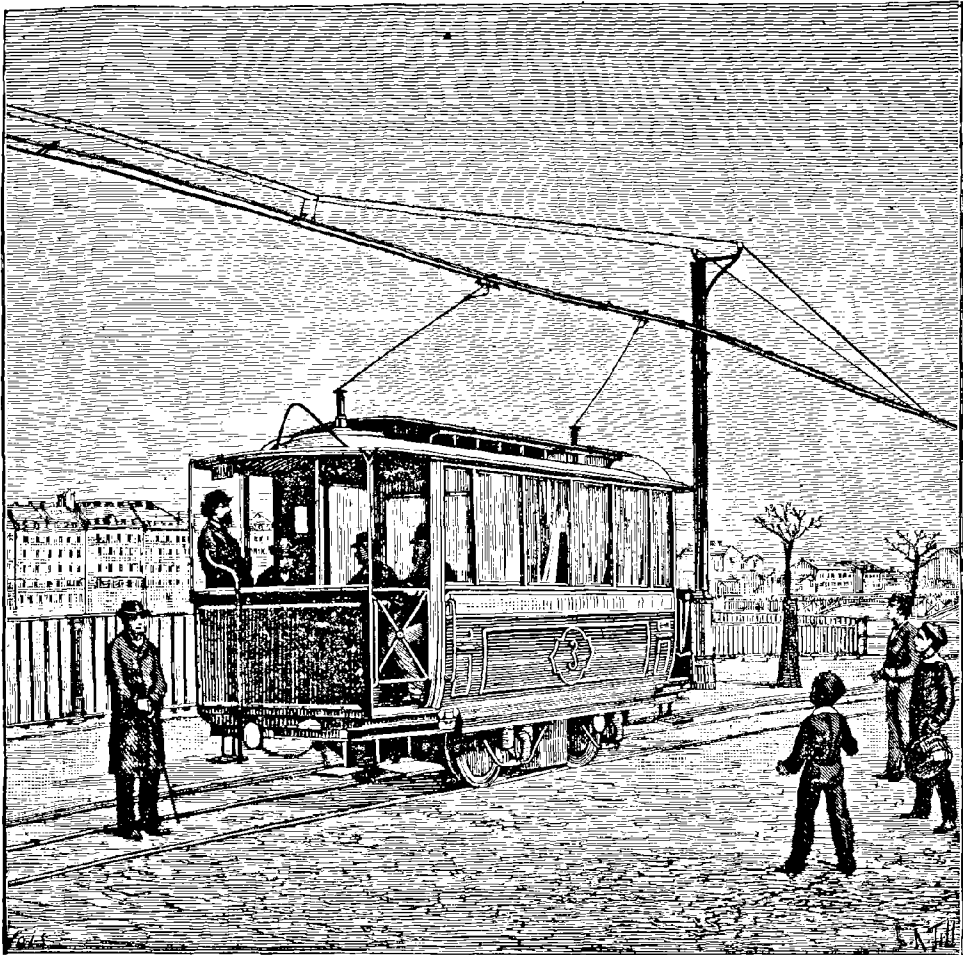


Fig. 342. — Le chemin de fer électrique de Sacchausen à Offenbach.

les courroies qui s'enroulent autour de la circonférence de la roue elle-même, pour leur transmettre le mouvement.

Cette disposition spéciale du railway électrique de l'Exposition de Vienne, dans les passages à niveau, fait parfaitement comprendre, ce que nous avons d'ailleurs déjà établi, que les rails ne sauraient servir de conducteurs dans les conditions du service habituel des voies ferrées, où se rencontrent naturellement beaucoup de passages à niveau. On ne peut donner aux rails l'office de conducteurs du courant électrique que sur un *chemin de fer aérien*, c'est-à-dire

porté sur des arcades. Mais quand on veut poser une voie électrique au ras du sol, il faut que les fils conducteurs soient élevés en l'air, sur des poteaux, ainsi qu'on le fait sur le chemin de fer de Lichterfeld à l'École des Cadets, à Berlin. Les poteaux soutiennent les conducteurs électriques, auxquels on donne de larges dimensions ; et c'est sur ce gros conducteur que des organes d'une construction spéciale viennent prendre le courant.

Ce mode d'installation des conducteurs sert aujourd'hui sur le plus important des chemins de fer électriques qui aient été construits jusqu'à présent. Nous voulons

parler de celui qui existe, à titre d'essai, depuis 1884, sur une partie de la ligne de Francfort à Offenbach.

Offenbach est une petite ville manufacturière, située au bord du Mein, et que l'on traverse quand on va de Francfort à Bade,

MM. Siemens et Halske ont choisit la distance de Sacchausen à Offenbach, pour y établir un chemin de fer électrique, afin que chacun puisse apprécier l'utilité et l'économie de ce nouveau genre de chemin de fer. Il ne s'agit plus ici, en effet, d'une sorte de

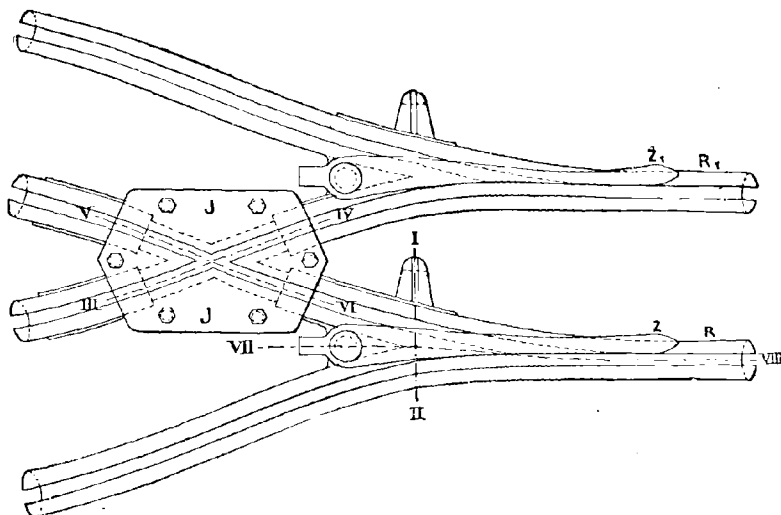


Fig. 343. — Croisement de voies sur le chemin de fer électrique de Sacchausen à Offenbach.

joujou, comme ceux que l'on voyait aux Expositions d'électricité de Paris et de Berlin. C'est une construction parfaitement étudiée. Trois années ont été consacrées à des expériences attentives, et aujourd'hui

cette voie électrique accomplit un service aussi régulier qu'un chemin de fer ordinaire à locomotives mues par la vapeur. Sa longueur est de 6,655 mètres.

Nous avons décrit et représenté par des

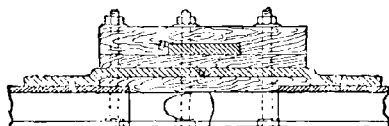


Fig. 344.

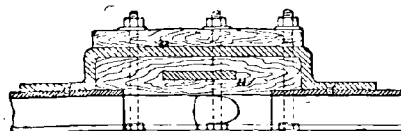


Fig. 345.

figures (page 587) le mode de communication que MM. Siemens et Halske avaient adopté sur le chemin de fer électrique de l'Exposition de Paris, en 1881, pour la prise du courant. Cette disposition consiste en deux tuyaux fendus auxquels sont suspendus deux petits chariots de contact, rattachés eux-mêmes avec le wagon électrique, par l'intermédiaire de deux simples cordes. C'est ce même système qui

a été adopté sur le chemin de fer posé en 1884 entre Sacchausen et Offenbach.

On voit, sur la figure de la page précédente, le wagon électrique de ce chemin de fer. Les deux tuyaux à rainures sont suspendus à des isolateurs, fixés sur des supports extérieurs en fonte. Les conducteurs de courant qui prennent leurs points d'appui sur des isolateurs ordinaires, montés au sommet de ces mêmes supports, sont des câbles, com-

posés de fils de cuivre et d'acier. Ils servent, tout à la fois, à amener le courant et à porter les tuyaux.

Les dispositions mécaniques qui permettent de maintenir le passage du courant au moment d'un croisement de voies sont très

ingénièrement combinées. Nous les représentons sur la figure 343 (page 600) et nous en empruntons la description au journal *La Lumière électrique*.

« A l'endroit du croisement, dit *la Lumière électrique*, les tubes sont coupés sur une certaine lon-

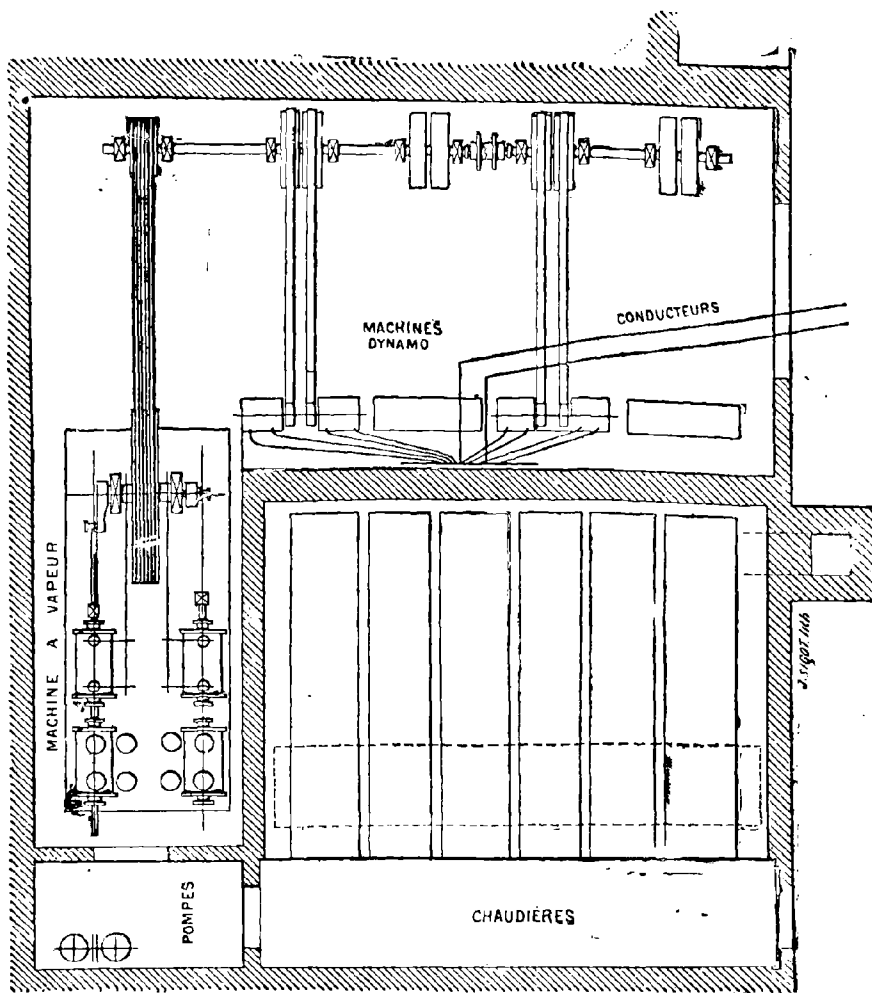


Fig. 346 — Plan de l'usine électrique du chemin de fer de Sacchausen à Offenbach.

gueur et assemblés avec un bloc de bois dur, J, J. Des pièces métalliques v et a, situées dans des plans horizontaux différents, assurent le passage du courant du tronçon III au tronçon IV d'une part et du tronçon V au tronçon VI de l'autre. Ces pièces sont vissées sur les tubes R et isolées l'une de l'autre à travers la masse de bois, comme il est facile de le voir dans les figures 343 et 344, qui représentent des coupes faites suivant l'axe des conducteurs. La longueur de la glissière précédemment décrite est telle

qu'une des extrémités pénètre dans le tube III avant que l'extrémité opposée n'ait quitté le tube IV. Grâce à cette disposition, on est certain de n'avoir ni interruption, ni renversement du courant à craindre.

Les aiguilles sont formées par deux tiges métalliques z, z (fig. 342, p. 599), qui sont ramenées ou maintenues dans la position de la figure par un ressort antagoniste. De cette façon les trains qui arrivent de droite sont obligés de s'aiguiller sur la même voie, ceux qui arrivent de gauche dépla-

quant les aiguilles, lesquelles reprennent leur position primitive sous l'influence des ressorts *f*. Quant au passage des courbes, il s'effectue sans difficulté, grâce à la propriété qu'offrent les glissières de se courber en arc de cercle. »

Les machines à vapeur qui produisent le mouvement destiné à se transformer en électricité, dans la machine dynamo-électrique du chemin de fer électrique de Sacchausen à Offenbach, développent une force de 240 chevaux. Cette énergie est transmise, par un arbre tournant à la vitesse de 240 tours par minute, à l'axe de la machine dynamo-électrique. Il y a sept chaudières donnant de la vapeur à la pression de 4 atmosphères.

L'appareil dynamo-électrique de M. Siemens, actionné par cette machine à vapeur, n'a pas moins de 2 mètres de hauteur ; le diamètre des *anneaux* est de 45 centimètres et leur longueur de 70 centimètres. Il y a deux machines de cette force pour actionner les petites machines dynamo-électriques des wagons, lesquelles sont, généralement, au nombre de 4, en route. Nous donnons dans la figure 347 le plan de l'usine électrique d'Offenbach.

La compagnie possède six wagons fermés et cinq ouverts. Les wagons fermés peuvent contenir 22 personnes. Le poids de ces wagons est de trois tonnes et demie à quatre tonnes.

En résumé, le chemin de fer des bords du Mein donne la démonstration pratique de la possibilité d'opérer un service régulier par la traction électrique. Il permettra d'étudier les avantages et les inconvénients de cette intéressante création, et de savoir dans quelle mesure le procédé électrique pourra se poser en rival de son puissant prédécesseur, le chemin de fer à locomotives mues par la vapeur. Nous ne sommes pas de ceux qui disent, en comparant les deux systèmes : « *Ceci tuera cela.* » Nous disons seulement : « *Attendons et observons.* » La traction élec-

trique sur les voies ferrées n'en est qu'à son aurore, et l'on ne possède pas encore les données suffisantes pour prononcer sur son avenir. Mais, d'ores et déjà, elle est fondée ; le temps et l'expérience prononceront sur sa valeur.

Nous terminerons en faisant remarquer que ce n'est pas seulement sur les voies ferrées destinées au transport des voyageurs et des marchandises, que le procédé de traction électrique a été mis en usage. On a créé, dans un certain nombre d'usines, des chemins de fer mus par l'électricité, pour le transport des matériaux ou des produits manufacturés.

Nous n'entreprendrons pas la description de ces voies spéciales, ni des moteurs particuliers qui opèrent la traction. Ces appareils diffèrent peu de ceux que nous avons décrits et représentés par des dessins. Qu'il nous suffise de dire que les usines qui, autrefois, faisaient usage de chemins de fer à locomotives, de tramways à chevaux ou de locomotives à air comprimé, se sont bien trouvées de substituer l'énergie électrique à la vapeur, à l'air comprimé, ou aux moteurs animés. C'est un horizon nouveau ouvert au perfectionnement du travail des usines et manufactures, mais les chemins de fer électriques à l'usage des usines sont encore trop peu nombreux, et ont été construits pour des besoins trop spéciaux, pour qu'on puisse généraliser la question, et prononcer avec confiance sur l'avenir réservé à cette création nouvelle du génie industriel.

Le système de traction électrique des convois de chemin de fer par une machine dynamo-électrique, est devenu assez pratique pour que l'on s'étonne généralement qu'il ne soit pas plus répandu. L'explication de ce fait, c'est que les chemins de fer électriques, pour être avantageux, exigent que les stations où se trouve la force génératrice ne

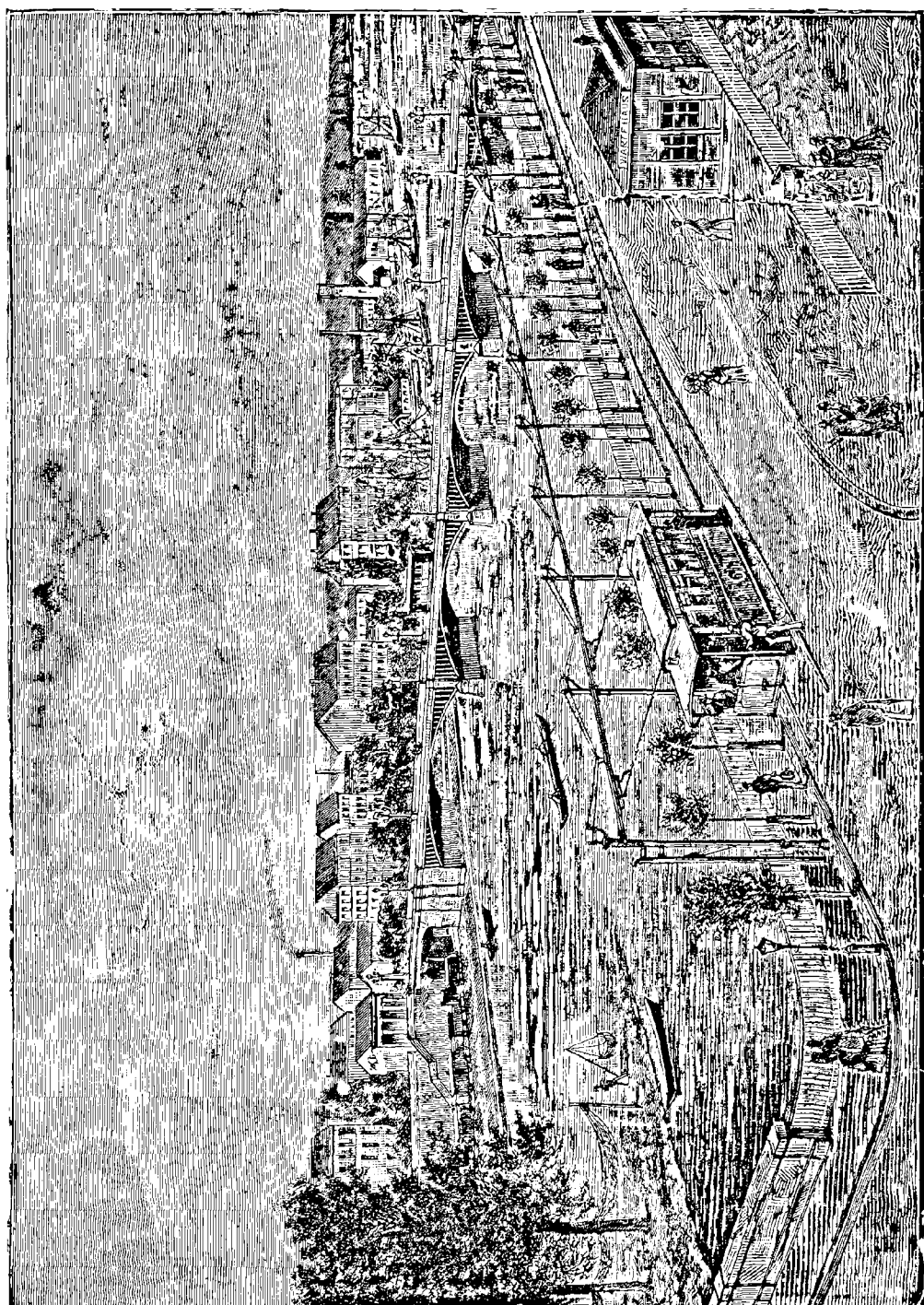


Fig. 347. — Le chemin de fer électrique de Sacchaussen à Ofenbach.

soient pas trop multipliées. Il faut, pour réussir, opérer un véritable transport électrique de la force à grande distance. Or, à l'époque des premiers essais de M. Werner Siemens, et jusqu'à ces derniers temps, comme nous l'avons dit, en parlant du transport de la force par l'électricité, les transports d'électricité à grande distance n'étaient pas réalisables. Aujourd'hui, au contraire, le transport à toute distance, avec un fil conducteur quelconque, est devenu possible. Il faut donc s'attendre à voir, dans un intervalle plus ou moins prochain, les chemins de fer à traction électrique prendre un certain essor. Ce n'est qu'une question de temps.

Il existe actuellement en Europe les chemins de fer électriques suivants : de Berlin à Litchterferlde, 2,520 mètres; de Sandwort à Kostverloren (Hollande), 2,400 mètres, de Bush à Bushaven (Irlande), 10 kilomètres, et un dernier tramway électrique dans les mines de charbon de Zankerode.

A ces lignes il faut en ajouter quelques

autres, de moindre importance, comme celles de Port Rush, de Brighton, etc.

Tout récemment, la compagnie du chemin de fer métropolitain de Londres a décidé d'établir la traction électrique sur une partie de son réseau. Le parlement anglais a autorisé, au mois d'octobre 1883, la construction d'une ligne, en partie souterraine, qui partira de l'extrémité nord de Northumberland, passera sous cette avenue, sous le quai Victoria, et le lit de la Tamise, pour aboutir à la station de Waterloo. Le trajet total se fera en trois minutes et demie. Le courant sera fourni par une machine dynamo-électrique unique, placée à poste fixe, à la station de Waterloo. La construction et les appareils de la ligne sont concédés à MM. Siemens frères.

Ainsi, le mouvement est donné, et il n'est pas probable qu'il se ralentisse. On peut dire que la traction par l'électricité est appelée à prendre un jour une certaine place dans l'exploitation des voies ferrées.

FIN DES VOIES FERRÉES DANS LES DEUX MONDES

LES VOIES FERRÉES EN AMÉRIQUE

Les chemins de fer n'ont été adoptés dans aucun pays avec autant d'empressement qu'aux États-Unis d'Amérique. Dans ces contrées en partie vierges encore des bienfaits de la civilisation, la voie ferrée, c'est-à-dire un système de locomotion économique et rapide, était un moyen providentiel, pour ainsi dire, de créer la richesse et la prospérité. Les canaux ne donnaient qu'un résultat médiocre au point de vue du prix et de la rapidité des transports ; les routes étaient en mauvais état et peu nombreuses ; d'immenses déserts, des forêts peu accessibles, séparaient les unes des autres les rares grandes villes de l'Union. Les chemins de fer apparurent donc comme les véritables pionniers de la civilisation américaine

Il ne faut pas, dès lors, être surpris de voir les railways s'établir dans le Nouveau monde dès les premiers temps de leur création : en Angleterre, en 1827, par Stephenson, et en France, en 1829, par Marc Séguin. Déjà, en 1827, des remorqueurs à vapeur tiraient les wagons le long de plans inclinés, pour le transport des charbons de Pensylvanie. En 1830, on commença à construire des chemins de fer d'Albany au lac Érié, de Baltimore vers l'Ohio, et de Charleston vers l'intérieur de la Caroline du Nord.

C'est dans l'intervalle de 1830 à 1840 que l'on comprit que les railways seraient un

admirable complément des canaux, et en même temps, un moyen rapide de transporter les personnes d'une rivière navigable à une autre, enfin le meilleur mode de créer des relations entre les villes. On entreprit des tronçons de voies ferrées, qui finirent par relier parallèlement au littoral New York, Philadelphie, Baltimore, Weldon, Wilmington.

Le grand mouvement qui portait à créer des chemins de fer aux États-Unis, subit un temps d'arrêt en 1837. L'insuffisance des recettes de beaucoup de lignes, trop légèrement entreprises ; les capitaux énormes que l'on avait consacrés en même temps aux canaux et aux voies ferrées ; la gestion infidèle de diverses banques, amenèrent la grande catastrophe financière de 1837. Ce *crak* financier eut pour résultat de paralyser presque complètement, pendant dix ans, le développement des travaux publics aux États-Unis.

Bien qu'on eût ouvert, en 1841, l'importante ligne de Boston à Albany, et, en 1842, celles d'Albany à Buffalo et de Philadelphie à Reading, ce ne fut qu'en 1848 que le mouvement d'expansion vers l'ouest reprit une intensité nouvelle, par suite de la découverte des gisements aurifères de la Californie. La construction des grandes voies ferrées commença alors, et amena la création d'autres lignes, de l'est à l'ouest.

La guerre de Sécession vint amener une

nouvelle suspension des travaux, pendant quatre ans. Mais une ère nouvelle de prospérité s'ouvrit après la guerre, c'est-à-dire en 1863, au moins pour les États du Nord, malgré les charges qui leur étaient imposées, pour faire face à une dette publique, que la guerre avait portée de 300 millions à plus de treize milliards.

A partir de ce moment, les lignes de chemins de fer se multiplient aux États-Unis. En 1867, on crée la ligne de Chicago à Saint-Paul, et en 1869 l'immense et admirable railway qui coupe l'Amérique de l'ouest à l'est. Le chemin de fer de l'*Atlantique au Pacifique* fut créé en quatre ans, aux applaudissements du monde entier.

La voie ferrée a été l'instrument le plus puissant de la colonisation aux États-Unis. Les vallées du Mississipi, jusqu'alors occupées par des Indiens et par des rares colons, disséminés le long des rivières et fleuves navigables, n'ont commencé à se couvrir de cultures et à recevoir des habitants, que quand le réseau des voies ferrées vint y faire affluer l'émigration européenne.

Les chemins de fer ont plus fait pour unifier les divers États de l'Amérique du Nord que les institutions et les lois. Avant leur création les populations américaines étaient isolées les unes des autres. Les railways leur ont créé des intérêts communs; ils ont mis en rapport des peuples séparés par de grandes distances, et ont rendu possible l'échange rapide de leurs produits manufacturiers ou agricoles.

Le mouvement qui se produisait dans l'Amérique du Nord, pour doter le pays de nombreuses voies ferrées, se propagea dans l'Amérique du Sud, et les régions les plus civilisées de ce continent suivirent, quoique dans de bien plus faibles proportions, l'exemple donné par l'Amérique du Nord.

L'empressement général pour l'établissement de grandes lignes ferrées sur le territoire du nouveau monde, s'explique donc

sans peine, et l'on comprend également que la construction des chemins de fer ait marché, dans les États du Nord, avec une rapidité extraordinaire, à ce point que sur un développement total de 140,000 kilomètres, sensiblement égal à celui des chemins de fer européens, plus de la moitié aient été établis en dix années : de 1870 à 1880. Le chemin de fer du Pacifique qui traverse le continent du nord, d'un océan à l'autre, et qui a 2,870 kilomètres de long, a été achevé en moins de quatre ans.

Une extension aussi rapide des voies ferrées n'aurait pu s'obtenir si l'on se fût astreint à suivre les règles de construction qui régissent cette industrie dans notre Europe. Aussi les Américains, avec leur habitude constante d'aller toujours droit au but, ont-ils compris que, les chemins de fer devant desservir une population et des régions spéciales, enfin des conditions économiques et sociales toutes particulières, devaient procéder tout autrement qu'on ne le fait en Europe.

S'il avait fallu suivre les préceptes qui régissent chez nous la construction des railways, on ne serait jamais arrivé à établir en un court espace de temps l'immense réseau américain. Il ne s'agissait pas, en effet, comme en Angleterre ou en France, de relier entre elles des villes peu distantes les unes des autres. Il fallait, au contraire, franchir d'un seul bond les immenses étendues de terrains qui se déployaient entre les régions de l'Est, déjà ouvertes à la culture et à l'industrie, et celles de l'Ouest, encore presque complètement inconnues, mais qui attiraient la spéculation par leur extrême richesse en productions naturelles. C'est ce qui amena des modes de construction qui imprimèrent à la partie technique des chemins de fer un cachet spécial.

L'incroyable rapidité avec laquelle furent créées les grandes lignes transcontinentales de l'Union américaine, explique les modes

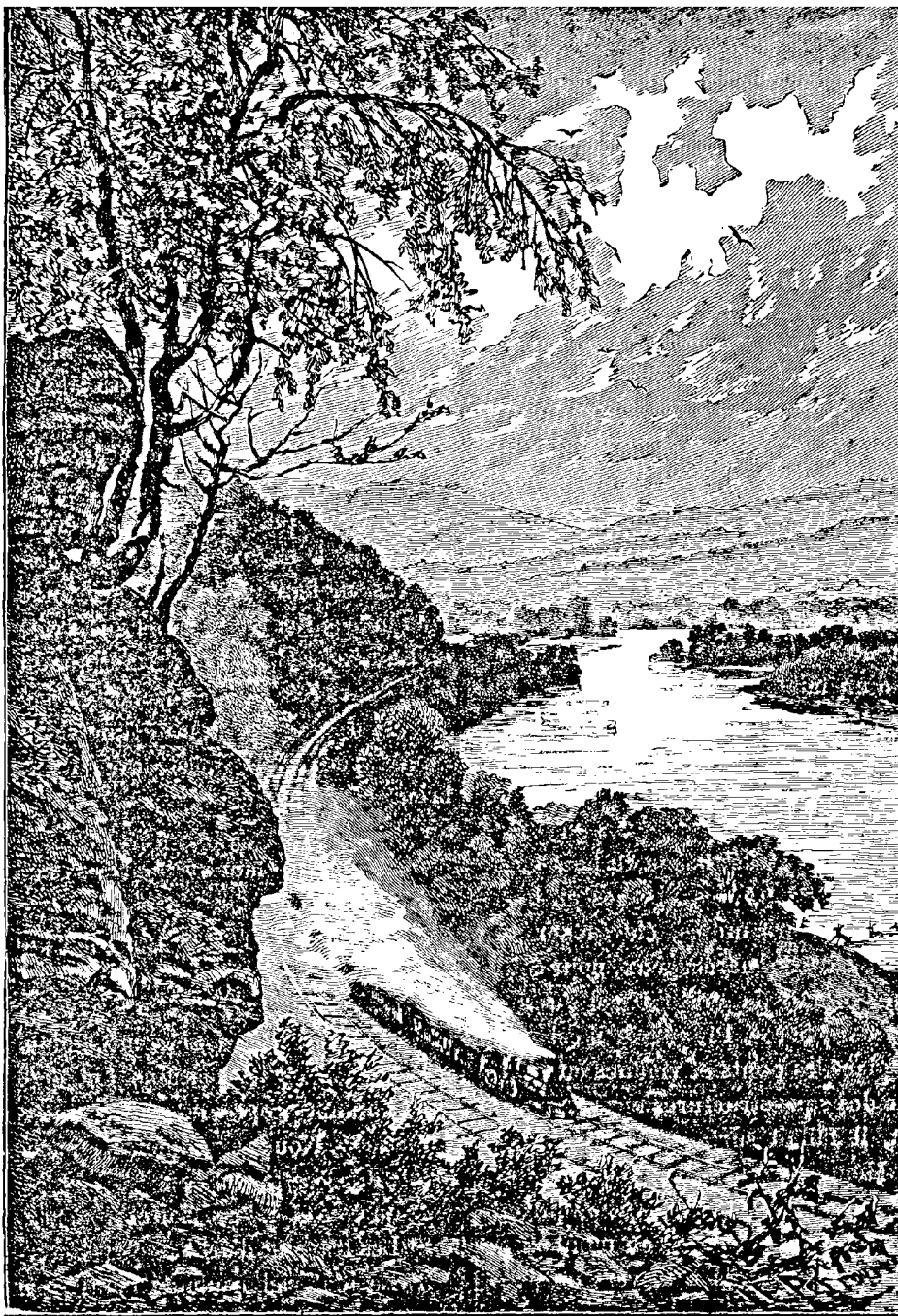


Fig. 348. — Le chemin de fer de Pensylvanie, aux bords de la Delaware.

grossiers de construction qui sont caractéristiques de ces lignes.

Toutes les fois que la nature du terrain le permettait, on renonçait à donner à la voie une base solide. On posait immédiatement les traverses sur le sol, en s'efforçant seulement d'obtenir une certaine stabilité de la voie. Sur les terrains mouvementés, on évitait avec soin toutes les œuvres d'art difficiles ou coûteuses. On recourut à des rampes et à des courbes, pour éviter les tunnels. Mais, pour passer dans de petites courbes, il fallut modifier la locomotive, et lui donner la flexibilité nécessaire au parcours de lacets sinueux. De là les modifications que l'on apporta, en Amérique, à la locomotive, qui consistèrent à la faire porter sur deux châssis et à réunir ces deux trucks par une cheville ouvrière, ou articulation, qui lui donne la facilité de tourner dans des courbes d'un faible rayon.

Pour se plier aux conditions des localités traversées et pour construire les ponts et les viaducs avec le plus d'économie possible, en utilisant les produits naturels des pays traversés, on fit un grand usage du bois taillé en pleine forêt. De là les viaducs en bois longs de plusieurs milles, élevés sur les terrains inégaux ou marécageux, pour équivaloir aux digues de maçonnerie ou aux tranchées dans le roc. Plus tard, il est vrai, on a remplacé les ponts et viaducs en charpente par des sous-structures en fer; mais, au début, il fallait surtout marcher rapidement. Même sur le chemin de fer de « l'Union » et du « *Central Pacific* », qui ont le type très accentué de voies en montagne, on a fait passer les rails à travers tous les obstacles et au-dessus des hauteurs, sans se préoccuper beaucoup des règles consacrées.

On sait avec quelle prudence et après quelles études scientifiques approfondies, le système des chemins de fer s'est développé

dans notre Europe. Pour résoudre les problèmes tels que celui de la traversée souterraine des Alpes, on eut recours à l'expérience et à la science consommée des plus habiles ingénieurs, et l'on obtint les admirables résultats que nous avons rapportés dans le précédent volume de cet ouvrage.

Lorsque Ghega voulut créer le chemin du Sommering, il commença par faire un voyage en Angleterre, pour recueillir les preuves de la possibilité de mettre son projet à exécution. Les Américains ont eu à résoudre des problèmes aussi difficiles, et ils n'ont pu s'aider de travaux antérieurs, ni chercher des modèles en d'autres pays. Où auraient-ils pu, du reste, chercher des exemples à suivre pour créer des voies ferrées sur leur territoire? Où trouver dans le monde entier des régions aussi vastes que les immenses plaines de l'Amérique du Nord, et des pays recelant des richesses naturelles en aussi grande quantité que les massifs montagneux de l'Ouest, avec leurs nombreuses mines métalliques et leurs grandes forêts?

En raison de leur système particulier de construction; par les difficultés que leur établissement a dû surmonter; par l'immensité des espaces à franchir; enfin par le peu de ressources qu'offrait un pays, encore privé de grands ateliers mécaniques, les chemins de fer américains ont donc une physionomie propre, et qu'il est intéressant d'étudier. Nous examinerons successivement, dans cette Notice :

- 1° La voie et ses accessoires;
- 2° Les travaux d'art;
- 3° Le matériel roulant, comprenant les locomotives, les voitures et wagons;
- 4° Les moyens de sécurité, comprenant les freins et signaux,
- 5° L'exploitation et le service des gar

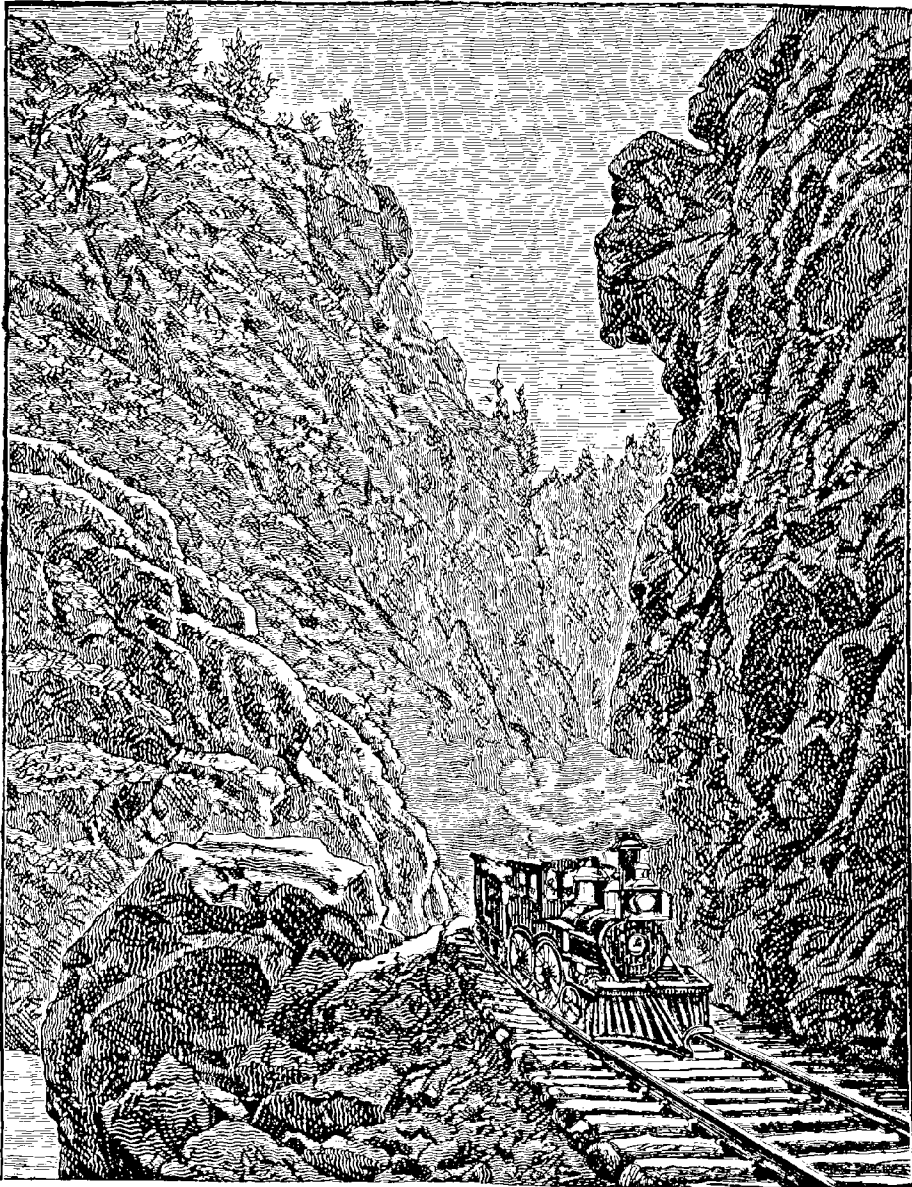


Fig. 349. — Une tranchée sur le chemin de fer du Colorado

CHAPITRE PREMIER

LA VOIE ET SES ACCESSOIRES

Dans tout ce qui concerne l'établissement de la voie aux Etats-Unis d'Amérique, comme dans l'Amérique du Sud, qui suivit, à un certain intervalle de temps, le même mouvement industriel, on trouve le caractère d'exécution hâtive imposée par les

nécessités nationales. Les longues formalités d'enquête, de contre-enquête, d'avant-projet, de projet, de déclaration d'utilité publique, etc., qui retardent si singulièrement l'exécution des voies ferrées, en Europe, sont inconnues dans le nouveau monde. Le gouvernement n'intervient, ni par un subside, ni par une garantie d'intérêt. Un *railway man*, sorte d'ingénieur, d'ordre

CONQUÊTES. — 1.

infime, après avoir parcouru le pays, et jalonné un tracé approximatif, présente la carte de ce tracé au département des travaux publics, à Washington. Le gouvernement autorise l'entreprise, à la seule condition de trouver quelques noms honorables dans la société future, de s'assurer que le dixième des sommes nécessaires à l'exécution du chemin de fer projeté a été souscrit, et qu'un centième a été versé dans les caisses de l'État. Alors, les communes intéressées concèdent le terrain, à titre gratuit; on rectifie le tracé, selon les avantages offerts par les propriétaires des terrains, et aussitôt commence l'exécution de la ligne, qui se fait toujours un peu à la diable, sauf à y revenir plus tard. L'essentiel est d'aller vite, et de livrer sans retard la route ferrée à la circulation.

Comme nous l'avons dit, le bois est employé dans la plupart des travaux, on pourrait même dire qu'il est prodigué, la matière première étant sous la main. Les viaducs et les ponts se font en charpente, quitte à les remplacer un jour par des ouvrages de fer ou de maçonnerie.

Aux États-Unis et dans le Canada, on fait peu de tranchées. On s'arrange pour donner à la locomotive le plus de puissance possible. On emploie même souvent deux locomotives à la fois; l'une devant le train, l'autre derrière, pour gravir les rampes, et éviter ainsi les tranchées ou les tunnels. On évite également autant que possible les remblais, en leur substituant des estacades en bois.

Les tranchées sont cependant quelquefois indispensables. Sur le chemin de fer de l'Atlantique au Pacifique il en existe plusieurs. Mais c'est surtout dans l'Amérique du Sud que l'on a été obligé d'ouvrir de longues tranchées, car on était dans l'impossibilité d'opérer autrement.

Le *ballast*, qui est si soigneusement posé dans toutes les voies européennes, est, la

plupart du temps, omis. On se borne à bien battre le sol et à le recouvrir d'une couche légère de pierrailles. Bien plus, si aucune carrière n'existe dans les environs on pose les rails directement sur le sol, en multipliant les traverses de bois. Sur toutes les lignes de l'Est, ainsi que dans les grandes plaines de l'Ouest, le ballast est inconnu. On se contente de recouvrir de pierrailles, de sable ou de terre, l'intervalle des traverses.

Quelques lignes sont bordées de fossés, creusés avec soin, et pourvus de rigoles, pour l'assèchement de la plate-forme. Mais ces dispositions, qui sont jugées indispensables en France, ne sont usitées en Amérique que là où elles sont rigoureusement nécessaires. L'eau de la pluie s'écoule, à l'aventure, aux deux bords de la voie ferrée.

Quant aux talus des tranchées, ils ne reçoivent jamais de maçonnerie, comme on le fait si souvent en Europe. Les plantes parasites qui poussent sur les flancs des talus, suffisent pour soutenir les terres. Nous représentons dans la figure 349 une tranchée sur le chemin de fer du Colorado.

Les traverses sur lesquelles posent les rails, sont un peu plus fortes et plus rapprochées qu'en France. On les fait ordinairement en bois de chêne, ou en une espèce de sapin (*Hemlock spruce*). En Californie, on préfère le *redwood*, qui est très peu altérable. Comme en Europe, les bois sont injectés de créosote, pour assurer leur conservation dans le sol.

Le rail uniquement employé sur toutes les lignes américaines, est le rail Vignole (*rail à patin*). Il est bien remarquable que les Américains aient trouvé, dès l'année 1833, c'est-à-dire au début des voies ferrées, cette forme de rail, si simple et si naturelle, à laquelle le monde presque tout entier revient aujourd'hui, après avoir en vain cherché, pendant plus d'un quart de siècle, à trouver mieux.

Sur les voies principales du *Philadelphia*

et Reading le rail pèse 32 kilogrammes par mètre courant. Il est moins lourd sur les voies secondaires.

Les accessoires de la voie, c'est-à-dire les plaques tournantes, les grues hydrauliques, les aiguilles pour les croisements et changements de voie, les réservoirs d'eau pour l'alimentation des chaudières des locomotives, diffèrent peu de ce que nous avons en Europe.

Nous n'avons pas besoin de dire, étant connues les habitudes d'économie apportées dans les constructions de railways, que la plupart des routes ferrées du nouveau monde ne sont qu'à une voie.

La largeur de la voie elle-même est loin d'être uniforme, comme elle l'est en Europe. On sait que, grâce à l'uniformité de la voie (1^m,44 entre rails et 1^m,50 en totalité) un convoi de chemin de fer partant d'un point quelconque du continent européen, peut pénétrer dans un autre pays, sans aucun transbordement. On trouve, au contraire, toutes sortes de largeurs de voie sur le réseau américain. C'est là, du reste, une grande faute, dont on reconnaît aujourd'hui la gravité. C'est qu'au début des chemins de fer, dans le nouveau monde, on ne se préoccupait que du transport des marchandises. Les charbons, les matériaux, les denrées, voilà ce que l'on voulait surtout transporter rapidement et à bas prix. Chacun voulait avoir la voie la plus large, pour faire circuler des locomotives plus puissantes et traîner de plus grands convois. On ne prévoyait pas encore que, plus tard, les routes ferrées serviraient surtout au transport des voyageurs d'un bout à l'autre du vaste territoire américain, et que les marchandises ne viendraient qu'en seconde ligne dans les revenus des voies. On s'efforce aujourd'hui de remédier à ce vice originaire, mais on n'y parvient qu'à grand'peine.

On rencontre, sur les chemins de fer des États-Unis et du Canada, des largeurs de

voie de 1^m,88 (chemin de fer de l'Érié avec prolongement jusqu'à Cincinnati et Saint-Louis); de 1^m, 67 (Great-Western du Canada); de 1^m, 52; de 1^m, 47 (Lake Shore, chemin de fer du bord du lac, de Cleveland à Buffalo); de 1^m, 46 (de Chicago à Cleveland); de 1^m, 44 (de Philadelphie à Baltimore et de Philadelphie à Pittsburg; et de 1^m,43 de New York à Albany, Buffalo, Détroit, Chicago, Omaha). La voie, d'une largeur excessive, du chemin de fer de l'Érié est représentée sur la figure 350.

Nous dirons cependant que la voie de 1^m, 44, c'est-à-dire la largeur normale des voies ferrées européennes, est maintenant la plus répandue.

Sur le *Grand-Trunch* et le *Great-Western* du Canada, on a remédié en partie à l'inconvénient de la largeur excessive de la voie en posant un troisième rail, de sorte que la voie présente la double largeur de 1^m, 44 et de 1^m, 68.

On a essayé divers procédés pour faire varier à volonté l'écartement des roues des wagons; ce qui permettrait de faire circuler les mêmes convois sur des voies de largeurs différentes; mais le problème n'a pas encore été résolu d'une manière bien satisfaisante. On a toujours à craindre que les roues ne se séparent de l'essieu pendant la marche, ce qui est une grande cause de danger. Ce danger serait moins grave pour le transport des marchandises, et c'est là qu'il y a le plus d'intérêt à éviter les transbordements.

Au mois de juin 1880, un wagon à écartement de roues variable alla de New York à San Francisco et en revint, dans les conditions suivantes :

Ce wagon emprunta la voie large (1^m,88) du chemin de fer de l'Érié jusqu'à Buffalo; de là jusqu'à Cleveland la voie de 1^m, 47 sur le chemin de fer du bord du Lac (*Sake Shora Rail road*), de Cleveland à Chicago la voie de 1^m, 46, puis jusqu'à Ouncil Bluffs, par le Chicago Rock-Island et Pacific, la voie ordi-

naire de 1^m,43. Après avoir été arrêté pendant cinq jours par une crue du Missouri, le wagon traversa la rivière, et prit, à Omaha, le chemin de fer du Pacifique, qui a la voie de 1^m,43. Il mit ainsi quatorze jours et demi pour aller de New-York à San Francisco. Au retour, il quitta San Francisco le 24 juin, et arriva à New-York le 8 juillet;

il avait mis dix-huit jours à ce voyage, en y comprenant les arrêts.

Les chemins de fer à voie étroite, destinés à desservir les localités à faible trafic, sont aussi en faveur en Amérique qu'en Angleterre, car leur construction est très économique, bien que la stabilité des trains laisse à désirer. Quelques anciennes routes,

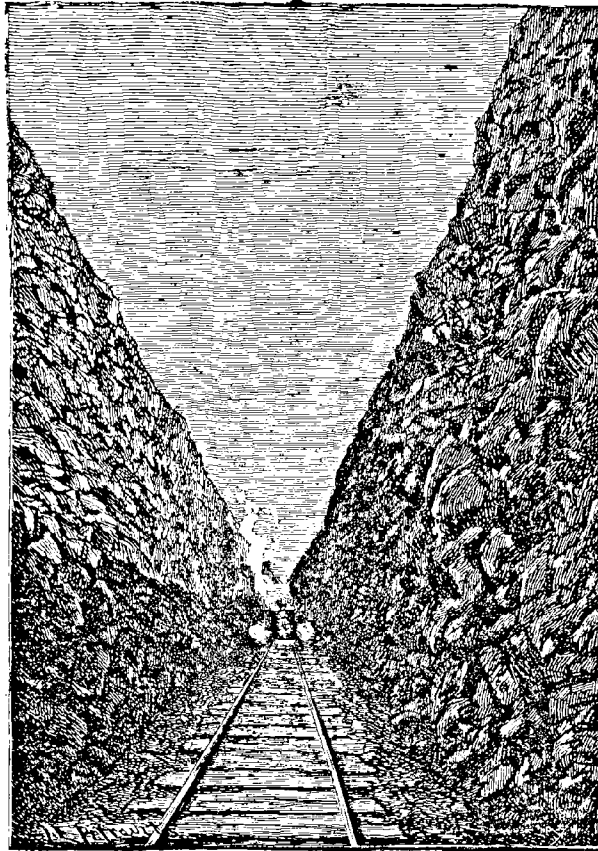


Fig. 350. — Voie du chemin de fer de l'Érié, de 1^m, 88 de large.

contraintes à voie très large, ont pris le parti de placer de nouveaux rails entre les premiers, pour laisser circuler les trains arrivant des lignes à voie étroite.

On ne voit point de clôture le long de la voie, sur les chemins de fer du nouveau monde, ou, du moins, on n'en trouve que dans la traversée de quelques prairies, où paissent de nombreux animaux ; de sorte que ces clôtures n'ont pas pour objet la pro-

tection des passants, mais celle des vaches, des moutons et des chevaux. Ce sont les propriétaires riverains ou les Compagnies, qui établissent ces clôtures ; mais elles manquent dans l'immense majorité des cas, et, en réalité, elles ne sont généralement pas nécessaires. Grâce à la puissante armature de fer ou de bois, placée, comme un éperon, à l'avant des locomotives américaines, pour balayer la voie, en rejetant les obstacles à

droite ou à gauche, la rencontre des animaux n'est pas compromettante pour la sûreté du train

On disait à George Stéphenson, à propos des causes de déraillement sur les chemins de fer :



Fig 351. — Sauve-qui-peut!

« Si l'on rencontrait une vache couchée sur la voie! Quel danger.
— « Pour la vache, » repartit Stéphenson.

Chaque semaine plusieurs vaches sont écrasées sur le chemin de fer de Norfolk à Weldon (Virginie) qui traverse des bois en



Fig 352. — Un convoi de chemin de fer dans les plaines de l'ouest

partie défrichés. On en compte deux par semaine sur le réseau du *Philadelphie* et *Reading*, qui a un développement de 877 kilomètres. Les vaches cherchent à fuir en

avant sur la voie, de leur galop lourd et embarrassé, en se retournant, de temps à autre, pour voir si la machine, dont le sifflet les épouvante, continue à s'avancer.

Le mécanicien prend quelquefois le parti d'arrêter le train, pour laisser aux gros ruminants le temps de débarasser les rails.

D'autres fois ce sont des troupeaux de buffles que la locomotive vient surprendre au milieu des herbages et qui cherchent leur salut dans une fuite précipitée.

Si l'absence de clôtures étonne en pleine campagne, elle paraît bien plus extraordinaire dans les rues et aux abords des villes, A New York, à Syracuse, à Philadelphie, à Baltimore, les trains pénètrent dans des rues populeuses, de 15 à 18 mètres de largeur seulement, en croisant toutes les rues transversales. Le mécanicien se contente de ralentir sa marche, et de sonner continuellement l'énorme cloche placée sur la locomotive.

Nous dirons, toutefois, que cette absence de clôtures amène d'assez fréquents accidents, et que les journaux du pays demandent souvent que les Compagnies soient forcées de clore leurs voies dans la traversée des villes.

Les ponts jetés au-dessus de la voie ferrée, pour laisser passer les routes ou chemins, qui la coupent, et qui sont si fréquents chez nous, manquent presque toujours en Amérique. Les véhicules franchissent la voie sur des madriers de sapin, cloués sur les traverses; en d'autres termes, on ne connaît que les passages à niveau. Un simple écriteau avertit le passant d'avoir à se garer des machines et wagons. Il est convenu, en Amérique, que chacun doit songer à sa conservation. Les animaux eux-mêmes sont astreints à cette règle; car il est d'usage de s'assurer, quand on achète un cheval, qu'il est habitué à l'allure bruyante des trains de chemins de fer, et qu'il ne prend pas ombrage à leur approche.

Ajoutons qu'aucune ordonnance ne fixe, comme on l'a fait en Europe, la distance à laquelle il faut tenir éloignées d'une voie ferrée, les matières inflammables.

Il y a, en résumé, dans le service des railways américains une incurie qui ferait dresser les cheveux sur la tête à l'Européen habitué à la réglementation rigoureuse, méticuleuse, de l'administration de nos chemins de fer. On se demande, dès lors, si la prudence excessive imposée chez nous pour l'usage des voies ferrées, n'est pas exagérée, et si l'on n'assurerait pas autant la sécurité des voyageurs, en s'en rapportant davantage à l'intelligence et à l'attention des personnes intéressées.

CHAPITRE II

LES TRAVAUX D'ART. — PONTS ET VIADUCS EN BOIS ET EN FER. — PRINCIPAUX TYPES DE PONTS ET VIADUCS EN BOIS ET EN FER SUR LE TRAJET DES CHEMINS DE FER DANS LES DEUX AMÉRIQUES.

Les ouvrages d'art, sur les chemins de fer américains, se réduisent 1° aux ponts et viaducs, qui sont les plus importants de ces travaux; 2° aux tunnels ou souterrains; 3° aux abris contre les neiges; 4° aux passages à niveau

PONTS ET VIADUCS

Les fleuves immenses, tels que le Missouri et le Mississipi, qui séparent les régions de l'est de celles de l'ouest, constituent une gigantesque barrière que les railways avaient à franchir pour relier des régions florissantes, s'étendant du côté de l'Atlantique, avec des espaces immenses et sans cultures, situés à l'autre bord de l'Océan.

Et non seulement on avait à franchir des fleuves énormes, mais il fallait que les ponts fussent jetés à une hauteur telle que les mâts des plus grands navires, pussent passer librement au-dessous de leur tablier. Les ingénieurs des États-Unis se sont glorieusement tirés de ces graves difficultés; et l'Amérique a créé, pour la construction des

ponts des chemins de fer d'une longue portée, une série de types nouveau ayant un cachet spécial, propre aux ferrées du Nouveau monde, et qui se caractérise à la fois par les dimensions de l'ouvrage, et par son mode d'exécution.

C'est cet ordre nouveau de travaux techniques que nous avons à faire connaître à

nos lecteurs. Pour mettre de la clarté dans cet exposé, nous distinguerons :

- 1° Les ponts et viaducs de bois;
- 2° Les ponts et viaducs métalliques;
- 3° Les ponts suspendus.

Si nous ne donnons aucune place, dans cette division, aux ponts en maçonnerie, c'est que les grands ponts de pierre sont

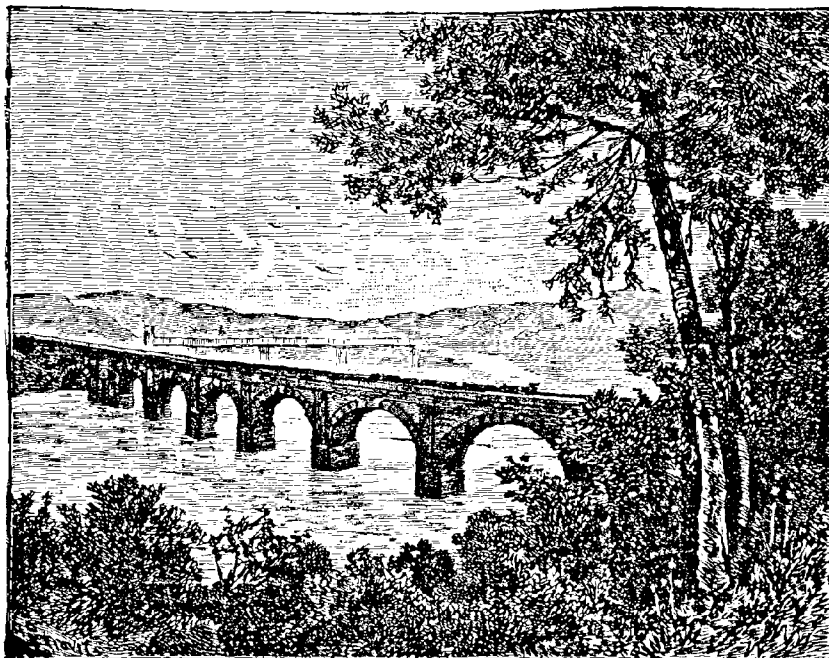


Fig. 353. — Pont de pierre sur la Shuylkill, à Philadelphie.

extrêmement rares sur les lignes de l'Amérique du Nord, bien que les matériaux de ce genre ne manquent pas dans les États de l'Est. Dans l'Amérique du Sud, où les cours d'eau n'ont ni l'importance ni la majesté de ceux de l'Amérique du Nord, on construit quelques ponts en maçonnerie; mais ils ne présentent pas de caractère particulier, digne d'attirer l'attention.

On ne peut guère citer, en fait de construction importante en maçonnerie, sur les chemins de fer des États-Unis, que le viaduc de Conenaugh, sur le chemin de fer de Pensylvanie, le pont sur la Shuylkill, près

de Philadelphie, qui traverse cette rivière par cinq arches, et le viaduc de Starucca dans la vallée de la Delaware, avec 17 arches à grande portée.

Nous représentons ici (fig. 353) le pont en pierre, de Philadelphie.

Ponts et viaducs en bois. — Les immenses forêts de l'Amérique mettaient à la disposition des ingénieurs une telle abondance de bois de construction, doué des qualités les plus précieuses de résistance et de durée, que l'on n'hésita pas, au début de l'industrie des chemins de fer, à construire tous les ponts et viaducs en charpente. Mais

la nécessité de franchir, avec ces ponts, d'immenses étendues, amena à changer le mode d'assemblage des pièces de bois. L'ingénieur Howe s'est immortalisé, dans le Nouveau monde, par l'invention des constructions de poutres composées de parties assemblées par des boulons fixés par un serou avec des tirants obliques. On appelle, *trestle works* (ouvrages en treillis) cet assemblage de poutres (fig. 355).

La seule section du chemin de fer du Pacifique située entre Omaha et Ogden,

comprend quarante et un ponts de bois, du système Howe

L'économie de ce genre de construction est remarquable. Nous en citerons des exemples. Le pont de bois qui existe sur la rivière de Landing, dans l'État de Virginie, sur le chemin de fer de Norfolk à Weldon, est supporté par de simples poteaux, à 10 mètres au-dessus du niveau de l'eau. Il se compose de quatre travées, de 15^m,25 d'ouverture. Construit en charpente grossière, sans autres

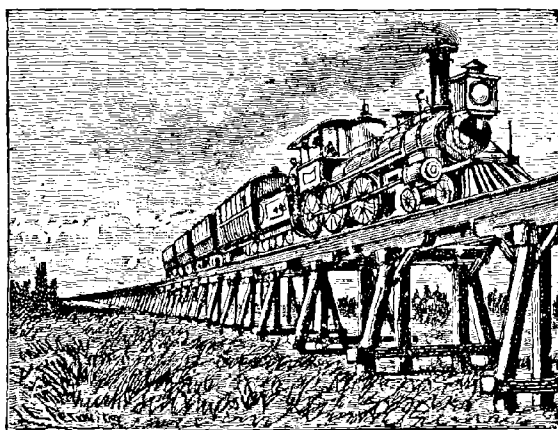


Fig. 354. — *Trestle works.*

ouvriers que les nègres du pays, il n'a coûté que 98 francs par mètre courant.

Le même chemin de fer franchit le Roanoke, à l'est de la station de Weldon (Caroline du Nord), sur un pont qui, détruit pendant la guerre de Sécession, fut reconstruit, en 1866, dans les conditions les plus économiques. Ce pont se compose de onze travées, de 48^m,80 d'ouverture. Les rails sont établis à 18 mètres au-dessus du niveau de l'eau. Des bordages en planches, qui descendent sur les flancs extérieurs des poutres, pour les préserver de la pluie et du soleil, contribuent à donner à l'ensemble du pont l'apparence d'un coffre de 5^m, 50 de hauteur, sur une longueur presque égale. La partie supérieure est revêtue de tôle, en prévision de la chute de

charbons incandescents du foyer de la machine. Or, ce pont n'a coûté que 67 francs par mètre courant.

Après Howe, d'autres constructeurs, Tom. Long et Pratt, ont modifié le mode d'assemblage des pièces de bois, pour augmenter la résistance de chaque point au poids de la locomotive et du train. Cet assemblage de pièces de bois sert à composer les tabliers du pont, ainsi que les bordages qui règnent autour.

Le pont bâti par Brown sur l'Erié, est le plus grand pont de bois à arches aujourd'hui connu. Il passe par-dessus une gorge immense, qui n'a pas moins de 53 mètres de largeur et 30 mètres de profondeur. Avec le pont à arches construit par Bun, à Tyer,

ces deux ouvrages en bois représentent les plus grandioses monuments de ce genre.

Sur le chemin de fer du Pacifique Sud (*Southern Pacific*) on rencontre beaucoup de ponts de bois : le puissant fleuve du Colorado est franchi sur un pont en charpente (fig. 355).

On se tromperait donc beaucoup si l'on

croyait que le bois a perdu de son importance en Amérique, comme matière de construction. Sans doute, dans les États de l'Est, on a, aujourd'hui, remplacé par des ouvrages de fer toutes les charpentes qui avaient formé le premier matériel des voies ferrées ; mais le bois domine encore dans l'extrême Ouest ; et l'on continue d'utiliser les arbres

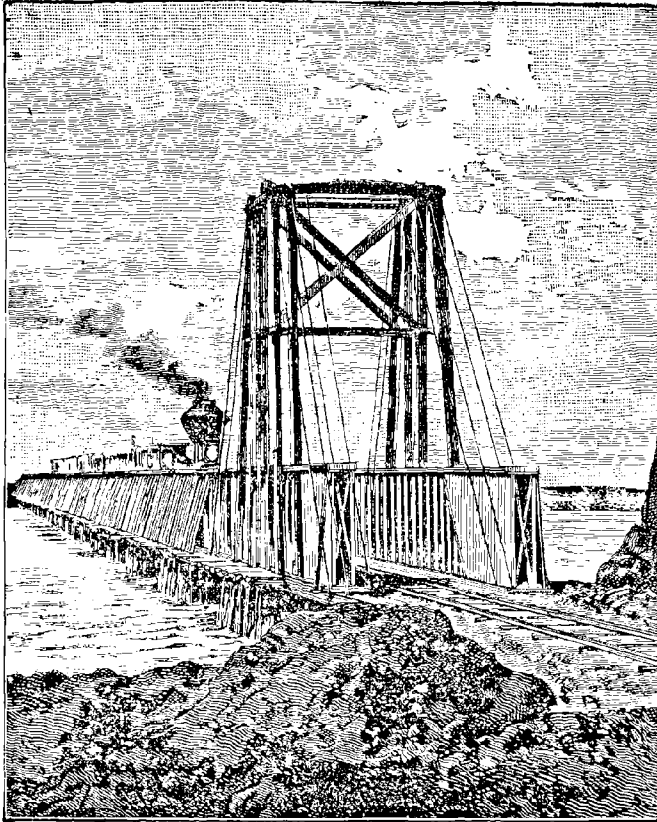


Fig. 355. — Pont de bois sur le chemin du Colorado

des forêts pour faire franchir aux trains de chemins de fer les gouffres, les ravins et les cours d'eau. Souvent aussi, au lieu de remblais, on élève encore des viaducs en bois.

On appelle, avons-nous dit, *trestle works* (ouvrages en treillis) le mode d'assemblage des pièces de bois qui donne de la résistance et de l'élasticité au tablier et aux bordages des ponts. Les faibles dimensions de chaque poutre obligent à multiplier les supports du

tablier des ponts comme ceux des viaducs. Ce genre de construction en bois permet d'élever de très longs viaducs, pour franchir les vallées à de grandes hauteurs.

La figure 356 représente un viaduc de bois du railway du Pacifique, et la figure 357 le magnifique viaduc en bois jeté sur la Dale Creek, sur le chemin de fer de l'Union.

Ce dernier viaduc se trouve à 7 kilomètres au delà de la station de Sherman

Il traverse, sur une longueur de 23 mètres, une gorge sauvage, de 38 mètres de profondeur, au fond de laquelle la rivière coule, avec un fracas terrible.

En résumé, les ponts et viaducs en bois sont encore un des éléments importants de l'industrie des voies ferrées américaines. Nous n'avons pas besoin d'ajouter que la solidité absolue est loin d'être assurée à de

tels ouvrages, et que, par intervalles, quelque catastrophe vient prouver que la sécurité fait défaut aux viaducs de bois. Les Américains en prennent leur parti, dans leur désir d'aller vite à tout prix.

Le plus important des viaducs de bois était celui de *Portage*, construit par Feeman, en 1852, qui traversait le défilé de Genessée. Sa longueur était de 260 mètres. Il était

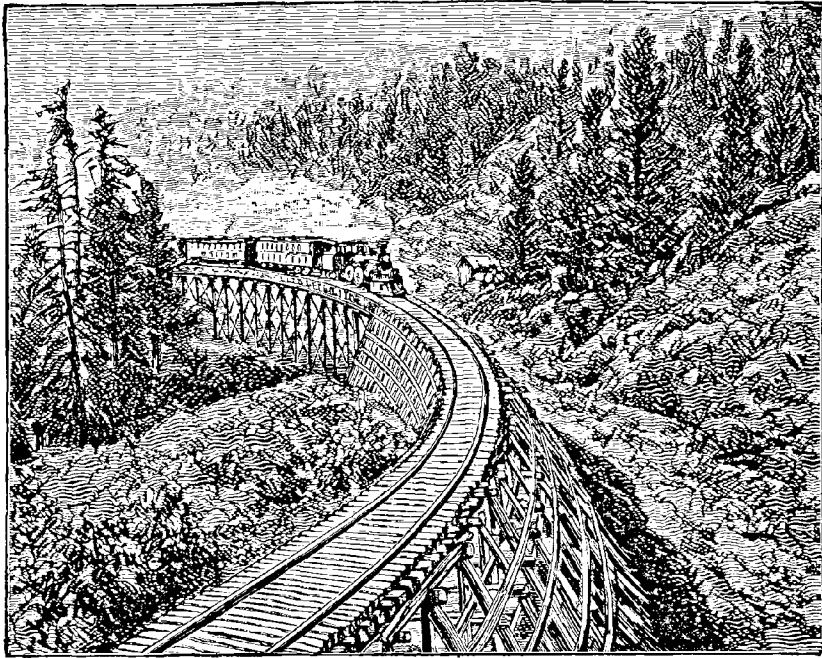


Fig. 356. — Viaduc en bois sur le chemin de fer du Pacifique.

porté sur des piliers hauts de 62 mètres, et formait cinq étages. Détruit par un incendie, en 1876, il fut remplacé par un pont de fer.

Ponts en poutres métalliques. — Si les forêts du Nouveau monde offrent des ressources inappréciables en bois de construction, d'autre part, les usines américaines fournissent aujourd'hui, à un prix excessivement bas, le fer, l'agent essentiel de l'art des constructions ; de sorte que, dans ce pays, l'industrie rivalise avec la nature. De ces heureuses conditions les ingénieurs de chemins de fer ont tiré un parti extraor-

dinaire, pour la construction des ponts et viaducs métalliques. Grâce à des modifications fondamentales dans l'assemblage des parties métalliques, il sont parvenus à réaliser des prodiges en ce genre. Ils ont obtenu des portées de pont d'une longueur inouïe, et placé les tabliers à des hauteurs vertigineuses. Au moyen de piliers, sortes d'immenses tours, dont la rigidité est absolue, malgré leur élévation excessive, ils ont édifié des monuments d'une hauteur stupéfiante. Et malgré leur apparente fragilité, malgré leur aspect produisant sur l'œil du spectateur l'effet d'un tissu aérien,

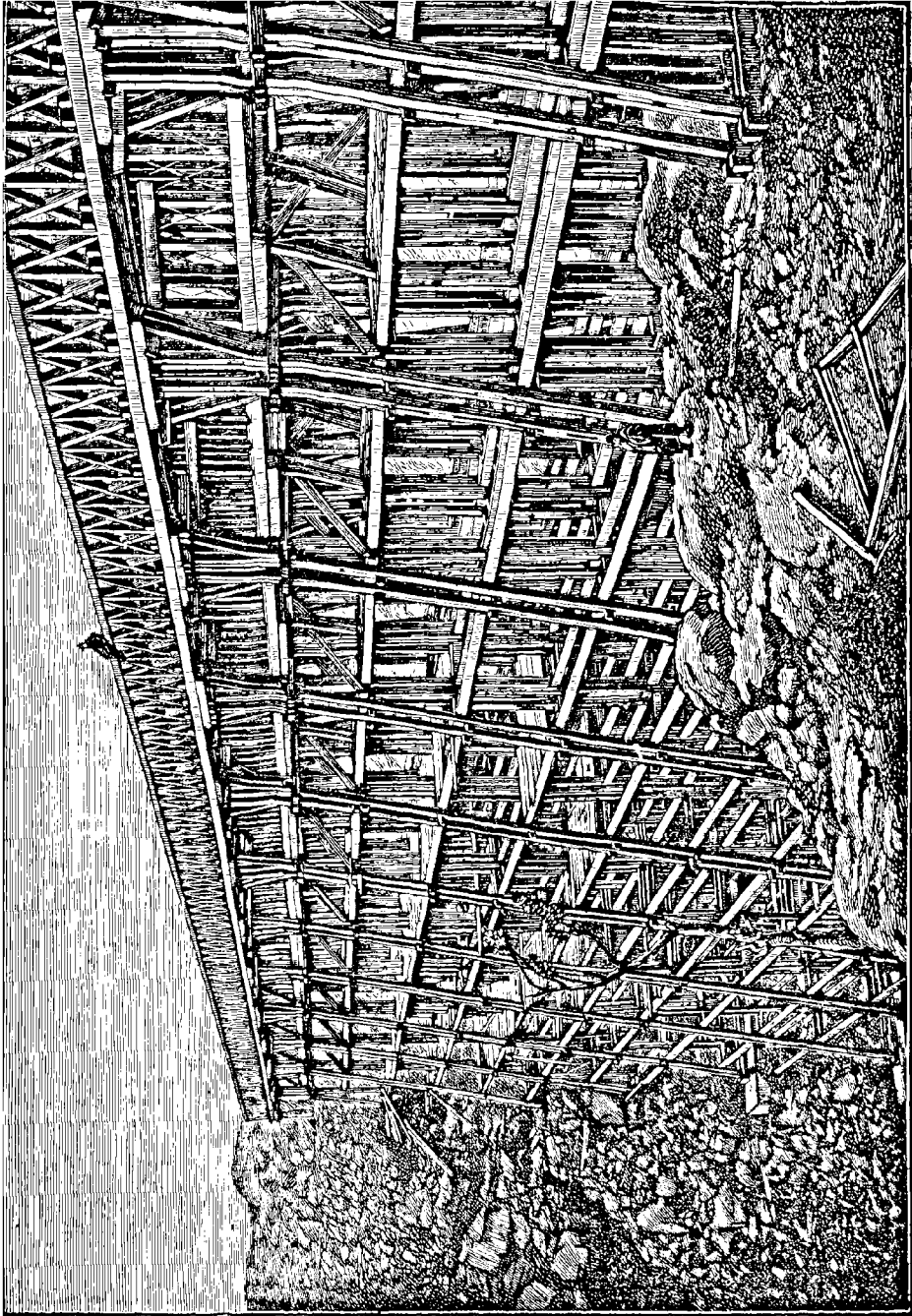


Fig. 337. — Viaduc en bois sur la Dale Creek, chemin de fer de l'Unon.

ces constructions défient tout accident, et résistent aux plus rudes assauts de la nature.

Par quel agencement mécanique les ingénieurs américains sont-ils arrivés à ce résultat ?

Ils composent le tablier du pont, les piliers de soutènement, les tirants obliques ou les bordages, avec des poutres métalliques, composées de pièces réunies, non

avec des rivets, c'est-à-dire avec de gros clous que l'on fixe en place, mais avec des boulons, ou des jointures, sortes de pattes s'articulant de pièce en pièce. Tandis que nos poutres métalliques forment un tout homogène, par suite du rivetage, les poutres métalliques des ingénieurs américains sont simplement réunies par une articulation, qui laisse entre elles un certain jeu.

Le système des poutres en treillis assem-

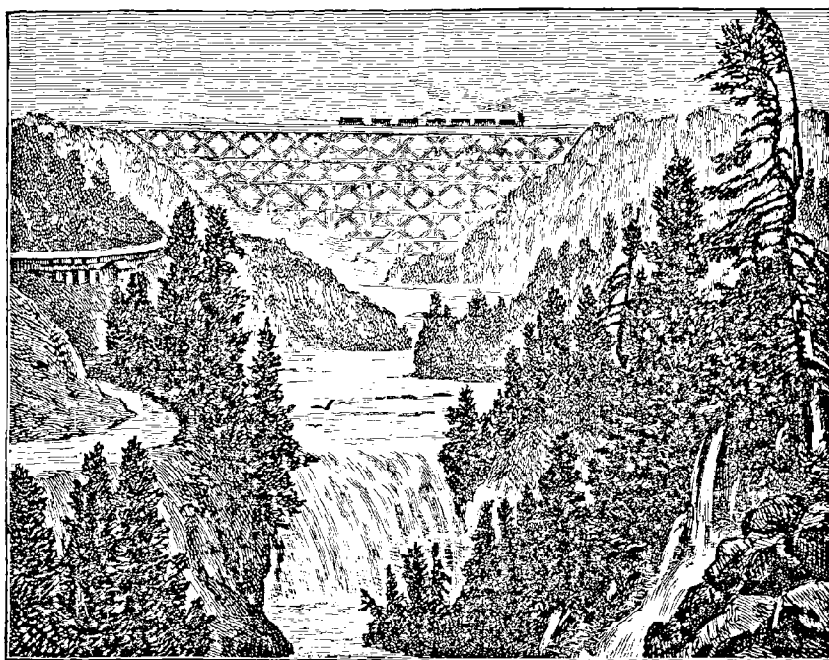


Fig. 358. — Ancien viaduc en bois, de Portage.

blées par le boulonnage, est, pour le dire en passant, une application des idées qui avaient servi à composer les poutres de bois à treillis pour les ouvrages en charpente, c'est-à-dire les *trestle works*. Les ponts en charpente ont servi de modèle aux ponts de fer. Le principe de l'assemblage est, en effet, le même. Les piliers de soutènement du tablier des ponts en charpente, sont toujours en très grand nombre : c'est ce que l'on retrouve dans les ponts métalliques.

On a beaucoup critiqué, à la *Société des*

ingénieurs civils de Paris, le système américain ; mais, ce système ayant donné des preuves éclatantes de sa valeur, il est permis de croire qu'il a du bon.

Les avantages de ce mode particulier d'assemblage sont que l'ouvrage total a une plus grande élasticité et résiste à toutes les variations de température.

Ajoutons que tout le travail s'opère dans l'usine ; de sorte que le montage s'exécute avec une rapidité inouïe et une précision mathématique. Les ponts se terminent, non sur place mais dans l'atelier, et une fois

amenés sur les deux rives, ils sont montés avec une rapidité fabuleuse.

La meilleure manière de prouver que la résistance des ingénieurs français au système des ponts américains, était mal inspirée, c'est que le plus beau monument de l'art en ce genre, que nous possédions en France, c'est-à-dire le viaduc de Garabit, édifié en 1884, a été exécuté d'après le principe américain, c'est-à-dire fabriqué

dans l'usine avec des poutres métalliques à treillis, et qu'avec les pièces séparées apportées de l'usine il a été monté en quelques jours. Cet exemple a converti beaucoup d'hommes de l'art, en même temps qu'il nous a dotés du plus beau viaduc métallique dont notre pays puisse se glorifier (1).

Grâce à l'emploi des poutres métalliques à treillis, la construction des ponts est, disons-nous, prodigieusement courte. On

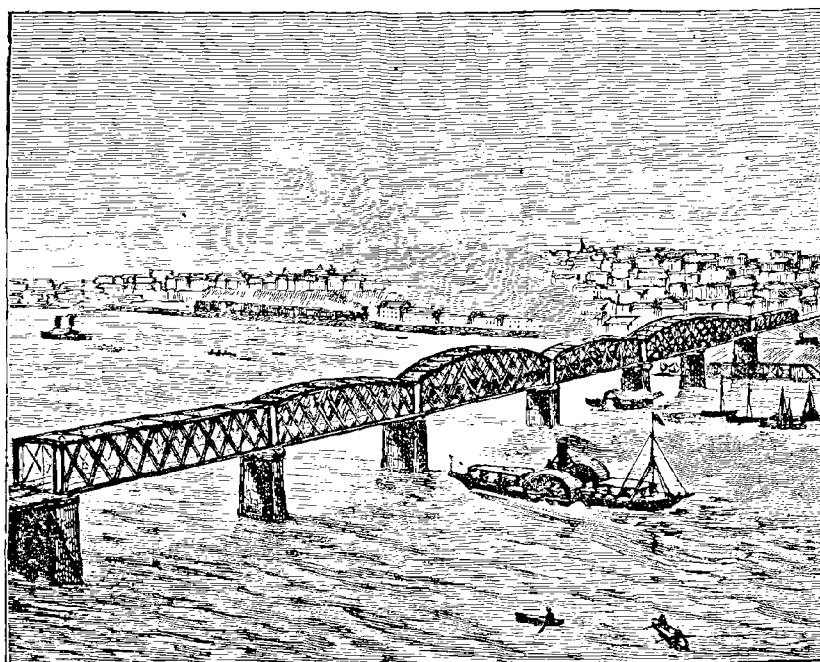


Fig. 359. — Pont en treillis de fer de Kansas-City, sur le Missouri.

trouve dans un rapport d'ingénieurs de chemins de fer des États-Unis, qu'un viaduc en treillis métallique, long de 152 mètres, posé à 18 mètres de hauteur du sol, fut exécuté en 10 heures par 20 ouvriers.

Le pont du chemin de fer qui franchit le Mississipi, à 23 milles au-dessus de Saint-Louis, qui a une longueur de 623 mètres, et qui, en raison de la navigation, possède un champ tournant de 135 mètres, fut terminé dans 150 journées de travail, sans que l'on eût à faire aucun sacrifice d'économie ni de sécurité. Un pont de chemin de

fer à deux voies, de 56 mètres de portée, fut terminé en 17 jours, et le montage

(1) Le viaduc de Garabit, dans le Cantal, le plus hardi de tous les ouvrages métalliques qui aient été exécutés jusqu'à ce jour en Europe, fait partie de la ligne de Neussargues à Marvejols, sur le réseau du Midi, dernier tronçon de la ligne méridienne reliant Paris à Barcelone, par Clermont-Ferrand, Béziers, Narbonne et Perpignan. Il est l'œuvre de notre éminent constructeur M. G. Eiffel, déjà auteur du célèbre pont sur le Douro, en Portugal, qui fut si remarqué à l'Exposition universelle de 1878, où figuraient ses dessins et modèles. La construction du viaduc de Garabit a été dirigée par M. M. Lefranc et Boyer, ingénieurs de l'État.

Ce viaduc, d'une longueur totale de 565 mètres, franchit la rivière la Truyère par un arc métallique de 165 mètres d'ouverture et de 129 mètres de hauteur.

n'exigea pas plus de 22 heures ! A la place du gigantesque viaduc de Portage, en bois, du chemin de fer de l'Érié, viaduc détruit, comme nous l'avons dit, par un incendie en 1876, on établit en 82 jours une construction de fer de 250 mètres de long et de 62 mètres de hauteur. Un pont de 183 mètres, jeté sur le Sacc, fut remplacé par un pont en fer, construit à cet effet, 40 jours après que l'ancien pont eût été détruit par le feu. Le pont définitif avait été commandé par télégraphe.

La figure 359 (page 621), qui représente le pont à treillis de Kansas-City, sur le Missouri, donne une idée exacte des ponts américains construits avec des poutres métalliques.

Les poutres métalliques ont servi à édifier deux ouvrages tout à fait extraordinaires, au point de vue de la hauteur. Le viaduc de Warrugas, sur le chemin de fer des Andes du Pérou, entre Lima et Oroya (figure 360, page 623), est porté sur des piliers en forme de tours tellement élevés qu'il semblent de loin se perdre dans les nues.

La hauteur du viaduc de Warrugas a été dépassée par celle d'autres monuments : nous voulons parler des viaducs de Kentucky, sur le *Southern Railway* (chemin de fer du Sud) le Cincinnati et le viaduc de Kinsua, sur un embranchement de la voie de l'Érié, conduisant à Elky-County.

A l'endroit où se trouve le premier de ces viaducs, la rivière de Kentucky coule dans une gorge large de 300 à 400 mètres,

c'est-à-dire à une élévation plus grande que la colonne Vendôme que l'on superposerait au sommet des tours de Notre-Dame.

Rien n'égale la merveilleuse simplicité des moyens qui ont été employés pour exécuter cet arc immense, si ce n'est la précision mathématique avec laquelle elle est effectuée, grâce aux calculs qui avaient prévu et réglé les plus infimes variations des pièces métalliques qui le composent. C'est ainsi que les deux sections de l'arc, soutenues dans l'espace par des câbles métalliques amarrés à la grande poutre destinée à supporter la voie ferrée, se sont si parfaitement rejoins, que le clavage, terminant le montage, a pu s'effectuer immédiatement.

profonde de 96 à 140 mètres, et qui est formée de parois abruptes et dénudées. Les hautes eaux atteignent parfois l'énorme hauteur de 17 mètres. Par suite de la courbure du fleuve et du fond boueux, très profond par places, il fallait limiter autant que possible le nombre des piliers-tours en fer, ayant chacun 53 mètres de hauteur et reposant sur des fondations de fer. La voie s'étend au-dessus des piliers, sur une longueur de 343 mètres. Malgré l'énorme distance entre les contreforts du rivage et les deux piliers, qui est de 114 mètres des deux côtés, on dut renoncer à placer des charpentes, et le gigantesque treillis fut monté d'une façon indépendante. Or, le montage ne prit que 4 mois (d'octobre 1876 à février 1867) avec 13 hommes en moyenne, par jour.

Sous le rapport de l'élégance de la construction et de la hauteur, le viaduc de Kentucky est encore dépassé par le viaduc de Kinzua, qui a été terminé en 1882. C'est actuellement le plus long viaduc du monde. Il franchit sur une longueur de 625 mètres et à une hauteur de 92 mètres, la vallée de Kinzua. Les supports reposent sur 20 piliers-tours, qui, en moyenne, sont distants de 30 mètres les uns des autres. Les piliers sont établis par étages de 10 mètres. Le montage de cette œuvre gigantesque en fer a pu être opéré sans l'aide d'aucune charpente.

La vallée de Kinzua est encaissée entre deux versants escarpés et couverts de forêts de pins. Elle est traversée par le lit d'un torrent qui va se jeter dans la rivière Alleghany. Ce torrent se transforme en automne, et surtout au printemps, en un fleuve d'une formidable puissance.

En présence des difficultés que l'on avait rencontrées dans les études du chemin de fer de Buffalo à Pittsburg, MM. Barnes et Pugsley, ingénieurs, présentèrent, pour franchir la vallée de Kinzua, le projet de cet ouvrage d'art.

Le viaduc de Kinzua se compose d'un tablier métallique, d'une longueur de 616 mètres. Le niveau des rails est à 92 mètres au-dessus de l'étiage. Il comprend 20 arches.

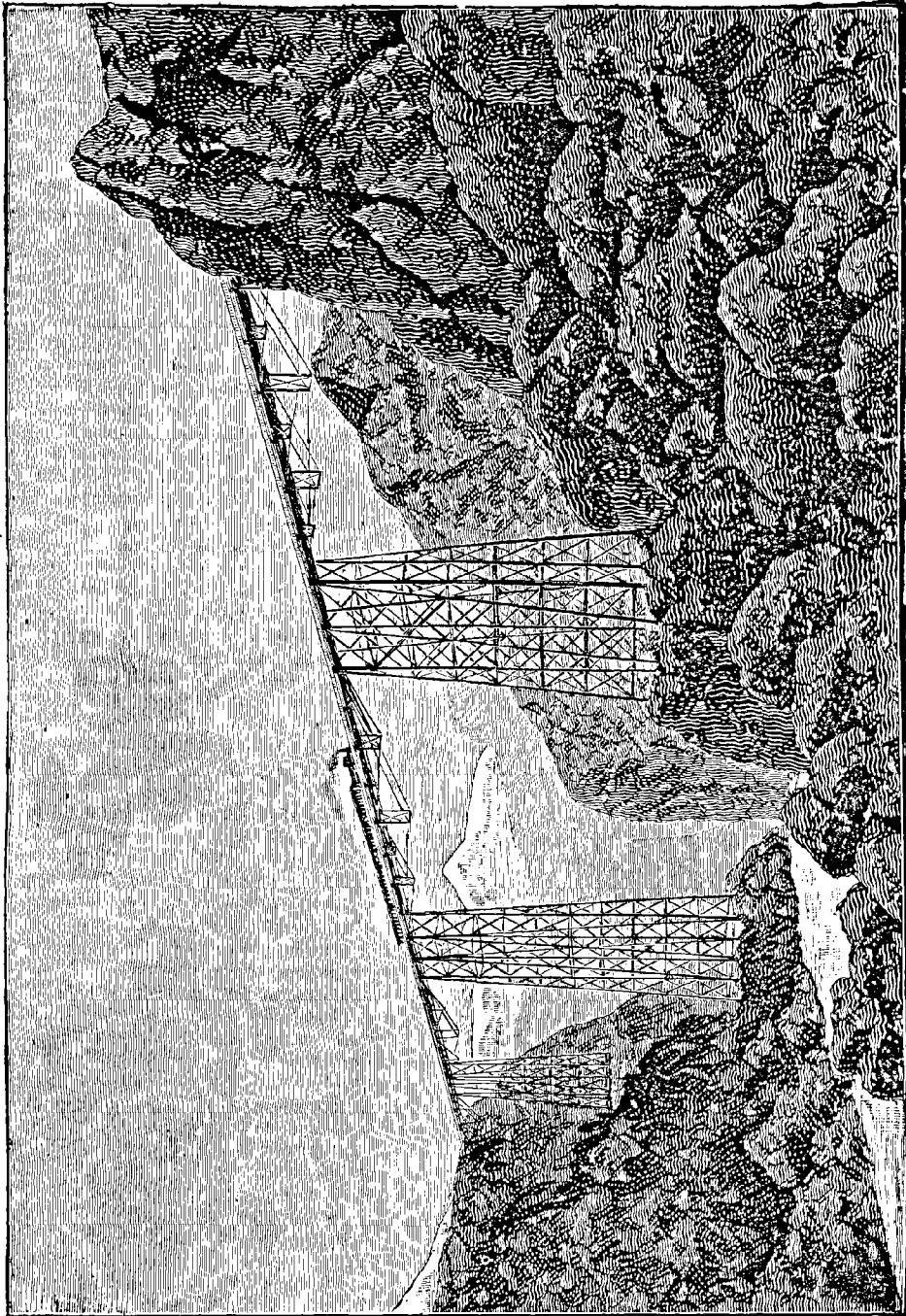


Fig. 300. — Viaduc de Varrugas sur le chemin de fer des Andes au Pérou.

de 18^m, 30 d'ouverture, dont les fondations reposent sur le roc solide. Chaque pile se compose d'un fort socle en maçonnerie; sur lequel s'élève une tour métallique, formée de colonnes en fer. Ces colonnes furent montées par sections de 9 mètres, et trans-

portées à pied-d'œuvre de l'usine de Phœnixville, laquelle était chargée de l'entreprise des parties métalliques. Les sections sont réunies les unes aux autres par des joints à manchons en fer forgé, placés à l'intérieur des colonnes et boulonnés aux deux pièces à réunir. Les quatre colonnes composant chaque tour sont solidement réunies entre elles par des poutres en treillis, et de grands boulons placés en diagonale traversant les joints à manchons.

Les piliers furent établis successivement, puis le tablier du pont fut posé à la partie supérieure, au fur et à mesure l'avancement des charpentes en fer.

La construction a été calculée pour résister, dans la section la plus fatiguée de la plus haute pile, à une pression du vent de 5,400 kilogrammes par mètre superficiel. Les efforts longitudinaux sont contre-balançés par un contreventement en poutres de bois, de fort équarrissage, s'étendant sur toute la longueur du viaduc.

L'ensemble de ce travail n'a demandé qu'une année pour être accompli. Le prix total de l'entreprise ne s'élève qu'à 300,000 dollars (environ 1,500,000 francs).

Le viaduc de Kinzua dépasse de 12 mètres la longueur du pont suspendu des chutes du Niagara.

Depuis le commencement de 1879, les États-Unis comptent dans leurs voies ferrées un viaduc jeté au-dessus de la vallée de Cuyahoga, à Cleveland (État de l'Ohio). Ce pont-viaduc réunit les deux rives de la rivière Cuyahoga. Ses dimensions sont immenses. On s'en fera une idée quand on saura que sept voitures attelées peuvent y marcher de front, et que sur chaque bas-côté quatre hommes peuvent se tenir de front.

La largeur de ce pont est de 19 mètres et demi, sur lesquels 12 mètres sont pris pour la route des voitures. Le temps nécessaire à la traversée de cette voie est d'un

quart d'heure, en marchant d'un pas ordinaire. Cette distance représente presque 1 kilomètre. 1440 tonnes de fer sont entrées dans cette construction ; la dépense a atteint 10,757,300 francs ; c'est pour cela qu'un droit de péage est perçu : il est de 5 centimes par personne.

Du haut de ce pont la vue est magnifique. On voit à droite le lac Érié ; à ses pieds, une activité considérable sur la rivièrre. Des fabriques, des églises, des maisons, des rues très fréquentées, se montrent au spectateur ; à gauche est une large vallée bordée de coteaux boisés, et de nombreuses lignes de chemins de fer sillonnent ce paysage.

C'est grâce aux parties métalliques boulonnées que l'on avait conçu à l'Exposition de Philadelphie, en 1879, l'idée d'élever une tour de plus de 300 mètres de hauteur, sous forme de pilier à treillis, comme « monument gigantesque de l'art architectural de l'ingénieur. » Les piliers avaient déjà été préparés. On ne sait pourquoi le projet n'a pas été mis à exécution.

C'est ce même projet qui, repris par un ingénieur français, M. Eiffel, a été exécuté pour l'Exposition universelle de Paris, de 1889.

Le plus long pont de chemin de fer à treillis en Amérique est le pont *Royal-Albert*, qui passe près de Montréal, dans le Canada, au-dessus du fleuve Saint-Laurent. Il a près de trois milles anglais de long. Il est à deux chaussées, formant deux étages, l'un au-dessus de l'autre. Chaque chaussée a trois travées, en forme de tunnel, fermées en haut ; de sorte qu'il y a en tout à proprement parler six voies. La division est telle que la partie moyenne du pont est réservée pour deux chemins de fer. L'étage inférieur a une voie, l'étage supérieur a deux voies, et les deux parties latérales sont également à deux étages, pour les cavaliers et les voitures.

A Montréal, un second pont à grille, | fleuve Saint-Laurent. C'est le *pont Victoria*
 plus ancien encore, traverse le puissant (fig. 173). C'était naguère le plus long pont



Fig. 361. — Le pont Saint-Louis, sur le Mississippi.

de chemin de fer du monde, mais il a été
 dépassé par le pont jeté sur la Tay, en
 Écosse, qui a 3, 156 mètres de longueur.

Le pont Victoria est long de 1,500 mètres.
 L'emploi des poutres en treillis et des
 supports de même nature écarte la struc-

ture du pont en arches, selon le vieux système de ce genre de construction, autrefois le seul usité dans tous les pays. On pourrait donc croire qu'il n'existe aucun pont métallique à arches aux États-Unis. Il en existe un pourtant, et c'est le plus renommé dans tout le nouveau monde. Il s'agit du pont Saint-Louis, dont nous avons parlé plus haut. Ce pont, qui a été construit de 1868 à 1872, sur le Mississippi, présente deux tabliers superposés, l'un inférieur pour la circulation des trains de chemins

de fer, l'autre supérieur, pour les voitures et piétons.

La ville de Saint-Louis est bâtie sur la rive droite (Ouest) du Mississippi, 20 kilomètres en aval du confluent du Missouri. À ce confluent les deux rivières coulent encore l'une à côté de l'autre, sans paraître se mélanger ; car les eaux jaunâtres du Missouri suivent la rive droite, tandis que les eaux claires du Mississippi coulent à gauche. Le lit du fleuve présente à Saint-Louis un rétrécissement, qui augmente beaucoup la rapidité

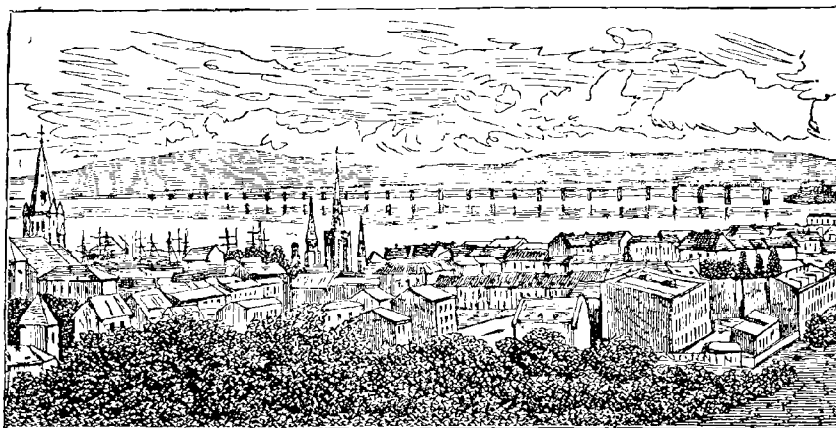


Fig. 362. — Le pont Victoria, sur le Saint-Laurent, à Montréal (Canada)

du courant, et rend très mouvante la masse de sable sur laquelle roulent ses eaux. Tandis que le Missouri a près de 900 mètres de largeur à Omaha, les deux cours d'eau réunis n'ont guère que 500 mètres à Saint-Louis, à la hauteur des eaux ordinaires, c'est-à-dire à 8 mètres environ en contre-bas des hautes eaux et à 4 mètres en contre-haut des basses eaux. En été, les bateaux trouvent un mouillage de 5 mètres environ, sur un fond de sable fin et terreux. Le roc est par-dessous, à une profondeur qui varie de 20 à 40 mètres. Les affouillements, les débâcles de glace et le choc des bateaux ou des grands arbres arrachés aux rives, sont très à redouter ; et la grande profondeur à laquelle il fallait aller chercher le roc solide, rendit très difficile le travail des fondations.

On a vu dans la figure 361 (page 625) le pont Saint-Louis, l'une des merveilles de l'art de l'ingénieur en Amérique.

Le pont Saint-Louis, large de 16 mètres, présente deux étages superposés à 8 mètres de distance. En haut, dominant de 30 mètres environ le niveau ordinaire des eaux, est une chaussée, pour la route ordinaire, avec deux trottoirs latéraux. En bas sont les deux voies de chemin de fer et un passage de trois mètres, réservé entre les deux voies. Les deux tabliers sont supportés par quatre arcs en acier, portant sur des montants métalliques.

L'ouverture des arcs est de 158 mètres pour la travée centrale, et 150 mètres pour chacune des travées latérales. Une inclinaison de 15 millimètres par mètre suffit

pour raccorder la route avec les voies de fer. Celles-ci présentent également deux rampes en sens inverse.

Les quatre arcs de chaque travée ont 4 mètres chacun de hauteur total ; mais l'arc est formé de deux tubes de 0^m,45 de diamètre extérieur, maintenu à 3^m,66 de distance d'axe en axe. Les tubes sont en acier, et les pièces qui les relient sont en fer.

Le pont est supporté par trois travées métalliques. Celle du milieu, a 158 mètres de portée ; celles des extrémités ont, l'une et l'autre, 170 mètres.

Le système de construction qui a été suivi, consiste à réunir quatre séries d'arcs tubulaires en acier espacés, les deux du milieu de 3^m,66 entre eux, et les deux extrêmes de 5^m,03 avec la série voisine.

Une série à deux rangs de tubes super-

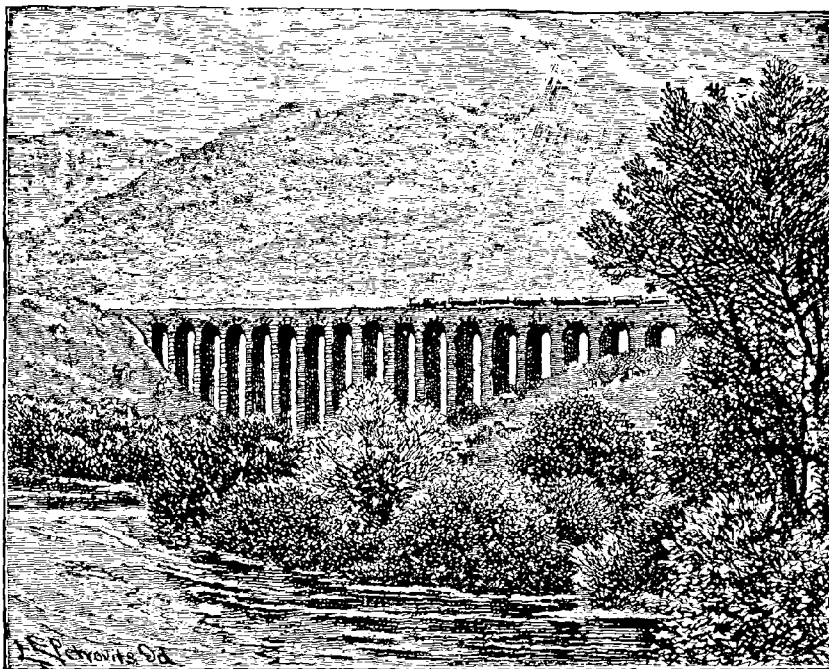


Fig. 363. — Viaduc de Starrucca.

posés laisse entre eux un intervalle de 3^m,66.

La flèche est de 18^m,20 pour la travée centrale, et de 17^m,20 pour les deux autres.

La largeur du pont est de 16^m,60.

Il y a, comme nous l'avons dit, deux tabliers, l'un pour le chemin de fer, l'autre à 8 mètres au-dessus du premier.

Les tubes, qui sont en acier laminé, et forment les deux semelles du treillis curviligne qui constitue chaque ferme, ont une longueur moyenne de 3^m,60 et un diamètre extérieur de 0^m,46. Chacun d'eux se ter-

mine par une série de rainures parallèles, dans lesquelles viennent s'engager les saillies d'un manchon en deux pièces, pour l'assemblage des tubes entre eux.

Les segments sont reliés par une chemise d'acier de 1 millimètre d'épaisseur et par un grand nombre de boulins, également en acier, de 0^m,016 de diamètre.

Les fondations des piles ont été faites au moyen de l'air comprimé, avec des caissons en tôle.

La dernière construction en pierre que nous ayons à signaler, près le pont Saint

Louis, est le viaduc de Starrucca, avec ses dix-sept arches à grande portée.

Ponts suspendus. — On construit beaucoup de ponts suspendus dans les deux Amériques, mais un bien petit nombre est consacré à recevoir des voies ferrées. En Europe, on redoute encore le défaut de résistance du fil de fer, son altération à l'air ou dans le sol, et les variations de température qui répartissent inégalement les charges. Mais les Américains ont beaucoup perfectionné le mode de suspension et la disposition des chaînes servant de support; de sorte qu'ils ne craignent aucunement de faire passer des locomotives sur le tablier d'un pont suspendu.

Les perfectionnements apportés, aux États-Unis, dans la construction des ponts suspendus, consistent dans l'addition de haubans et de câbles d'amarrage multipliés, dans l'inclinaison du plan des câbles, et dans une certaine rigidité donnée au tablier, ce qui a fait acquérir à ce système de construction, une stabilité bien supérieure à celle qu'il présente dans les ponts européens.

On a construit aux États-Unis, depuis l'année 1840 environ, six grands ponts suspendus : trois sur le Niagara, un sur l'Alleghany et deux sur l'Ohio, sans parler du magnifique pont suspendu de New York à Brooklyn.

Ces ponts modernes diffèrent des nôtres, on le reconnaît à première vue, par l'addition de nouveaux organes, qui sont : 1° des poutres longitudinales placées non seulement sur les rives, où elles ont l'office de garde-corps, mais dans l'intervalle qui les sépare; 2° des tirants inclinés aux haubans, portant des tours qui supportent les câbles de suspension et viennent s'attacher au tablier, jusqu'à une certaine distance des tours; 3° des amarres extérieures et diversement inclinées, qui relient le tablier avec les berges d'amont et d'aval.

La possibilité bien reconnue de faire ser-

vir les ponts suspendus, dont la construction est si économique, au passage des convois de chemin de fer, décida, en 1859, les ingénieurs américains à se servir de ce système pour relier, par-dessus le fleuve du Niagara, les chemins de fer du Canada à ceux des États-Unis.

Après le pont suspendu du Niagara, on établit le même système à Pittsburg, en Amérique. Vint ensuite le pont de Cincinnati.

Le pont de Cincinnati, qui a 322 mètres d'ouverture, et 30^m, 50 de hauteur au-dessus de l'eau présente, comme celui de Pittsburg (et avec une largeur un peu moindre), une double voie charretière, entre deux passages de piétons. Il n'y a ici que deux câbles, au lieu de quatre; mais la voie charretière est comprise entre deux poutres de 3^m, 10 de hauteur, et les gardes corps des trottoirs sont aussi des poutres de moindre hauteur. Les tiges de suspension viennent s'attacher sous les grandes poutres, dans la partie centrale du pont, et sous les petites dans les parties voisines des piles. Les tours s'élèvent à 40 mètres au-dessus du plancher, et le nombre des haubans est porté à 20 par demi-câble.

Ce pont a coûté près de 9 millions de francs.

Enfin, les célèbres chutes du Niagara furent franchies, en 1869, par un pont suspendu.

Le Niagara est traversé, dans le milieu de sa largeur, par un barrage naturel de rochers, hauts de 50 mètres, d'où les eaux s'élancent, en formant ce que l'on appelle le *saut du Niagara*.

Depuis le lac Érié jusqu'aux chutes, le Niagara arrive toujours en déclinant par une pente rapide; de sorte qu'au moment de la chute c'est moins un fleuve qu'une mer dont les torrents se précipitent dans le gouffre. La cataracte se divise en deux branches, et se courbe en fer à cheval. Il

existe entre les chutes une île, l'*île aux chèvres*, qui semble se perdre dans le chaos des ondes. La masse d'eau qui se déverse dans l'abîme, s'arrondit en un vaste cylindre, puis se déroule en nappe de neige, reflétant au soleil ses couleurs irisées. L'eau qui

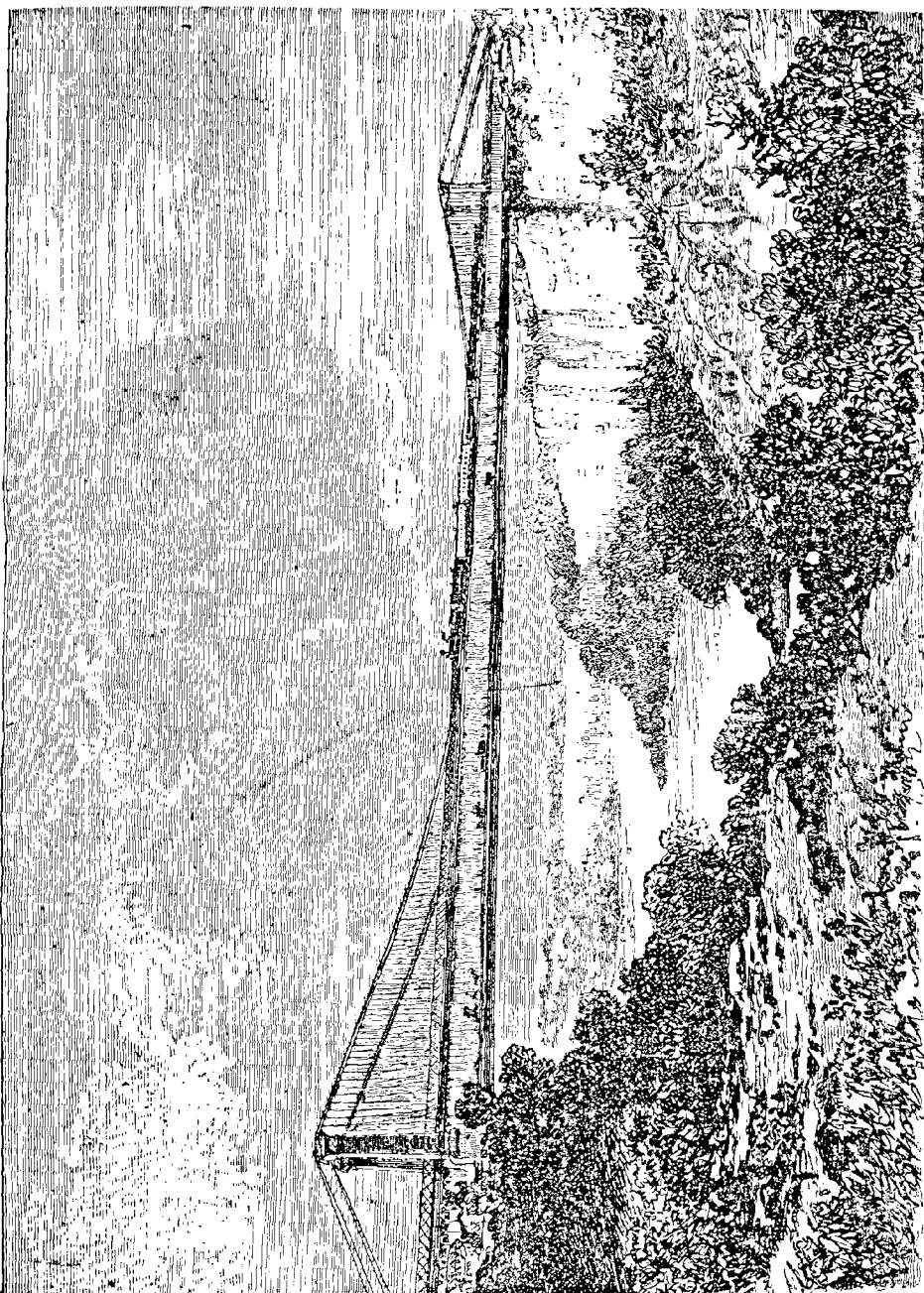


Fig. 364. — Pont suspendu sur les chutes du Niagara.

tombe descend comme un torrent diluvien. En frappant le roc, elle rejaillit en tourbillons d'écume, qui s'élèvent au-dessus des forêts, sur les rives du fleuve, en formant une colonne immense et toute blanchissante. Des pins, des noyers, des sapins forment un décor superbe à cette grande scène de la nature, qui a toujours été, pour les

touristes, l'objet d'une visite du plus haut intérêt.

Les deux sections de la cataracte appartiennent, l'une aux États-Unis, l'autre au Canada : elles ont, respectivement, 330 et 550 mètres de développement. La quantité d'eau qu'elles déversent a été évaluée à 250,000 hectolitres par seconde. Dans l'île boisée qui se trouve au milieu, on a percé des allées, qui dessinent une promenade. Un pont réunit l'île à l'une des rives. Dans l'île aux chèvres, un escalier adossé à la roche conduit au pied de la cataracte. Des gradins glissants permettent même de pénétrer sous l'immense voûte liquide de la cataracte, qui a 6 à 8 mètres d'épaisseur, et ressemble à une masse de cristal verdâtre. Ce dangereux escalier conduit à une petite grotte creusée dans le roc, où l'on peut respirer et se reposer : on la nomme la *grotte des vents*, parce que l'air y est sans cesse dans un grand état d'agitation. Cette descente sous la voûte liquide est périlleuse, à cause des éboulements de la rive, dont on est toujours menacé. Aussi le guide délivre-t-il un certificat au touriste qui a eu le courage de descendre dans ces humides ténèbres. Les bords de l'île et les rivages du Niagara ne sont pas, du reste, plus rassurants : car, chaque jour, des blocs de roches minées par les tourbillons, s'écroulent, exposant les visiteurs à être entraînés dans l'abîme.

M. Malézieux, dans son remarquable ouvrage sur les *Travaux publics des États-Unis*, a donné la description suivante du pont suspendu du Niagara :

« La chute du Niagara, divisée en deux parties par un îlot, se produit par un coude à angle droit. Les eaux réunies en aval s'écoulent vers le nord par un lit de près de 400 mètres de largeur, rectiligne sur 4 kilomètres environ. Les berges abruptes s'élèvent à 60 mètres de hauteur moyenne au-dessus de l'eau qui coule sur une profondeur presque égale. Le pont dont nous nous occupons est à 300 mètres en aval de la chute américaine.

La distance entre les points de suspension est de 386^m,84. C'est la plus grande distance qu'aucun pont ait jamais franchie sans supports intermédiaires, L'élévation du tablier au-dessus du plan d'eau est, savoir :

Contre la rive canadienne.....	55 ^m ,81
Contre la rive américaine.....	58 ^m ,34
Au milieu du pont.....	58 ^m ,40

Ce dernier nombre n'est d'ailleurs qu'une moyenne variable de 0^m,60 en plus ou en moins suivant les changements de la température, qui varie d'environ 60 degrés centigrades en cet endroit.

Il y a deux câbles de suspension seulement, Ils descendent au niveau du tablier dans le milieu du pont. En ce point minimum ils ne sont espacés que de 3^m,66 d'axe en axe, tandis qu'en haut des tours ils le sont de 12^m,81 ce qui fait un surplomb latéral de 4^m,57. La flèche est, verticalement, et à la température moyenne, de 2^m,70 ; dans le plan incliné du câble, elle est de 28^m,13.

Il y a douze haubans pour chaque demi-câble, quarante-huit en tout. Ils arrivent jusqu'à mi-chemin du centre. Le plus long hauban est tangent à la courbe du câble au point de suspension ; les autres vont s'attacher à la plate forme à des intervalles de 7^m,62. Leur diamètre varie de 0^m,08 à 0^m,14.

Ces douze haubans, qui se rapprochent en montant vers le haut de la tour, se joignent un peu avant d'y arriver et s'assemblent avec sept autres tiges réunies en un faisceau ; ce faisceau passe sur un chariot spécial, puis s'accroche au câble de suspension en descendant vers la terre, où d'ailleurs il trouve un amarrage distinct. Du côté de la rivière, les haubans descendent dans le plan des câbles de suspension, et un lien les rend jusqu'à un certain point solidaires de chacune des tiges de suspension qu'ils croisent.

Quatre liens horizontaux (deux vers chaque rive) en câble de 80 millimètres de diamètre, relient les deux câbles de suspension à une hauteur convenable pour ne pas gêner le passage. Quatre autres liens (deux encore pour chaque rive) partant du pied des tours, vont comme des brides de cheval s'attacher aux deux câbles à 33^m,55 de distance.

Des amarres extérieures fixées par un anneau à la semelle inférieure des poutres relient le tablier sous des inclinaisons variées à la crête de la berge ou à de gros blocs noyés dans le talus. Bien que ces amarres soient, comme les tiges de suspension, des câbles de 16 millimètres de diamètre, elles sont à peine visibles à l'œil nu ; nous ne les avons pas aperçues d'abord et nous ne les avons découvertes que successivement,

Elles s'étendent presque jusqu'au milieu du pont. Il y en a vingt-huit en amont et vingt-six en aval.

La tour de la rive gauche a 32^m,02 de hauteur, celle de la rive droite 30^m,50 ; elles atteignent ainsi

au même niveau. Chacune d'elles a la forme d'une pyramide tronquée. Elle sont séparées par un intervalle de 3^m,95 à la base; mais à une hauteur convenable les pièces horizontales se prolongent d'une pyramide à l'autre et en font une tour unique. Chaque pyramide est couronnée par un chapeau de fonte supportant le double chariot sur lequel passent le câble de suspension et celui des haubans réunis.

Les deux poutres longitudinales du tablier qui font garde-corps sur 1^m,50 de hauteur, sont en charpente et construites dans le système Howe. Les pièces de pont reposent sur les semelles inférieures. Deux séries de contre-fiches en fer contre-battent la poutre tant au dedans qu'au dehors. L'un des rails de la voie de fer est contigu aux contre-fiches intérieures d'aval, de sorte qu'il reste en amont de chaque voie assez d'espace pour que les piétons puissent partout circuler sans danger à côté des voitures ou des traîneaux. Une sonnerie qui met en communication les deux postes établis aux extrémités du pont, sert à empêcher que deux voitures marchant en sens contraire ne s'y engagent à la fois. »

Le plus magnifique spécimen de ponts suspendus américains, est le pont qui relie les deux villes de New York et de Brooklyn, par-dessus la rivière de l'Est. Nous ferons connaître avec tous les détails nécessaires le *magnifique pont de Brooklyn*, dans la notice sur les *Tramways*, à la fin de ce volume.

SOUTERRAINS ET TUNNELS.

Nous avons dit que les ingénieurs américains ont toujours cherché à éviter les tunnels, pour ne pas retarder la construction de leurs lignes, et qu'ils ont préféré, au lieu de percer des souterrains sous les montagnes et collines, donner aux locomotives assez de puissance pour remonter les rampes. Dans la traversée des grandes chaînes de montagnes, comme les montagnes Rocheuses et les Alleghanys, ils ont été obligés de creuser quelques tunnels; mais ces passages souterrains ont rarement plus de 500 mètres. On peut regarder comme une exception ceux qui ont 1,500 mètres de long, et on ne compte sur tout le réseau des États-Unis que quatre tunnels dont la longueur dépasse 2 kilomètres.

Quand aux procédés de creusement de ces voies souterraines, les ingénieurs américains se sont bornés à imiter ce qui se fait en Europe, leur préoccupation étant bien plutôt d'éviter les passages souterrains, que de perfectionner les méthodes de ce genre de travail. Disons pourtant que depuis les grands progrès faits en Europe dans l'art de percer les rochers par l'air comprimé, procédés si glorieusement inaugurés dans l'excavation des tunnels des Alpes, et que nous avons décrits dans le volume précédent de cet ouvrage, les ingénieurs américains les ont mis à profit; de sorte qu'il y a aujourd'hui plus de tendance, en Amérique, à entreprendre des galeries souterraines pour le passage des railways.

Quoi qu'il en soit, les tunnels se creusent, en Amérique, par les procédés ordinaires, c'est-à-dire avec le secours des puits d'extraction, leur longueur étant toujours médiocre et permettant l'établissement de puits d'aération, qui facilite le travail, et qui servent ensuite à l'aération du tunnel.

Les revêtements en maçonnerie des souterrains et tunnels sont rares, les terrains traversés étant, en général, des roches dures et peu altérables à l'air. Au lieu du revêtement en moellons ou en briques, qui protège tous les tunnels en Europe, on se sert, en Amérique, d'un simple revêtement en bois, du moins pendant les premiers temps de l'exploitation. Plus tard on a recours à la maçonnerie. Cela tient à la difficulté qu'il y aurait à transporter les moellons ou les briques, pour l'exécution de la maçonnerie, tant que la voie n'est pas établie.

Sur la ligne de Baltimore-Ohio et sur celle de Cincinnati, tous les souterrains ont été ainsi revêtus, d'abord en bois, puis en maçonnerie.

Des dispositions analogues ont été prises sur les lignes de l'*Union* et du *Central Pacifique*, enfin sur le *Southern-Pacific*, en Californie.

Quant aux essences de bois employées pour ce revêtement, on se sert de préférence de bois résineux dans les États du Sud, et de chêne dans ceux du Nord.

La durée moyenne d'un revêtement en bois est de huit ans, et seulement de trois ans, dans les souterrains humides et mal ventilés.

Il faut donc remplacer plusieurs fois ce boisement, tout provisoire qu'il est. Les souterrains des grandes lignes de Baltimore-Ohio et de Pensylvanie, déjà anciens, qui traversent les Alleghanys, sont revêtus en briques ou en moellons, partout où ce revêtement a été reconnu nécessaire.

Les tunnels qui ont présenté quelque intérêt dans leur exécution, sont ceux de Baltimore-Ohio; de l'Érié, du Delaware, Lackawanna et Western; du Chesapeake et Ohio; de la ligne du *Pacific*; du Cincinnati-Southern; de Nesquehoning, du Musconetcong, du Hoosac et de Sutro.

Notons également quelques souterrains qui ont été exécutés pour relier, dans les villes, des lignes de chemins de fer. Ce sont les souterrains de Pittsburg, de Saint-Louis et de Baltimore.

Nous devons une mention particulière au tunnel du Hoosac, le plus grand qui existe en Amérique, et qui présente pour nous cette particularité intéressante, qu'il a été creusé dans les mêmes conditions que le tunnel du mont Cenis, dont nous avons fait, dans le volume précédent de cet ouvrage, une étude approfondie : l'air comprimé a été l'agent du percement.

Le projet du tunnel du Hoosac avait été conçu pour la première fois, en 1845, pour établir une communication directe entre les eaux de l'Hudson et la mer, à Boston.

On voulait, au moyen de ce tunnel, établir une ligne ferrée directe de Boston à l'ouest, en traversant la montagne du Hoosac, afin d'attirer tout le trafic de l'ouest sur le port de Boston.

Le massif du Hoosac se compose de deux pics, séparés par une vallée. La longueur du tunnel qui les traverse, est de 7,643 mètres. Le pic le plus à l'est est à 1,860 mètres de l'entrée orientale, et à 432 mètres au-dessus du niveau de la voie ferrée. Le pic le plus à l'ouest est à 1,891 mètres de la même entrée du tunnel, et à 518 mètres au-dessus du niveau de la voie ferrée. Le niveau le plus bas de la vallée est à 244 mètres au-dessus du niveau de cette même voie. Les roches qui constituent la masse montagneuse, sont du plâtre micacé, injecté de veines quartzieuses.

Interrompus par la guerre de Sécession, les travaux furent repris en 1868; le percement de part en part fut terminé à la fin de novembre 1873.

Le système qui a servi à pratiquer les trous de mine, est analogue, ainsi que nous l'avons dit, à celui qui fut, plus tard, mis en usage au mont Cenis. Des chutes d'eau communiquaient le mouvement aux instruments perforateurs, et l'air comprimé était la force motrice.

La nitroglycérine fut l'agent employé pour faire éclater les roches. Le travail le plus difficile, le plus dispendieux, fut celui du puits d'aérage central. On rencontra des nappes d'eau considérables, dont l'épuisement exigea de puissantes machines, qui élevaient l'eau, à raison de 900 litres par minute, à trois étages successifs, séparés entre eux par une distance de 314 mètres.

Le tunnel du Hoosac mesure 6 mètres en hauteur, et 7^m,30 en largeur.

Les galeries partant de la tête de l'est et du puits central en allant vers l'est, se rencontrèrent le 12 décembre 1872, les deux autres, à l'ouest, se rencontrèrent le 27 novembre 1873. Ce n'est toutefois qu'un an plus tard, en décembre 1874, qu'eut lieu l'enlèvement complet des déblais.

L'air comprimé et les machines perforatrices Burleigh servirent dans la dernière

période du percement, c'est-à-dire en 1873. On employait, à chaque front d'attaque, six perforatrices, qui perçaient, chacune, en moyenne, une profondeur de trou de 0^m,30 par minute, en travaillant sous une pression de 5 atmosphères. On estime que l'emploi des perforatrices Burleigh a procuré une économie de temps et d'argent des deux tiers. La dynamite n° 1 employée à partir de 1870, et la poudre au mica (*mica powder*), introduite en 1874, pour les abatages complémentaires, donnèrent les résultats les plus satisfaisants.

Le revêtement du souterrain est partie en boisage, partie en maçonnerie.

C'est le 3 février 1875 que le premier train parcourut le souterrain du Hoosac. La circulation régulière des trains de voyageurs ne commença qu'en octobre de la même année ; et ce n'est que le 1^{er} juillet 1876, qu'il fut livré à l'exploitation.

Des travaux complémentaires ont dû, néanmoins, y être exécutés, jusqu'en 1877.

Ce tunnel n'est qu'à une seule voie. Pour assurer la sécurité des trains, il est partagé en quatre sections égales, par trois lampes, portant des indications qui permettent aux mécaniciens de régler la vitesse d'après leur position. Le télégraphe annonce, à chaque tête, l'entrée et la sortie des trains. Il faut 20 minutes pour le franchir.

L'exécution de ce tunnel exigea vingt-deux ans (de 1854 à 1876) et coûta 51.400.000 francs, soit, par mètre courant, 6,726 francs, c'est-à-dire beaucoup plus que le tunnel du mont Cenis.

Il est juste de faire remarquer que le tunnel du Hoosac ayant été creusé avant celui du mont Cenis, les ingénieurs américains n'avaient pu profiter des inventions remarquables de M. Daniel Colladon, qui ont tant simplifié et accéléré les travaux du mont Cenis, et surtout ceux du Saint-Gothard. A cette époque, les machines perforatrices laissaient beaucoup à désirer. Si

ces machines eussent alors existé à leur état complet de perfectionnement, elles auraient considérablement accéléré le temps de l'exécution de ce tunnel, et réduit la dépense.

Les tunnels sont plus fréquents sur les lignes de l'Amérique du Sud.

Nous représentons dans les figures 366-367, les tunnels de la ligne d'Oroya, sur le chemin de fer de Lima au Pérou qui traverse les Cordillères des Andes.

Une particularité intéressante des tunnels



Fig. 365. — Tunnel du Hoosac.

américains, c'est que quelques-uns ont été creusés sous l'eau.

A Chicago, on a percé, sous l'eau, deux tunnels, situés à 15 mètres de distance l'un de l'autre, et débouchant dans un îlot artificiel, établi à 3,200 mètres de la rive, où sont placées les prises d'eau. Ces deux tunnels, qui sont circulaires, ont, l'un 4^m,52, et l'autre 2^m,40 de diamètre. Ils traversent une couche d'argile compacte, qui forme le fond du lac Michigan. Ils sont à 22^m,75 en contre-bas du niveau des eaux du lac, et à 10 mètres environ au-dessous du fond du lac.

Ces galeries ont été construites, l'une de

1864 à 1866, l'autre de 1873 à 1875, sans difficultés particulières.

A Cleveland on a creusé, sous le lac Érié, un tunnel, de deux kilomètres. Les sondages préalables avaient fait espérer une excavation aussi facile qu'à Chicago ; mais le percement rencontra beaucoup d'entraves. Les infiltrations d'eau et le dégagement de gaz méphitiques, forcèrent plusieurs fois d'interrompre les travaux, et

la ventilation était très insuffisante. On dut, à diverses reprises, dévier les galeries, augmenter les épaissements, et, sur certains points, recourir à l'emploi d'un bouclier, pour prévenir les éboulements en masse. Des tassements considérables obligèrent à abandonner une portion de galerie déjà maçonnée sur 250 mètres de longueur, et à ouvrir à sa place une nouvelle galerie.

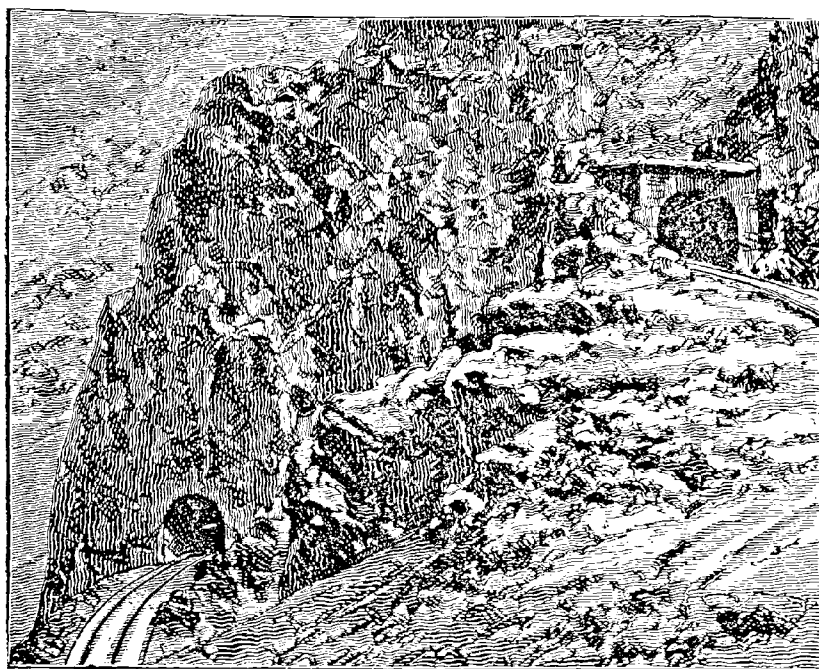


Fig. 366. — Deux tunnels sur le chemin de fer des Cordillères des Andes (Lima-Oroya).

Commencés en 1859, les travaux ne furent achevés qu'en 1876.

Sous la rivière de Détroit, on a essayé de creuser un tunnel, mais des difficultés imprévues se sont présentées, et les ingénieurs américains, qui n'avaient pas l'audace et la ténacité de Brunel, ont renoncé à l'entreprise.

ABRIS CONTRE LA NEIGE

Au point de vue climatérique, il y a une grande ressemblance entre l'Amérique du Nord et la Russie. La neige qui, dans l'Amérique septentrionale, persiste pendant de

longs intervalles de l'année, obstrue la voie des chemins de fer, ainsi que ses abords. En outre, les rivières charrient des glaces, lesquelles, se rassemblant autour des piles des arches, encombrant le lit du cours d'eau, et menacent d'emporter les ponts, si le courant devient rapide. Il a donc fallu suivre en Amérique le système en usage en Russie pour préserver la voie de l'accumulation des neiges.

Les précautions générales consistent à maintenir, autant que possible, la voie en remblai, dans les parties les plus particu-

lièrement exposées aux chutes de neige, et à donner à la plateforme de la voie plus de largeur qu'à l'ordinaire, pour y creuser des fossés, destinés à recevoir les eaux d'écoulement de la neige fondue.

Ces eaux s'y rendent, grâce à un véritable drainage dont le dessous de la voie est pourvu, et qui s'exécute avec les tuyaux de poterie dont on se sert pour le drainage des champs. La largeur de la plateforme

de la voie permet de recevoir sur ses bords la neige chassée par l'éperon de la locomotive, qui la déverse des deux côtés de la route.

Les *chasse-neige* et les fossés latéraux suffisent, dans les cas ordinaires, pour assurer la libre circulation des trains. C'est ainsi que, même dans la traversée des monts Alléghanys, on ne fait pas usage d'autre moyen pour débarrasser la voie.

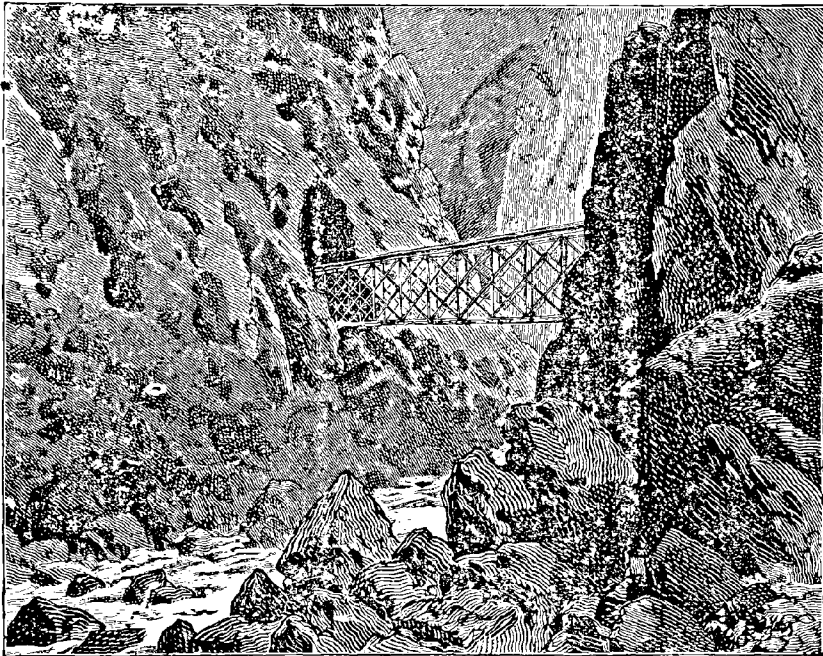


Fig. 367. -- Tunnel et pont sur le chemin de fer des Cordillères des Andes (Lima-Oroya).

Les difficultés sont plus grandes dans le Canada. En effet, au moins dans le Bas-Canada et dans le Nouveau-Brunswick, la neige recouvre le sol pendant tout l'hiver, à une épaisseur de plus d'un mètre, en moyenne. Les forêts qui existaient autrefois dans ces régions, arrêtaient les courants de neige balayés par le vent, mais depuis que l'industrie a fait la guerre aux forêts, ce moyen de défense contre la neige n'existe plus. Aussi les accidents étaient-ils fréquents dans le Bas-Canada, avant que l'on eût trouvé des moyens artificiels de se présen-

ver de l'envahissement des neiges. Le service était interrompu chaque année pendant des mois entiers, et comme le représente la figure 369, des trains restaient souvent en détresse, assaillis inopinément par des tourmentes de neige.

Le chemin de fer du Pacifique qui franchit les montagnes Rocheuses et la Sierra-Nevada, est exposé plus particulièrement à l'inconvénient qui nous occupe, car ces deux lignes sont à 4,000 mètres plus haut que le niveau de nos chemins de fer européens

C'est pour préserver efficacement les trains, dans les traversées de ces montagnes, que l'on fait usage aujourd'hui de deux moyens de préservation. ♦

Le premier consiste en *écrans* (*Snow-fences*) composés de pièces de bois formant claire-voie, et inclinés sous un certain

angle. Ces sortes de palissades, qui ont chacune 3 à 6 mètres de longueur, et peuvent se transporter d'un point à l'autre de la ligne, selon les besoins, arrêtent la neige chassée par le vent, et, grâce à leur inclinaison, la renvoient en partie à l'extérieur de la voie. Celle qui se dépose sur la voie,

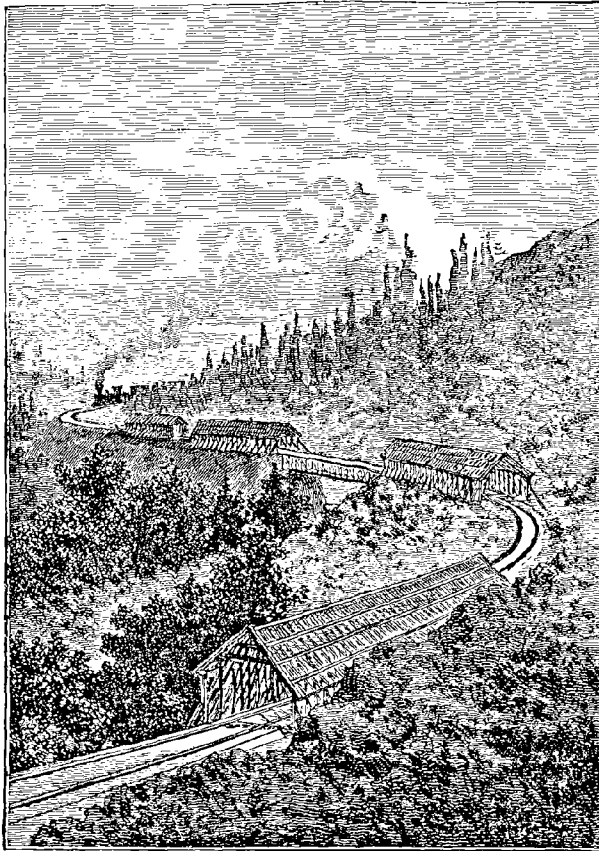


Fig. 368. — Abri contre la neige, sur le chemin de fer du Pacifique (Vue extérieure).

a une épaisseur moindre, et peut être plus facilement déblayée par le *chasse-neige* de la locomotive.

Ces écrans sont enlevés pendant l'été.

Quand la neige est plus abondante, plus fréquente et tend à former sur le sol des couches épaisses et persistantes (tel est le cas de la Sierra-Nevada, où l'on trouve pendant une grande partie de l'année, des bancs de neige de 3 mètres d'épaisseur), les écrans

ne suffisent pas. On a recours alors aux *abris* (*Snow sheds*) imités de ceux que l'ingénieur anglais Fell, établit sur le mont Cenis, pour préserver la voie du chemin de fer à rail central, établi sur cette montagne (1).

Nous représentons dans la figure 368, 190, un *abri contre la neige*, à l'extérieur et

(1) Voir page 99 de ce volume.

à l'intérieur, sur le chemin de fer du Pacifique. C'est, comme on le voit, une sorte de galerie ouverte. Sa hauteur est de 5^m,50 et sa largeur de 5 mètres. Des jours, ména-

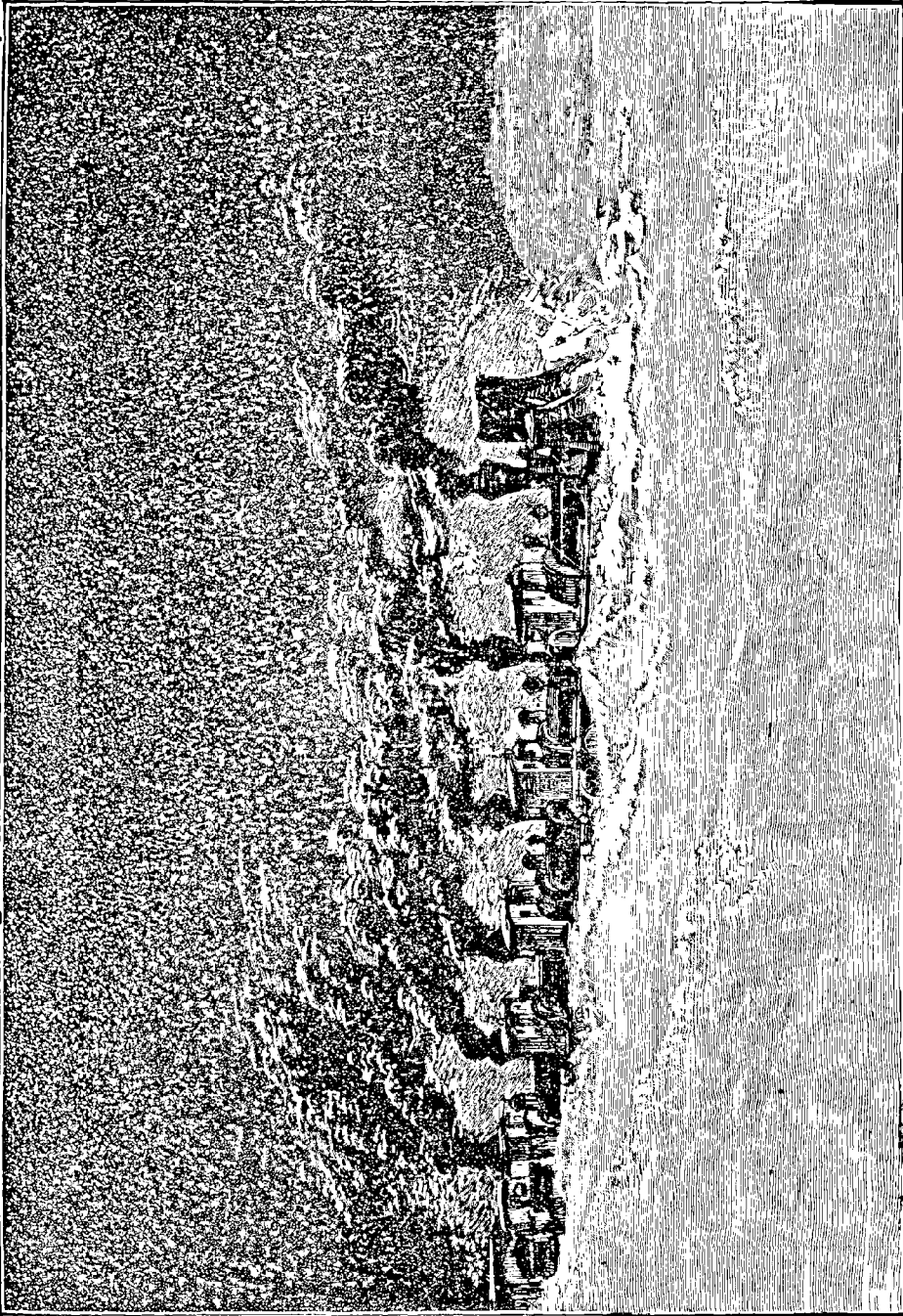


Fig. 399. — Un train de chemin de fer arrêté par les neiges dans le Canada.

gés à la toiture et entre les bordages latéraux, assurent une ventilation suffisante.

Les galeries sont plus ou moins longues

et les poteaux plus ou moins solides, selon le poids de neige qu'il s'agit de supporter, d'après l'expérience acquise. Les poteaux

qui servent à soutenir le toit, sont souvent de simples troncs d'arbres. Comme on ne les enlève pas l'été, les galeries sont pourvues d'ouvertures, fermées par des panneaux à coulisses, et par conséquent, mobiles.

Sur la ligne du *Central-Pacific*, les gale-

ries de bois servant d'abris contre les neiges, occupent 75 kilomètres de longueur, et elles règnent sans interruption entre quatre stations, de Strong's-Canon au Cap des Émigrants. Les toitures ont à soutenir des poids énormes de neige, qui sont de 3 à 6 mètres de hauteur sur le *Central-Pacific*, et qui



Fig. 370. — Abri contre la neige, vue intérieure.

vont, près du sommet de la Sierra-Nevada, jusqu'à 15 mètres,

Ce n'est pas seulement contre les chutes de neige qu'il faut préserver les trains circulant dans les très hautes montagnes. Dans certaines parties de la Sierra-Nevada, des avalanches s'abattent fréquemment, et menaceraient de créer des amoncellements énormes et subits, qui mettraient les trains en détresse. Dans ces parties de la montagne, on donne aux toitures des galeries

une forte inclinaison, et on les construit avec du bois beaucoup plus résistant et d'un plus fort équarrissage. Chaque extrémité des *fermes* qui entrent dans la composition de la galerie, est munie de tirants, que l'on scelle dans le roc, à chacune de leurs extrémités.

La figure ci-dessus représente l'*abri contre les avalanches*.

Il nous reste à dire, comme remarque générale, que toutes ces galeries de bois

parcourues par une locomotive, dont le foyer lance des étincelles et laisse tomber des morceaux de charbon enflammé exposent à des incendies, et les cas en sont assez fréquents. C'est ainsi qu'en 1877, sur le *Central-Pacific*, le feu prit aux galeries d'abri et en consuma une longueur de 1,450 mètres, dans plusieurs accidents, dont le dernier seul dévora 1,000 mètres d'abri.

Pour remédier à ce danger, on revêt au-

jourd'hui une partie des bordage latéraux de plaques de tôle. En outre, des trains de pompes à incendies sont toujours prêts à se porter au point où un danger est signalé par le télégraphe. Des gardiens, échelonnés à des distances de 1,500 à 2,000 mètres sont chargés d'expédier le signal d'alarme. Sur le *Central-Pacific*, ces postes télégraphiques pour l'annonce des incendies, sont au nombre de 26, et les trains de secours



Fig. 371. — Abri contre les avalanches, sur le chemin de fer du Pacifique, dans la Sierra Nevada.

contre l'incendie (*fire train*) sont en permanence dans les quatre grandes gares de cette ligne.

C'est grâce aux galeries couvertes que l'on a pu, sur le chemin de fer du Pacifique, faire élever la locomotive à des hauteurs inusitées jusque-là, et éviter les tunnels, qui auraient indéfiniment retardé l'ouverture de cette magnifique ligne.

PASSAGES A NIVEAU

Les passages à niveau sont fréquents sur les lignes américaines. Mais en présence du

système de liberté complète qui règne d'une manière absolue dans les États de l'Union, aucun règlement d'administration ne limite le nombre de ces passages que les Compagnies peuvent créer; les chemins de fer étant assimilés aux autres voies de communication par terre.

Pour avertir le public de l'approche d'une locomotive en travers de la route, il n'y a d'autre avertissement qu'un large écriteau placé au-devant de chaque passage à niveau, et portant cet avis « *Prenez garde au train.* »

Il n'y a presque jamais de barrière devant

les passages à niveau. Quand il en existe, c'est une simple barre de bois posée en travers de la route, par le gardien, lequel sert en même temps d'aiguilleur. D'autres fois, c'est une chaîne de fer que le gardien tend au-devant de la voie. Le plus souvent, il se contente d'agiter un drapeau rouge, et, plus souvent encore, il ne se donne aucun mouvement, et s'en rapporte à l'écriveau. Et notez que les passages à niveau sont fréquents dans les villes. Dans la ville d'Elizabeth, sur le *Central of New-Jersey*, il existait, en 1876, un passage à niveau, où 500 trains se succédaient chaque jour, et on n'y voyait aucune barrière! L'aiguilleur seul était commis au soin d'agiter un drapeau rouge au passage des trains. Mais pendant qu'il s'occupait du passage à niveau, l'aiguilleur aiguillait-il? Les accidents étaient donc fréquents sur cette ligne et sur le passage à niveau.

Dans les passages à niveau à l'intérieur des villes, les trains ralentissent leur marche, et la cloche de la locomotive, mise en branle par le mécanicien, avertit les piétons et les conducteurs de voitures d'avoir à se garer. Il y a, le long de la voie, des poteaux portant un B (*bell*) ou un W (*whistle*) pour indiquer au mécanicien les points où il doit commencer à faire retentir la cloche.

Ce signal, du reste, n'a rien d'obligatoire. C'est ce qui a été plusieurs fois décidé par les tribunaux américains, à la suite de procès intentés aux Compagnies par les victimes d'accidents arrivés aux passages à niveau.

« Attendu, disaient les arrêts des magistrats, que le devoir d'une personne qui traverse la voie est de faire attention au train, l'absence d'un signal donné par la cloche ou par le sifflet de la locomotive n'engage pas la responsabilité des Compagnies. »

En vertu du même principe de liberté absolue, les municipalités ou les particuliers ont le droit d'établir des passages à niveau

sur les routes, à la condition d'en faire les frais.

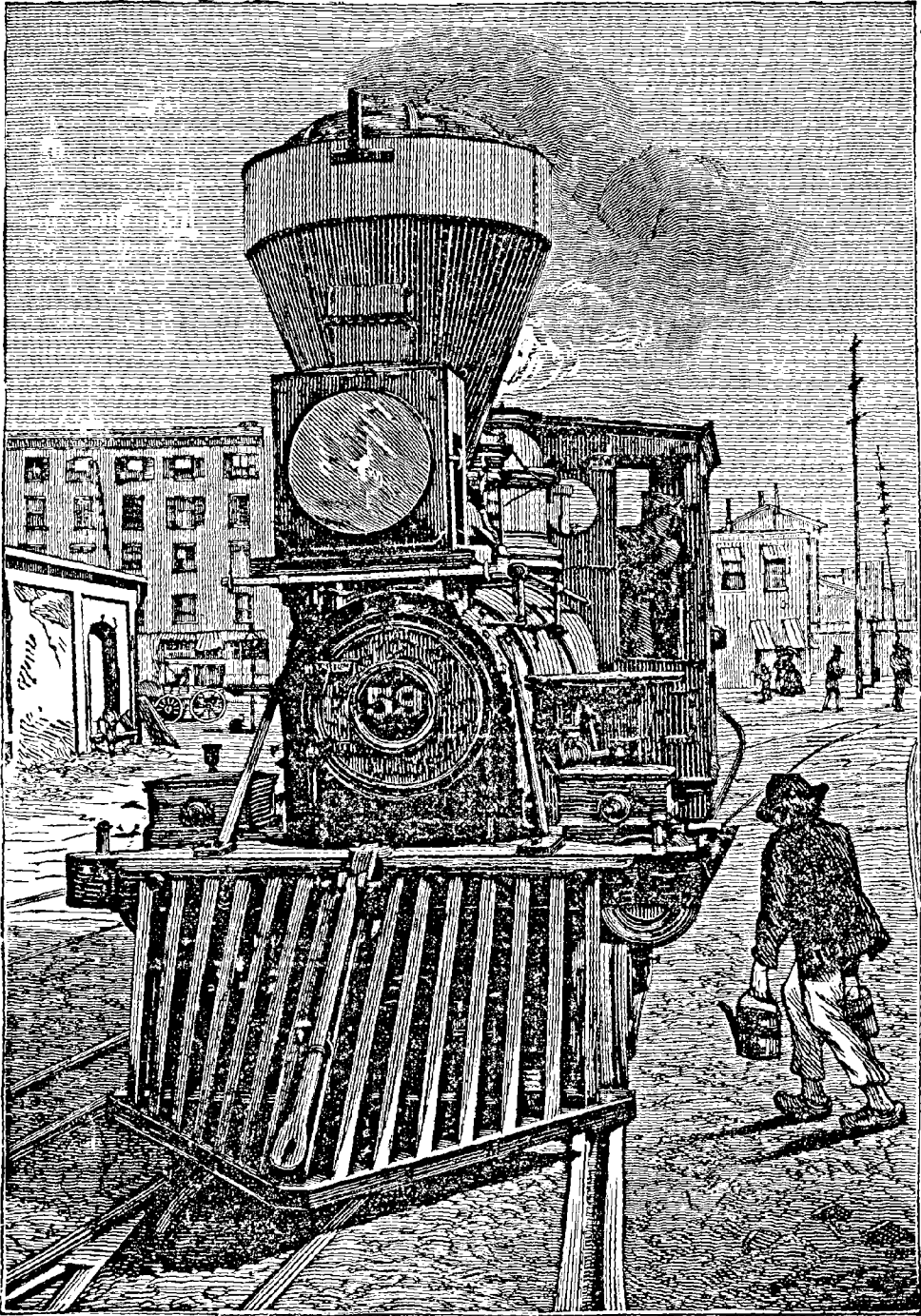
Un tel régime, qui impose à chacun le soin de veiller sur sa conservation, a beaucoup secondé la création des chemins de fer; mais en ce qui concerne les passages à niveau, il n'est pas sans inconvénients. Dans les pays peu habités, et c'est le cas général en Amérique, le défaut de surveillance des passages à niveau est tolérable, mais dans les grands centres de population où une circulation active, en voitures et en piétons, se fait en travers des rails, ce défaut de surveillance amène de fréquents accidents. En 1874, le rapport de la Commission centrale, des chemins de fer de l'État de Massachussets, constatait qu'il existait un passage à niveau à chaque deux kilomètres de cette ligne; et que dans les trois années précédentes, 31 personnes avaient été tuées et 38 blessées dans la traversée de ces passages. Aussi la législature du Massachussets promulgua-t-elle un décret pour interdire l'ouverture de nouveaux passages à niveau, sans l'avis conforme de la Commission des chemins de fer et d'une Commission judiciaire.

Les mêmes plaintes s'étant manifestées dans les États de Connecticut, de Pensylvanie et dans celui de New York, on a commencé d'établir, sur les lignes de Philadelphie à New York, des barrières à demeure. Au moyen d'un contre-poids, manœuvré, de chaque côté de la voie, par le gardien, ces barrières s'ouvrent ou se ferment, selon les besoins de la circulation.

Dans les autres États de l'Union, on comprend de plus en plus les dangers de ce défaut de surveillance. A Pittsburg, à New York, à Philadelphie, on prend des mesures pour modifier, à l'avenir, cet état de choses. Ce qui n'empêche pas que, dans cette dernière ville, on laisse les trains de chemins de fer, dans les quartiers excentriques, par-

courir longitudinalement les rues à niveau
du sol ou les couper en travers

Si vous ajoutez que, les locomotives amé-
ricaines étant généralement chauffées au



bois, des flammèches s'échappent de la che-
minée, en dépit des toiles métalliques

qu'elles renferment, et mettent quelquefois
le feu aux maisons, dans la traversée des

villes, vous reconnaîtrez que le système de tolérance accordé aux Compagnies de chemins de fer, s'il a de grands avantages pour les progrès industriels et commerciaux de la nation, en général, n'est pas sans quelques inconvénients pour les particuliers.

CHAPITRE III

LE MATÉRIEL ROULANT. — LES LOCOMOTIVES, LES VOITURES ET LES WAGONS. — PARTICULARITÉS PROPRES AUX LOCOMOTIVES AMÉRICAINES. — TYPES DIVERS DE VOITURES. — LE *Passenger-car*. — LE *Pulmann's car*, OU *wagon-lit*. — LE *Silver-car*. — L'ÉCLAIRAGE, LE CHAUFFAGE ET LA VENTILATION DES WAGONS.

Locomotives. — Les locomotives américaines ont un type particulier, qui les différencie, au seul aspect, de celles de l'Europe. Une cabine vitrée protège le mécanicien contre le mauvais temps, et le chauffeur s'abrite dans la même cabine. L'intérieur de ce réduit est muni de lampes, de sièges, et de divers objets à l'usage du mécanicien et du chauffeur.

Sans sortir de sa cabine, le mécanicien peut donc effectuer toutes les manœuvres de la locomotive, surveiller la voie, serrer les freins. Une sonnette le met en communication directe avec le conducteur du train. Reconnaissant que le rôle du mécanicien exige du savoir et de la présence d'esprit, les ingénieurs américains lui évitent, autant que possible, les désagréments résultant de l'intempérie des saisons, ainsi que les déplacements, qui sont quelquefois dangereux, pendant la marche.

Une énorme cloche, placée à l'avant de la locomotive, est mise en branle par le mécanicien, à l'approche des stations ou dans la traversée des centres de population. Cet avertissement est indispensable sur des lignes qui ne sont protégées par aucune barrière, et où les passages à niveau ne sont surveillés par aucun gardien.

La cloche est quelquefois remplacée par le sifflet à vapeur; mais, au lieu du bruit strident qui déchire les oreilles, le sifflet américain émet une sorte de bourdonnement, sourd et prolongé. La cloche étant plus agréable pour les habitants des villes, on réserve le sifflet pour les cas imprévus, par exemple pour l'avertissement du serrage des freins, en cas de danger.

La locomotive est à huit roues, mais, caractère essentiel à connaître, la moitié de ces roues est portée sur un châssis, et l'autre moitié, sur un second châssis indépendant. Une cheville ouvrière réunit les deux trains ce qui donne une certaine mobilité entre les deux châssis, et permet de franchir les courbes de petit rayon. Cette disposition n'a jamais été adoptée sur les chemins de fer européens, parce qu'elle est, dit-on, contraire à la vitesse; mais en Amérique, où l'on se préoccupe d'éviter les travaux d'art, et où l'on admet, dans ce but, des courbes à très petit rayon, cette disposition est fondamentale.

Grâce à la cheville ouvrière, la locomotive américaine jouit d'une grande flexibilité. En tournant dans les courbes, en roulant sur des voies souvent très mauvaises, elle se maintient d'aplomb sur les rails, et conserve son adhérence, même en remorquant de lourdes charges, à grande vitesse. Dans les mêmes circonstances, la locomotive européenne, avec ses ressorts indépendants, ses roues calées sur l'essieu et sa rigidité générale, ne pourrait pas fonctionner. Le truc qui porte l'avant de la locomotive, tourne dans les courbes et glisse sous la machine juste assez pour dégager le châssis. Quand la voie est dure et non de niveau, le châssis sauterait sur les rails, mais des *barres d'égalisation* répartissent également la charge sur les quatre roues.

Le tuyau de cheminée est entouré d'une enveloppe de tôle, en forme d'entonnoir renversé; et entre ces deux tuyaux existe

un treillis, qui, sans arrêter la fumée ni les gaz, et sans nuire au tirage, retient les flammèches du combustible, lequel est habituellement le bois, et les rabat dans le cône inférieur, d'où il est rejeté sur la voie par un conduit spécial. Cette disposition a pour but d'empêcher la locomotive d'incendier les récoltes dans les champs.

Un éperon, ou râteau, qui est tantôt en fer, tantôt en bois, arme l'avant de la locomotive, et lui donne sa physionomie particulière, aujourd'hui bien connue. Cet épe-

ron, ou *chasse-vache* (*cow-catcher*) sert à écarter les animaux d'engrais qui se couchent sur les rails, ou qui errent près de la voie. Nous avons déjà signalé cet engin, nous n'y reviendrons pas. Nous ajouterons seulement qu'en hiver, le *chasse-vache* est remplacé par un *chasse-neige*, sur les lignes du Nord.

Le *chasse-neige* est toujours en acier. C'est une sorte de soc de charrue, qui, rasant le sol, débarrasse la voie de l'amoncellement des neiges.

Pour éclairer la voie en avant, la loco-

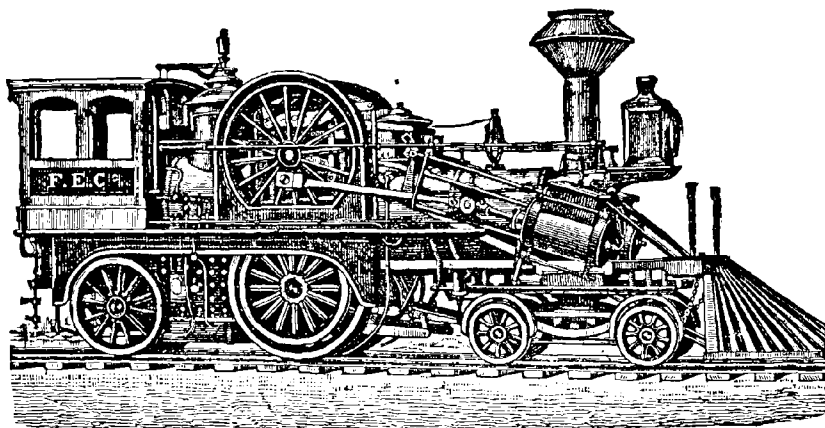


Fig. 373. — Locomotive L. Fontaine.

tive est pourvue d'un gros fanal posé au-devant d'un miroir parabolique en métal bien poli, et qui projette son faisceau lumineux à 400 mètres de distance.

Nous venons de décrire le type général des locomotives américaines. Il nous reste à ajouter que quelques types différents sont construits pour le service des lignes particulières. Nous ne saurions entrer dans la description de ces machines. Il nous paraît néanmoins utile de signaler une locomotive récemment adoptée, parce qu'elle témoigne du désir qu'ont les Américains de remédier au vice que l'on reproche à leurs chemins de fer, à savoir la trop faible vitesse.

Pour créer, entre New York et Philadelphie, un train-express, analogue à ceux de

l'Europe, ce qui, jusque-là, avait fait entièrement défaut, un ingénieur français, M. L. Fontaine, a eu l'idée d'interposer entre la roue qui reçoit le mouvement et la roue motrice, une troisième roue, d'un diamètre moindre que les deux autres, et qui est calée sur l'essieu de la roue motrice. La roue commandée par le piston, agit par friction sur la roue interposée.

Nous représentons dans la figure ci-dessus la locomotive L. Fontaine. Un système de leviers commandé par un petit piston à air comprimé, permet de régler la charge transmise à cet essieu intermédiaire, et par lui à l'essieu moteur, en déchargeant plus ou moins les deux roues porteuses situées sous la cabine ainsi que le truck à quatre roues de l'avant de la machine.

Une locomotive, construite d'après le système Fontaine, a été en service, pendant l'année 1880, sur le *Canada Southern Railway*. Cette locomotive a trainé un train composé de trente-neuf wagons et pesant 876

tonnes, sur une rampe de 4 millimètres par mètre, à une vitesse de 40 kilomètres 25 à l'heure ; ce qui prouve qu'elle est également apte à faire le service des trains lourds.

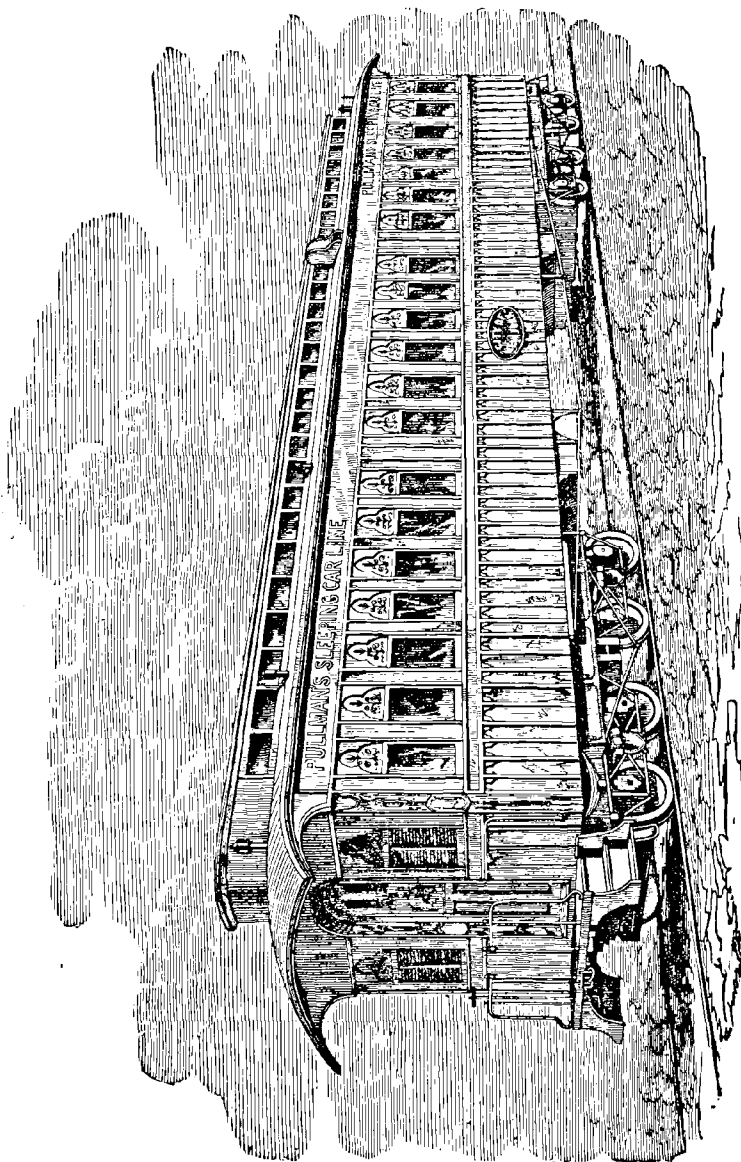


Fig 374. — Wagon américain (*Passenger car*). — Vue extérieure.

On reproche à la locomotive Fontaine l'inconvénient que présente la masse considérable formée par les deux essieux superposés, les roues de friction et les roues motrices, masse qui reçoit et qui transmet des chocs, fort nuisibles à la voie : nous

avons cru néanmoins devoir mentionner le système de construction essayé par M. L. Fontaine, comme un nouvel exemple de cette disposition louable des Américains qui les porte à accueillir favorablement toutes les innovations, si faibles que soient leurs

chances de réussite, et à ne jamais les rejeter *à priori*.

Wagons et voitures. — Les wagons américains diffèrent notablement des nôtres.

Au début, c'est-à-dire de 1830 à 1838, on avait conservé la division des anciennes diligences en deux ou trois compartiments; mais on ne tarda pas à comprendre qu'à un système nouveau de transport il fallait de nouveaux véhicules, et alors fut créé le *car*

américain, caractérisé par sa grande longueur, et l'absence de compartiments, ce qui permet au voyageur de circuler d'un bout de la voiture à l'autre, comme sur un navire,

Ce qui a amené et facilité la création du *car* américain, long et sans divisions intérieures, c'est, faisons-le remarquer, l'invention qui fut faite, en 1833, par John Jervis, du double châssis à cheville-ouvrière, ap-



Fig. 375. — Intérieur d'un wagon américain.

pliqué aux locomotives, pour lui donner la facilité de tourner dans les courbes. Cette heureuse disposition fut bientôt étendue aux wagons.

L'emploi du double truck a conduit à accroître beaucoup la longueur des voitures, pour utiliser le double châssis, qui, sans cela, aurait alourdi considérablement le matériel et augmenté le prix des transports.

Grâce à la grande longueur de la voiture, on a pu supprimer les compartiments, et faire d'un wagon une sorte de salle commune, avec deux entrées seulement, une à

chaque extrémité. Les marches d'entrée, placées aux extrémités de chaque voiture, évitent l'un des plus grands inconvénients de nos wagons européens, à savoir les marchepieds latéraux, dont l'accès est si difficile pour les personnes faibles ou âgées.

La communication que l'on a pu établir entre les voitures (ce qui est à peu près impossible sur les wagons européens), est un autre caractère essentiel des wagons américains. La faculté que l'on a de circuler d'un bout à l'autre du train, contribue à la sécurité, ajoute à facilité du service des

conducteurs et des gardes-freins, et donne beaucoup d'agrément aux voyages.

La grande longueur des wagons à voyageurs, et la suppression des compartiments, ont permis d'aménager leur intérieur de manière à produire l'éclairage, le chauffage et la ventilation dans les meilleures conditions; ce dont on ne se préoccupe pas assez en Europe, où, la durée des voyages en chemin de fer étant assez courte, on n'a pas autant à s'inquiéter de chauffer, d'éclairer et de ventiler. Mais, en Amérique, les voyageurs ayant à faire dans les wagons un séjour prolongé, et devant supporter un froid rigoureux en hiver, et des chaleurs excessives en été, avec la nécessité de traverser quelquefois des contrées presque désertes et n'offrant que peu de ressources pour la nourriture, il a fallu songer au bien-être du voyageur, sous tous les rapports. Dans un pays d'une étendue aussi considérable, où l'on a à entreprendre des voyages qui durent parfois des semaines entières, et où l'on ne trouve que rarement de quoi satisfaire aux besoins de la vie, on a été forcé de faire des voitures des chemins de fer des espèces d'hôtelleries roulantes.

Ces remarques générales posées, arrivons à la description des wagons américains (*passenger car*).

Le *passenger car* (fig. 374) a la forme d'une caisse, dont la longueur n'est pas moindre de 15 mètres et la largeur de 3 mètres. Porté sur 8 roues, il contient 56 places. Comme la locomotive, il repose sur deux châssis s'articulant par une cheville ouvrière. Les sièges sont disposés par bancs, qui regardent en avant du train, et sont séparés par un couloir, permettant de circuler entre les deux rangées (fig. 195, page 461). Un poêle à charbon chauffe la voiture, pendant l'hiver. Une fontaine pleine d'eau glacée, dont les Américains sont rands consommateurs, est à la disposition des passagers, en toute saison.

A l'avant de la voiture est une plateforme extérieure, abritée par un auvent, d'où le touriste peut suivre la succession des paysages et des sites. Seulement, on est assez mal à l'aise sur cette plateforme; car le conducteur y passe et repasse à chaque instant, et l'on gêne les manœuvres des gardes-freins, quand ils viennent mettre en mouvement la grande barre qui pousse les sabots. En outre, comme on est près des roues, la trépidation fatigue beaucoup. Il est vrai que l'on y fume tout à son aise, tandis qu'à l'intérieur du *car* les douceurs du cigare ne sont pas autorisées.

De cette plateforme on peut sauter si, l'on est agile, sur la voiture suivante, et parcourir ainsi tout le train. Mais si la voiture marche à grande vitesse, et qu'elle bondisse un peu sur les rails, l'enjambement offre quelque danger. Ce qui, d'ailleurs, n'empêche personne de passer d'une voiture à l'autre, au risque de se casser quelque chose.

Les banquettes, au nombre de vingt-huit par voiture, contiennent, chacune, deux places. Les dossiers qui ne s'élèvent guère qu'à 0^m, 85, au-dessus du plancher, n'empêchent pas la vue de s'étendre dans toute la longueur du wagon. Ils présentent, en outre, cette particularité de pouvoir tourner, grâce à deux tiges articulées qui les retiennent aux extrémités, autour d'un axe correspondant au milieu du siège. Il peuvent aussi se placer en avant ou en arrière. Cette disposition supprime, au besoin, les places à reculons et permet à trois ou quatre personnes de se grouper ensemble.

A chaque banquette correspond une fenêtre, munie d'une glace, d'une persienne, et quelquefois d'une toile métallique, à mailles très fines. On fait disparaître, quand on le veut, la glace et la persienne, non pas en dessous de la fenêtre, comme dans nos wagons, mais en dessus, comme ces croisées à guillotine, qui sont d'un usage universel en Angleterre et en Amérique. Les glaces

se meuvent dans d'étroites rainures, où elles ne peuvent pas ballotter, de sorte qu'on est affranchi du bruit produit par la trépidation des vitres.

Ce mode d'installation des fenêtres assure une certaine ventilation ; mais, comme nous l'expliquerons plus loin, d'autres fenêtres, de 0^m, 50 de largeur sur 0^m, 20 de hauteur, placées dans les parois plus ou moins verticales du surhaussement de la voiture, produisent un renouvellement d'air très actif.

Le conducteur circule incessamment dans le couloir, pour contrôler les billets, que l'on passe ordinairement au cordon de son chapeau. Si le voyageur dort, ou est occupé à une lecture, le conducteur prend son billet, le poinçonne, puis le remet au chapeau du dormeur ou du liseur. Dans le *car* se trouve un marchand de journaux, de cigares, de fruits, de victuailles, etc., qui, en même temps, rend aux voyageurs mille petits services officieux.

Pour mettre le voyageur en communication avec le chef de train, une corde passe à la partie supérieure de chaque voiture, et aboutit, guidée par des anneaux de fer, à la cabine du mécanicien. Chaque voyageur, en cas de danger, peut tirer cette corde, qui fait retentir une sonnette. Voilà un *signal d'alarme* bien simple. Il est supérieur, reconnaissons-le, au signal d'alarme électrique, dont nous avons parlé à propos des chemins de fer européens ; et peut-être serait-il bon, chez nous, d'accepter ce mode facile et pratique de mettre en rapport les voyageurs avec le conducteur du train.

Nous avons dit que l'on ne fume pas dans les *cars* américains, mais seulement sur la plateforme. Il y a bien un wagon spécial pour les fumeurs ; mais il est si sale, si mal tenu, que l'on se hâte d'en sortir quand on y est entré.

Dans le *passenger car* la journée s'écoule donc sans ennui, et avec tout le confort désirable. Le voyageur n'est pas, comme

dans nos wagons, emprisonné, emboîté, mûré. Il peut aller et venir d'un bout à l'autre du train, respirer le grand air, sur la plateforme, enjamber, s'il le veut, d'une voiture à l'autre, et se nourrir, grâce au marchand de comestibles qui voyage avec le train. Mais c'est autre chose la nuit. Les sièges, bas et sans dossiers, interdisent le sommeil. Si la fatigue vous endort un moment, on ne tarde pas à se réveiller, courbaturé et endolori. Quand on voyage sur le chemin de fer du Grand Pacifique, on voit des wagons remplis d'hommes, d'enfants et de femmes, succombant à la fatigue, après plusieurs journées de voyage, et dormant, ou essayant de dormir, dans les postures les plus pénibles et les plus tourmentées. Aussi, sur les chemins de fer américains, voyageait-on rarement de nuit, autrefois. C'est pour les voyages de nuit qu'ont été créés en Amérique les wagons-lits, les *sleeping-cars*, que l'Europe a imités, mais qui sont tout à fait d'origine américaine.

Un industriel de Chicago, Pulman, est l'inventeur du wagon-lit ; d'où le nom de *Pulman's car* (voiture de Pulman) pour désigner le *wagon-lit* américain.

Nous avons décrit, en parlant des chemins de fer en Europe, les wagons-lits de la *Compagnie internationale européenne*. La description du wagon-lit américain en sera fort abrégée.

Le wagon-lit américain est le *car ordinaire*, dont on a déjà lu la description, mais plus élégant dans sa décoration, et pouvant se transformer, la nuit, en dortoir. Pour cela, chaque double siège devient une couchette, grâce aux dossiers, qui sont mobiles. On enlève deux de ces dossiers, et on réunit les deux places qui se font vis-à-vis ; ce qui forme un sommier en bois. Sur ce sommier on étend un matelas, des draps, un traversin, un oreiller et le lit est fait.

Un deuxième étage de lits se dresse par-

dessus le premier, au moyen de la paroi latérale supérieure de la voiture, qui se rabat, à l'intérieur, grâce à deux charnières. La planche ainsi rabattue est soutenue dans une position horizontale par deux tiges de fer obliques. La literie se pose, sur cette

couchette supérieure, comme sur l'inférieure. Un rideau glissant sur une tringle isole les deux lits de chaque étage (fig. 377, page 649). C'est à peu près l'aménagement des couchettes sur les paquebots à vapeur ; mais les lits sont ici beaucoup plus larges,

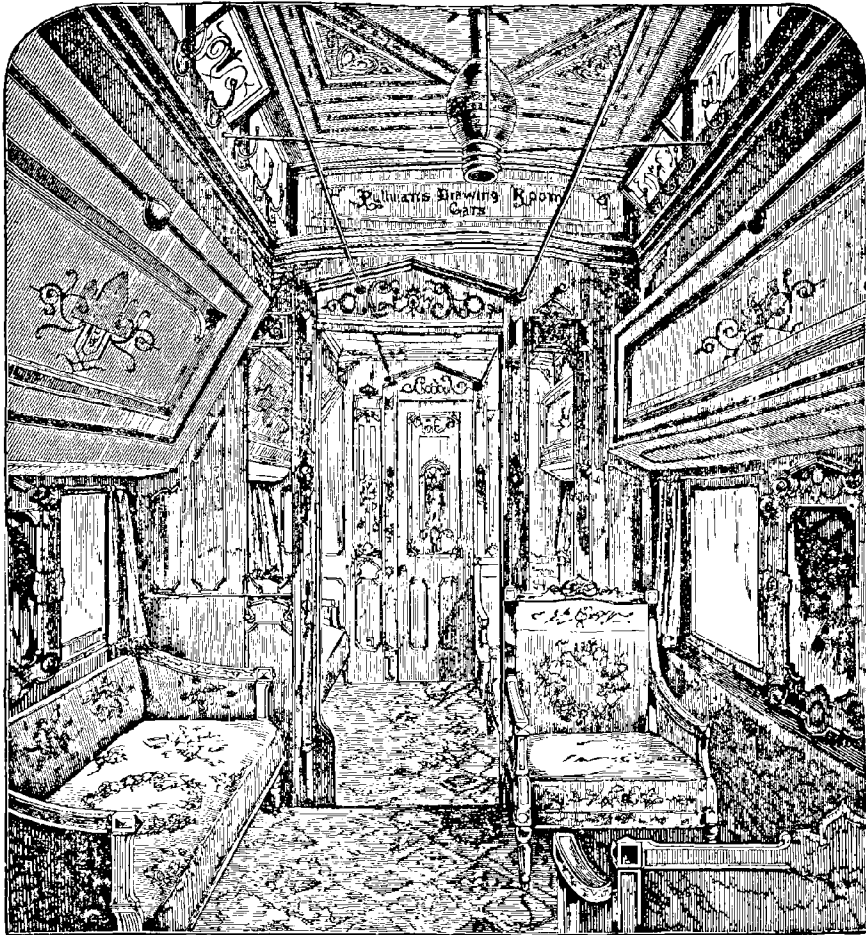


Fig. 376. — Salon d'un wagon-lit américain.

car ils ont la largeur de deux places. Le couloir du milieu, resté libre, est éclairé, pendant toute la nuit, par des lampes suspendues au plafond.

Le jour, tout se remet en état, et, quand le lit est supprimé, le voyageur reprend sa place, ou plutôt ses deux places, car il est forcé d'en payer deux, pour occuper un lit, la nuit.

Un petit réduit est réservé au cuisinier, qui prépare les repas des voyageurs et les fait servir dans le *car*.

Pour créer, sur nos chemins de fer européens, des *wagons-lits*, il a suffi d'imiter les dispositions du *Pullman's car*. Les voitures sont un peu moins longues, mais l'installation générale est la même.

C'est ainsi que l'on peut faire, en Amé-

ricue, des voyages de toute une semaine, sans se fatiguer beaucoup. On dort assez bien dans les lits du wagon, et, le matin venu, chacun se rend au *lavabo* commun. C'est une petite pièce où l'on se lave, se peigne, se brosse, s'éponge, etc. Hommes

et femmes font ensemble leur toilette du matin; mais la réserve des mœurs, et le sentiment de respect pour les femmes, qui est général en Amérique, enlèvent tout fâcheux caractère à cette promiscuité des sexes. Chacun songe à soi, et s'inquiète peu

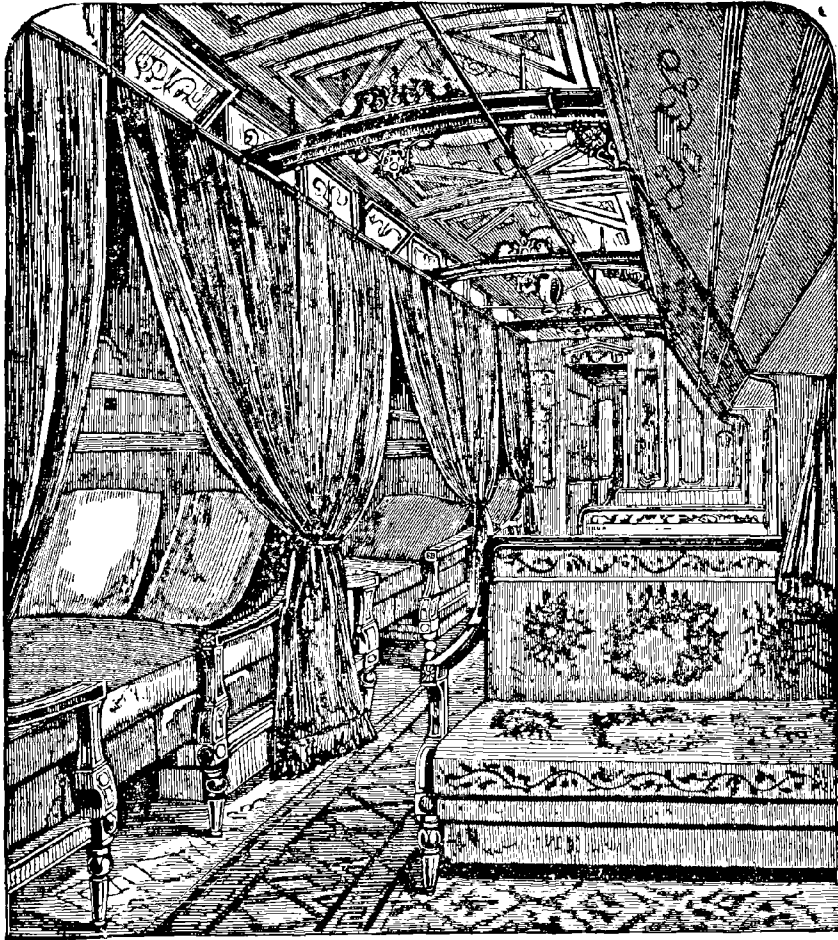


Fig. 377. — Salon d'un wagon-lit américain transformé en dortoir.

des autres. On peut dire que dans le lavabo commun des *Pulman's-cars*, il n'y a ni hommes ni femmes : tous américains.

Nous ajouterons que les voyageurs de haut lignage peuvent se donner le luxe de voitures aristocratiques. Le *silver palace car* (voiture-palais) est un wagon richement décoré, avec salle spéciale pour le restaurant, et qui est divisé en compartiments

particuliers, parmi lesquels un vaste salon. De larges fenêtres, munies de glaces, permettent d'embrasser tout le paysage (fig. 378).

Le *silver palace car* est donc une sorte de restaurant roulant. On le trouve sur le chemin de l'Érié, sur les grands railways du Pacifique et sur celui de New York à San Francisco. Il ne constitue pas de trains

particuliers, mais un seul wagon, que l'on attelle au reste du train.

Cependant le *silver palace car* a peu d'amateurs. Les Américains aiment le confort, mais non le luxe, et le *Pulmann's-car* ne laisse rien à désirer, pour la facilité de la vie en voyage, de jour et de nuit.

Nous n'avons parlé qu'incidemment du chauffage et de l'éclairage des voitures.

Entrons dans quelques détails à ce sujet.

L'éclairage intérieur du *passenger car* se fait au moyen de grandes lampes à huile minérale, suspendues au plafond, ou de lanternes contenant plusieurs bougies, poussées, comme dans les lanternes de nos voitures, par un ressort à boudin. L'huile minérale, qui sert à cet usage, est, non le pétrole, qui est rigoureusement banni, mais un produit de la distillation de l'huile minérale, qui n'est pas très inflammable (*minéral oil*). Chaque lampe, alimentée par cette huile, éclaire comme quatre bougies stéariques.

Aujourd'hui cependant, l'éclairage à l'huile est remplacé par le gaz, parce qu'il est plus économique. Sur le chemin de fer de *Philadelphia Reading*, le gaz employé pour l'éclairage provient de la distillation du pétrole. On le comprime à 24 atmosphères, dans des réservoirs en tôle, fixés sous le wagon, qui le débitent, au moyen de tubes aboutissant à l'intérieur des voitures.

Sur le chemin de fer de Pensylvanie, le gaz est fourni par l'usine de la ville. On le comprime dans les réservoirs, à 4 atmosphères seulement. On estime qu'un bec de gaz équivaut, comme puissance éclairante, à dix-sept bougies stéariques, et qu'il est sensiblement plus économique que l'huile minérale.

Le chauffage s'effectue généralement, comme nous l'avons dit, par un poêle en fonte, placé dans un coin du wagon. Mais

la présence d'un foyer au milieu d'un convoi de chemin de fer, n'est pas sans dangers. En cas de collision ou de choc, même léger, le charbon incandescent est projeté, et de nombreux accidents ont été la suite de ce moyen de chauffage, auquel les Américains tendent à renoncer.

Le chauffage à l'eau chaude, ou le *thermosiphon*, qui est si en faveur sur les chemins de fer du nord de l'Europe, a été installé par M. Baker sur beaucoup de trains américains.

Un poêle métallique chauffe un réservoir d'eau, et de là, des tubes en fer font circuler l'eau chaude sous tous les sièges des voitures. L'eau revient ensuite à la chaudière. Dans ce système, emprunté aux *calorifères à eau chaude*, si répandus dans les grands établissements publics d'Europe, l'eau n'est jamais renouvelée : c'est la même qui circule incessamment des tuyaux à la chaudière et de la chaudière aux tuyaux.

Sur le chemin de fer du Grand Pacifique, on fait usage du procédé Baker (circulation d'eau chaude) en le simplifiant.

Quant aux boules d'eau chaude, le procédé de prédilection des chemins de fer français, il n'est d'aucun emploi sur les trains américains.

La ventilation des voitures, dont on ne se préoccupe aucunement sur les railways d'Europe, est, au contraire, l'objet de soins particuliers en Amérique. Le voyage, en hiver, dans un wagon fermé, occasionne à beaucoup de personnes un malaise, dont elles ne comprennent pas la cause, et qui provient uniquement de la viciation de l'air par la respiration. Il est donc important de renouveler l'air des wagons. En Amérique, une ventilation active est inhérente au matériel des *passenger cars*. Nous avons dit, en donnant la description de l'aménagement intérieur de

la voiture, que la ventilation est assurée par des fenêtres de 0^m,50 de largeur, sur 0^m,20 de hauteur, placées dans les parois plus ou moins verticales, du surhaussement de la voiture. Dans certains wagons, la glace de ces petites fenêtres est, à volonté, mobile autour de l'un ou de l'autre de ses bords verticaux, et on l'ouvre partiellement du côté vers lequel le wagon marche : l'ouver-

ture entre-bâillée devient alors le lieu d'un courant d'air du dedans au dehors, dans le sens opposé à la marche du train. Le courant d'air qui s'opère par ces fenêtres, est très sensible, car si l'on présente, dans l'entre-bâillement, une allumette enflammée, la flamme est repoussée avec force. Les choses se passent comme si, le wagon restant immobile, l'air immobile, l'air exté-

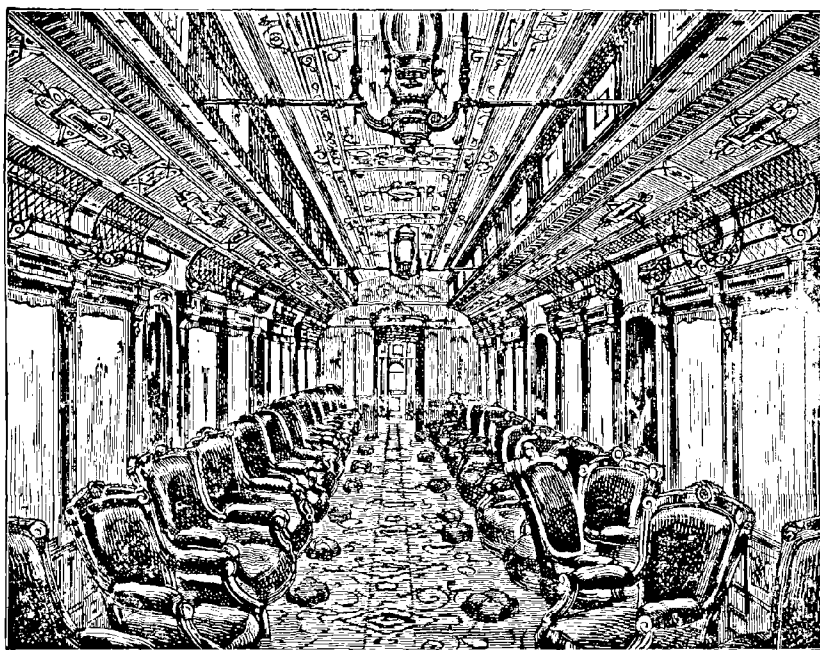


Fig. 377. — Salon d'un « Silver car palace »

rieur, se portait vers l'arrière, en longeant la paroi, et opérait un appel d'air à la rencontre des fenêtres entre-bâillées. Le wagon marchant alternativement dans les deux sens, il faut que l'axe de rotation puisse être changé.

A ce système, un peu élémentaire, on a substitué, à la suite d'études faites par le *Conseil d'hygiène* de l'État de Massachusetts, d'autres dispositions, plus compliquées, mais d'un effet certain, que nous passerons sous silence, pour ne pas entrer dans des détails trop techniques.

Les wagons à voyageurs étant suffisam-

ment décrits, nous dirons un mot des wagons à marchandises.

Cé qui domine dans la construction des wagons à marchandises, c'est l'attention d'approprier l'aménagement de chaque véhicule à la nature des matières transportées. Le wagon est toujours d'une grande longueur, comme ceux à voyageurs, mais l'intérieur est très diversement distribué.

Dans le transport des grains, farines et tous produits des céréales, on a des wagons fermés (*box cars*) munis d'une porte à coulisse.

Pour le bétail, on a des wagons à claire-voie (*cattle cars*).

Le transport du bétail vivant est, d'ailleurs, une opération de grande importance. Les moutons, les bœufs, les porcs, font d'immenses voyages, pour arriver du fond du Texas, de l'Arkansas, du Colorado ou de Buenos-Ayres, jusque dans les États du Nord. Aussi sont-ils l'objet de soins minutieux, pour leur nourriture et leur entretien, pendant le voyage. On arrête les trains plu-

sieurs fois par jour, et des mangeoires, portées sur des mâts mobiles, s'abattent devant les animaux, pour leur donner leur ration d'herbes ou de grains et les faire boire.

Les figures ci-dessous, montrent le mécanisme fort simple, de ces mangeoires mobiles. Le train étant arrêté en face de la mangeoire, placée elle-même le long du quai, un employé presse, au moyen du disque qui la termine, une tringle de fer,

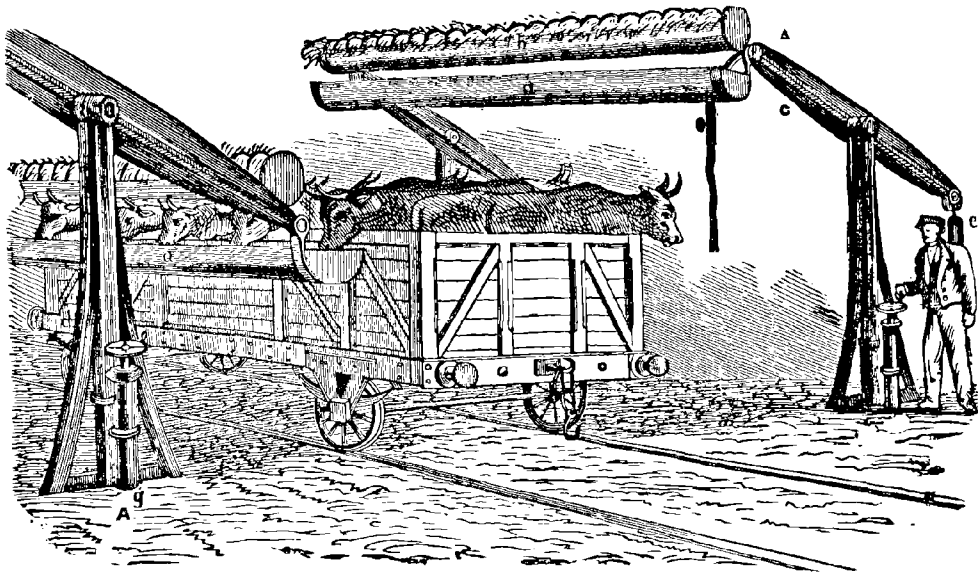


Fig. 379. — Nourriture du bétail pendant le transport sur un railway.

qui, par son mouvement de bas en haut, fait basculer un levier, *ab* (fig. 380), muni d'un contre-poids *e*. Ce levier étant attaché au râtelier *bd*, le fait descendre à la portée des animaux. Par le même mécanisme, on relève l'appareil, quand il faut repartir.

Les gardiens qui accompagnent les animaux, bouviers, bergers, porchers, venus de leur pays natal, les surveillent avec grand soin, pendant le long trajet qu'ils ont à accomplir.

Pour la houille, on a de simples plateformes, avec bords élevés, ou des wagons semblables à ceux qui servent, en Europe,

à enlever les terres pendant les terrassements.

Pour le pétrole, on a des wagons en tôle, de forme cylindrique, terminés, par des calottes hémisphériques et posés sur un chassis. Ces réservoirs peuvent contenir le volume de 85 barils de pétrole. Comme ils sont clos de toute part et formés d'une tôle très résistante, toute chance d'incendie est écartée.

Terminons en disant que les roues des wagons à marchandises, comme, d'ailleurs, celles des wagons à voyageurs, ne sont pas en fer, mais en fonte, d'une excellente qua-

lité. C'est un résultat qui n'a pas encore été atteint sur le matériel roulant des chemins de fer de l'Europe, où les roues de tous les véhicules sont en fer.

En ce qui concerne le matériel roulant, il est, en Amérique, un usage qui contraste beaucoup avec les habitudes administratives des chemins de fer européens : on loue le matériel roulant à des Compagnies. La construction d'un railway étant terminée, on s'aperçoit, quelquefois, que l'argent manque pour fabriquer voitures, locomo-

tives et wagons. Alors on s'adresse à des Compagnies plus riches, qui louent, pour un temps, le matériel, lequel sera plus tard acquis, sur le bénéfice réalisé par la nouvelle ligne.

Il est même des commerçants qui fabriquent des wagons destinés au transport de leurs marchandises spéciales, et qui les font voyager sur les lignes, en payant un prix convenu pour le parcours. Des marchands de bestiaux organisent ainsi des trains d'animaux vivants. Des meuniers font ve-

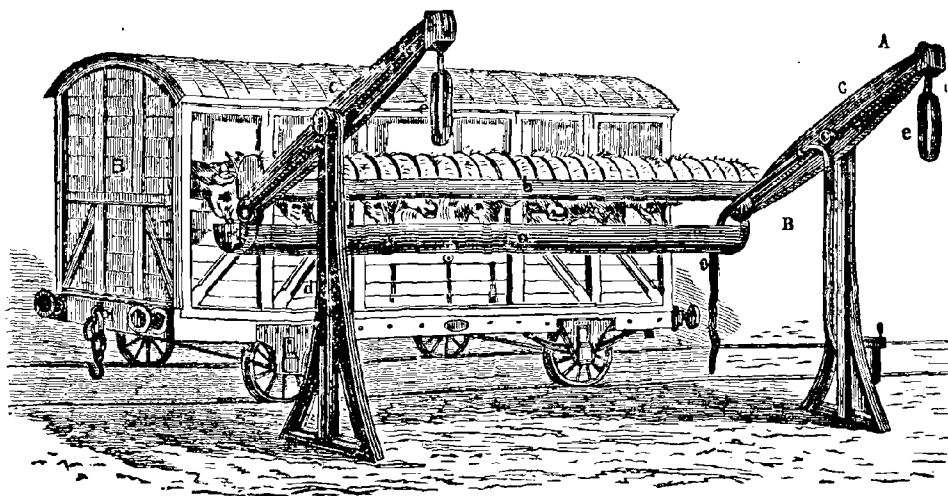


Fig. 380. — Mangeoire mobile.

nir des blés de très grandes distances, par exemple de Chicago à New-York. Le fameux montreur de bêtes, Barnum, fait transporter ses fauves pensionnaires et son cirque de chevaux, y compris le personnel attaché à son entreprise, dans des cages placées sur des trucks spéciaux, en payant seulement le parcours et remisant ses wagons chez lui, à chaque voyage.

Le chemin de fer, en Amérique, est un agent commercial, qui revêt une foule de formes, et dont nous ne pouvons nous faire une idée avec nos habitudes correctes et compassées de transaction et de réglementation en matière de chemins de fer.

CHAPITRE IV

LES ACCIDENTS SUR LES CHEMINS DE FER AMÉRICAINS, LEURS CAUSES, LEUR DIMINUTION DANS CES DERNIÈRES ANNÉES. — MOYENS DE SÉCURITÉ : FREINS ET SIGNAUX.

On admet généralement que les accidents sur les chemins de fer américains sont fréquents, et en même temps, fort graves. Dans les premiers temps de la création des voies ferrées du Nouveau monde, les malheurs étaient, en effet, nombreux. La construction hâtive des voies ferrées, le peu de préoccupation que l'on avait alors de construire solidement les ouvrages d'art, et le fiévreux désir de livrer rapidement la

ligne à la circulation, donnaient lieu à des collisions.

Outre le mauvais état de la voie, le défaut de surveillance, l'imperfection des signaux, et l'absence, encore aujourd'hui assez fréquente, de communications télégraphiques entre les stations, absence que l'auteur d'un opuscule récent publié en Angleterre, sur les accidents de chemins de fer, M. Adams (*Railway accidents*) qualifie de *criminelle*, expliquent ces catastrophes.

Le mode de construction des voitures américaines et leur système de chauffage, rendent compte de la gravité particulière que présentent les collisions sur les voies ferrées américaines. Les wagons, en raison de leur longueur, par suite de leur système d'attelage central, et de leur masse considérable, tendent à pénétrer les uns dans les autres, en continuant à suivre la même direction. Ils s'emboîtent, alors, comme les tubes d'une lunette : ils font *télescope*, disent les Américains. De là le grand nombre de victimes. Au contraire, nos wagons européens étant attelés de bout en bout, si un choc survient, il les sépare, et tous sont projetés à droite et à gauche de la voie, sans s'enfoncer les uns dans les autres.

Les châssis sur lesquels reposent les caisses des wagons, n'étant pas solidement reliés à celles-ci, il s'ensuit que, quand les wagons sont soulevés par un choc, les caisses se séparent du châssis. On a vu plusieurs fois des caisses de wagon transformées en traîneaux, à la suite d'un accident, parcourir, seules, d'assez grandes distances, en vertu de l'impulsion acquise.

Les poêles à charbon qui chauffent les voitures, sont une cause de grands dangers, après une collision, en provoquant l'incendie du train. Le 18 décembre 1867, le déraillement d'un train à Angola, sur la ligne de *Lake Shore et Michigan Southern*, occasionna la mort de 42 personnes, dont la plupart périrent dans les flammes. En

décembre 1876, sur la même ligne, le pont en bois d'Ashtabula s'étant écroulé, sous le poids d'un train contenant 170 voyageurs, (fig. 382, page 657), l'incendie qui suivit cette chute, fit périr dans les flammes plus de 80 victimes. Les 24 décembre 1872 et 19 avril 1873, à Prospect et à Richmond, près de Boston, l'incendie des voitures eut des conséquences analogues, mais sur une moindre échelle.

Les récits des journaux, qui donnent toujours un grand retentissement aux accidents sur les railways américains, contribuent beaucoup à accréditer l'idée de la fréquence et de la gravité de ces accidents. Sur une ligne des États de l'Est, le jour même de l'inauguration de cette ligne, un convoi d'invités franchissait un pont de bois très élevé, jeté sur un torrent, lorsque le pont s'écroula, et engloutit dans la rivière le président de la Compagnie, des sénateurs, des représentants des États-Unis et des *reporters*. On conçoit que de tels événements, racontés par la presse des deux mondes, aient jeté un assez mauvais renom sur les chemins de fer américains. On peut cependant affirmer que sur ces railways les accidents sont rares aujourd'hui, et que la sécurité y est presque aussi grande que sur ceux d'Europe.

Pour l'année administrative commençant au 1^{er} octobre 1872 et finissant au 30 septembre 1873, il n'y a eu, sur le chemin de fer de l'Érié, qui a toujours été cité à tort ou à raison, comme le plus mal entretenu de tous ceux des États-Unis, qu'un seul voyageur tué, sur 3,922,156 de personnes qui ont été transportées sur cette voie pendant cette période. Sur l'*Atlantic and Great Western*, du 1^{er} juillet 1872 au 30 juin 1873, il n'y eu que deux cas de mort, et l'on avait transporté 957,940 voyageurs : un de ces malheurs était uniquement causé par l'imprudence de la victime.

Il faut considérer, d'ailleurs, que l'Amérique étant le pays où l'on voyage le plus

chemin de fer (car les railways y constituent les seules routes, le seul moyen de transport pour les personnes), il ne serait pas surprenant que les accidents de chemins de fer fussent un peu plus fréquents dans le Nouveau monde qu'en Europe.

Ces prémisses posées, examinons les moyens qui garantissent la vie des voyageurs, c'est-à-dire les freins et les signaux.

Freins. — Les freins jouent, dans l'exploitation des railways américains, un rôle plus important qu'en France. On les manœuvre à toutes les stations. Tous les wagons, ainsi que la locomotive, sont pourvus de freins, et l'on peut enrayer toutes les roues.

La manœuvre pour l'enrayage s'opère avec un levier de fer fixé extérieurement contre les paliers du wagon, et surmonté d'un disque, qui fait tourner le pas de vis, fait avancer ou rétrograder les sabots, qui s'appliquent contre la jante des roues. Le garde-freins ne se tient pas toujours en permanence sur les paliers ; il va souvent s'asseoir à l'entrée d'un des wagons voisins ou dans le fourgon à bagages, qui est en tête du train.

Le frein à contre-vapeur a été essayé, mais sans succès, et il a été abandonné.

On ne saurait élever de trop grands reproches contre le système de serrage des freins des wagons aux États-Unis, quand on songe que c'est de ce pays que nous est venu le frein à air comprimé, le frein Westinghouse (1).

(1) L'invention du frein à air comprimé appartient à M. Daniel Colladon, le savant ingénieur de Genève, qui, dans un brevet en date du 10 décembre 1853, en donna la description. On trouvera, dans la *Revue industrielle* du 5 mars 1879, le texte du brevet pris par M. Daniel Colladon, pour un système de serrage des freins par l'air comprimé, avec un dessin montrant le réservoir d'air comprimé, la distribution de l'air et le mode d'attelage des wagons l'un à l'autre. Le tome LIII des *Brevets d'inventions français*, donne les détails de l'ajustement des tubes qui contiennent et conduisent l'air comprimé, ainsi qu'un modèle d'exécution de ces jonctions de tubes que l'illustre physicien genevois a fait exécuter depuis, et qui fonctionnent parfaitement.

Le frein Westinghouse a été adopté, en 1871, sur un assez grand nombre de lignes américaines, à la suite de plusieurs accidents, qui avaient eu pour cause le manque de freins suffisamment énergiques, notamment après une désastreuse collision, sur l'*Eastern* du Massachussets, qui coûta la vie à dix-neuf personnes. Les Compagnies, payant de fortes indemnités aux victimes des accidents, ont intérêt à éviter les collisions. Elles se décidèrent donc à se servir du frein à air comprimé. La Compagnie Pulmann s'appliqua à propager l'usage de ce frein. Déjà, en 1869, la grande Compagnie *Pensylvania* l'avait adopté, et son exemple fut suivi bientôt par plusieurs autres Compagnies.

En 1878, on comptait, aux États-Unis, 200 Compagnies exploitant plus de 8,000 kilomètres de chemin de fer, qui avaient adopté le frein Westinghouse. Dans l'État de Massachussets, à la fin de 1879, sur 573 locomotives, 361 étaient pourvues du frein à air comprimé ; et ce même frein était appliqué à 1,363 voitures à voyageurs, sur un nombre de 1,669 voitures qui composaient son matériel.

Ce n'est qu'en 1856, que l'on a commencé, en Amérique, à faire usage de freins à air comprimé.

MM. Pontzen et Lavoigne, dans leur ouvrage sur les *Chemins de fer en Amérique*, disent, en effet, dans un historique de cette question :

« Dès l'année 1852, un brevet était pris par un inventeur de New York, A. Valber, pour l'application de l'air comprimé à la manœuvre des freins.

« En 1856, M. Douglas Galton constatait, dans un rapport sur les chemins de fer des États-Unis, l'emploi sur le *Philadelphia et Reading railway* d'un système de frein, appliqué à toutes les voitures d'un même train et mis directement en action par le mécanicien. Sur le *Baltimore et Ohio*, on s'est servi pendant un assez grand nombre d'années, d'un frein continu imaginé par M. Longhridge. Ce frein était mis en jeu par l'une des roues motrices d'arrière de la locomotive, dont le moutonnet, en s'engageant dans la gorge d'une poulie, mettait, par l'effet du frottement, cette poulie en mouvement, et déterminait ainsi l'enroulement d'une chaîne commandant tous les freins des voitures.

« Enfin sur le *New York Central et Hudson River*, on a appliqué jusque dans ces dernières années le frein au système Creamer dont les voitures à voyageurs sont pourvues, indépendamment du frein ordinaire à vapeur. » (Tome 3^e page 154, in-8^o, 1882.)

Le frein à vide commence à se répandre également sur les voitures américaines, mais il est loin d'avoir pris en Amérique le développement qu'on lui voit en Angleterre et en France.

Signaux. — L'organisation des signaux est loin de l'état de perfectionnement qu'elle présente sur les lignes européennes, et leur exécution, de la part du personnel, laisse à désirer.

Dans les gares, on se contente de sonner la cloche de la locomotive, et l'on ne se sert que rarement du sifflet. On sonne également la cloche à l'approche des stations. Le sifflet sert à commander le serrage et le desserrage

des freins, à signaler les arrêts, l'approche de points dangereux, croisements, ponts tournants, etc.

C'est le mécanicien qui donne les signaux au moyen de la cloche ou du sifflet. Le conducteur, en tirant la corde qui longe tout le train, commande l'arrêt, le départ, le ralentissement, etc.

Les feux, puis les signaux de nuit et les disques colorés, pour les signaux de jour ont les mêmes significations qu'en Europe. Il est fâcheux seulement que les couleurs employées pour les signaux ne répondent pas, sur toutes les lignes, aux mêmes avis. L'uniformité des couleurs et des signes,

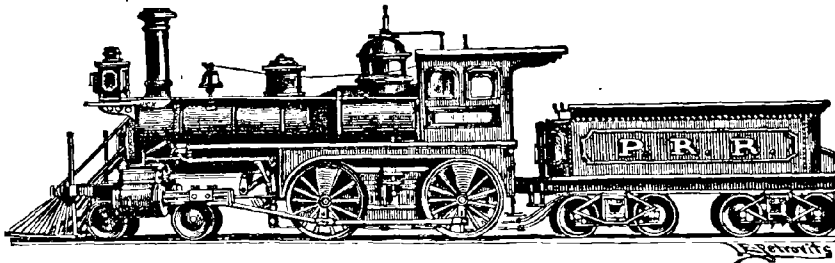


Fig. 381. — Locomotive et tender américains.

qu'il serait important de réaliser, n'a pu l'être encore. Les signaux blancs et rouges indiquent que la voie est libre et que l'on peut s'avancer. Le vert est employé comme signal de ralentissement ; sur d'autres lignes c'est le bleu qui a cette signification.

Il faut dire, à la louange des ingénieurs américains, qu'ils accordent une grande confiance aux signaux automatiques, et que c'est dans ce sens que se dirigent aujourd'hui les efforts des inventeurs. Les signaux automatiques leur paraissent offrir, par cela même qu'ils fonctionnent sans l'intervention de l'homme, des garanties que des employés, sujets à manquer d'attention ou à s'absenter, ne sauraient leur donner. Aussi le sifflet automatique à vapeur, qui signale, à la station, l'approche de la locomotive, et que nous avons décrit et figuré (p. 393), est-il adopté sur beaucoup de lignes. Les signaux automatiques peuvent être employés

en toute confiance, depuis que les freins continus, dont tous les trains de voyageurs sont pourvus, permettent de conjurer les dangers que pourrait amener le jeu imparfait de ces mécanismes annonciateurs qui ont l'électricité pour agent.

Un nombre très varié de signaux automatiques ont été proposés, et quelques-uns même ont été appliqués sur les railways américains. Nous sortirions des limites de cet ouvrage en les décrivant. Notons seulement que parmi les moyens de signaler automatiquement l'état de la voie, l'électricité et l'air comprimé ont été utilisés avec beaucoup de bonheur. Seulement, ces diverses inventions ne sont pas encore entrées dans la pratique.

Le désir d'assurer la sécurité complète des trains, n'est pas allé, pourtant, jusqu'à faire adopter aux Compagnies américaines le *block-system*, dont nous avons fait con-

raître les mérites immenses. Le *block-* | *system*, tel qu'il est appliqué en Europe, n'a

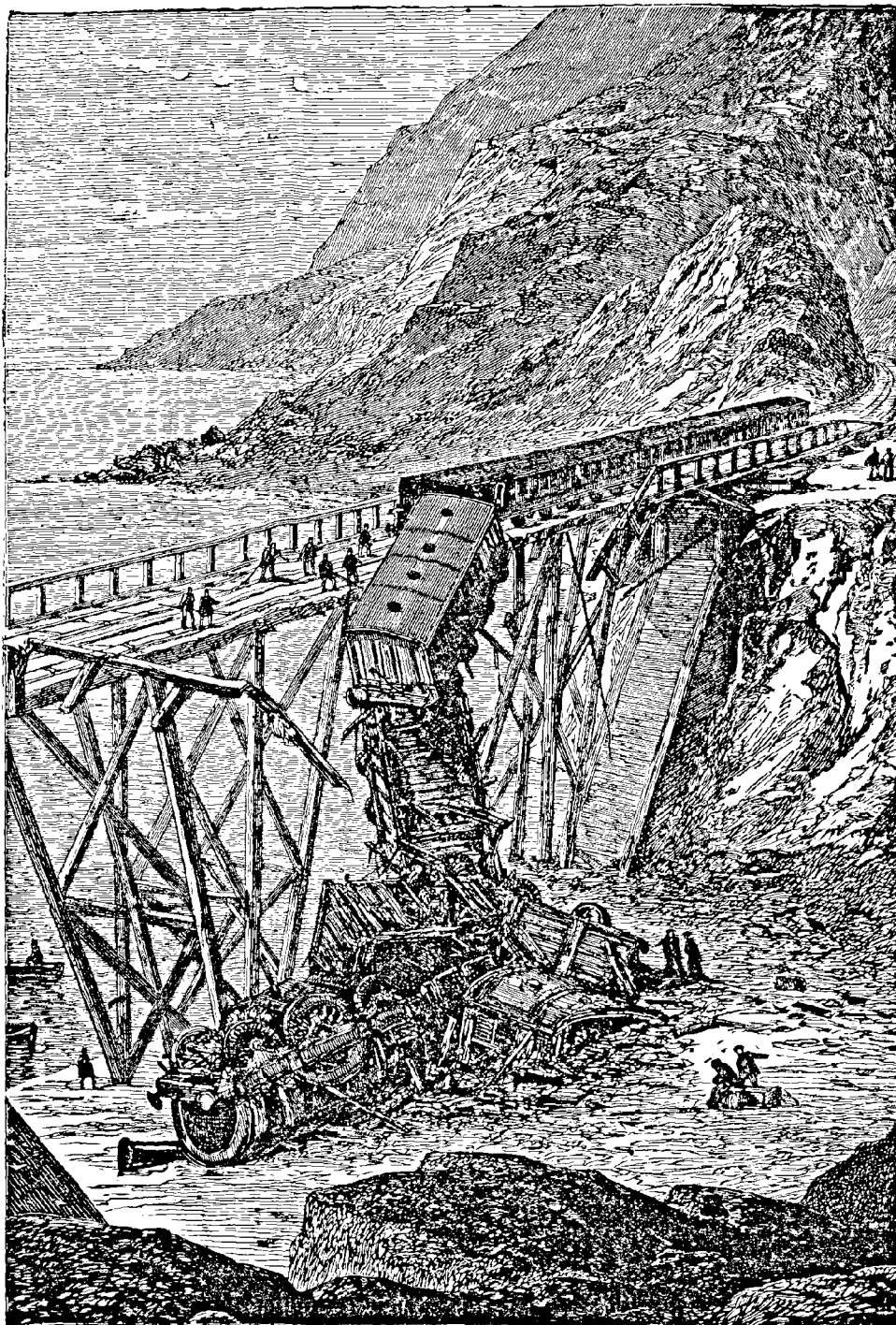


Fig. 382. — L'accident du pont d'Atshaoua.

été adopté que sur le *Pensylvania*, entre | des sections bloquées varient suivant l'im-
 Philadelphie et Pittsburg, où les longueurs | portance du mouvement, à partir de deu-

kilomètres. Ajoutons même que le *block-system* est modifié, en ce que chaque section ne reste bloquée que pendant quelques minutes après le passage d'un train ; les trains qui se présentent ensuite ont seulement à ralentir leur marche jusqu'au moment où la section est redevenue libre. C'est ce que l'on désigne sous le nom de *permissive block system*. De fait, ce n'est plus le *block-system*, car tout se réduisant aux manœuvres qui s'opèrent sur une portion de la voie, il ne met pas, comme le *block-system absolu*, les trains à l'abri des collisions.

CHAPITRE V

EXPLOITATION ET SERVICE DES CHEMINS DE FER AMÉRICAINS. — UN VOYAGE SUR UN RAILWAY D'AMÉRIQUE. — GARES ET STATIONS, SERVICE DE LA VOIE, ETC.

Pour terminer cette étude rapide sur les voies ferrées du Nouveau monde, nous avons à parler du service et de l'exploitation. Pour ne pas rester toujours dans la note purement descriptive, nous ferons connaître les particularités du service de la voie, en entreprenant, avec le lecteur, un voyage sur une voie ferrée d'Amérique. Un voyage en chemin de fer accompli dans un fauteuil, ce n'est pas fatigant, et c'est très instructif.

Supposez donc, cher lecteur, que nous partions ensemble, de New York, par exemple, pour nous rendre, par la voie ferrée, à une ville quelconque du réseau du nord ou du sud.

Nous n'avons pas besoin de prendre nos billets à la gare, ni de faire devant le guichet et à la queue de la queue, une de ces ennuyeuses attentes que vous savez. En Amérique, les billets de chemin de fer se vendent partout : chez les marchands de abac, dans les restaurants, les hôtels, etc.

Le billet porte le prix qui représente la longueur du voyage, et comme il n'y a qu'une seule classe de voitures, toute erreur est impossible.

Pour nous rendre à la gare, nous prendrons le tramway.

Et déjà, dans le tramway, une première surprise nous attend. Vous savez combien, en France, le service des tramways et des omnibus est compliqué. Il y a quantité de bureaux auxquels il faut s'arrêter, et la manipulation des *correspondances* est tout une affaire. Le conducteur, maussade et soupçonneux, soupèse votre monnaie, l'examine avec défiance, et pour peu qu'elle soit usée, effacée, ou d'un module étranger, il la refuse.

En Amérique, il n'existe aucun bureau ou station sur le parcours des tramways, et l'on ignore jusqu'au nom des *correspondances*. La voiture va, sans jamais s'arrêter, d'un point à un autre ; et comme des lignes en nombre infini sillonnent les villes, il n'est pas nécessaire de changer de voiture.

C'est qu'en Amérique, on voit avant tout le but que l'on veut atteindre, et que l'on y arrive par le chemin le plus court.

Nous voici à la gare. En général, les gares des chemins de fer américains sont loin d'être des bâtiments luxueux. Le nécessaire seul s'y trouve. Ce n'est que dans les villes de grande importance, comme New York ou Philadelphie, que les gares ont un aspect un peu monumental.

Il y a une salle d'attente. Nous la traverserons, sans nous y arrêter. Remarquons seulement que, dans cette salle commune, il n'y a point de tables, pour déposer les paquets, que chacun tient à la main.

On ne fume pas dans les salles d'attente, et un petit salon est réservé aux dames. C'est, du reste, dans les chemins de fer américains, le seul cas où les dames aient une place réservée. Les wagons pour dames seules y sont inconnus, et les wagons-*F.*

sont communs aux deux sexes. Lorsque la nuit venue, le wagon se transforme en dortoir, les toilettes et coiffures de nuit, aux

sexes parachés, donnent d'assez singuliers spectacles à l'observateur.

Dans les salles d'attente, le voyageur n'est

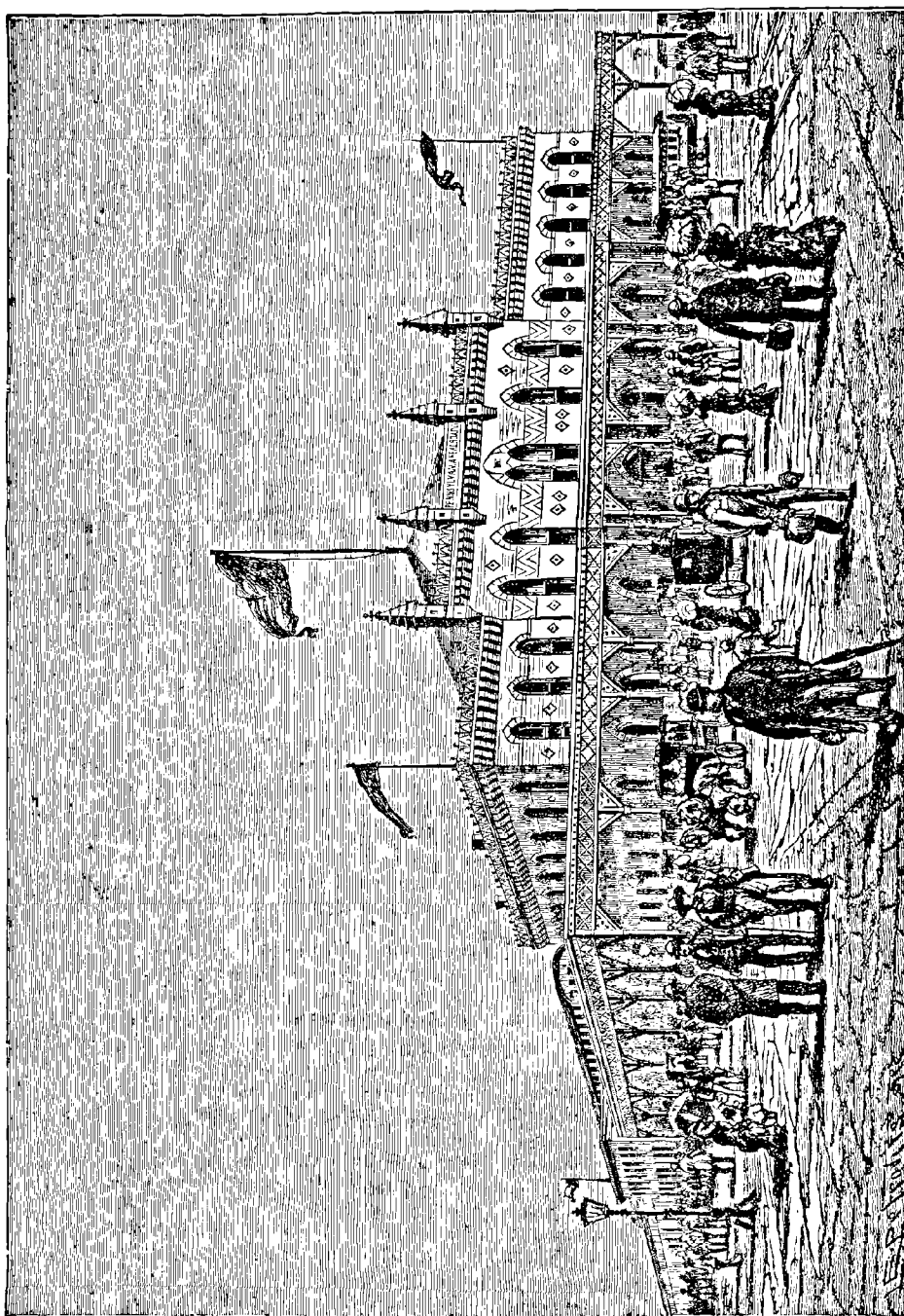


Fig. 383. — Gare de Philadelphia.

point, comme en Europe, parqué jusqu'au moment du départ. Le sentiment public,

en Amérique, s'offenserait de la cohue qui se presse, fièvreusement, aux portes des

salles d'attente, attendant le signal du départ, et qui, au moment de l'ouverture, déborde, comme un torrent, pour passer sur le quai, au risque de blesser ou d'étouffer des enfants ou des femmes. Rien n'est sous clef. Tout le monde peut entrer librement, dans différentes parties de la gare.

Ajoutons qu'on délivre des billets jusqu'à la dernière minute. Les parents, les amis, qui accompagnent un voyageur, peuvent le suivre jusqu'à son wagon, et même y monter avec lui, pour continuer l'entretien commencé, et n'en descendre que quand le train part. Comme la mise en marche est toujours très lente, les personnes étrangères

peuvent descendre de la voiture, pour revenir en ville; de même que les retardataires peuvent poursuivre le convoi et y monter, toutes facilités qui, chez nous, sont rigoureusement interdites par les règlements.

Après avoir traversé la salle commune, nous attendrons, en nous promenant le long du quai, l'instant du départ.

Nous voyons le public aller et venir, rôder à son gré, au milieu des nombreuses lignes de rails qui s'entre-croisent sur la voie. Aucun employé n'est là, pour le guider ou pour l'avertir du danger. Les trains vont et viennent, sans le moindre souci des voyageurs, qui doivent veiller sur eux-mêmes

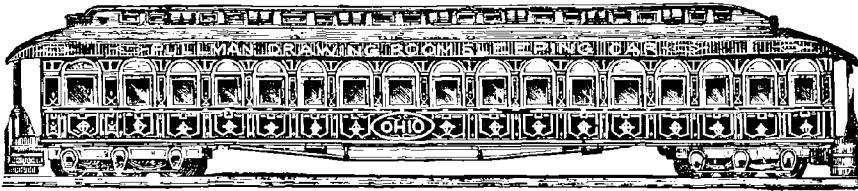


Fig. 384. — Un wagon de la compagnie Pulmann.

et ne compter sur le secours de personne. L'imprévoyant est broyé sous les roues : c'était à lui de songer à sa sécurité. *Help yourself* (défendez-vous tout seul) telle est la maxime générale et la règle de conduite des Américains.

Le mouvement dans la gare est incessant. Partout des arrivants et des partants. Les Compagnies luttent entre elles, pour se disputer le voyageur. Elles font distribuer des cartes fantastiques, où leur ligne est seule indiquée, au détriment des lignes concurrentes.

Il importe cependant que nous ne perdions pas de vue le train qui doit nous emmener; car aucun signal, aucun appel de cloche, ne fait connaître le moment du départ. La locomotive part à l'heure dite : le coup de sifflet qu'elle lance en partant, est le seul signal pour le voyageur. Combien cette façon de procéder contraste avec les

us et coutumes d'Europe, où le voyageur est tenu en laisse par une administration méticuleuse! Ici, chacun est son propre Mentor, et si Mentor flâne, Mentor manque le train.

Mais, direz-vous, et vos bagages? Le service des bagages est, en Amérique, un chef-d'œuvre de simplicité, qui vaut la peine d'être exactement décrit, pour le mettre en comparaison avec le nôtre, si assujettissant et si long.

D'abord, on ne pèse pas les bagages, ou du moins on ne les pèse que quand ils paraissent dépasser le poids réglementaire, ce qui est rare, le voyageur ayant, de son côté, le soin de ne pas dépasser le poids de 50 kilogrammes, qui lui est accordé. On ne colle pas d'étiquette sur les colis. L'employé, après avoir jugé approximativement que le bagage ne dépasse pas le poids de 50 kilogrammes, attache à la courroie ou à la poi-

gnée de la malle ou du sac de nuit, une petite plaque de cuivre, portant, en caractères gravés, le nom de la station de départ, celui de la station d'arrivée, et un numéro d'ordre, qu'il écrit à la main.

C'est là ce que les Américains appellent le *chèque*, ou le *chèque de colis*. On remet au voyageur un double de son *chèque de*

colis, c'est-à-dire une plaque de cuivre semblable à celle qui a été attachée à son bagage, et tout est fini. On n'a rien à payer : ni transport, ni enregistrement, ni timbre. Les Compagnies se préoccupent surtout de procéder vite et d'économiser le temps des employés.

Le *chèque de colis* est donc, comme un



Fig. 385. — Un touriste sur la plateforme d'un wagon américain.

chèque de numéraire, une valeur au porteur, — et porteur est bien dit, quand il s'agit de bagage, que l'on porte toujours soi-même.

A l'arrivée dans la station, les employés déchargent les bagages sur le quai, et chacun vient reconnaître le sien, en remettant le *chèque* dont il est porteur, et dont le numéro d'ordre doit répondre à celui qui est inscrit sur le *colis*. Mais, habituellement, on a recours, pour cette opération, à un

employé : l'*express*. Il existe plusieurs Compagnies qui se chargent de prendre les bagages et de les transporter à domicile. Dans chaque train est un *express*, c'est-à-dire un agent de la Compagnie. Il parcourt les wagons des bagages, quelques instants avant l'arrivée dans les grandes villes. Les voyageurs qui acceptent ses offres de service, lui remettent leur *chèque* ; il en note les numéros sur un carnet, et il inscrit à côté le nom de l'hôtel désigné. Il vous

remet, en échange, un simple bout de papier, sur lequel il a reproduit les numéros au crayon. Tantôt on lui paye, immédiatement, le prix du transport, qui est, en général, de 25 cents (1 fr. 25) par colis, tantôt il ne réclame le paiement qu'au directeur de l'hôtel. On est ainsi dispensé du double embarras d'attendre la délivrance des bagages et de recourir à des moyens dispendieux pour le transport ; car les omnibus qui vous emmènent sur-le-champ ne prennent pas de bagages, et les voitures particulières sont d'un prix excessif. En arrivant à l'hôtel, on remet au bureau le papier portant les numéros des chèques. Une demi-heure environ après, on trouve les bagages installés dans sa chambre.

Ainsi, pour s'exonérer de toute préoccupation pendant une heure peut-être, on n'a eu qu'à remettre ses chèques à l'*express*.

Il ne faudrait pas, d'ailleurs, s'aviser de vouloir, par un sentiment de défiance, aller prendre ses bagages soi-même sur le quai. On serait le dernier servi. On ferait passer avant vous l'*express*, c'est-à-dire l'homme qui fait le service, à la satisfaction générale du public.

Il est rare, en effet, qu'un bagage s'égaré, et quand cet accident arrive, il est vite réparé avec quelques télégrammes expédiés dans les directions convenables. En cas de perte, une indemnité est payée.

Les voyageurs munis de leurs chèques ont un an et un jour pour réclamer leurs bagages, à la gare de destination. Il paraît que certaines personnes en profitent pour laisser gratuitement en lieu de sûreté des colis qui les embarrassent pour un temps. Après un an et un jour, les Compagnies ont le droit de vendre les colis non réclamés.

On prétend qu'il ne se perd pas plus d'un colis sur dix mille.

Aux États-Unis, comme en Europe, les Compagnies impriment sur leurs billets, qu'elles entendent limiter leur responsabilité

à 400 ou 500 francs pour une malle ; mais les tribunaux n'ont jamais consacré cette limite.

Nous nous sommes attardé à décrire le système, si commode et si pratique, d'enregistrement des bagages. Pendant ce temps, le train s'est mis en route. On ne nous a pas demandé nos billets dans la gare, au moment du départ : on ne les a, ni contrôlés, ni poinçonnés. Ce travail s'opère pendant le trajet. Le conducteur parcourt le train, pour pointer et contrôler les billets de chaque voyageur.

C'est également en route que l'on paye le supplément dû pour les *wagons-lits*. Toutefois, il y a, aux têtes de lignes, des guichets spéciaux, où l'on peut s'assurer, par avance, les couchettes dont la position vous convient le mieux : dans ce cas on paye sa place au guichet.

Peu avant l'arrivée à chaque station, le conducteur ramasse les billets, en parcourant tous les wagons, à cet effet. Il n'y a pas d'autre vérification. Ce système donne, évidemment, une grande facilité à la fraude. Il suffit, pour que des voyageurs circulent sans billets, ou parcourent un trajet plus long que celui correspondant à leur billet, qu'ils s'entendent avec un conducteur infidèle. Les Compagnies se prémunissent, par des cautionnements, contre les actes d'improbité, et elles se ménagent probablement quelque moyen de surveillance non ostensible, vis-à-vis de leurs agents. Il faut croire qu'il y a beaucoup de conscience chez les conducteurs de trains. Sans doute les Compagnies ont acquis la conviction que les abus, renfermés dans des limites relativement restreintes, n'infirmant pas les avantages du système.

Nous voilà donc installés dans le wagon, et courant sur les rails à toute vapeur. Le voyage est plein d'agrément, parce que nous pouvons aller et venir, examiner les points de vue, nous promener, traverser le

couloir intérieur de la voiture, pour respirer l'air sur la plateforme, et si le cœur nous en dit, y fumer un cigare de Cuba.

Nous pouvons même franchir l'intervalle qui sépare deux wagons, et parcourir ainsi le train tout entier. Tâchons seulement de ne point nous blesser. Evitons de heurter du pied les angles aigus des revêtements des banquettes, par un ressaut subit de la voiture, au moment où nous passons de l'une à l'autre. On ne saurait croire le nombre d'accidents qui arrivent aux voyageurs, par suite de leur imprudence. Les malheurs relevés par les statistiques, ne doivent pas, d'après cela, être imputés, comme en France, aux Compagnies, car, dans la majorité des cas, ils tiennent au désir qu'ont les voyageurs d'aller et venir sans cesse, le long du véhicule, pendant la marche.

Un train de chemin de fer américain se compose d'autres éléments et présente un aspect différent de ceux d'Europe. D'abord, la locomotive et les wagons sont bien plus grands. Ensuite, la locomotive, avec son *chasse-vache* grillagé, sa grande cloche, sa haute cheminée, et sa cabine vitrée pour le mécanicien, a une physionomie spéciale.

Ce *chasse-vache* n'est pas, comme on le croit généralement, en fer, mais en bois, parce que, s'il rencontre un obstacle, il vole en éclats, et ne pouvant jamais pénétrer dans l'obstacle, il produit sur la locomotive, par son élasticité, une réaction, qui tend à la repousser en arrière. Chaque train est pourvu de marteaux, de scies, de pinces, de rabots, pour refaire le *chasse-vache*, et pour parer aux autres accidents qui peuvent survenir pendant la route ; excellente précaution, qu'il faudrait imiter chez nous.

Pendant la marche, le mécanicien fait rarement retentir le sifflet de la locomotive. C'est de la cloche qu'il se sert, comme avertissement. Et quand plusieurs trains sont arrêtés dans la même station, cette volée de cloches fait un vacarme étourdissant.

La corde que le mécanicien tire, pour sonner la cloche, traverse, d'ailleurs, tout le train, ainsi que nous l'avons dit dans la description de la locomotive ; de sorte que chaque voyageur peut s'en servir, et appeler, par ce moyen, l'attention du conducteur. C'est là une excellente garantie pour la sécurité ; car les voyageurs peuvent apercevoir une cause de danger, qui échappe au conducteur, placé en tête ou en queue.

Après la locomotive et le tender, viennent le wagon de la poste et le fourgon à bagages, puis les wagons ordinaires, et, s'il y a lieu, les *wagons-lits*, les *silver palace cars* et les *wagons-restaurants*. Dans le train on intercale le *wagon de fumeurs*, toujours fort malpropre et peu fréquenté.

La vente des boissons spiritueuses est interdite dans les wagons. On a, en revanche, de l'eau glacée à discrétion. Un gobelet de métal est attaché, par une chaîne, à la fontaine qui contient l'eau frappée à glace.

Autrefois, les voyageurs s'amusaient à se poster sur la plateforme, avec leur fusil, et à tirer le gibier qui passait à leur portée. Cette chasse à la vapeur plaisait beaucoup aux touristes ; mais les administrateurs des chemins de fer ont fini par ne pas la trouver de leur goût, et ils l'ont interdite.

On s'imagine généralement, et ce préjugé est très répandu, que les trains américains sont d'une prodigieuse vitesse. C'est une erreur : leur vitesse est médiocre. Ils vont certainement moins vite que ceux de France, et d'Angleterre, car ils ne font pas plus, en moyenne, de 35 à 40 kilomètres à l'heure.

Pour les trains les plus rapides des grandes lignes, la vitesse n'est pas de plus de 55 kilomètres à l'heure. Sur le train rapide de New-York à Chicago, par exemple, (1,550 kilomètres), la distance est franchie en trente heures ; ce qui donne 52 kilomètres à l'heure. Philadelphie à Chicago

(distance 1,325 kilomètres), on arrive en vingt-sept heures ; ce qui donne une vitesse de 49 kilomètres à l'heure. Il y a plus de 4,000 kilomètres de chemins de fer, sur lesquels des trains marchent à la vitesse de 40 kilomètres seulement. Mais les lignes secondaires n'ont point de trains de vitesse, parce que le surcroît des frais qu'entraîne la grande vitesse ne serait pas couvert par les recettes. Sur les lignes qui réunissent

les grandes villes de l'intérieur, telles que Chicago, Omaha, Saint-Louis, Cincinnati, la vitesse n'est que de 35 à 40 kilomètres. Elle n'est même que de 30 kilomètres et au-dessous, pour bien des lignes d'une importance secondaire, comme celles des États du Sud.

Il existe, il est vrai, un *train rapide* de New-York à Chicago, analogue à nos *trains-express* de France et d'Angleterre. Il marche

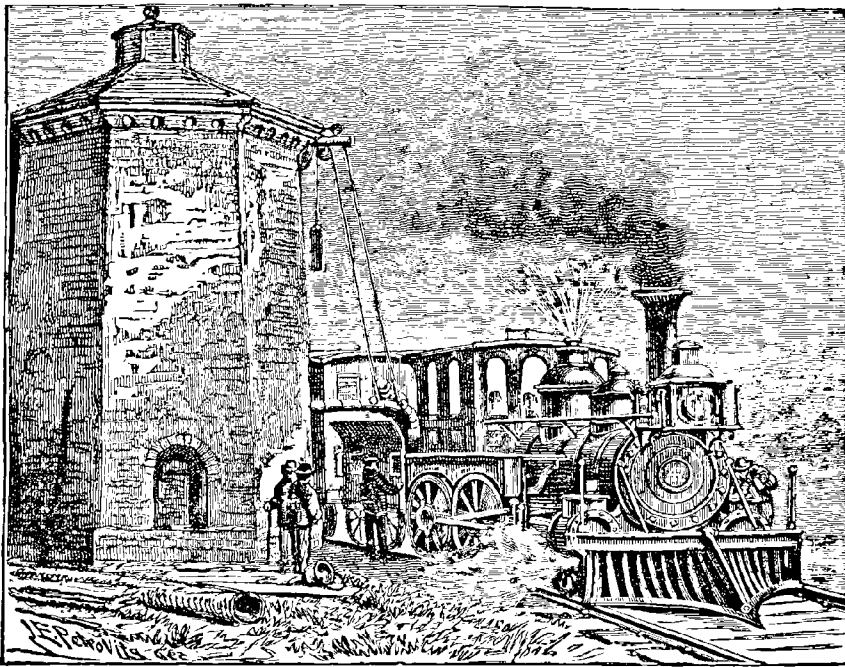


Fig. 386. — Tour hydraulique pour le renouvellement de l'eau du tender.

à la vitesse de 60 kilomètres à l'heure (qui est la vitesse de nos trains express), mais il n'emporte que les journaux et les dépêches. Un train analogue entre New-York et Trenton, parcourt, dit-on, en une heure, les 90 kilomètres qui séparent ces deux villes ; mais ce n'est pas là un train de voyageurs. Jamais un train de voyageurs, en Amérique, n'a fait 60 kilomètres à l'heure, c'est-à-dire un kilomètre par minute arrêté compris, comme le *train-poste* de Londres à Liverpool, ou comme le *train rapide* de Paris à Marseille.

Les personnes qui se font une idée extraordinaire de la rapidité des trains américains ne réfléchissent pas que, d'une part, la lourdeur et la longueur des voitures, la cheville articulée qui réunit leurs deux châssis ; et, d'autre part, le mauvais état de la voie, interdisent les grandes vitesses, dans le service habituel. Les Compagnies s'attachent à assurer le bien-être du voyageur, mais non à le transporter avec une rapidité vertigineuse. Et comme on se trouve confortablement dans les voitures ; comme les journées s'y passent sans ennui, ni fatigue, et

que pendant la nuit on y dort d'un assez bon sommeil, on ne redoute pas d'avoir à faire un séjour un peu plus long dans ces hôtelleries qui marchent.

En continuant d'avancer, nous remarquons certaines dispositions ayant pour but d'éviter les pertes de temps. Le renouvellement de l'eau et du charbon se fait, par exemple, d'une manière automatique, c'est-à-dire, sans que l'on ait à s'arrêter.

C'est pendant la marche même du convoi

que l'on opère le renouvellement de l'eau du tender. Un réservoir d'eau est placé tout le long de la voie, sur une longueur de 400 à 500 mètres. On le remplit d'eau avant l'arrivée du train, et le tender, en passant, y puise cette eau. Il n'est besoin pour cela d'aucune manœuvre. Quand le tender commence à arriver au-dessus de ce long réservoir d'eau, on fait descendre assez profondément un tuyau de cuir adapté au fond du tender, et on le relève avant d'avoir

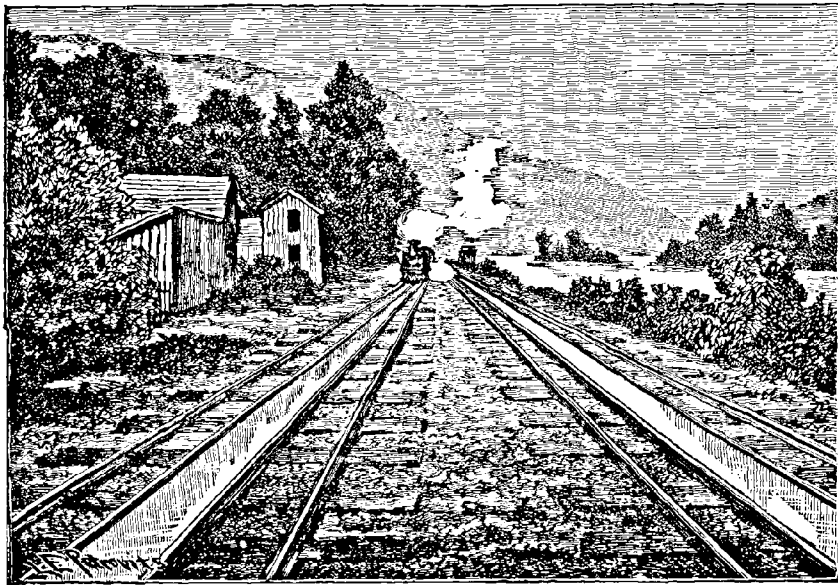


Fig. 387. — Renouvellement de l'eau du tender pendant la marche d'un train.

franchi l'espace occupé par le réservoir. Grâce à la vitesse du train, l'eau est aspirée et monte dans le tender.

On voit cet ingénieux appareil représenté sur la figure ci-dessus. Entre la double paire de rails, on remarque un espace blanc longitudinal : c'est l'eau du réservoir que nous venons de décrire.

Hâtons-nous de dire que ce système, inventé par l'ingénieur américain Rambotton, n'existe encore que sur la grande ligne du *Pensylvania Railroad*, pour bénéficier le temps d'arrêt nécessaire aux stations. Par ce moyen les trains express

entre Philadelphie et Pittsburg n'ont besoin que de deux arrêts, l'un à Haresbourg après un parcours de 168 kilomètres, l'autre à Altona, 206 kilomètres plus loin.

Les bacs ont 360 mètres de long et 47 centimètres de large, avec une profondeur de 15 centimètres; ils sont en tôle de fer. Pour empêcher l'eau de se congeler, en hiver, on la réchauffe, au moyen d'un courant de vapeur venant d'une chaudière installée sous un hangar.

Il existe des bacs analogues sur le chemin de fer de *New-York Central and Hudson river*.

Ce système de renouvellement rapide de l'eau du tender ne s'est pas encore généralisé en Amérique, mais il est probable qu'il sera adopté sur beaucoup de lignes. Dans la plupart des railways, il y a, comme sur les chemins de fer d'Europe, de simples réservoirs murés, des sortes de tours en maçonnerie, que l'on remplit d'eau en y élevant le liquide par une machine à vapeur. Quand le tender passe, il ralentit

sa vitesse, et un énorme tuyau de fer à anneaux articulés, rempli, en quelques minutes, le tender de toute l'eau nécessaire (fig. 386, page 664).

Ajoutons que, comme on n'a pas de machines à vapeur sur toute la ligne, on y supplée, dans les lieux déserts, par des moulins à vent. La figure ci-dessous représente un moulin à ailes aériennes, destiné à remplir le réservoir d'eau, pour renouveler

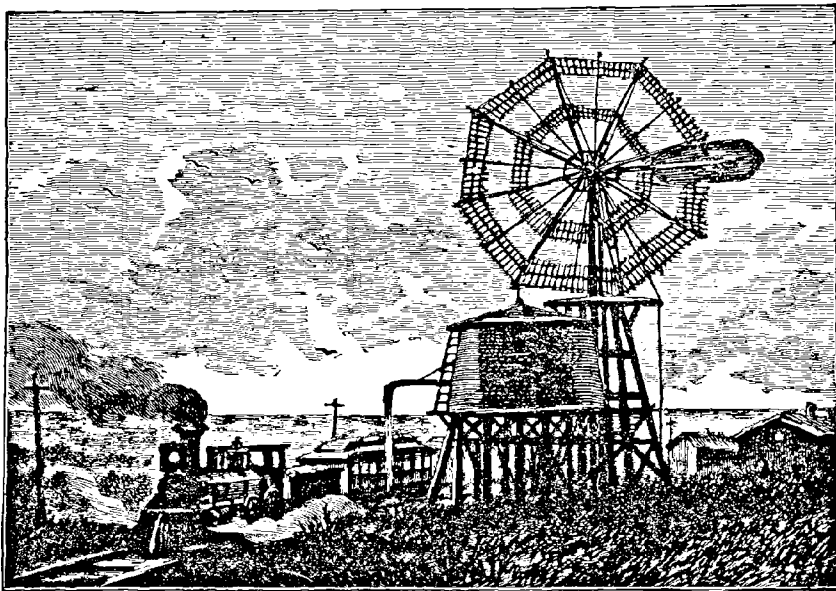


Fig. 388. — Moulin à vent pour élever l'eau dans la tour hydraulique.

la provision du tender, pendant la traversée des longues prairies des régions centrales de l'Amérique.

Pour le renouvellement automatique du charbon, il existe, au bord de la voie, un pont, d'une hauteur suffisante, terminé par un tuyau déverseur, fort large. Quand le tender arrive sous ce tuyau, quelques instants suffisent pour y faire tomber tout le charbon nécessaire. Le charbon est amené au tuyau déverseur par de petits chariots qui roulent sur des rails, le long du pont.

Nous voici arrivés à une station. Nous en profiterons pour descendre au buffet, et

prendre un repas rapide. On commande ce qui vous plaît. Le prix est unique : un dollar. Quand on a fini, on dépose le dollar sur son assiette, et l'on s'en va. Le pourboire au garçon, les appels, les housculades pour le départ, tout cela est inconnu.

Les stations des chemins de fer américains sont d'une pauvreté navrante. Dans les petites localités, elles se réduisent à un mauvais hangar, sous lequel peuvent s'abriter les voyageurs et se placer les colis (fig. 389). Un seul employé dessert la station. Écriture, bagages, signaux, télégraphe, ledit employé s'occupe de tout, et suffit à tout. Bien souvent il exerce un

métier, et ne s'occupe du service du chemin de fer que pendant les loisirs que lui laisse son travail de commerçant ou d'ouvrier. Les gares des localités de 3,000 à 6,000 habitants, ont, en tout, deux employés!

On s'explique, d'ailleurs, la chétive installation des stations dans les contrées peu peuplées. Les Compagnies, après avoir construit la voie et fabriqué le matériel

roulant, n'avaient plus que fort peu de ressources pour élever les bâtiments. L'Américain, se contentant de peu et voulant surtout arriver vite, s'accommode de ces conditions misérables, qui exciteraient l'indignation d'un Européen.

Les stations n'ont que deux ou trois voies accessoires pour le croisement des trains. Beaucoup n'en ont qu'une seule, avec une

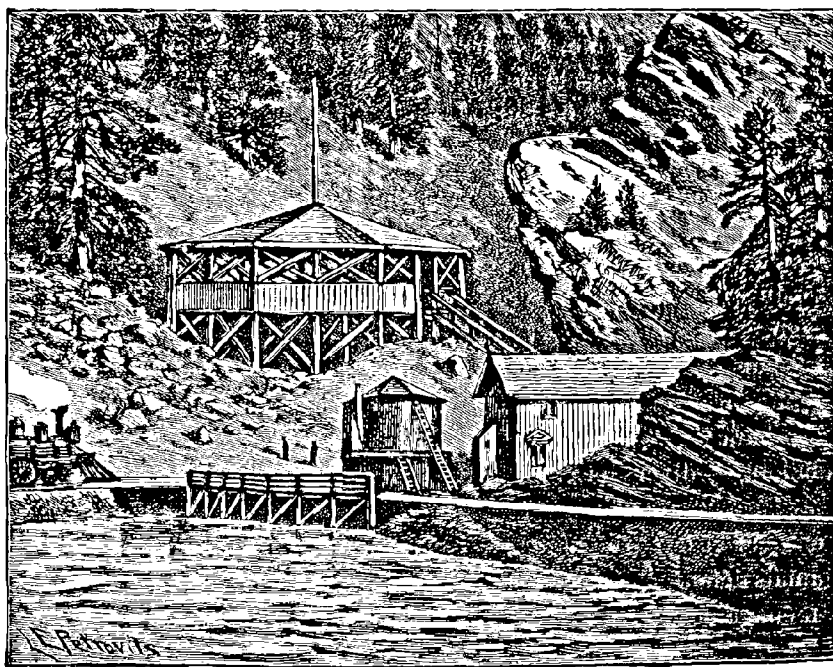


Fig. 389. — Une station sur le chemin de fer du Colorado.

« voie morte » ou « en cul-de-sac », dans laquelle s'engage le train qui doit en laisser passer un autre devant lui.

Dans l'Amérique méridionale, les stations sont plus pauvres encore. Une simple cabane ou un chalet en bois sert d'abri, dans la partie de la ligne où le train est forcé de s'arrêter.

Le voyageur ne se plaint jamais de voir que la station se réduise à un hangar en bois à peine dégrossi, et dont tout l'ameublement se compose de quelques bancs et d'un poêle. Il sait que si la Compagnie avait voulu lui offrir de meilleures conditions de

bien-être, elle aurait fait faillite, et que le chemin de fer n'aurait pas été achevé.

Mais nous voici au bout de notre voyage. Nous entrons dans la gare d'une grande ville, où nous mettrons pied à terre.

Dans les villes de peu d'importance, les gares de chemins de fer ne sont ni plus belles ni plus ornées que les stations. Comme tout le reste des constructions de la ligne, elles ont le caractère provisoire, et leur aménagement ne répond qu'aux exigences les plus urgentes de l'exploitation.

Cependant, dans les capitales, les gares

affectent aujourd'hui des proportions monumentales, et le nombre est déjà assez grand le celles qui pourraient rivaliser avec les superbes installations des gares des grandes villes de l'Europe.

Nous citerons, par exemple, la gare du *New-York Central and Hudson river*, au coin de la 4^e avenue et de la 42^e rue, à New-York; la gare des *Transfer-Gromids*, près de *Council Bluffs and Iowa*, en face de la ville d'Omaha, qui, plus que tout autre, ressemble à une gare européenne, spécialement à une gare allemande, sous le rapport de la disposition des locaux et de l'installation. Il y a lieu de signaler encore les spacieuses gares centrales de Saint-Louis et de Kansas-City, dans le Missouri, la gare de Colombus, dans l'Ohio, celle du *Lake-Shore* (rivage du lac) et du *Michigan Southern*, à Chicago.

Les gares, dans les grandes villes de l'Union, contiennent d'abord un spacieux vestibule avec bancs; — à proximité, le guichet aux billets, — divers locaux affectés au service, — la chambre des dames, — une salle à manger et la buvette (*bar room*) qui ne fait jamais défaut. Dans beaucoup de gares, on a ménagé des salles d'attente spéciales pour les nègres, dont le voisinage a peu de charme pour les Américains.

Ce qui caractérise les gares américaines, ce sont les spacieux locaux disposés tout près de la voie pour les colis arrivés ou ceux qui vont partir; car le voyageur américain porte toujours le plus possible de bagages avec lui.

Les *halles*, ou *halls*, c'est-à-dire les vastes hangars couverts par une charpente en fer, dans lesquels s'opèrent les manœuvres des trains, sont l'élément essentiel d'une gare de grande ville. Les *halls* des gares américaines sont généralement construites en bois, bien qu'on commence à les construire en fer.

La plus grande halle de ce genre est celle

de la gare centrale de New-York, déjà mentionnée. Elle a 199 mètres de long, 61 mètres de large, et couvre une superficie de 12,139 mètres carrés. Elle est sans doute de plus petites dimensions que les halles gigantesques des grandes gares de Londres, mais elle peut figurer dignement à côté des grandes constructions de ce genre du continent européen. La portée des arceaux de fer est telle, que dans les gares européennes, elle n'est dépassée que par celle de la station de Saint-Pancrace à Londres (73 mètres). Sous ce *hall* se croisent treize voies, avec un quai latéral et cinq quais intermédiaires. Le toit est supporté par trente-deux demi-cercles de fer. Il y en a vingt-cinq seulement à la station de Saint-Pancrace à Londres. Les bouts de ces arcs de fer descendent le long des parois de la salle, jusqu'au dessous de la voie et sont reliés transversalement par de fortes barres de fer, ce qui a pour objet de diminuer la pression latérale.

Ici se termine le voyage que nous avons entrepris, avec le lecteur, pour donner une idée plus frappante de l'exploitation et du service des voyageurs sur un chemin de fer américain.

CHAPITRE VI

LE CHEMIN DE FER DE L'ATLANTIQUE AU PACIFIQUE. —
DESCRIPTION DE CETTE GRANDE VOIE FERRÉE. — TRACÉ.
— STATIONS. — EXPLOITATION.

Cette Notice serait incomplète, si, après avoir exposé les conditions générales de la construction des lignes américaines, décrit leur matériel roulant et leur exploitation, nous ne faisons connaître le chef-d'œuvre dont s'enorgueillissent les ingénieurs du Nouveau monde. Nous voulons parler de

l'immense voie ferrée qui, traversant le continent du nord des États-Unis, réunit l'un à l'autre les deux Océans, l'Atlantique et le Pacifique.

Ce chemin de fer, ouvert le 10 mai 1869, s'étend d'Omaha à San-Francisco, sur une longueur de 700 lieues environ (3,000 kilomètres). Il traverse les solitudes de l'Amérique centrale, qui, jusqu'à sa création,

n'avaient guère vu d'autres êtres humains que les Indiens Peaux-Rouges. Reliant le bassin du Pacifique à la Californie, allant d'un océan à l'autre, il ouvre une voie directe au commerce de l'Europe avec la Chine et le Japon. Ajoutez qu'il a été construit en quatre années seulement, à travers des contrées généralement stériles et sans ressources, qu'il fallut pendant les travaux

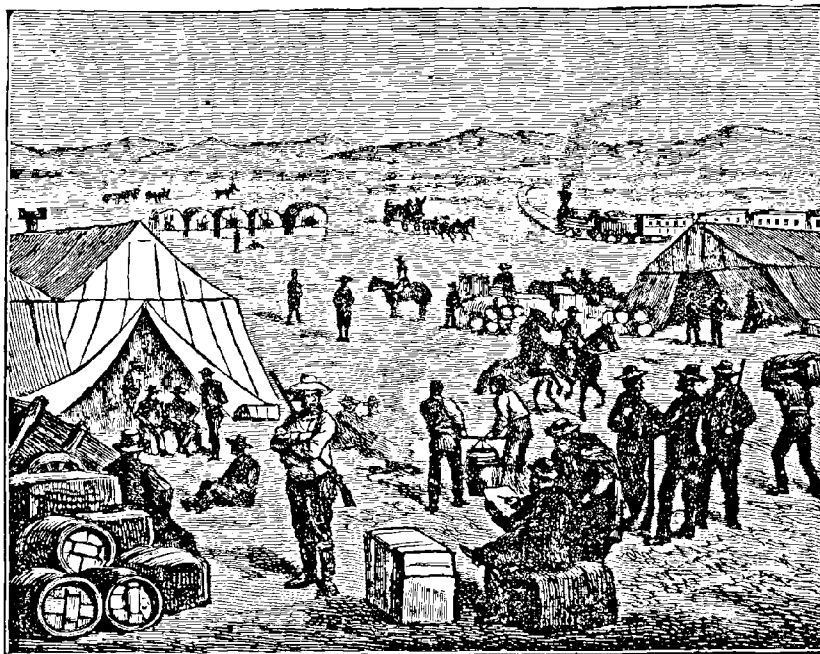


Fig. 390. — Le chemin de fer du Pacifique pendant les travaux sur le territoire indien.

transporter de quoi nourrir les ouvriers, et que l'eau et le bois même firent quelquefois défaut.

Il n'est pas besoin de longs commentaires pour apprécier toute l'influence que cette grande communication par voie ferrée a déjà exercée sur les progrès de l'industrie américaine. Mais les États de l'Union qui l'ont établie pour les besoins de leur commerce, n'ont pas été les seuls à en recueillir les avantages. Il est dans la destinée de telles entreprises de profiter à la société tout entière. Autrefois, l'Europe ne pouvait communiquer avec les Indes, la Chine, le

Japon et toutes les îles des mers Australes, que par la longue route du cap Horn, ou du cap de Bonne-Espérance. Le chemin de fer de l'Atlantique au Pacifique a changé ces rapports; il a rapproché des nations séparées jusque là par l'immensité des océans, et donné à leurs relations mutuelles des facilités inattendues. La vieille Europe et l'antique Asie, se tendent aujourd'hui la main, à travers la jeune Amérique.

Mais ce qui donne un intérêt particulier à cette colossale entreprise, c'est la nouveauté et l'étrangeté des conditions au milieu desquelles elle s'accomplit. De Omaha, dans

l'État de Nebraska, qui marque le point extrême de la civilisation dans le Nouveau monde, jusqu'à la ville de Sacramento, en Californie, il y a près de 700 lieues, c'est-à-dire environ la distance qui sépare Lisbonne de Saint-Petersbourg. Ajoutons que cette immense voie ferrée court à travers des prairies sans fin, des forêts vierges et des déserts, restés jusqu'à ce jour le domaine exclusif des animaux sauvages et de quelques hordes d'Indiens. Elle escalade les montagnes et serpente jusqu'aux sommets glacés, couverts de neiges éternelles.

Ce qu'il y a de surprenant, c'est que tout cet espace immense est presque inhabité. A peine quelques villes ou villages apparaissent-ils, comme des points imperceptibles, sur cette vaste étendue. Entre Omaha et la Californie, on trouve la ville de Denver, située sur le territoire de Colorado, et dans laquelle se sont fixés, pour l'exploitation des mines d'argent, environ 50,000 habitants. Après Denver, on rencontre encore *Salt-Lake-City*, capitale du territoire de l'Utah, et *Casson-City*, capitale du territoire de Nevada, à l'est de la sierra Nevada ; mais c'est tout.

Il était facile de prévoir les changements que le chemin de fer devait produire dans ces solitudes de l'Amérique occidentale. Autour des stations de la voie ferrée, on a déjà vu se grouper des maisons, des fermes, des établissements agricoles et industriels. Bientôt naîtront des bourgades, des villes, qui deviendront elles-mêmes des centres importants de travail et de richesse. Ainsi seront conquis à la civilisation les interminables territoires de l'Ouest. La locomotive est, en vérité, le premier pionnier du monde!

Nous allons essayer de donner une idée exacte du chemin de fer destiné à relier les deux océans qui baignent les rives occidentale et orientale de l'Amérique, de faire connaître les travaux qui ont été exécutés jusqu'à ce jour sur le tracé de cet immense railway, de dire un mot des procédés d'exé-

cution qui ont été mis en œuvre et des efforts qu'ils ont coûtés.

Depuis longtemps l'Union américaine projetait la création d'une ligne inter-océanique. C'est le 1^{er} juillet 1862 que le Congrès autorisa, par une loi, la construction d'une grande ligne, devant relier les deux océans.

Une suite de voies ferrées existaient de New-York à Omaha, à travers les États de New-York, de l'Ohio, du Michigan et de l'Iowa. Après s'être éloignées de New-York, elles longeaient le lac Ontario et le lac Érié ; puis l'anse sud du lac Michigan à Chicago. De là, on arrivait directement à Omaha, par le *Chicago and North Western Railway*. Pour terminer la jonction des deux Océans Atlantique et Pacifique au moyen d'une voie ferrée, il fallait créer un railway d'une immense étendue, à travers les plaines désertes de l'Ouest, s'élever le long des montagnes Rocheuses, atteindre le Lac-Salé, pénétrer dans l'État de Nevada, aux régions si accidentées, et arriver au pied des montagnes escarpées de la Sierra Nevada, pour descendre enfin à Sacramento, et de là à San-Francisco.

C'est ce magnifique ensemble qui constitue la voie actuelle qui porte le nom de *Grand-Pacifique*.

Le trajet du chemin de fer du *Grand-Pacifique* peut se diviser en six sections : 1^o d'Omaha à Cheyenne (830 kilomètres), en traversant les prairies du Nebraska ; — 2^o de Cheyenne à Creston (356 kilomètres), en franchissant les montagnes Rocheuses ; — 3^o de Creston à Aspen (314 kilomètres), en suivant le bassin de la rivière Verte ; — 4^o des montagnes de Wahsacht à celles de Humboldt, en traversant le bassin du Lac-Salé ; — 5^o des montagnes de Humboldt au pied de la Sierra-Nevada, en parcourant la vallée de Humboldt ; — 6^o enfin de Reno à Sacramento, en remontant les pentes de la Sierra-Nevada.

Nous allons parcourir les diverses étapes de cet immense itinéraire, en partant d'Omaha.

Omaha, tête de ligne du grand chemin de fer, du côté de l'est, doit sa rapide prospérité au décret du président Lincoln, qui lui donna cette position enviée. En 1861, lors de la proclamation de ce décret, la ville

d'Omaha ne comptait pas plus de trois mille habitants ; elle en possède aujourd'hui plus vingt mille.

Cette ville, située sur les bords du Missouri, est desservie, non pas seulement par la voie ferrée, mais encore par les vastes steamers qui sillonnent les grands fleuves

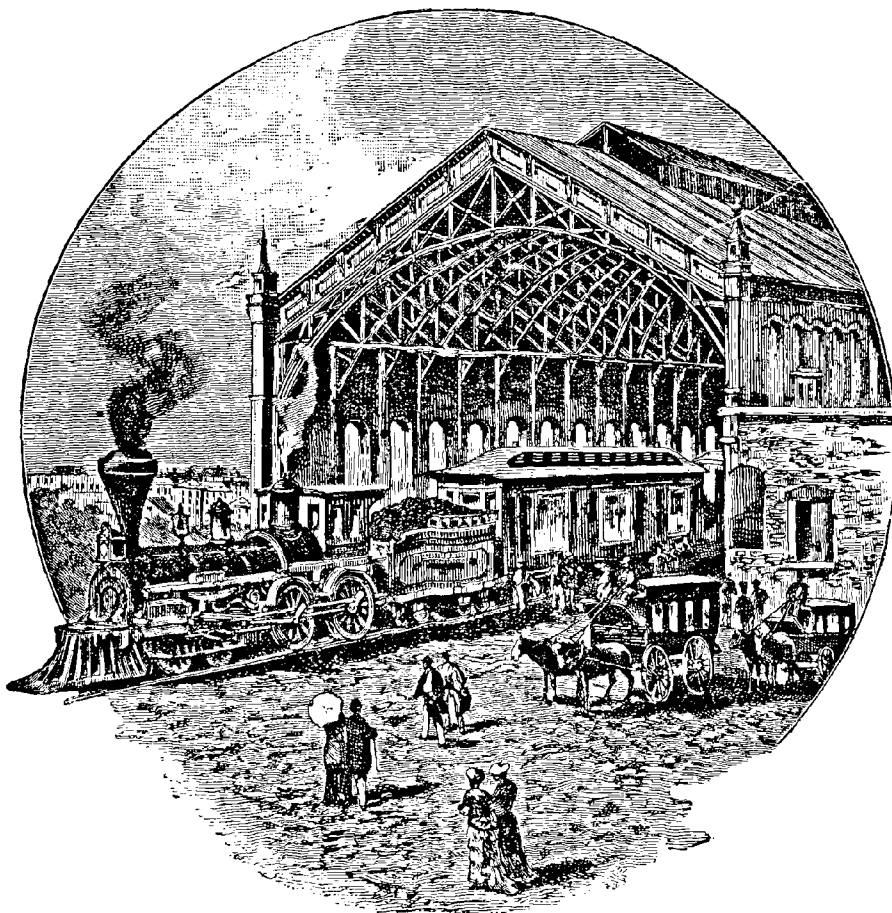


Fig. 391. — Gare d'Omaha, sur le chemin de fer du Grand-Pacifique

de l'Amérique. On y rencontre un bizarre mélange de nationalités et de costumes. L'Indien, au chef orné de plumes colorées, y coudoie à chaque instant le Yankee, coiffé de l'affreux tuyau de poêle, qui est, dit-on, l'expression la plus complète de la civilisation moderne.

A dix milles d'Omaha, le chemin de fer côtoie les bords de la *rivière Platte*, étrange cours d'eau qui roule sur un sol tellement

uni et horizontal, qu'il ressemble plutôt à une nappe continue qu'à un fleuve. La navigation est impraticable sur ces eaux, que l'on ne peut souvent traverser sans danger.

La voie ferrée suit longtemps les bords de la *rivière Platte*. Elle ne se sépare de ce grand cours d'eau qu'au point où il se divise en deux branches, c'est-à-dire après la station de Columbus (fig. 392). Après avoir franchi la branche septentrionale, sur un

pont d'un kilomètre de longueur, elle arrive à la station de Julesbourg, ville naissante, construite sur la rive droite de la branche méridionale de la *rivière Platte*, en face du fort Sedgwick.

Pour la construction de cette première section de la voie ferrée du Grand-Pacifique, c'est-à-dire d'Omaha à Cheyenne, la pose des rails, qui avaient été fabriqués dans l'Ouest, et des traverses qui étaient pré-

parées à Omaha, se fit, en 1863, sous la direction des frères Casement, anciens généraux de l'Union américaine, qui, après avoir combattu les troupes du Sud, lors de la guerre de Sécession, avaient repris, à la conclusion de la paix, leur travaux d'ingénieurs. Voici de quelle façon pittoresque s'effectua cette opération.

Les soldats de cette grande armée industrielle furent divisés en brigades, dont

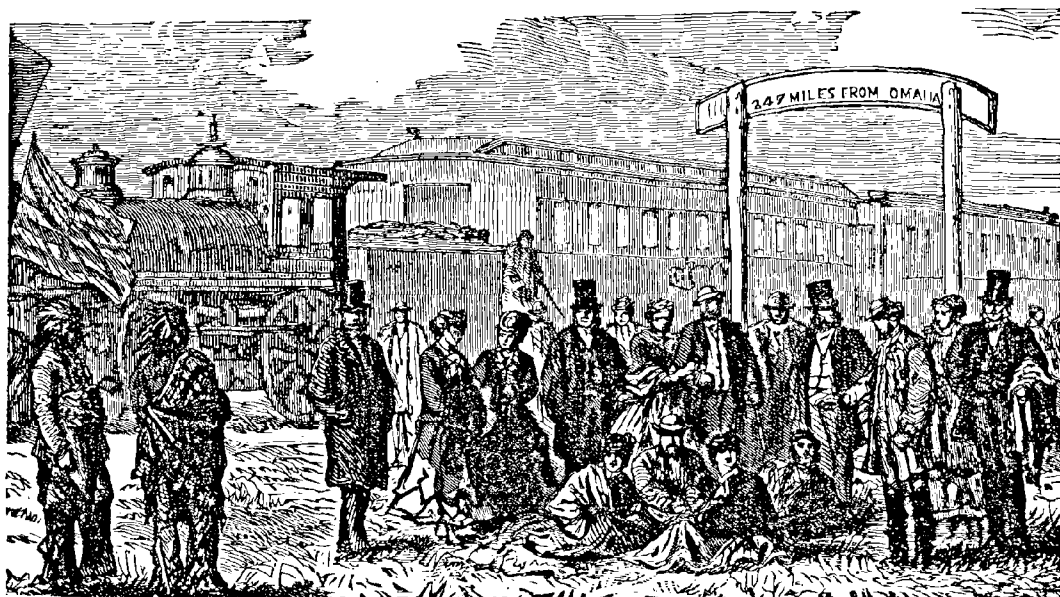


Fig. 392. — La station de Columbus (dans la prairie).

chacune était consacrée à un certain travail. En tête de l'avant-garde, marchaient les bûcherons, qui, au nombre de quinze cents, faisaient retentir du bruit de leurs voix les échos des montagnes Noires, et qui, chaque nuit, devaient se retrancher contre les Indiens et les bêtes fauves. Derrière ces sapeurs, venaient les ingénieurs, qui plaçaient des piquets, pour indiquer la route que le chemin de fer devait suivre. Après eux, marchaient les terrassiers et les poseurs de traverses. Ces derniers étaient partagés en trois brigades. La première, composée d'ouvriers d'élite, était chargée de placer les traverses dans les endroits où la route fait

des inflexions ou des détours. Elle prenait des précautions spéciales pour marquer les endroits où devait se placer le rail. Les autres posaient les traverses intermédiaires, et faisaient ce que l'on pourrait appeler le remplissage.

En tête du train de la pose, venait un wagon, vaste plate-forme roulante, chargée d'environ quarante rails et de tous les accessoires : coins, coussinets, etc. Chaque extrémité de cette plate-forme roulante était pourvue d'un tambour en bois, pour faciliter le chargement et le déchargement des rails.

Ce wagon, qui se tenait toujours au

front de bataille, était accompagné de dix hommes, cinq de chaque côté. Un de ces cinq hommes plaçait le rail sur le tambour, trois autres le faisaient sortir du wagon, et le cinquième plaçait les coussinets, sur lesquels on laissait tomber le rail, au commandement du chef d'équipe. Le mot d'ordre, *down!* (en bas), répété de chaque côté, avec une vitesse moyenne de deux fois à la minute, indiquait la rapidité d'accrois-

sement de la voie ferrée, puisque chaque rail augmentait de quatre mètres la longueur du grand chemin du Pacifique.

Quand les nouveaux rails étaient posés, le wagon s'avancé jusqu'à leur extrémité, et la même manœuvre se répétait, sans attendre que le rail eût été fixé. Cette dernière opération était faite par la brigade d'ouvriers qui venaient par derrière, et qui



Fig. 393. — La rivière Platte.

consolidaient ainsi la prise de possession du sol américain par la vapeur.

On voyait chaque jour arriver des trains immenses, chargés de traverses, des rails et de matériaux de toutes sortes. C'était la réserve de la grande armée des travailleurs. Bientôt venaient des trains de manœuvre et de construction, suivis de grands dortoires roulants pour les ouvriers. Deux de ces wagons, véritablement monumentaux, n'avaient pas moins de 26 mètres de longueur et servaient de réfectoires. Un autre renfermait une cuisine et les magasins, etc. C'était le désert américain qui était pris d'assaut. Partout retentissait le tintement

du travail. Le choc des rails qui tombaient sur la voie et les mille bruits des marteaux des cloueurs ressemblaient à un feu d'artillerie.

Le système de travail en pleine nature que nous venons de décrire, et qui fut inauguré dans la première section d'Omaha, jusqu'aux montagnes Rocheuses, fut reproduit dans les autres sections de la voie ferrée, pendant les quatre années que dura sa construction.

Reprenons la description de la ligne générale qui part de la ville d'Omaha.

Des bords du Missouri et d'Omaha jus-

CONQUÊTES. — I.

qu'au pied des montagnes Rocheuses s'étend une immense plaine, inculte, qui s'élève par une pente insensible. On remonte la rive gauche de la rivière Platte. Omaha est, d'ailleurs, à une certaine distance au nord de l'embouchure de cette rivière, dans le Missouri, et, pour gagner la vallée de la rivière Platte, il fallut franchir, par des pentes de 12 à 14 millimètres, un petit massif situé en amont du confluent. Après ce passage, la rampe n'est plus que de 2 millimètres, en moyenne, jusqu'à Cheyenne.

On traverse plusieurs affluents de la rivière Platte, l'*Elkhorn*, à 47 kilomètres d'Omaha, et le *Loup-Fork*, à 100 kilomètres plus loin. On remonte ensuite la rivière de *Lodge-Poli*, et on arrive ainsi au pied du contre-fort des collines Noires.

La voie est posée directement sur le sol naturel, sans aucun ballast; et comme il n'existait ni routes ni chemins, on n'a eu à établir ni passages à niveau, ni ponts sur rails ou sous-rails.

Les ponts sur les cours d'eau sont presque tous en charpente et dans le système Howe. On traverse le *Loup-Creek*, immédiatement à l'ouest de la station de Columbus, à une très faible hauteur au-dessus du sol, sur un pont en bois de 366 mètres de longueur. A défaut de pierres à proximité, on appuya provisoirement les poutres, au lieu de piliers en maçonnerie, sur des treillis en bois.

Les *montagnes Noires* (chaîne principale des montagnes Rocheuses) s'étendent, sur une longueur de plus de 80 lieues, entre le pic Laramie au nord et le pic Peak au sud. Diverses passes permettent de les franchir : c'est par le col d'Evans que la voie ferrée arrive à son point culminant, situé à 2,800 mètres au-dessus du niveau de la mer, c'est-à-dire plus haut que le chemin de fer qui traversait, en 1865, le mont Ceniz.

A l'entrée des passes, on trouve la ville

de Cheyenne, ainsi appelée parce que, jusqu'à l'année 1868, les Indiens de ce nom en occupaient l'emplacement. En quelques mois, six mille habitants s'aggloméraient dans ce lieu, qui, en raison de sa position géographique, est destiné à devenir très florissant.

C'est, en effet, à Cheyenne que les convois quittent les locomotives qui les ont entraînés au milieu des plaines. A partir de ce point, les trains sont remorqués par des machines fixes, plus puissantes que des locomotives, et qui leur font plus aisément remonter les rampes. Aussi la Compagnie a-t-elle sur ce parcours d'immenses ateliers, qui occupent plus de quinze cents personnes.

C'est aussi de Cheyenne que partent deux embranchements importants : l'un, se dirigeant au Sud, vers Denver, capitale du Colorado; l'autre marchant vers le Nord, dans la direction du Montana, où restaient inexploités de riches gisements métalliques.

Le train, parti à une heure et demi de l'après-midi, arrive le lendemain, à midi, à Cheyenne, après avoir parcouru, pendant 400 lieues, une plaine aride et nue. Les pampas, habitées seulement par quelques grands oiseaux des marais (fig. 394), sont traversées, pendant de longues heures, par les locomotives, à travers des solitudes sans fin.

Cheyenne, située au pied des *montagnes Noires*, à moitié chemin d'Omaha à Ogden, est le seul centre de population auquel on puisse véritablement donner le nom de ville, sur tout le parcours d'Omaha à Sacramento. Encore se réduit-elle à une réunion de maisonnettes de bois, composées seulement d'un rez-de-chaussée, et disposées le long de quelques larges rues, qui se coupent à angle droit. Elle ne compte que 6,000 habitants, ainsi qu'il est dit plus haut, mais elle est appelée à prendre une certaine importance, comme centre d'approvisionnement des districts miniers de Wyoming et

du Colorado, et comme point de jonction du chemin de fer du Grand-Pacifique avec l'embranchement de Cheyenne à Denver et Kansas-City.

Entre Cheyenne et Laramie, on franchit le grand contrefort montagneux de cette région. Laramie occupe le versant occidental des fortes pentes, dont Cheyenne occupe le versant oriental.

De Cheyenne à Sherman, sur 78 kilomètres de longueur, on gravit une rampe de 8 millimètres en moyenne ; mais l'inclinaison aux abords du faite atteint 15 millimètres sur le versant de l'Est et 17 millimètres sur l'autre.

La compagnie de l'*Union Pacific* a créé à Laramie les ateliers de réparations de machines de la ligne d'Omaha à Ogden. Ce

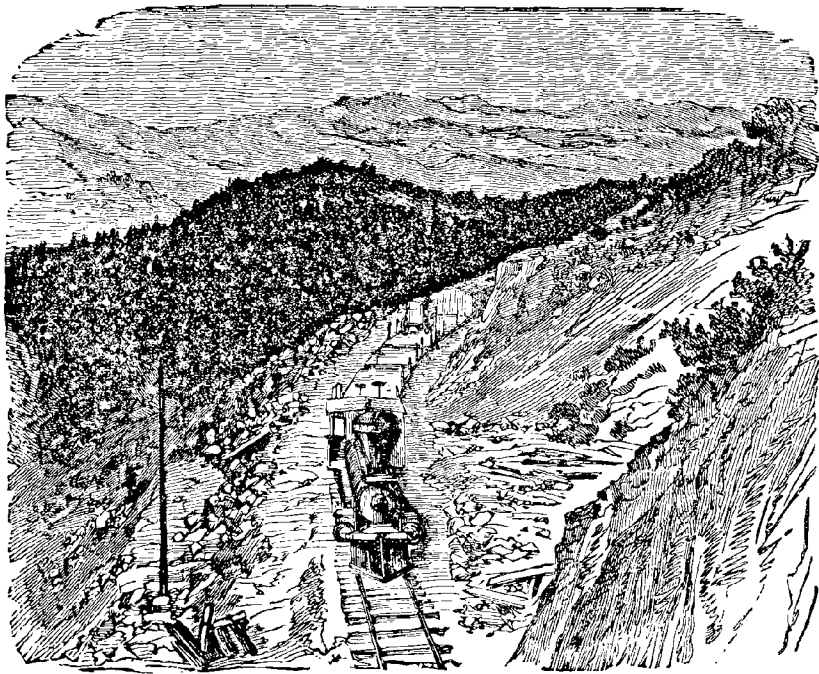


Fig. 394. — Les montagnes Rocheuses.

sont d'assez grands bâtiments, construits en beaux matériaux de grès, que l'on voit avec plaisir, après les pauvres masures disséminées le long de cette ligne. Un hospice pour les ouvriers du chemin de fer a été créé, et est entretenu aux frais des deux Compagnies.

Parti à midi et demie de Cheyenne, on arrive à Laramie à quatre heures ; on atteint, vers minuit, le faite de la chaîne principale des montagnes Rocheuses, c'est-à-dire la fin de la deuxième section de la voie totale. Ce n'est plus cette plaine immense qui s'étend entre Omaha et Cheyenne, mais un plateau

ondulé qui s'allonge à perte de vue, avec l'aspect du plus triste désert.

Après avoir dépassé Laramie, on franchit la Dale-Creek, sur un grand viaduc de bois. On rencontre presque au bord de la voie, à la station de Carbon, une mine de houille en exploitation, avec un puits d'extraction de 20 mètres de profondeur. Le charbon de ces mines suffit pour alimenter les locomotives du chemin de fer, et pour subvenir aux besoins de la ville d'Omaha.

A partir du défilé de Laramie, la voie devient sinueuse, et les courbes sont beaucoup plus fréquentes qu'auparavant. Les



Fig. 39

ingénieurs ont adopté ce tracé, pour éviter de construire des tunnels. Grâce à leur habileté et à la justesse de leur tracé, on peut voyager à ciel ouvert jusqu'au défilé qui donne accès dans le pays des Mormons, aux environs du grand lac Salé, vallée naguère inhospitalière et aride, que les Mormons, apôtres du travail, ont fini par transformer en une colonie prospère.

En quittant Aspen, on traverse la *vallée de l'Ours*, que parcourt la *rivière de l'Ours*, magnifique cours d'eau, qui, après un long circuit vers le Nord, revient se jeter à l'extrémité septentrionale du lac Salé. On remonte alors la montagne de Wasacht, et l'on s'arrête à la station de ce nom. Le faite de ces montagnes est à l'altitude de 2,098 mètres. De là on descend sans interruption par le vallon d'Echo, puis par la rivière de



Fig. 396. — Dans les painpos.

la vallée de Weber, qui aboutit à Ogden, sur la rive orientale du lac.

A partir de Wasacht, l'aspect du pays change complètement. De Wasacht à Ogden, sur une longueur de 25 lieues, on parcourt des sites pittoresques, qui vous font oublier les tristes sections de l'immense ligne comprise entre le Missouri et la Sierra Nevada, sur une longueur de six cents lieues. A Wasacht, on attèle à l'arrière du train un wagon découvert, pour donner au touriste le plaisir de récréer ses yeux par la vue d'un paysage accidenté.

Après Wasacht, on rencontre d'abord une tranchée creusée dans le grès rouge; puis on franchit deux gorges sur des estacades de bois, l'une de 70 mètres de longueur et de 9 mètres de hauteur, l'autre de 137 mètres de longueur et de 23 mètres de hauteur (fig. 219). Ce ne sont, d'ailleurs, que des ouvrages provisoires, destinés à être remplacés un jour par des ponts de fer et par des remblais. Les supports du tablier sont tout simplement des cubes de sapin bruts, encore recouverts de leur écorce et assemblés par des boulins. Un écriteau, placé à chaque extrémité de

l'estacade, rappelle au mécanicien qu'il doit ralentir et limiter la vitesse à 6 kilomètres et demi à l'heure.

Ces deux gorges franchies, on entre dans le tunnel qui vient ensuite. C'est le second que l'on ait rencontré depuis Omaha et qui est le plus long de l'Union-Pacific; il a

235 mètres. Ce tunnel est revêtu d'un boîsage maintenu par des cintres très rapprochés : c'est une œuvre grossière et provisoire, mais qui suffit au service.

Peu de villes importantes existent dans cette contrée, vouée presque exclusivement à l'exploitation agricole. Outre la ville du

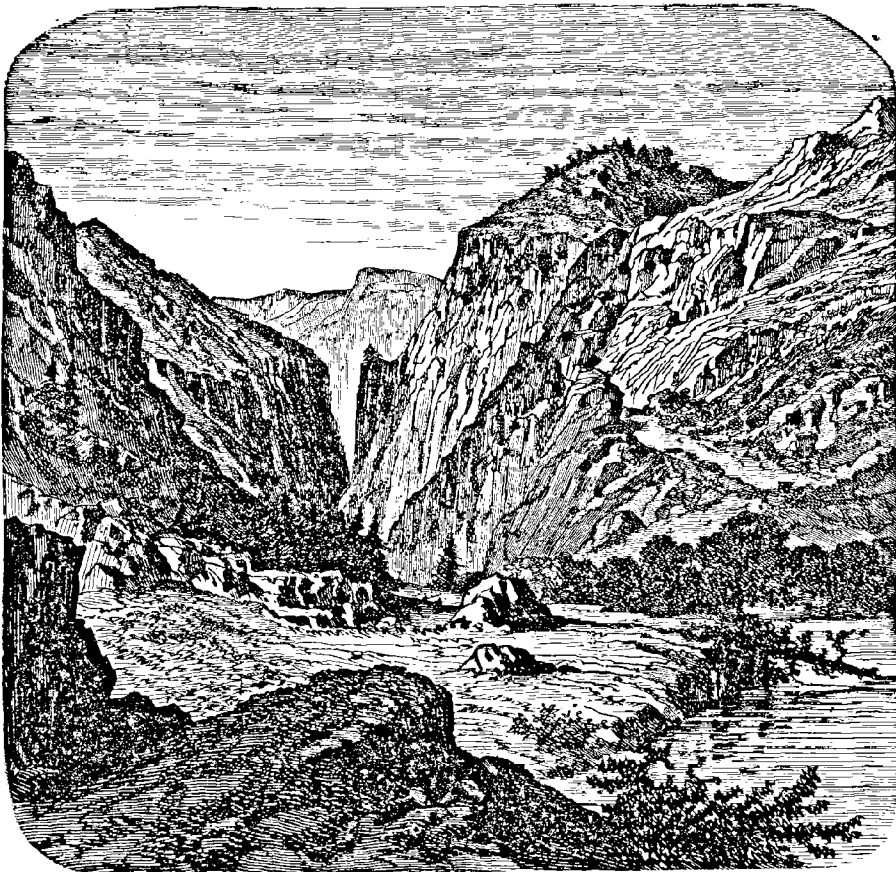


Fig. 397. — Défilé de Laramie.

Lac-Salé, capitale du pays des Mormons, on n'y trouve que Fillmore, au sud, et Provo, au nord.

Après avoir traversé un quatrième tunnel, de 92 mètres de longueur seulement, on passe plusieurs petits ponts sur la rivière Weber. Nous représentons dans la figure ci-dessus une des gorges à travers lesquelles coule cette rivière éminemment pittoresque. Au sortir du défilé de la rivière Weber, on

débouche dans une vaste plaine qu'entourent de tous côtés de belles montagnes. Parti de Wasacht à midi et demi, on arrive à Ogden à quatre heures et demie, ce qui ne représente qu'une vitesse de 6 lieues à l'heure.

La station d'Ogden est le point central du chemin de fer du Pacifique. Trois trains y stationnent et en partent à la fois, l'un pour Omaha, le second pour San-Francisco, le troisième pour la ville du Lac-Salé, qu'il

faut prendre pour continuer sa route vers le Pacifique.

On est ici dans le pays des mines. Là est la ville du Lac-Salé, la capitale du territoire de l'Utah. La compagnie du railway de l'Utah (*Central Railroad*) a pour président Brigham Young, l'apôtre et le chef des Mormons.

Les laborieux Mormons sont parvenus à transformer le sol par une agriculture per-

fectionnée. On trouve, aux environs de la ville du Lac-Salé, des maisons de briques et tous les indices de l'aisance et du confort dont jouissent les parties les plus favorisées des États-Unis. Les Mormons, qui ont découvert cette oasis, vers 1848, ont su la féconder par des irrigations bien entendues, et ont rendu ses paysages singulièrement fertiles. La société qu'ils ont constituée sur ce sol vierge et fécond, indépendante du

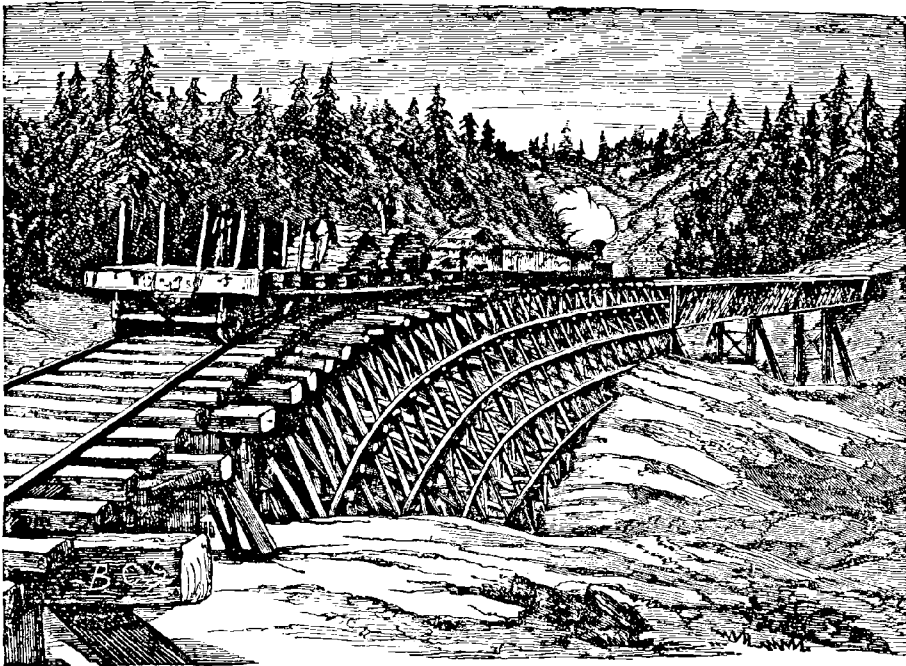


Fig. 398. — Estacade sur une gorge des montagnes de Wasacht.

reste du monde, se procure par elle-même presque tous les avantages de la civilisation des cités. On trouve, chez les Mormons, des fabriques de papier, d'étoffe de laine, de porcelaine, etc.

Fondée en 1854, au milieu d'un désert, la ville du Lac-Salé, grâce aux mines de charbon, de fer, de plomb, d'argent et d'or qui l'entourent, s'est développée comme par enchantement. Des monuments commencent à l'embellir ; elle possède des rues, qui ont 40 mètres de largeur, et sont plantées d'arbres. Des eaux vives coulent à ciel ou-

vert, dans ses environs ; de beaux arbres fruitiers remplissent de grands jardins au milieu desquels sont placées les maisons d'habitation, et sa population est de vingt mille habitants, presque tous Mormons.

Les Mormons utilisent avec une habileté merveilleuse les eaux des torrents qui se rendent dans le lac Salé. Ce grand lac et celui de Salinas sont les restes d'une grande mer intérieure, que les soulèvements volcaniques ont mise à sec. Il sont chargés d'une si prodigieuse quantité de sel, qu'on dirait que l'eau va cristalliser brusquement.

La densité de l'eau du grand lac est si forte que les gens du pays prétendent qu'il est impossible de s'y noyer. Un homme qui s'y jette n'a pas besoin de faire de mouvements pour flotter à la surface.

C'est l'eau douce, que les rigoles vont chercher dans les montagnes, qui a créé les luxuriantes cultures des environs du grand lac Salé. Aussi le développement qu'acquière les travaux d'irrigation est-il réel-



Fig. 399. — Défilé de la rivière Weber.

lement fabuleux. Le creusement incessant des canaux, l'aménagement intelligent des sources, telles sont les principales occupations des chefs du peuple mormon. L'ordre qu'ils ont établi soutiendrait la comparaison avec celui que les prêtres égyptiens

avaient autrefois établi sur les bords du Nil. Singulière analogie entre deux sacerdoes, l'un, improvisé, sensuel et grossier; l'autre, raffiné et reposant sur une théologie profonde et mystique.

Entre le pays des Mormons et les parties

habitables de l'État de Nevada, s'étend le véritable désert américain, long de deux cents lieues de l'est à l'ouest, et de cent lieues du nord au sud. Le chemin de fer le franchit, dans les parties les plus favorables ; il entre ensuite dans l'État de Nevada, par le *défilé de Humboldt*, immense tranchée naturelle, qui pénètre entre les montagnes. Les difficultés que les ingé-

nieurs ont dû vaincre pour exécuter, au milieu des abîmes et des pentes de ces montagnes, leurs opérations de triangulation et de nivellement, sont vraiment inouïes.

Le désert américain s'étend sur 400 kilomètres du nord au sud, et sur 800 de l'est à l'ouest. Il sépare le pays des Mormons des parties habitables de l'État de Nevada. Loin d'offrir, comme le Sahara africain, dont il

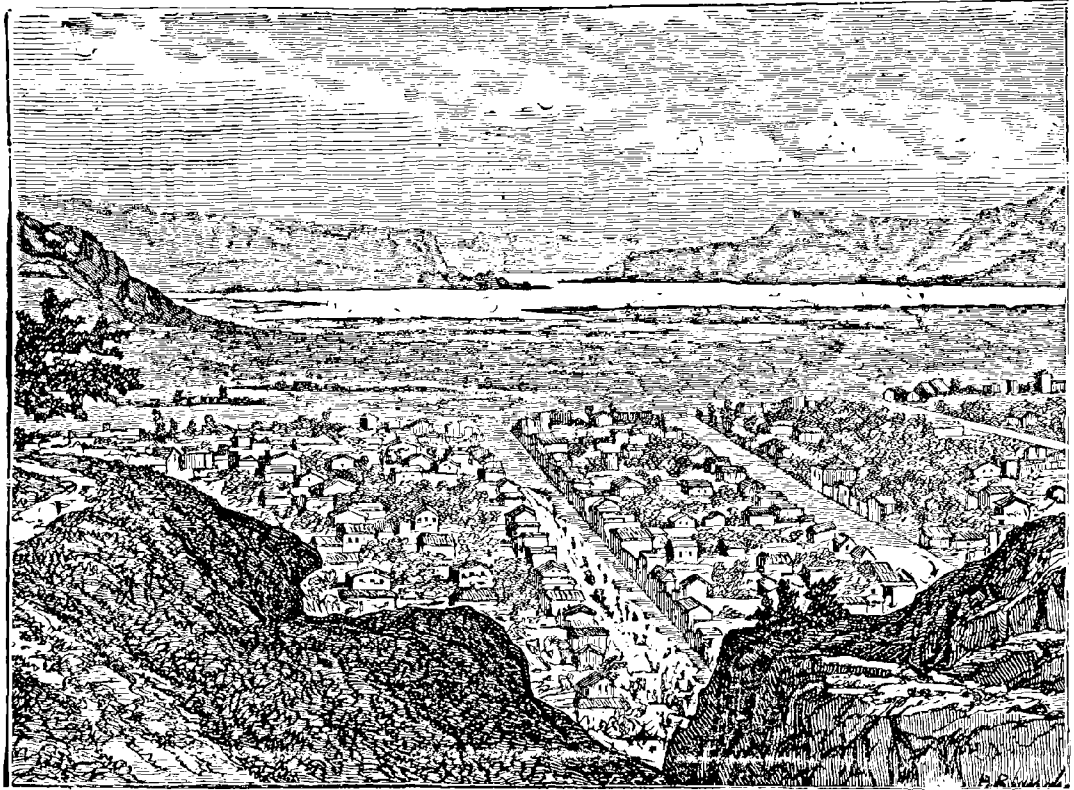


Fig. 400. — La ville du Lac-Salé.

n'a point du reste, l'aspect imposant, une monotomie sublime, il est traversé par des chaînes de montagnes aux formes tourmentées et bizarres. *Le rocher de la Cheminée*, quel'on voit dans la figure 401 qui, représente le *désert américain*, donnera une idée de l'aspect de ces massifs, qui renferment les plus riches filons du monde.

Mais dans ce désert de sable, l'eau manque absolument ; de sorte que jamais les émigrants californiens n'ont osé s'engager dans

cette région inhospitalière. Le chemin de fer n'a pas de pareilles craintes ; il pénètre dans ces solitudes, sans eau, sans verdure, sans ressources naturelles. Seulement, il fait un grand nombre de détours pour éviter le désert. Il ne le franchit que dans ses parties les plus accessibles.

On entre dans l'État de Nevada par le défilé de Humboldt, immense tranchée pratiquée par la nature dans les gigantesques massifs de la Sierra.

On se figure sans peine les difficultés que dut présenter le tracé de la voie au milieu de ces roches taillées à pic, dont les gigantesques assises s'étagent le long de précipices d'une profondeur vertigineuse. C'est le plus souvent suspendus entre des abîmes que les ingénieurs durent exécuter les opérations du nivellement et de la triangulation; ce qui donne une idée du courage qu'ont dû déployer ces hardis pionniers de

la civilisation pour accomplir leur mission périlleuse.

La nature offre, en cette contrée, un caractère de majesté et de grandeur qui manque aux solitudes de l'Ouest. Les arbres atteignent des dimensions prodigieuses : le diamètre de ces colosses du règne végétal varie de un à deux mètres, et leur longueur dépasse trente mètres. Les sapins des Alpes ne sont que des enfants à côté de ces

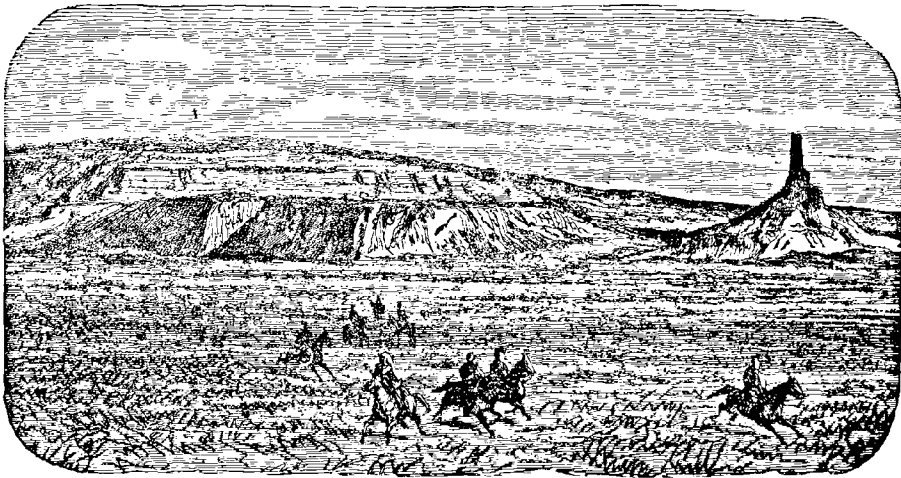


Fig. 401. — Le désert américain: le rocher de la Cheminée

sombres géants des forêts américaines. Ils sont aux sapins des Alpes ce que le Saint-Laurent et le Mississipi sont au Rhin, au Danube ou au Rhône. Rien n'est majestueux comme de les voir s'élever droits, fermes et sombres, au milieu des neiges qui les entourent. De merveilleuses mousses, richement bariolées de vert et de jaune, couvrent leur flancs, du côté qui regarde le Nord. Des chênes et des hêtres remplissent tout l'espace qu'ils laissent entre eux. Devenus nains par comparaison, ces arbres qui garderaient un bon rang dans les futaies célèbres en Europe, ne semblent destinés qu'à égayer des paysages écrasants de grandeur. De petits ruisseaux circulant le long des rochers, tombent de cascade en cascade. Il font entendre une espèce de

murmure musical, qui invite à admirer les chefs-d'œuvre de la nature.

L'État de Nevada renferme des mines d'argent d'une grande richesse. Aux environs de la ville d'Austin, située à quatre-vingts lieues environ de la Sierra Nevada, et qui, après quatre ans d'existence, comptait déjà plus de dix mille habitants, se trouve un filon argentifère, d'un mille de large, sur cinq de long. Près de *Virginia City*, il existe un second gisement qui a produit cinquante millions d'argent en cinq années de travail.

Après avoir dépassé la ville de Cisco, qui fut fondée uniquement pour activer le travail de percement d'un tunnel de 200 mètres de long, et qui est du côté de l'Est ce que Cheyenne est du côté de l'Ouest, on

arrive dans la section californienne de cette grande voie.

Dans cette partie de la ligne, qui est à une altitude considérable au milieu des montagnes, la neige couvre souvent la terre. Aussi la Compagnie a-t-elle dû créer ici des moyens particuliers pour faciliter la circulation.

Dans les passages montagneux qui sont

ouverts de tous côtés, les ingénieurs ont construit les *abris contre la neige* dont nous avons parlé. Ce sont des espèces de tunnels en planches, qui ont quelquefois près d'une lieue de longueur. Sur la voie ainsi protégée par une solide toiture en charpente, la locomotive peut braver les neiges, et le convoi passer en sécurité. On réserve, toutefois, ces abris pour les gorges dans lesquelles

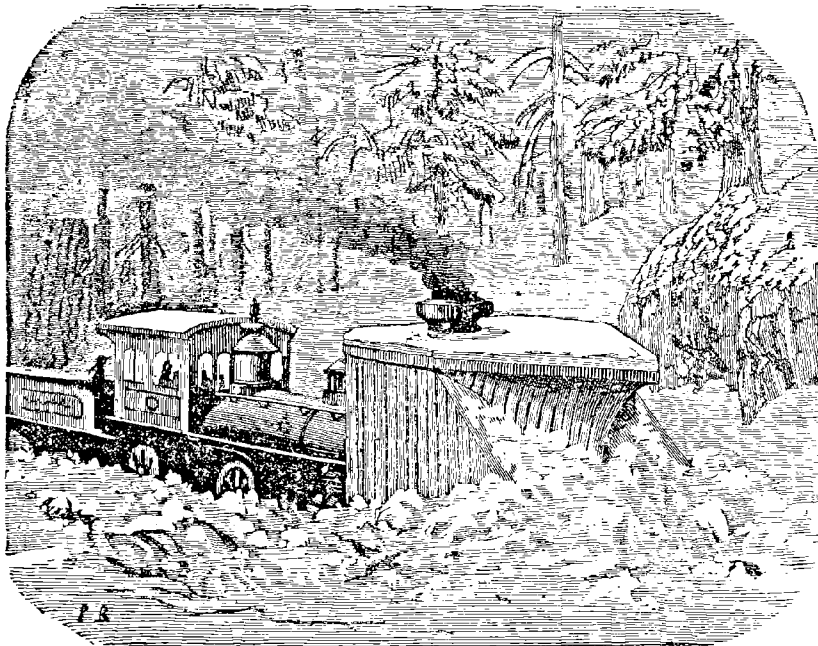


Fig. 402. — La charrue tranche-neige.

les vents et les avalanches accumuleraient des masses infranchissables de neige. Dans les parties de la voie qui sont moins sérieusement menacées par les neiges, par exemple sur un versant que la montagne elle-même abrite contre les vents, on s'en tient à la *charrue à neige*. C'est un vaste coin de fer, en forme de double soc de charrue (fig. 402). On la place à l'avant de la locomotive, et elle disparaît presque tout entière dans l'immense déblai neigeux qu'elle balaye, à mesure qu'elle avance sur les rails.

La *charrue tranche-neige* a un poids qu'on ne peut évaluer à moins de 40000 kilo-

grammes. Cependant, comme on attelle toujours, avec ce monstrueux outil, une locomotive supplémentaire, le train n'éprouve aucun ralentissement sensible, tant que l'épaisseur de la couche à balayer ne dépasse point 50 centimètres. Quand la neige s'élève jusqu'à 2 ou 3 mètres de hauteur, on met deux, trois ou quatre locomotives. Dans les moments difficiles on détache les wagons ; alors les locomotives se lancent à toute vapeur, en avant, et, faisant belier, débarrassent la voie.

Cependant la locomotive ne triomphe pas toujours, dans cette lutte contre les élé-

ments; on a vu des convois battre en retraite, pour ne pas demeurer prisonniers sous les neiges.

Sur toute l'étendue de son parcours, c'est-à-dire pendant 100 kilomètres environ, la partie de la section californienne com-

prise dans le district montagneux, se maintient constamment à une altitude de 1,600 à 2,500 mètres. MM. Samuel Montagne et Georges Grey, directeurs des travaux de la Compagnie, eurent donc à vaincre d'énormes difficultés pour établir la voie dans de

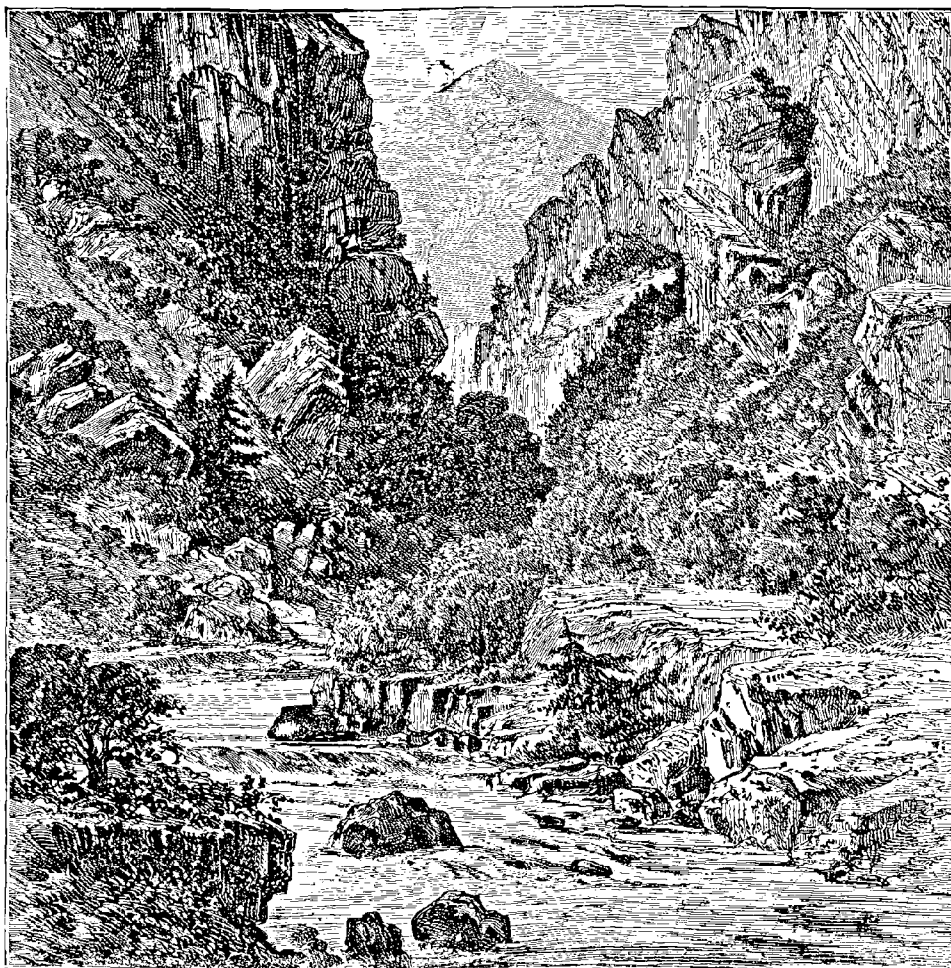


Fig. 403. — Entrée du grand tunnel dans la Sierra Nevada.

pareilles conditions. Ils n'en seraient venus à bout qu'après bien des années et au prix d'efforts très longtemps soutenus, si la Compagnie n'avait pris le parti de livrer au public une voie provisoire qui n'eût guère que dix ou quinze ans de durée, mais qui fut plus tard construite avec solidité, en y consacrant une partie des bénéfices que la première avait permis de réaliser.

Les tunnels, qui sont des ouvrages considérables, ont été provisoirement remplacés, sur la voie dont nous parlons, par des passerelles en bois, et ces constructions portent bien le cachet de l'audace américaine. Pour poser ces estacades, d'immenses ravins, ont été creusés dans la montagne, au moyen de la mine. C'est même là que l'on fit usage pour la première fois de la

nitro-glycérine, cet agent si puissant, mais si redoutable, de l'exploitation des mines. Point de remblais, ce travail serait trop long ! Le convoi passe entre ciel et terre, dans une sorte de cage à jour, formée d'un simple assemblage de poutres de bois. Un Européen reculerait à l'idée de s'engager sur une voie établie avec une telle audace ; l'Américain n'hésite pas un instant : *Go ahead!* (En avant !) Et la locomotive s'élançe avec furie sur ce pont de treillage, qui repose sur un abîme.

Le pays qui commence au pied de la Sierra Nevada, est absolument aride. Rien de plus monotone que la journée qui se passe à franchir ces plaines désertes et nues. A partir d'un lieu appelé *Camp Halleck*, le chemin de fer suit, de près ou de loin, deux branches de la rivière de Humboldt, pendant cent lieues au moins, jusqu'à son embouchure dans le lac du même nom.

Le lac de Humboldt et quelques autres servent de réceptacle aux eaux pluviales de cette plaine immense : l'évaporation et les infiltrations y maintient leur niveau à peu près constant.

Du lac de Humboldt le chemin de fer passe dans le bassin d'un autre lac (*Pyramide Lake*) dont un affluent, le *Trucker River*, conduit, par Reno, vers le faite de la Sierra Nevada.

Elko est un centre de population plus important que la plupart de ceux que l'on rencontre sur la ligne qui nous occupe. On s'y trouve à huit heures du matin, pour déjeuner.

On passe à Carlin à dix heures du matin. Là sont des remises et des ateliers pour le chemin de fer. On s'arrête pour dîner, à une heure, à Battle-Mountain.

La station de Humboldt, où l'on s'arrête, à six heures du soir, pour souper, est, grâce à des irrigations, une oasis fraîche et vive, qui repose un moment les yeux de l'interminable désert que l'on vient de traverser.

L'État de Nevada, compris à peu près exactement entre les montagnes de Humboldt et Reno, est assez bien doté sous le rapport des productions naturelles utilisables par l'industrie. Il renferme, au nord de la voie ferrée, les districts miniers d'Austin et d'Eureka. Les mines d'argent de Silver City sont dans la même direction.

Les villes de Reno et de Truckee, situées sur le versant oriental de la Sierra-Nevada, renferment des mines et des forêts, que l'on exploite avec beaucoup de succès. Reno est le point d'embranchement d'une voie ferrée à voie étroite, menant à Virginia City, ville de quinze mille habitants, ainsi qu'à Cas-sarville. Bien qu'elle n'ait que trois mille habitants, cette dernière ville est la capitale de l'État de Nevada.

La station de Summit, au-dessus de Reno, est le faite de la Sierra-Nevada : elle est à l'altitude de 2,248 mètres au-dessus du niveau de la mer.

La Sierra-Nevada est une chaîne de montagnes boisées, dont les mouvements de terrain, grandioses et pittoresques, rappellent les Alpes de la Suisse et de la Savoie. De Reno à Summit, les flancs des vallons, inclinés à 45° environ, sont formés d'éboulis granitiques mouvants, sur lesquels il fut souvent difficile d'établir la voie ferrée. Au lieu de faire des murs de soutènement, on a multiplié les très petits tunnels, parce qu'ils avaient l'avantage de rendre inutiles les constructions d'abris contre les neiges.

Sur le versant est de la Sierra-Nevada, on compte neuf tunnels, et cinq sur celui de l'Ouest. Celui du sommet (fig. 403), est le plus long ; il a 150 mètres. La longueur totale de ces six tunnels est de 900 mètres. Tous ces tunnels sont boisés et attendent un revêtement en maçonnerie.

Les ouvriers qui ont été employés aux travaux de la voie ferrée, dans la Sierra Nevada, étaient tous des Chinois. Leur docilité, leur zèle consciencieux, leur intelli-

gence et leur adresse, étaient d'autant mieux appréciés, qu'ils ne recevaient guère qu'un dollar et demi par journée de travail effectif, au lieu de trois ou quatre dollars que recevaient les ouvriers américains

Sans les ouvriers chinois, les chemins de fer de la Californie n'existeraient peut-être pas. En effet, malgré l'excessive élévation du salaire, les ouvriers européens ou américains désertaient toujours les chantiers. Il suffisait de la découverte d'une pépite ou

d'une histoire de mineurs racontée, le soir, aux feux des bivouacs, pour que les ouvriers indigènes abandonnassent le chantier, pour se répandre dans les montagnes, à la recherche d'un filon, qu'ils ne rencontreraient pas, mais après lequel ils ne pouvaient s'empêcher de courir. Le Chinois, laborieux, patient et docile, ne connaît aucun de ces entraînements. La fortune hypothéquée sur les nuages de la Sierra-Nevada n'a point assez d'attraits sur ces

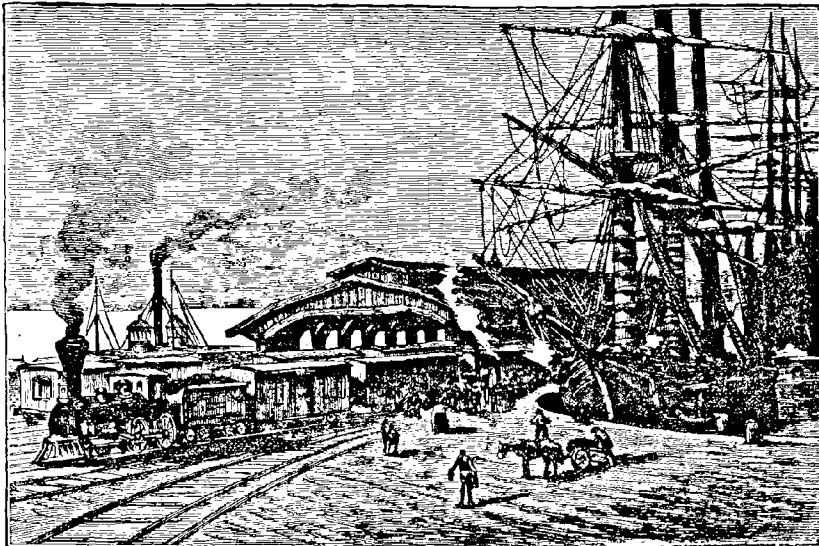


Fig. 404. — Gare de Sacramento.

hommes positifs pour leur arracher la pioche des mains. Ils préfèrent à tous les mirages, à toutes les séductions dont on les accable, un salaire constant et régulier, qui leur permette de retourner, un jour, sur les bords du fleuve Jaune, à l'ombre d'une belle tour de porcelaine.

Nous voudrions pouvoir parler longuement des magnifiques paysages de montagne et de vallée que la locomotive parcourt sur les flancs de la Sierra-Nevada, en abordant les régions boisées de la Californie. On voit sortir de terre une végétation si vigoureuse, que le voyageur quand il quitte le train, est mille fois tenté d'oublier le

chemin de fer, pour faire une excursion dans la montagne. Il se croit au milieu d'une forêt vierge, comme s'il ne venait point d'entendre le sifflement de la locomotive, comme s'il ne suivait point un sentier pratiqué par de hardis mineurs.

Jamais cette nature, qui semble étonnée de la présence de l'homme, ne se montra plus brillante, plus éclatante que sur la partie de la Sierra qui porte le nom de *Pic américain*. La végétation, qui s'éveille aux pieds de la montagne, avec une juvénile impétuosité, semble monter à l'escalade du sommet chauve et blanchi, avant que les neiges aient disparu. Elle va emporter d'as-

saut les rochers avant que le soleil les ait débarrassés du linccul de neige sous lequel ils ont dormi!

Voici San Sacramento; c'est là que se termine le *Central Pacific Railway* proprement dit. Vient ensuite la ligne qui relie cette ville à San Francisco, et qui complète ainsi le chemin rattachant les deux Océans.

Les Indiens n'ont pas vu, sans un pro-

fond chagrin, la civilisation envahir et traverser leurs territoires, vierges jusqu'à ce moment de toute tentative de ce genre. Aussi se sont-ils plus d'une fois efforcés de contrarier les travaux, ou d'arrêter l'entreprise. Un jour, un vaste incendie, allumé par les Peaux-Rouges, dans les forêts, et propagé par un vent violent, enveloppa de toutes parts un convoi. Locomotive, wa-

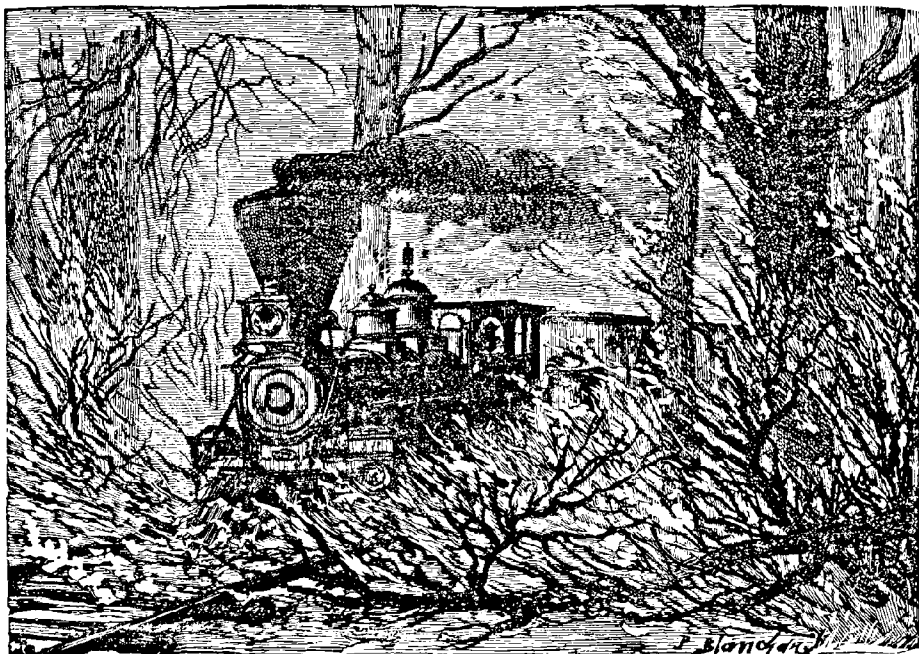


Fig. 405. — Incendie dans la forêt.

gons et voyageurs seraient devenus infailliblement la proie du feu, ou auraient péri sous l'attaque des tribus rassemblées sur leur passage, si le mécanicien n'eût pris le parti énergique de lancer courageusement le convoi à travers les flammes, en forçant la vapeur de la locomotive jusqu'à ses dernières limites. La prodigieuse rapidité de la marche développa un tel courant d'air, sur les deux côtés du convoi, que les flammes s'écartèrent, et que la terrible fournaise fut franchie sans encombre! Rassemblés en troupes nombreuses, à quelque distance de la forêt embrasée, les Peaux-

Rouges attendaient avec une joie farouche le succès de leur criminel dessein, et ils ne virent pas sans stupeur leur proie leur échapper à travers les tourbillons de flammes et de fumée qui remplissaient la campagne.

Nous terminerons cette description par quelques mots sur le mode d'exploitation de cette immense ligne.

Le chemin de fer du Grand-Pacifique est à une seule voie, dont la largeur est la largeur normale des railways d'Europe (1^m,436). Les traverses qui supportent les rails, sont en pin jaune. Les ouvriers char-

gés d'entretenir la voie, ayant à franchir de longs espaces, emportent avec eux leurs outils, leurs vivres, et même des objets de campement. Pour cela, chaque groupe d'ouvriers, composé de 5 à 6 hommes, est muni d'un wagonnet plat, sur lequel on agit avec une manivelle, pour faire avancer le véhicule. On fait ainsi de 12 à 16 ki-

lomètres à l'heure. Au besoin, on enlève le wagonnet, et on le met à côté de la voie.

Les stations sont beaucoup plus rapprochées qu'on ne serait tenté de le croire. Dans certaines parties de la ligne, elles sont séparées par 18 et même 27 kilomètres; mais à la descente de la Sierra-Nevada, dans les riches plaines du Sacramento et

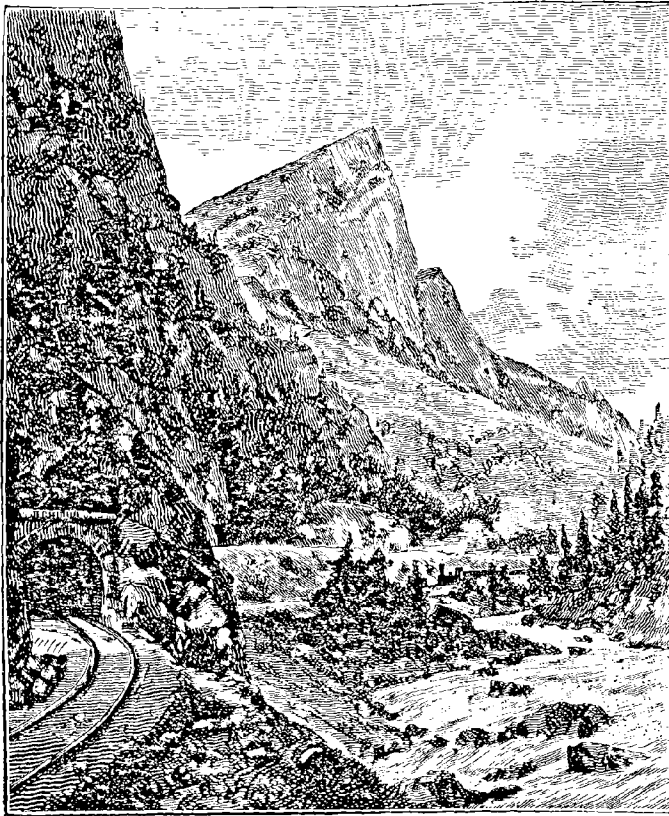


Fig. 106. — Tunnel dans les Cordillères du Pérou

du San-José, la distance est beaucoup moindre et n'est quelquefois que de 5 kilomètres.

Indépendamment des deux têtes de ligne, il y a treize stations, pourvues de buffets, et où l'on s'arrête trois fois par jour, pendant vingt minutes environ.

Presque toutes ces stations possèdent un dépôt de machines pour dix, vingt ou trente locomotives. Ces dépôts ont, comme les nôtres, la forme de rotondes demi-circulaires. Dans quelques-unes sont des ateliers

de réparations. A Omaha et à Sacramento, il existe des ateliers de construction.

Outre les stations ci-dessus énumérées on s'arrête quelques instants à d'autres points, pour prendre de l'eau ou du charbon.

On trouve sur les grandes lignes du Pacifique, les locomotives, les *passengers cars*, les *wagons-lits* de la compagnie Pulmann, ainsi que les *Silver palace cars*, tels que nous les avons décrits.

Un train de voyageurs sur le railway du Grand Pacifique, est ainsi composé : un ou deux fourgons à bagages, attelés derrière la machine, — un ou deux wagons pour la poste, — deux ou trois *wagons-lits*, — enfin deux ou trois wagons ordinaires.

Tous les jours, un train de voyageurs (un seul) part d'Omaha, à une heure et demie de l'après-midi, et un autre part de San Francisco, à huit heures du matin. Ils mettent cent heures pour franchir les 3,000 kilomètres de cette ligne : la vitesse moyenne n'est donc que de 31 kilomètres à l'heure.

Le prix du parcours entier est de 1200 francs, soit à peu près 20 centimes par kilomètre.

Nous ajouterons que le chemin de fer de l'Atlantique au Pacifique a déjà trouvé un concurrent redoutable dans une nouvelle voie ferrée. Depuis l'année 1881, il existe un second chemin de fer direct entre les deux Océans. Le raccord de la ligne ferrée de la compagnie de l'*Atchinson, Topéka et Santa Fé* à celle de la compagnie du *Southern Pacific*, a été opéré le 8 mars 1881, à Deming, dans le Nouveau-Mexique, localité située à 40 milles au Nord de la frontière mexicaine, et à 50 milles à l'Est de l'extrémité de l'Arizona. On peut maintenant aller directement en chemin de fer, de New York à San Francisco, en suivant les lignes du *New York Central*, du *Lake Shore*, du *Missouri Pacific*, de l'*Atchinson, Topéka et Santa Fé*, enfin du *Southern*.

La construction du premier chemin de fer de l'Atlantique au Pacifique, considérée comme un véritable exploit national, fut célébrée, en 1869, par de grandes fêtes, au milieu de l'enthousiasme universel. L'inauguration de la nouvelle voie ferrée s'est faite, au contraire, sans le moindre éclat. Le 17 avril 1881, un train partait de Kansas-City, dans l'État de Missouri ; le len-

demain, un autre quittait San Francisco, et tout était dit.

La distance entre ces deux villes est de 3,938 kilomètres, dont 1,815 kilomètres par la ligne de l'*Atchinson, Topéka et Santa Fé*, et 2,123 pour celle du *Southern Pacific*. La durée du trajet est de 90 heures.

Cette nouvelle ligne allant d'un Océan à l'autre, a une grande importance, en ce sens surtout qu'elle ouvre les territoires, jusqu'à présent inaccessibles, du Nouveau-Mexique et de l'Arizona, dont les richesses minières vont pouvoir se développer. Il y a, dans ces régions, d'immenses placers d'or et d'argent, des dépôts considérables de plomb, d'étain, de cuivre, de houille et de pétrole, qui restaient inexploités, inconnus même et qui seront l'objet de fructueuses exploitations.

La nouvelle route a même des chances d'être préférée à l'ancienne par les voyageurs, parce qu'elle traverse des pays magnifiques. Le trajet n'est pas plus long par une voie que par l'autre, et le prix est le même ; mais sur la nouvelle ligne on ne trouve pas de neiges dans la saison d'hiver, et, en été, un air pur et sec empêche la chaleur d'y être fatigante.

CHAPITRE VI

LE CHEMIN DE FER A TRAVERS LES CORDILLÈRES DU PÉROU. — TRACÉ DE LA VOIE LE LONG DES VALLÉES ET DES RAMPES DES CORDILLÈRES.

Dans la première partie de cette Notice, en traitant des chemins de fer de montagnes, nous avons décrit les voies ferrées qui traversent de grands massifs montagneux, en Allemagne, en Italie, en France. Pour montrer que les ingénieurs américains ne sont pas en arrière de leurs rivaux d'Europe, il nous paraît utile de donner une description rapide du chemin de fer qui traverse les Cordillères du Pérou.

Il semblait impossible d'établir un chemin

de fer à travers les énormes montagnes des Andes du Pérou. C'est pourtant là une entreprise devant laquelle n'a pas reculé le génie américain. Cette voie ferrée, qui a pour objet de mettre en rapport les plaines et les régions centrales de l'Amérique du Sud avec les ports de la côte du Pérou, qui en sont séparées par la barrière des Andes, ou Cordillères, offre cette particularité, qu'elle est à la plus haute altitude qu'ait encore atteinte une ligne ferrée.

Voici le hardi tracé suivi par le chemin *trans-andien*, que tant d'obstacles naturels semblaient devoir rendre impossible.

La ligne commence à Callao, près de Lima, sur la côte du Pérou, et, après avoir parcouru 100 kilomètres jusqu'à un point culminant situé à 5,000 mètres au-dessus du niveau de la mer, elle descend jusqu'à 30 kilomètres plus loin, à la Croya, sur le versant oriental des Andes. Elle s'arrête au point où la navigation commence sur l'Amazone.

Voici les plus intéressantes particularités de cette ligne à grande altitude.

En quittant Callao, la voie suit la fertile vallée du Rimac, petit cours d'eau qui descend des montagnes; mais à 30 kilomètres au delà, les montagnes se rejoignent, et le chemin de fer doit les aborder. Sur leurs rampes on voit des ruines de terrasses et de murailles qui remontent aux temps des Incas, et qui marquent la place qu'occupaient autrefois d'antiques et populeuses cités. Un peu après, la voie ferrée passe à San Bartholome, à 30 kilomètres de Callao, à près de 1,800 mètres au-dessus du niveau de la mer par un premier tunnel (fig. 406). De là, elle traverse le viaduc de Verrugas, puis arrive à Burco, à 1,900 mètres d'élévation, à travers une grande variété de paysages grandioses et terribles.

Nous avons représenté, dans les généralités sur les tunnels américains, le viaduc de Varrugas (fig. 361, page 620).

La voie traverse le ravin de Challapa sur un pont de 1,800 mètres de long et de 40 mètres de haut, qui est de construction française (fig. 407).

Dans cette partie du tracé, entre Tambo-Viso et Chiela, on rencontre différents sites, véritablement effrayants. Le vertige vous prend quand on contemple ce spectacle gigantesque et désordonné de la nature. L'esprit reste confondu à la pensée qu'une locomotive ait à franchir ces terribles défilés. Il serait impossible de signaler exactement les travaux d'art qui se sont accomplis sur cette ligne, de décrire les hautes tranchées et les remblais que l'on a dû établir pour aplanir le terrain et lui donner la pente uniforme nécessaire à la voie. Il n'a pas fallu, pour la construction de cette partie de la ligne, moins de trente ponts ou viaducs qui, ajoutés l'un à l'autre, représentent une longueur de plus de 4 kilomètres, et trente-cinq tunnels, représentant ensemble 5 kilomètres, au nombre desquels il faut compter celui du sommet de la Cordillère, long de 1,173 mètres.

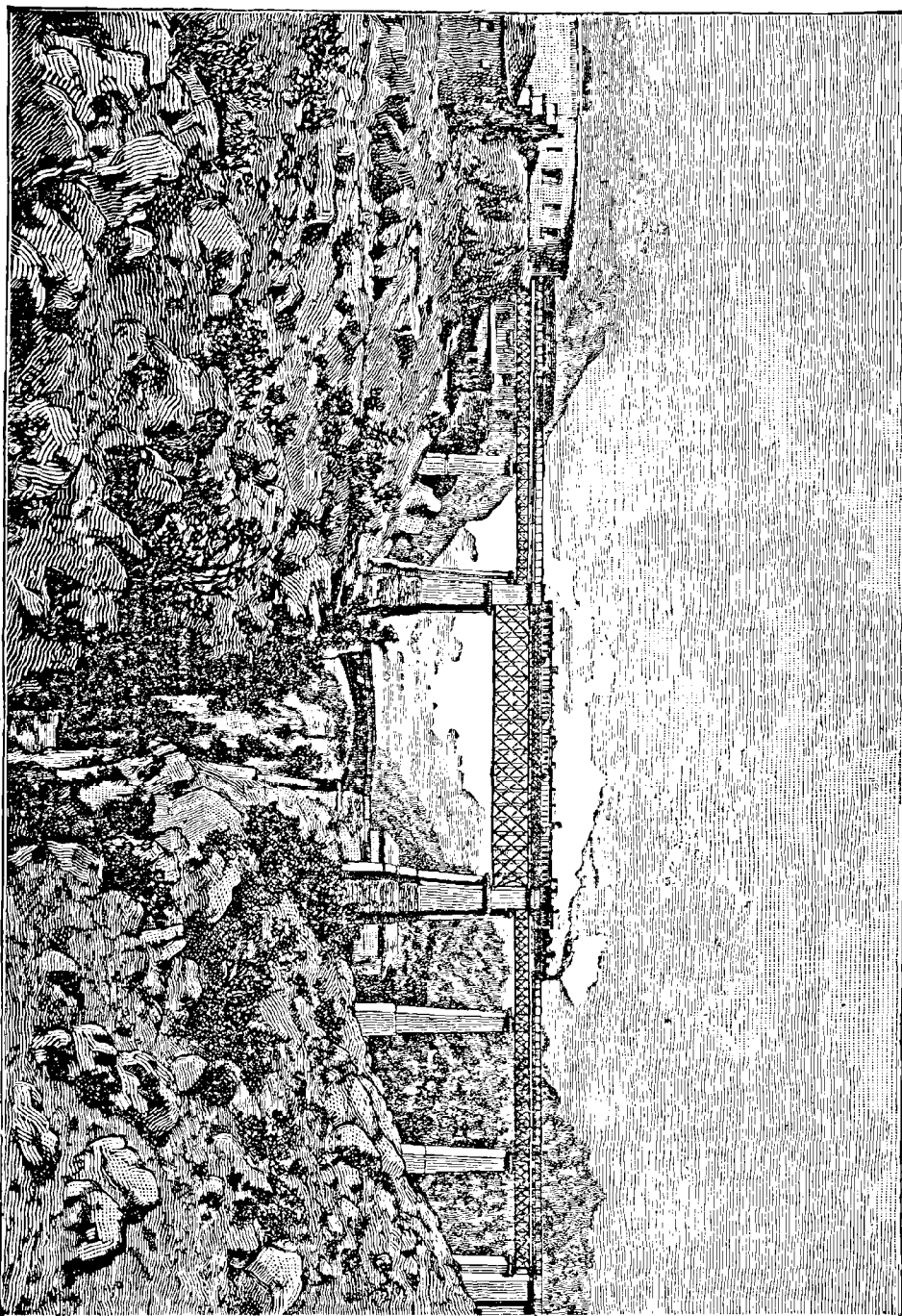
Au milieu de tant d'obstacles, et avec l'inévitable nécessité de monter toujours, on ne fût jamais arrivé jusqu'au sommet, sans les nombreux détours que l'on sut faire, et que facilitaient, du reste, les petites vallées latérales. En certaines parties, la gorge est même si étroite, que, le détour en courbe devenant impossible, il a fallu employer le zigzag en forme de V, condition toujours défavorable pour les mouvements de la locomotive, et que l'on évite, en général, dans des pentes aussi fortes.

En sortant de Mantucana, la ligne poursuit difficilement son chemin sur la rive gauche, en côtoyant le pied des montagnes. Elle passe devant l'effrayante gorge de Chahuazo et entre dans le défilé.

En ce point, la vallée disparaît, et l'on n'a plus devant soi qu'une vaste fente, profonde de quelques centaines de mètres. La

Rimac coule majestueusement au fond de ce gouffre. Les bords, qui sont coupés à pic forment comme deux murailles. On entend au loin le bruit de la cascade, dont l'écume

Fig. 407. — Ravin de Challaqa, dans les Cordillères du Pérou.



blanchâtre frappe le regard. Le sentier, détours, à la cascade qui est suspendue sur taillé dans le roc, conduit, à travers mille l'abîme, au-dessus des masses de porphyre

et de trachyte, à moitié en équilibre, et qui menacent de vous écraser. C'est là la célèbre gorge de l'*Infernillo*, la plus belle peut-être, en tous cas la plus saisissante de toute la Cordillère. Le Rimac, large environ de 40 mètres, s'y précipite, du haut d'une cascade de 50 mètres, et poursuit impétueusement son cours, au milieu des rochers.

Conduire un chemin de fer à travers un semblable défilé était impossible. C'est au moyen d'un tunnel creusé sur les larges

versants de la *Quebrada du Paroc* que la voie aborde l'obstacle et s'élanche sur la rivière, au moyen d'un pont de 60 mètres de haut; puis elle rentre de nouveau sous terre, et réapparaît à une distance considérable, continuant toujours son interminable ascension.

Après un petit détour sur la rive droite, la voie rencontre bientôt la *Quebrada du Rio Blanco*, dont elle contourne quelque temps les deux rives, et parvient à Chicla, après

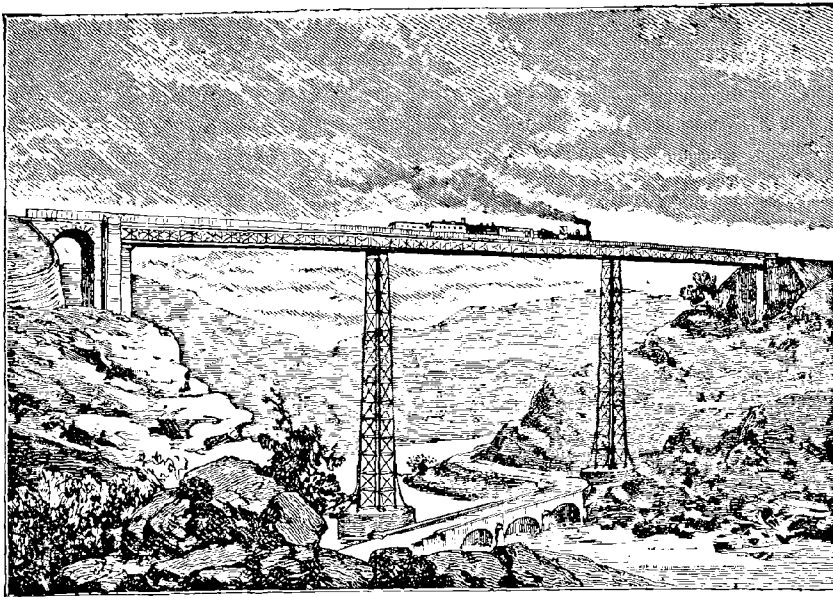


Fig. 408. -- Viaduc sur le Rimac.

avoir croisé de nouveau le Rimac, sur un beau viaduc de 100 mètres de long, haut de 80 mètres (fig. 408). Cette région est assez riche en minerais de différente nature et ressemble en cela, du reste, aux autres points que va parcourir la ligne jusqu'à Oraya. L'exploitation de ces richesses, autrefois en souffrance, n'a pas tardé à se relever dès qu'une voie ferrée est venue lui procurer de faciles moyens de transport.

Les principales difficultés du tracé sont dès lors vaincues, et le reste du trajet, jusqu'à la cime des Cordillères, ne présente plus que des obstacles de moindre impor-

tance. La vallée est assez large; toutefois, comme la pente y excède 4 0/0, trois détours ont encore été nécessaires: le premier à Bella-Vista, village de mineurs, voisin de Chicla; l'autre, plus petit, au hameau de Casapulca; le troisième enfin, plus long que les autres, puisqu'il mesure 7 kilomètres, dans la Quebrada de Chinchán.

Au sortir de ce défilé, les montagnes ont un aspect plus grandiose: tout est morne et triste. Le Rimac n'est plus le torrent impétueux dont nous parlions tout à l'heure; c'est un modeste ruisseau, dont les divers filets coulent silencieusement des hauteurs

environnantes. Au bout de la vallée apparaît la cime de la Cordillère, avec ses pics éblouissants de neige. La respiration devient haletante; les voyageurs et les étrangers sont vivement incommodés, en raison de l'altitude du lieu, et par suite de la raréfaction de l'air.

A gauche, sur l'escarpement de la montagne, taillée tantôt dans le rocher, tantôt dans une argile rougeâtre, la ligne se maintient toujours à une hauteur considérable. Bientôt elle atteint Antarangara, et disparaît sous terre. C'est le dernier tunnel, celui qui marque le point culminant de la ligne et la séparation des eaux pour les deux océans. La Cordillère est désormais franchie, à 4,800 mètres au-dessus du niveau de la mer. Sur les hauts plateaux des Andes, la voie développe maintenant tout à l'aise ses courbes à larges rayons. La pente est douce et facile, et, sans difficulté d'aucune sorte, elle arrive à La Oraya, qui marque le terme de sa laborieuse carrière.

Le misérable village qui a donné son nom à une œuvre aussi colossale, est situé à 3,700 mètres d'élévation. Il n'a d'autre importance que celle qui résulte de sa position, point de réunion des deux routes de la Jauja et de Tarma, qui conduisent à Lima.

Telle est la ligne tracée au milieu des montagnes du Pérou. Elle est de beaucoup la plus élevée qui existe au monde, puisque

le chemin de fer du Grand-Pacifique, qui était jusqu'ici à la plus haute altitude, ne dépasse pas 4,800 mètres.

Ce chemin de fer a ouvert un débouché aux produits de la région agricole qui s'étend du pied oriental des Andes jusqu'aux villes maritimes du Pérou. Il permet, en même temps, l'exploitation des riches dépôts de minerais qui existent au sommet de ces montagnes, et dont l'isolement seul avait longtemps empêché de tirer parti. Le voyage si fatigant à travers les Cordillères, qui exigeait autrefois huit jours, se fait aisément aujourd'hui en une seule journée.

Cette voie, qui a été entreprise par le gouvernement du Pérou, a coûté des sommes considérables.

L'Amérique du Sud est pourvue d'un réseau de voies ferrées infiniment moins important que celui des États-Unis. Cependant, sans parler des deux grandes lignes que nous venons de mentionner, le Mexique, le Brésil, le Chili, les républiques du Centre-Américain, ont leur contingent de railways. Nous n'entrerons pas dans la description de ces dernières voies ferrées, construites à l'imitation et d'après les errements de celles des États du Nord, ne voulant pas reproduire les développements dans lesquels nous sommes entré dans la Notice qu'on vient de lire.

LES VOIES FERRÉES EN AFRIQUE

En traitant, dans ce volume, des chemins de fer en Europe et en Amérique, nous avons à peu près épuisé notre sujet, c'est-à-dire l'exposé des progrès faits dans ces dernières années, par l'art et l'industrie des chemins de fer. Il est évident, en effet que c'est exclusivement en Europe et dans le Nouveau monde que la construction des voies ferrées et du matériel roulant ont reçu tous leurs perfectionnements. Ni l'Afrique, ni l'Asie ne peuvent prétendre encore à apporter leur pierre à l'édifice du progrès industriel et technique. En nous proposant de traiter, dans ces dernières pages, des chemins de fer en Afrique, en Asie et en Australie, nous ne pouvons avoir d'autre but que de signaler les régions particulières de ces trois grandes parties du monde dans lesquelles les voies ferrées ont pénétré, et les circonstances qui ont pu accompagner leur établissement.

Les lignes de chemins de fer de l'Afrique et de l'Asie ne forment aujourd'hui que quelques tronçons isolés, perdus dans l'immensité de l'étendue géographique; mais un jour viendra certainement où ces tronçons épars se rejoindront, pour former, comme en Europe et en Amérique un réseau multiple reliant l'une à l'autre les villes et les centres de populations. Ce jour est encore éloigné : nos arrière-neveux le verront à peine luire. Pour nous, qui vivons aux temps primitifs de la civilisation universelle, à l'aurore de la fraternité des peuples, réservée à un lointain avenir,

nous ne pouvons que noter les débuts de cet heureux mouvement. La locomotive est l'ardent pionnier qui apporte aux divers peuples du monde la civilisation, l'aisance, le bien-être et la moralité : nous avons à enregistrer ses premiers pas dans les trois parties du monde énumérées ci-dessus.

CHAPITRE PREMIER

LES VOIES FERRÉES EN ALGÉRIE ET EN TUNISIE.

Les chemins de fer sont concomitants, pour ainsi dire, de la civilisation et de l'industrie dans tous les États. Nous devons donc nous attendre à ne les rencontrer que dans les régions de l'Afrique où se sont établis les Européens, apportant avec eux les avantages de la culture agricole et les profits d'un travail industriel bien ordonné. C'est dire que l'Algérie, la Tunisie et le Sénégal, pour commencer par nos possessions nationales, ainsi que l'Égypte et l'extrême Sud de l'Afrique, possèdent seules aujourd'hui des voies ferrées. Nous allons rapidement les passer en revue, en commençant par l'Algérie et la Tunisie.

Un réseau complet de voies ferrées fut arrêté par le gouvernement français, dès 1857, par un décret en date du 18 avril de cette année. Ce réseau général se composait

d'abord d'une ligne parallèle à la mer et suivant toute l'étendue du littoral de nos possessions du nord de l'Afrique, ensuite d'un certain nombre de lignes rattachant les villes de l'intérieur aux principaux ports du littoral algérien de la Méditerranée. Le réseau, ainsi défini en principe, comprenait environ 1,700 kilomètres, à savoir :

1° D'Alger à Constantine par Aumale et Sétif, environ.	450 kilom.
2° D'Alger à Oran par Blidah, Orléansville, Saint-Benoît et Sainte-Barbe, environ.	420 —
3° De Philippeville à Constantine.	90 —
4° De Bone à Sétif.	100 —
5° De Bone à Constantine, par Guelma.	200 —
6° De Tenès à Orléansville.	60 —
7 D'Arzew et Mostaganem à Relizane.	150 —
8° D'Oran à Tlemcen, par Sainte-Barbe et Sidi-Bel Abbès.	200 —
Total, environ.	1,690 kilom.

Ce projet avait reçu son exécution partielle, lorsque le gouvernement, pour répondre à des besoins nouveaux, résultant du développement de la colonisation, présenta, le 4 novembre 1878, un projet de loi où étaient mentionnées présentant comme lignes d'intérêt général, 1,700 kilomètres de chemins de fer algériens, dont une grande partie n'était pas comprise dans le réseau du décret du 8 avril 1857.

Ce projet de loi, adopté par la Chambre des députés, dans la séance du 3 avril 1879, et par le Sénat, dans celle du 15 juillet suivant, portait à 3,041 le nombre de kilomètres de chemins de fer devant constituer le réseau algérien.

Ce chiffre donne environ 1 millimètre de chemin de fer par habitant (l'Algérie comptant trois millions d'habitants). Ce rapport est peu différent de celui des lignes ferrées françaises avec la population desservie, mais il est bien faible si on le compare à la superficie du territoire traversé par les chemins de fer, puisqu'il ne correspond qu'à

2 centimètres de voie ferrée par kilomètre carré de pays, tandis qu'en France, on trouve 8 centimètres de voie ferrée par kilomètre carré de pays, c'est-à-dire 4 fois plus. Encore ce chiffre ne se rapportait qu'à la superficie du *Tell*, c'est-à-dire la partie la plus habitée, et celle où la colonisation est la plus avancée, en négligeant le Sahara algérien ou *Petit Sahara*, qui représente pourtant plus des deux tiers de l'étendue totale de notre territoire en Afrique.

Pour comprendre ces rapports entre l'importance du réseau des chemins de fer algériens et la superficie du pays, et en même temps, pour se rendre compte des conditions générales dans lesquelles il a fallu établir ces voies ferrées sur le sol de notre colonie d'Afrique, il faut avoir présentes à l'esprit les divisions de l'Algérie, au point de vue politique et administratif.

L'Algérie est aujourd'hui divisée en trois *départements* :

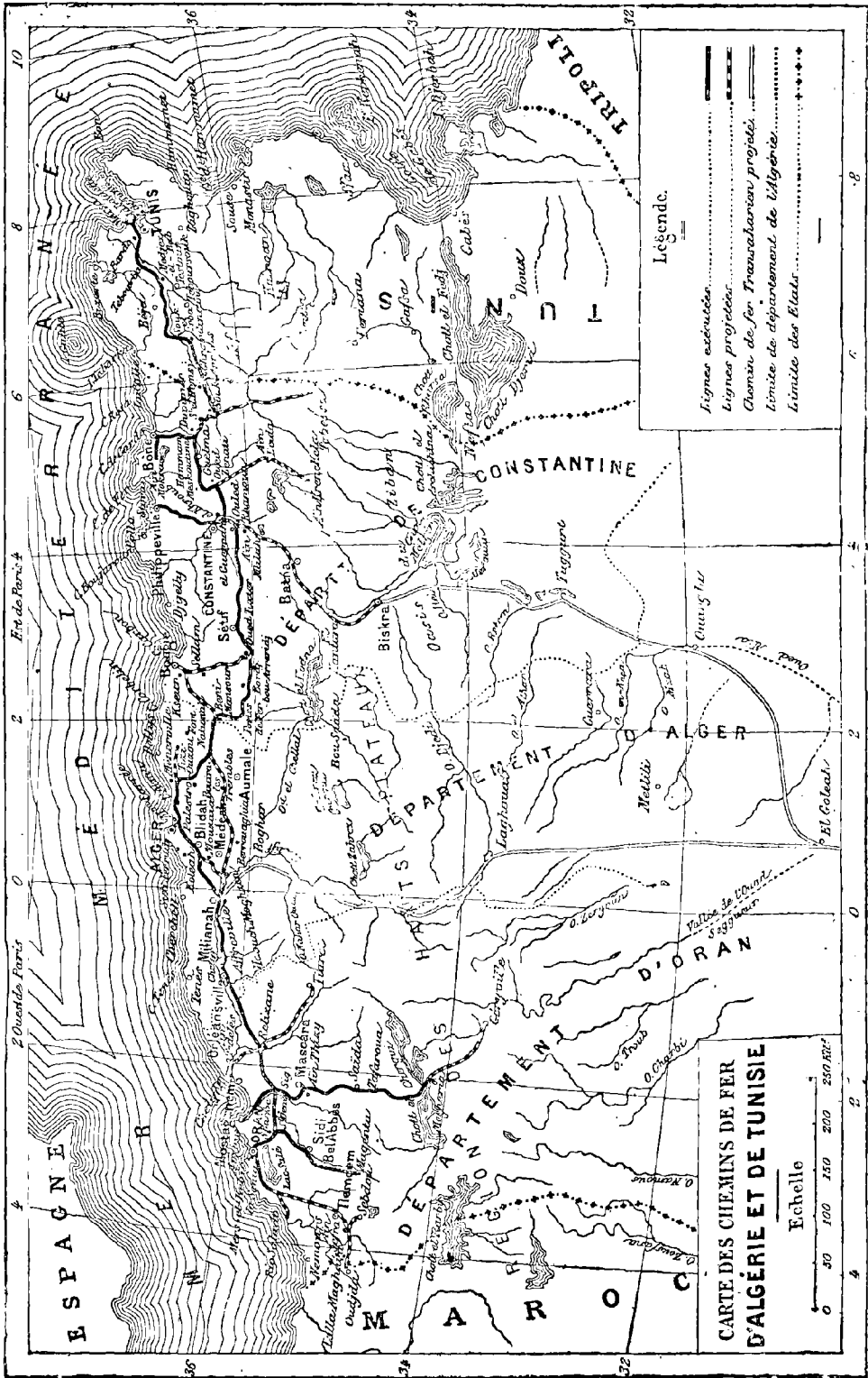
1° Au centre, le *département d'Alger*, où se trouve le siège du gouvernement civil et militaire, et dont l'action directrice doit rayonner dans tout les sens ;

2° A l'ouest, le *département d'Oran*, qui confine au Maroc ;

3° A l'est, le *département de Constantine*, qui touche à la Tunisie.

On se ferait une idée très inexacte, sous le rapport de l'étendue et du chiffre de la population des trois départements algériens, si on les comparait aux départements de la France. La superficie d'un département algérien équivaut, en effet, à celle de cinquante départements français réunis, et, d'autre part, le chiffre de la population de chacun ne dépasse pas celui de la population du département de la Seine.

Ajoutons que les limites des trois départements africains ne sont pas très nettement déterminées. Ils descendent, tous les trois, plus ou moins, et sans bornes très appré-



ciables, dans le désert du centre de l'Afrique.

Au point de vue topographique, l'Algérie, dont la superficie est à peu près égale à celle de la France, est partagée, pour ainsi dire, en deux régions distinctes, par une succession de chaînes de montagnes, qui s'étendent de l'est à l'ouest, presque parallèlement à la mer, et qui laissent entre elles et le rivage de la Méditerranée, la région qui porte le nom de *Tell* (de *tellus*, terre), région agricole et forestière, et au sud, le *Petit Sahara*, ou *région des oasis*, partie moins peuplée que le *Tell*, et moins propre à certaines cultures, mais qui, grâce à ses oasis et aux innombrables troupeaux qui trouvent dans ses immenses pâturages une nourriture abondante, renferment d'importantes richesses agricoles, et donnent lieu à un commerce considérable avec les pays environnants. Dans le *Tell* sont des forêts, des paccages, des terres cultivées en blé, orge et céréales diverses, des lacs et des marais, le tout relié par d'assez bonnes routes. Dans le *Petit Sahara*, ou *Sahara algérien*, les oasis contiennent des terres arrosables, et par conséquent de l'herbe et des prairies. On y trouve, outre de vastes paccages, des rivières et des lacs. La superficie du *Tell* est d'environ 13,000,000 d'hectares, celle du *Sahara algérien* de 45,000,000 d'hectares.

La zone montagneuse qui sépare ces deux portions du territoire, porte le nom de *région des Hauts plateaux*.

L'interposition d'une suite de montagnes entre le *Tell* et les *Hauts plateaux*, fait qu'une partie des cours d'eau qui y prennent naissance, à la suite des pluies, se dirige vers la Méditerranée, par des vallées successives, et que l'autre partie des eaux qui descend des versants méridionaux, va se perdre dans les lacs et les sables du Grand Sahara, et y former, sous le sol, des nappes d'eau, plus ou moins profondes, lesquelles, reparaisant au jour, par intervalles, forment les sources

qui donnent la fraîcheur et la vie aux oasis qui parsèment le désert.

D'une part, la configuration particulière du sol, ainsi divisé en deux régions d'une richesse agricole égale, mais séparées par une suite de montagnes, et d'autre part, la division administrative du pays, devaient servir de base à l'établissement des voies ferrées pour les transports rapides dans notre colonie d'Afrique. Pour se plier à ces conditions, il fallait :

1° Que le tracé des voies ferrées établît une communication non interrompue entre les trois départements d'Alger, de Constantine et d'Oran ;

2° Que les ports du littoral fussent rattachés au réseau général des voies ferrées ;

3° Que le sud de l'Afrique, le Maroc et la Tunisie, fussent mis en communication avec le même réseau.

Le réseau général décrété par les votes des chambres de 1877 et de 1878 répond à ces diverses conditions. Nous avons fait connaître le premier réseau, composé de 8 lignes secondaires, et nous avons ajouté que le second projet, voté par la Chambre des députés en 1878, avait porté à plus de 3,000 kilomètres l'étendue du réseau total. Il nous reste à signaler les particularités des diverses lignes aujourd'hui existantes.

La carte des chemins de fer d'Algérie et de Tunisie (fig. 409, page 695) permettra de suivre les détails de cette rapide énumération.

Aux chemins de fer algériens, nous ajoutons les chemins de fer tunisiens, parce que l'on peut considérer la Tunisie comme une possession française, à peu près au même titre que l'Algérie.

En attendant que l'Algérie possède une ligne ferrée reliant, sans interruption, le Maroc avec le golfe de Tunis, et sur laquelle viendront s'embrancher les nombreuses lignes allant du sud des trois départements

au littoral méditerranéen, les lignes existantes sont les suivantes :

1° *D'Alger à Oran.* — Cette ligne, longue de 426 kilomètres, et qui a été construite

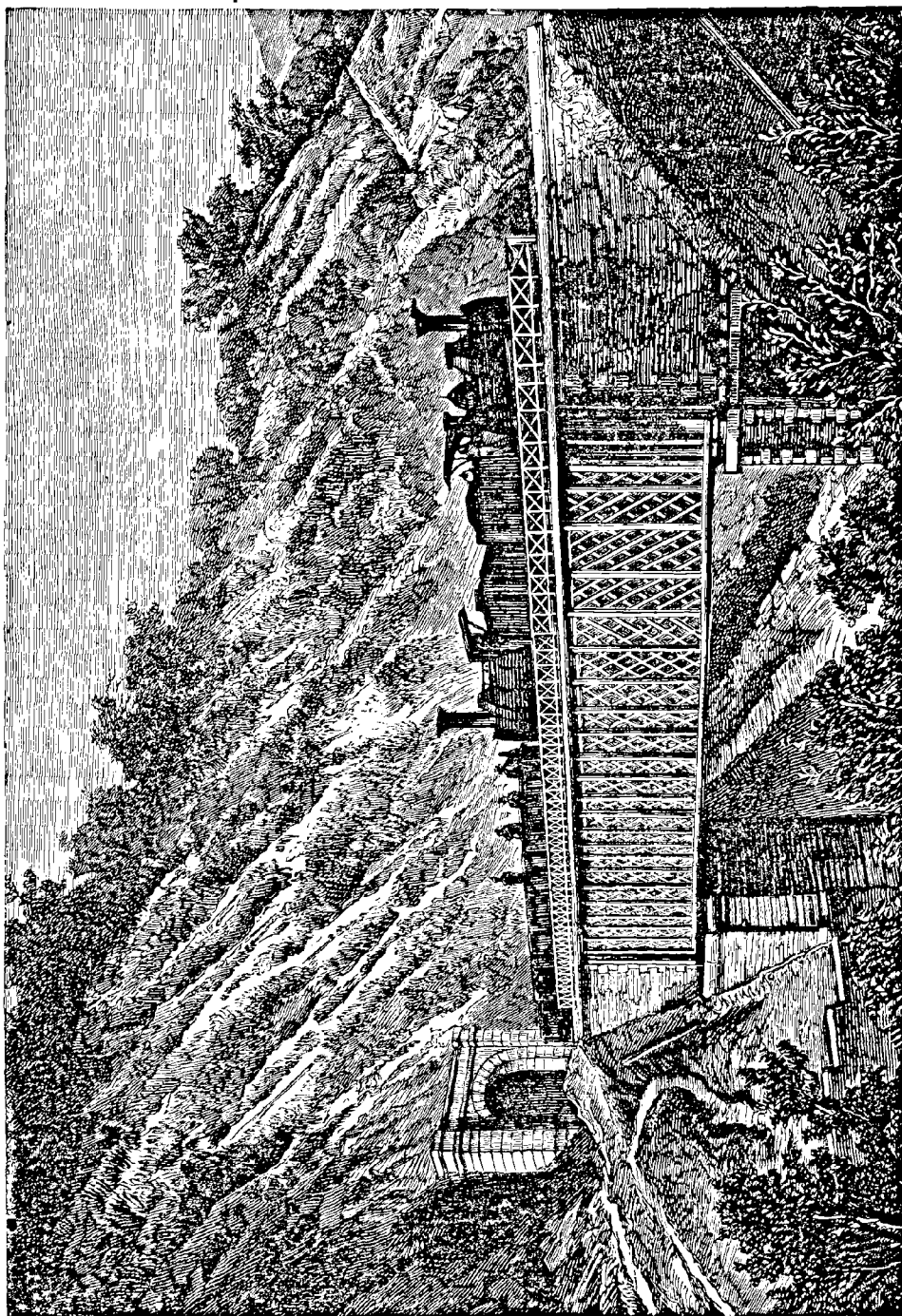


Fig. 410. — Viaduc et tunnel sur le chemin de fer d'Alger à Oran.

par la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée, | comme devant être très productive, elle
est une des plus anciennes. Considérée | avait été concédée, dès l'année 1857, à une

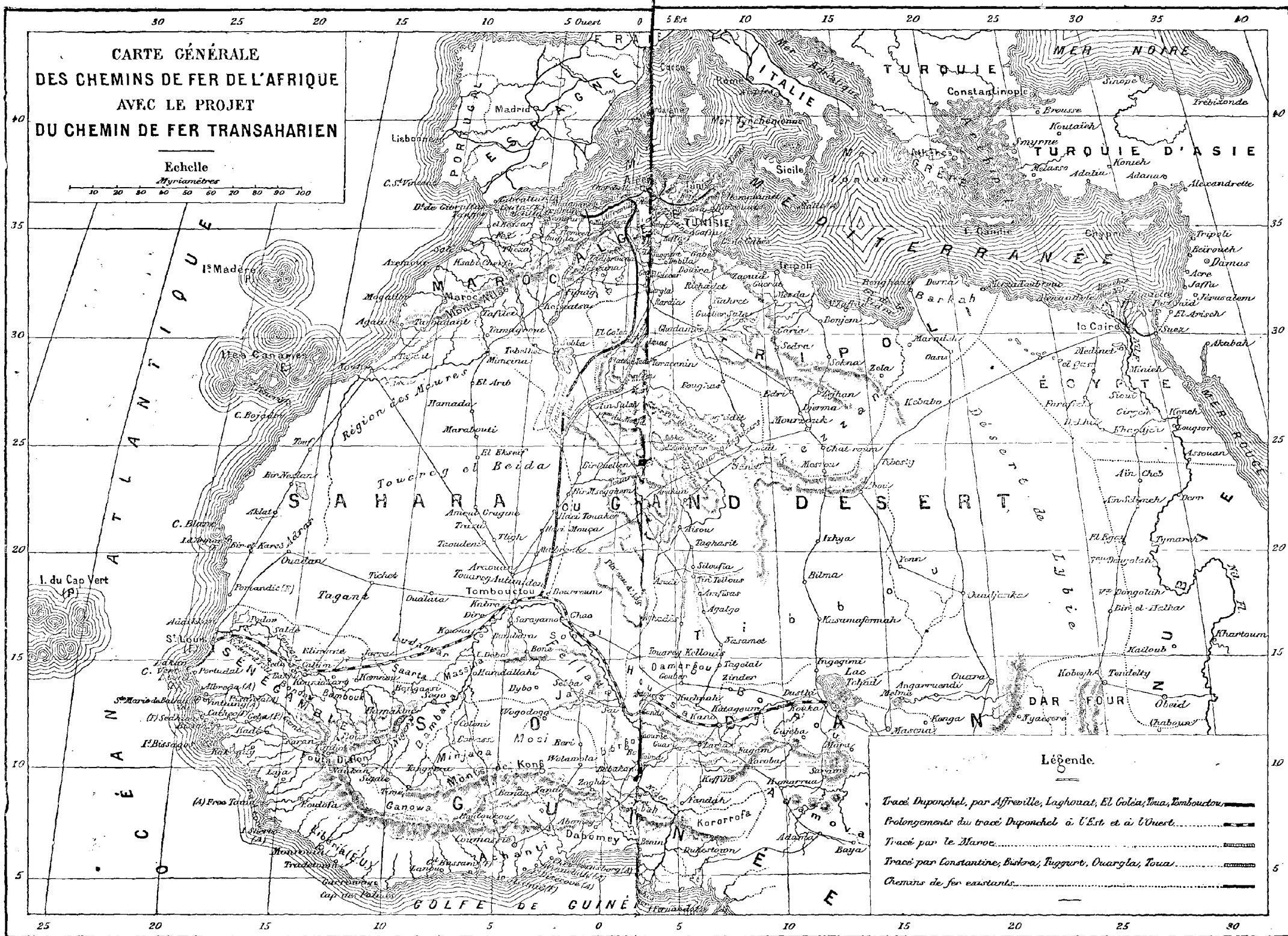


Fig. 1.

Compagnie, qui ne put achever qu'une section de 50 kilomètres (d'Alger à Blidah), et qui se trouva dans l'impossibilité de remplir, pour les autres sections, les conditions de délai qui lui étaient imposées par son cahier des charges. Par suite d'une convention passée par l'État, la Compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée entra en possession de cette ligne, ainsi que de celle de Constantine à Philippeville, et acheva les travaux. Cette même Compagnie construisit la gare d'Alger, avec l'embranchement de 1500 mètres qui la relie au faubourg de l'Agha. La gare fut ouverte le 1^{er} juillet 1867. Les autres sections de la ligne furent livrées à l'exploitation au fur et à mesure de leur achèvement, et la ligne entière fut inaugurée le 1^{er} mai 1871.

Bien qu'elle relie les deux principaux centres de population de l'Algérie, cette ligne est d'un revenu assez faible, puisqu'elle ne produit en moyenne, annuellement, qu'une recette de 10,000 francs par kilomètre. Elle ne transporte guère que 7,000 voyageurs par an.

2° De la *Maison carrée* (Alger) et *Menerville* à l'*Alma*. Longue seulement de 29 kilomètres, cette ligne fut concédée à la Compagnie de l'*Est-Algérien*, par une convention en date du 31 août 1877. Elle a été ouverte le 3 août 1879. Elle aboutit au col des Beni-Aïcha.

3° De *Sidi-Bel-Abbès* à *Sainte-Barbe du Tlélat*. — Longue de 52 kilomètres, cette ligne, concédée par le département d'Oran, à la Compagnie de l'Ouest-Algérien, a été ouverte le 10 juin 1877.

4° D'*Arzew* à *Saïda*. — Cette ligne fut créée, dans l'origine, uniquement pour transporter au port d'embarquement, à Arzew, les ballots d'*alfa*, cette graminée robuste qui pullule dans le département d'Oran, et qui couvre dans ces régions une surface de 300,000 hectares. On sait que l'*alfa* sert à la fabrication d'un papier d'ex-

cellente qualité. L'Angleterre avait eu jusqu'ici le privilège de l'exploitation de l'*alfa*; mais les fabricants français commencèrent à faire du papier avec cette matière.

Le chemin de fer de Saïda au port d'Arzew fut concédé à la Compagnie *Franco-algérienne*, par un décret en date du 29 avril 1874. Un second décret, rendu le 22 mars 1876, accorda à cette même Compagnie le privilège exclusif de l'exploitation de l'*alfa*. Ouverte le 23 septembre 1879, et spécialement affectée d'abord au transport de l'*alfa*, cette ligne a été entièrement livrée à l'exploitation (voyageurs et marchandises) le 6 octobre 1879. On l'a prolongée plus tard, au sud, jusqu'à Tafaroua, dans les Hauts-Plateaux.

5° De *Constantine* à *Philippeville*. — Nous avons dit que cette ligne suivit les péripéties de celle d'Oran à Alger. Abandonnée par une première Compagnie et reprise par la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée, elle fut ouverte toute entière le 23 août 1870. Mais, comme sa congénère d'Alger-Oran, elle rapporta peu. Jusqu'à l'année 1870, le gouvernement et le département algérien n'avaient pas encouragé les Compagnies des chemins de fer. Ce ne fut qu'à partir de 1876 que l'État et les départements algériens exécutèrent et mirent en exploitation, en trois ans, près de 1000 kilomètres de voies ferrées.

6° De *Bone* à *Aïn-Mokra*. — Cette petite ligne est la plus ancienne de l'Algérie, car elle a été établie en 1865. Elle est, d'ailleurs, purement industrielle. Destinée à transporter, de Bone, les minerais de fer d'Aïn-Mokra, elle amène annuellement à ce port 400,000 tonnes de minerai.

7° De *Constantine* à *Sétif*. — Premier grand tronçon du chemin de fer de Constantine à Alger, cette ligne, qui appartient à la Compagnie de l'Est-Algérien, a été ouverte le 21 mai 1879.

8° De *Bone* à *Guelma* et au *Khroub*. —

La ville de Bone, peuplée de 30,000 habitants, possède de l'un des meilleurs ports du littoral de l'Algérie. Ce port ne reçoit pas moins de 500,000 tonnes de marchandises



Fig. 412. — Rade et tunnel sur le chemin de fer d'Alger à Oran.

par an (entrées et sorties). Une voie spéciale, partant de la gare aux marchandises de Bone, amène les wagons au bord du quai, à la portée des navires, où une grue rou-

lante à vapeur opère les embarquements et | par la *Société des constructions des Bati-*
débarquements. Khroub, l'autre extrémité | *gnoles*. La première section (de Bone à

Duvivier) fut ouverte le 1^{er} octobre 1876 ; la deuxième (de Duvivier à Guelma), le 23 avril 1877.

Cette première section de Bone à Guelma, qui avait été concédée par le département de Constantine, comme ligne d'intérêt local, et déclarée d'utilité publique, par un décret du 7 mai 1874, fut classée, le 26 mars 1877, comme d'intérêt général, par une loi, qui accordait à la Compagnie le prolongement de la ligne jusqu'à Khroub. Cette dernière section fut ouverte en 1879. La longueur totale de la ligne est, en définitive, de 20 à 30 kilomètres.

9^e De Bone à Souk-Arrhas. — C'est une partie de la concession faite à la *Compagnie de Bone à Guelma et prolongements*. Elle emprunte la ligne de Bone à Duvivier, faisant partie de celle de Bone à Guelma et se prolonge de Duvivier à Souk-Arrhas, par un embranchement de 55 kilomètres. Terminée en 1881, c'est la première section de la grande ligne qui atteint le réseau tunisien, de sorte qu'aujourd'hui Tunis est en communication directe, sans aucune interruption, par voies ferrées, avec Bone, Constantine, Sétif et Philippeville.

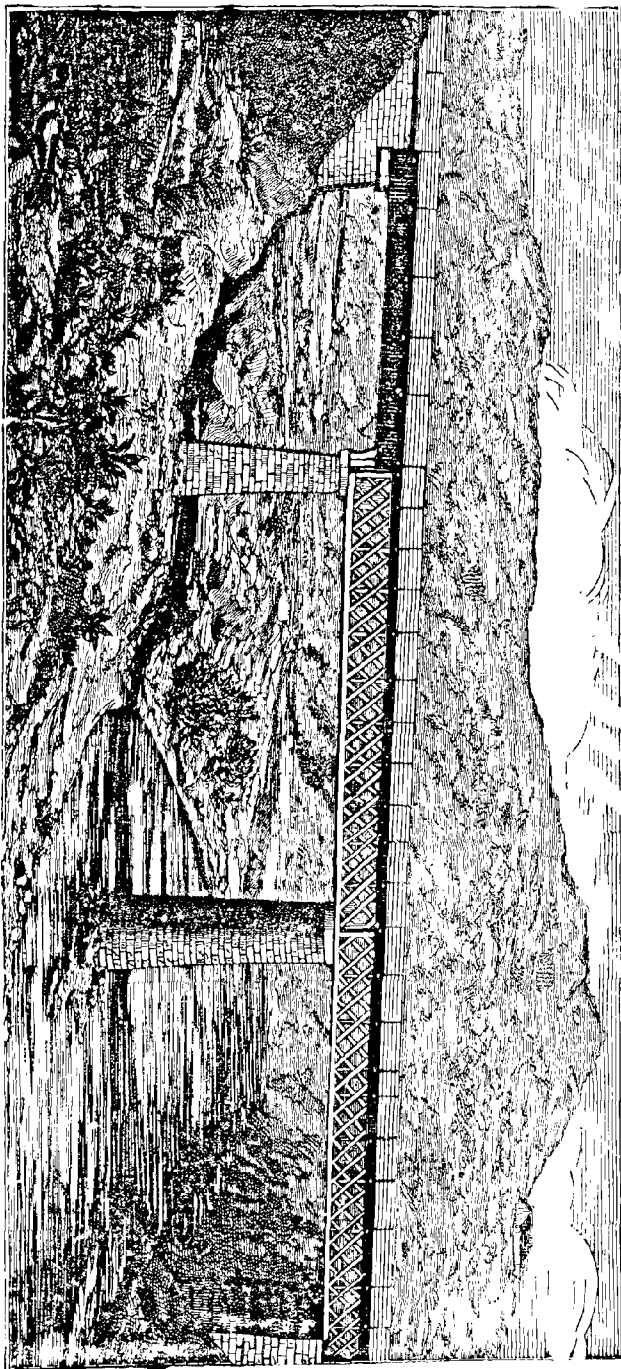


Fig. 413. — Pont sur le chemin de fer de Tunis à Béja.

de la ligne, est un petit village où se tient l'un des marchés à bestiaux les plus importants de l'Algérie. Cette ligne a été exécutée

Nous passons aux chemins de fer de la Tunisie.

La conquête de la Tunisie par nos

troupes, en 1881, a donné beaucoup d'importance à la création des voies ferrées sur l'ancienne terre des Carthaginois. Les chemins de fer qui avaient été concédés anté-

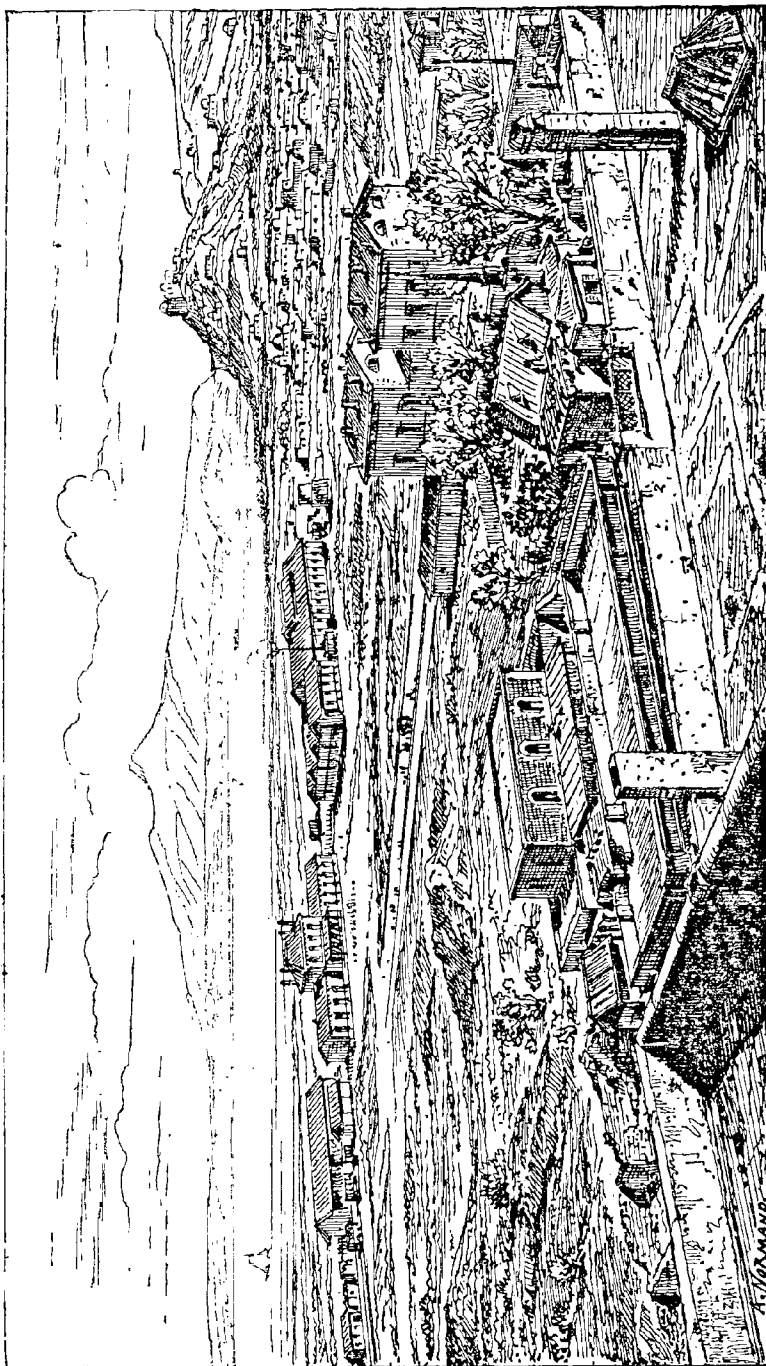


Fig. 414. — Gare de Tunis.

rieurement par le gouvernement du Bey, ont été poussés avec activité, et sont passés aux mains d'autres Compagnies. Depuis

cette époque, les travaux ont rapidement abouti à compléter la ligne qui, traversant toute l'ancienne régence de Tunis, relie sans

interruption la ville, encore si orientale, de Tunis, avec la France algérienne

Disons un mot des circonstances qui ont accompagné la concession et l'exécution des chemins de fer tunisiens, depuis l'origine de ces concessions jusqu'à l'occupation française de la Régence.

C'est en 1877, que, grâce à l'énergique insistance de notre consul général, M. Roustan, qui fut, depuis, ministre plénipotentiaire à Tunis, et malgré la sourde opposition du ministre italien, la Compagnie française de *Bone à Guelma et prolongements*, propriétaire, comme nous l'avons dit, de la ligne de Constantine à Souk-Arrhas, obtenait du bey Mohammed-el-Sadock, la concession d'une ligne de chemin de fer partant de Tunis, pour aboutir à la frontière algérienne. Encore fallut-il s'y prendre à deux fois. La concession primitive s'arrêtait à Béja, à 106 kilomètres de Tunis. Ce ne fut que quelques mois après que le bey consentit au prolongement qui devait assurer la jonction avec le réseau d'Algérie. De son côté, le gouvernement français, comprenant l'importance économique et politique de cette jonction, garantissait, par une loi de mars 1877, un minimum de revenu kilométrique pour toute la portion à exécuter sur le territoire tunisien.

Dès le vote de garantie de la part des Chambres, les travaux furent commencés par la *Compagnie de construction des Bati-guolles*, agissant pour le compte de la *Compagnie Bone-Guelma*; si bien que, dès le mois de juin 1878, on inaugura la première section de Tunis à Abourla (33 kilomètres).

Notez cependant que, faute de s'entendre avec le directeur anglais d'une petite ligne de banlieue qui existe depuis assez longtemps de Tunis au palais du bey, le *Bardo*, et au petit port de la *Goulette*, la Compagnie française avait dû, pour ne pas empiéter sur le périmètre du territoire de

cette dernière, construire, au-dessous d'une colline qui sépare la *Bahira*, ou lac de Tunis, de la *Sebikra* (étang salé) un tunnel de 300 mètres, qui n'avait pas coûté moins de 500.000 francs.

Les autres sections de la même ligne furent livrées à la circulation, en 1878, 1879, 1880 et 1881; de sorte que, comme nous l'avons dit, la locomotive peut aujourd'hui courir, sans obstacles, de Constantine et de Bone aux rivages *ubi Carthago fuit*.

Cette dernière entreprise, exécutée par les ingénieurs français, et généreusement subventionnée par notre gouvernement, marque le début d'une ère de relèvement et de réparation pour cette intéressante partie de l'Afrique du Nord, si bien dotée par la nature, puisqu'elle était, aux temps des Romains, le grenier de l'Italie, mais dont la population, plus douce pourtant et moins fanatique que les tribus arabes de l'Algérie, ses plus proches voisines, a été ruinée, foulée, frappée d'une sorte de paralysie industrielle et intellectuelle par un gouvernement ignorant et livré à tous les détestables préjugés du vieil islamisme.

On écrirait un volume sur les plaies morales qui frappaient et arrêtaient le développement de la Tunisie, sous le gouvernement beycal. On peut espérer que par notre prise de possession de ce pays, sa physionomie changera peu à peu, et que son sol sera aussi abondant en produits agricoles et manufacturiers que les départements algériens qui l'avoisinent.

Nous représentons dans la figure 414, la gare de Tunis, vue de l'une de terrasses du quartier français. Derrière la gare s'étendent, jusqu'au lac de Tunis (*la Bahira*) des terrains vagues et marécageux, sur lesquels on a construit une superbe pépinière. La colline voisine sur laquelle on a creusé le tunnel dont nous avons parlé, forme une nécropole.

La figure 415 représente la curieuse

ville mauresque de Béja, la *Vacca* de Sal- | située à 12 kilomètres de la voie ferrée.
luste, peuplée de 7 à 8,000 habitants et | Grâce aux arrangements conclus entre

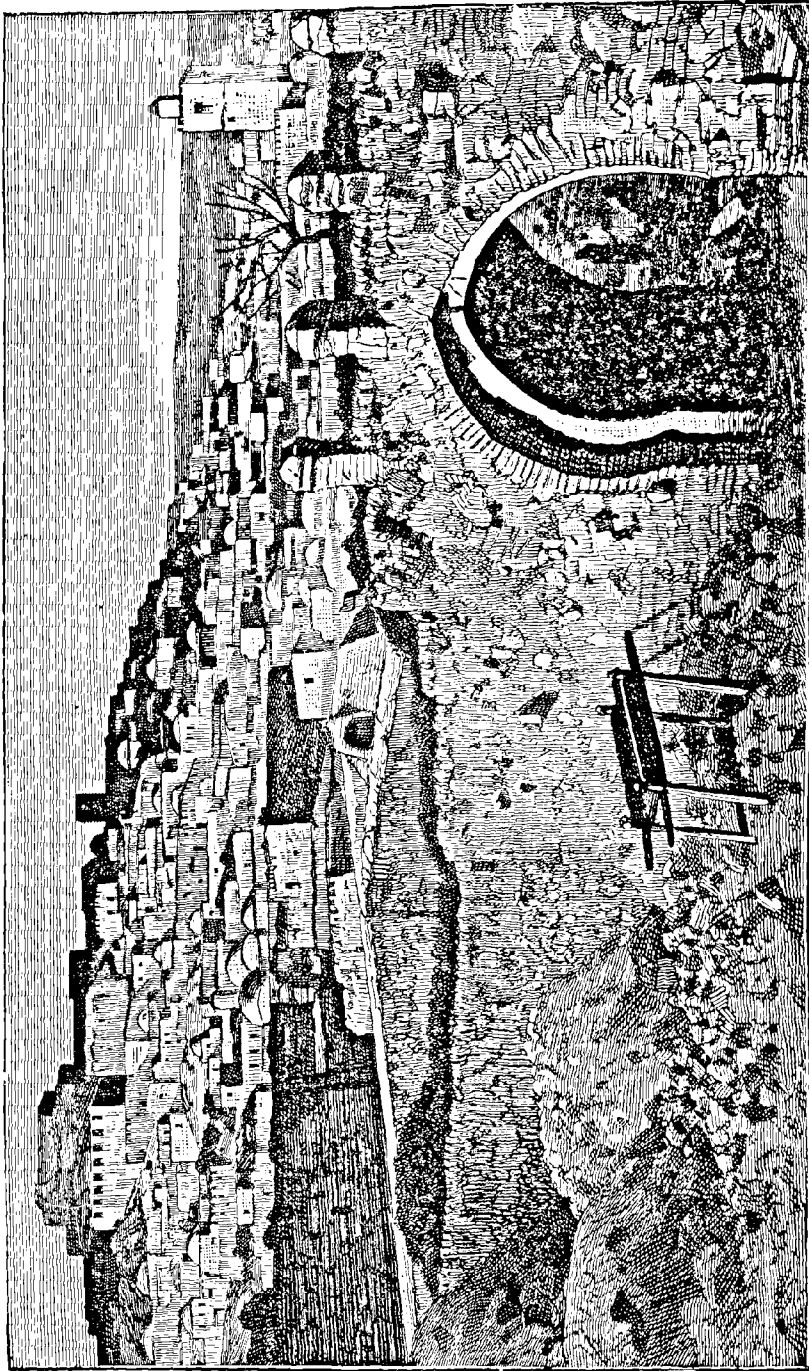


Fig. 418. — Béja, ville mauresque de la Tunisie.

le gouvernement français et le bey, en dépit | avait un instant intimidé le bey, Mohammed
de l'opposition du diplomate italien, qui | El Sadock, le réseau entier des chemins de

fer de la Tunisie se trouve aux mains d'une Compagnie française. Une administration française dirige depuis de longues années tout le réseau télégraphique du pays. Le futur port de Tunis, celui qui ne saurait manquer de se créer plus tard à Bizerte, sera également aux mains de nos compatriotes ; tandis qu'une société marseillaise, déjà concessionnaire, peuplera, transformera par la culture et rendra à leur antique fertilité, près de cent mille hectares, aujourd'hui presque incultes et déserts.

La politique à suivre avec la Tunisie est des plus simples. Un savant voyageur, le comte Tchihatcheff, Russe d'origine, et qui, habitant d'ordinaire Florence, réunit toutes les conditions d'une parfaite impartialité, les résumait en quelques lignes, dans l'une des dernières pages d'un excellent livre :

« La Tunisie, disait-il, qui, sous tous les rapports, n'est guère que la continuation et même le complément nécessaire de l'Algérie, doit un jour être rattachée à cette dernière, en réparant ainsi les profondes blessures que lui a infligées cette séparation contre nature. C'est une question d'humanité, mais c'est aussi une question d'intérêts français. »

Et plus loin :

« C'est cette heure décisive que tous les amis de l'humanité en général, et de la France en particulier, attendent avec impatience. C'est alors seulement que la mission providentielle de la France en Afrique sera réellement accomplie, et que ces splendides contrées redeviendront le grenier et le jardin de l'Europe. »

Élémentaires pour quiconque a posé le pied sur la terre d'Afrique, ces vérités commencent à être comprises par nos compatriotes ; et les chemins de fer aidant, la Tunisie sera bientôt une des meilleures colonies de la France.

Les éléments de trafic ne manqueront

pas à la ligne ferrée que nous venons de décrire. Indépendamment de ses nombreuses manufactures de soieries, de lainages, de tapis, etc., Tunis exporte des céréales, des huiles, des cuirs, des peaux, des laines, des essences, le tout provenant de l'intérieur du pays, et s'élevant, chaque année, à 20 millions de francs. L'importation consiste surtout en tissus de coton, s'élevant à 30 millions de francs chaque année.

Nous avons fait allusion, en passant, à une voie ferrée que l'on peut appeler de banlieue, et qui, appartenant à une Compagnie anglaise, rattache Tunis au palais du Bey, le *Bardo*, ainsi qu'au port de la Goulette. Cette ligne, longue de 37 kilomètres seulement, côtoie le lac *Bahira* et aboutit à la Goulette, résidence d'été du Bey, et lieu de villégiature pour les habitants de Tunis, qui vont y demander, grâce au voisinage de la mer, une température plus fraîche pendant les nuits d'été. Un embranchement de 4 kilomètres, se détachant de cette ligne, aboutit à la *Marsa*, ravissant groupe de villages et de palais d'été. Le *Bardo*, ou palais d'hiver du Bey, est relié à Tunis par une petite ligne, de 5 kilomètres seulement, qui offre aux fonctionnaires du gouvernement beycal, un moyen de communication rapide et économique avec le palais.

On voit, en résumé, que la région de Tunis, bien que peu atteinte encore par les bienfaits de la colonisation, est pourvue d'assez grandes facilités, au point de vue des communications par voies ferrées. La ligne de jonction avec les chemins de fer algériens étant d'ores et déjà terminée, il reste à établir des voies secondaires, reliant l'intérieur du pays avec les ports de la Méditerranée. Ce sera l'œuvre de la France, quand elle aura bien établi son autorité dans l'ancienne patrie des Carthaginois

CHAPITRE II

LE PROJET DE CHEMIN DE FER A TRAVERS LE DÉSERT DU SAHARA, POUR RELIER L'ALGÉRIE AVEC LE SOUDAN. — TRACÉ DE M. DUPONCHEL. — AUTRES TRACÉS. — MISSION MILITAIRE ORGANISÉE PAR LE GOUVERNEMENT FRANÇAIS POUR L'ÉTUDE DU TRACÉ DU CHEMIN DE FER TRANSABARIEN. — RÉSULTAT DE CES ÉTUDES, AU POINT DE VUE GÉOLOGIQUE ET TOPOGRAPHIQUE. — TRISTE FIN DE LA MISSION FLATTERS.

L'exposé que nous venons de faire de l'état actuel des voies ferrées en Algérie et en Tunisie, serait incomplet si nous ne disions quelques mots du projet de chemin de fer à travers le Sahara, qui a été conçu par un savant ingénieur des ponts et chaussées, M. Duponchel, et qui a été soumis ensuite à une longue série d'études, d'un haut intérêt.

Le but de ce projet, c'est de réunir l'intérieur de l'Afrique, ou, du moins, le Soudan, avec les ports du littoral algérien.

Notre colonie algérienne est séparée du Soudan et de la Nigritie, contrées d'une grande fertilité, par un désert, le *grand Sahara*, dont la longueur n'est pas moindre de cinq cents lieues. Les avantages politiques et commerciaux que la France et sa colonie d'Afrique retireraient d'une communication régulière entre ces localités, ont été exposés dans un remarquable travail de M. Duponchel, ingénieur en chef des ponts et chaussées, en résidence à Montpellier, publié en 1869, et ayant pour titre : *Le chemin de fer Transsaharien, jonction coloniale entre l'Algérie et le Soudan (Études préliminaires du projet)* (1). C'est à la suite d'une mission donnée par le Ministre des travaux publics, pour l'étude de ce projet, que M. Duponchel publia le résultat de ses recherches.

Nous suivrons le savant ingénieur dans

(1) 1 vol. in-8, avec une carte. Paris, 1839. Librairie Hachette.

son étude et dans son excursion à travers un pays connu seulement jusqu'ici par les récits de quelques hardis voyageurs.

La construction d'un chemin de fer à travers le Sahara, se présente d'abord à l'esprit comme une conception fantastique. Cependant, en examinant attentivement le projet de M. Duponchel, on reconnaît qu'il est des plus sérieux. Notre colonie d'Alger occupe une longueur moyenne de 950 kilomètres et une largeur de 300 kilomètres. 300,000 colons sont établis en Algérie, parmi lesquels on compte, seulement, 30,000 Français. La population arabe est de deux millions et demi d'habitants. Au delà du Sahara sont des régions fertiles et peuplées; mais, pour que Marseille et l'Algérie soient reliées à ces immenses territoires, il faut franchir le Grand Désert.

Le village d'Affreville, station du chemin de fer d'Alger à Oran, situé à 220 kilomètres d'Alger, serait le point de départ du chemin de fer projeté par M. Duponchel à travers le Sahara.

D'Alger, le chemin de fer aboutirait à Tombouctou, dans le Soudan, aux bords du Niger, et ce grand fleuve mettrait en communication Tombouctou avec les régions fertiles du Soudan au sud, et celles de la Sénégambie à l'ouest. Le centre de l'Afrique serait ainsi relié avec Alger et les ports de la Méditerranée.

Laghouat, dernière oasis de l'Algérie avant le Grand Désert, est à 354 kilomètres d'Affreville, et pour descendre aux rives du Niger, la distance serait de 1920 kilomètres. D'Alger à Tombouctou, il faut compter 2545 kilomètres.

La dépense pour les travaux du chemin de fer africain est estimée à 400 millions.

Le Soudan, situé au delà du Sahara, et coupé en deux parties presque égales par le méridien de Paris, est un pays fertile et salubre. Habité par une race noire, il est très

propre aux travaux agricoles, et promet des conditions remarquables de prospérité à l'égard de l'Algérie et de la France. Suivant le docteur Barth, le Soudan, arrosé par de grandes rivières, baigné par de grands lacs intérieurs, ombragé par des arbres magnifiques, peut produire, en quantités illimitées, le riz, le sésame, l'arachide, la canne à sucre, le coton, etc. C'est ce pays qu'il s'agirait de rattacher à l'Algérie, à Marseille, à la France.

Suivant M. Duponchel, ce projet serait plus facilement réalisable que ne l'était le chemin de fer de l'Atlantique au Pacifique, que l'on a construit en quatre ans, ainsi qu'il a été dit dans ce volume, sur 3,000 kilomètres de longueur, entre Ohama et San Francisco. Pendant plus de la moitié de sa longueur, le chemin de fer Transatlantique se maintient sur des faîtes de 1,800 mètres d'altitude, avec d'immenses travaux défensifs, comme, par exemple, sur les versants de la Sierra-Nevada, où, pour se préserver des avalanches, la voie passe sous des abris en charpente, véritables tunnels qui n'ont pas moins de 70 kilomètres de longueur.

Le tracé du chemin de fer d'Affreville à Laghouat, où commence à se révéler le grand désert du Sahara, ne présenterait pas plus de difficulté, sur ses 384 kilomètres, que n'en ont présenté les chemins de fer algériens. Nos colonnes d'exploration n'ont pas été plus loin qu'El Goléah, au sud, à 350 kilomètres de Laghouat. Au delà du soulèvement du massif atlantique, paraissent des terrains mollement ondulés, dont les plissements conservent des directions parallèles à celles du littoral de l'est à l'ouest. Une vallée sèche, connue sous le nom d'Oluu, paraît s'étendre en dépression jusqu'à l'oasis de El Goléah. On a quelques données sur les parties du désert qui séparent El Goléah des oasis du Touat, à 700 kilomètres au delà; mais après Taourirt, la dernière de ces oasis, on n'a d'autres appréciations

que l'ancien voyage de Caillé, sur une contrée qui paraît plate, complètement dépourvue d'eau, et où la route de la caravane dont Caillé faisait partie était marquée par des squelettes d'animaux, probablement morts de soif. Cependant ce voyageur indique, dans son itinéraire, deux villages, dont l'un, Arouah, aurait une population de 3,000 à 4,000 âmes.

Selon M. Duponchel, le Sahara ne paraît pas être une mer émergée. Compris entre le 16° et le 34° degré de latitude, il appartiendrait, dans sa partie occidentale, à la formation granitique qui constitue l'ossature des monts Hogghars, dont les sommets neigeux accusent des altitudes de 2,500 à 3,000 mètres. Ces roches semblent se continuer jusqu'au Niger. Le Sahara serait donc constitué par un sol dur et résistant, et les dunes de sable qu'on supposait former la totalité de sa surface, n'en occuperaient tout au plus que la neuvième partie. Si le Sahara n'est pas une mer émergée, les dunes seraient dues à la désagrégation des roches, sous une action solaire continue, et les débris de ces mêmes roches seraient distribués, par l'action des vents violents du désert, en collines éparses.

Ces monticules dont la hauteur n'excède pas vingt à trente mètres, rattachés aux thalwegs par des pentes douces, ne sont pas de nature à créer des obstacles à l'établissement d'une voie ferrée. Toutefois, dans les parties où ces dunes de sable sont soulevées par les vents, il faudrait garantir le chemin par des tunnels en charpente. On évalue à 40 kilomètres la longueur des *para-sables* qu'il faudrait établir.

Des géologues assurent que les sources souterraines ne manqueraient pas à 50 kilomètres environ de distance du tracé du chemin de fer projeté. Un refoulement d'eau à ces distances n'aurait rien d'impossible à réaliser.

M. Duponchel propose d'établir des

pompes élévatoires qui, prenant l'eau vers les deux extrémités de la ligne, formeraient une suite de bassins, où de nouvelles pompes les porteraient au centre du désert du Sahara. Mais un tel projet a besoin de plus sérieuses études. On ne parviendrait pas ainsi à avoir une exploitation pratique. La consommation d'eau pour l'alimentation des machines, à raison de trois trains par jour, dans chaque sens, est supposée devoir être de 4,000 mètres cubes en vingt-quatre heures. Le problème de l'alimentation d'eau pour l'exploitation de la voie, n'est pas encore résolu.

Quoi qu'il en soit, M. Duponchel, dans la carte qui accompagne son ouvrage, fait connaître le tracé qu'il proposait, d'une manière approximative, toutefois, le pays n'étant pas suffisamment connu de lui pour qu'il pût préciser davantage le parcours de la voie. On voit dans la *Carte générale des chemins de fer de l'Afrique* que nous avons donnée (page 700-701), le tracé proposé par M. Duponchel. Cette carte montre que la ligne, partant d'Affreville pour aboutir à Laghouat, constitue la première section de ce tracé. Après Laghouat commence le Grand Désert, et d'après la carte à laquelle le lecteur voudra bien se reporter, la voie traverse les territoires du désert, en s'arrêtant à des points, plus ou moins bien déterminés de cette ligne, jusqu'aux bords du Niger à Tombouctou.

On a reproché au projet de M. Duponchel de franchir des régions absolument inhabitées, sans eau, sans verdure, sans oasis. Aussi deux autres ingénieurs ont-ils proposé deux autres projets, qu'il n'est pas hors de propos de consigner ici, et que nous avons cru devoir retracer sur la *Carte générale des chemins de fer de l'Afrique*, en même temps que celui de M. Duponchel.

Ces projets sont les deux suivants :

1° Le tracé par l'*Oued-Mya* que le départe-

ment de Constantine voudrait voir adopter, qui desservirait les oasis de Biskra, de Zebens et de Saïf, les centres importants de Tuggourt et Ouargla ainsi que les nombreux villages et hameaux intermédiaires.

2° Le tracé par l'*Oued-Guer*, le plus occidental, qui longerait le territoire marocain, et rencontrerait également des lieux habités et des eaux abondantes.

La raison qui porte M. Duponchel à préférer le tracé par Alger, Laghouat et El Goléah, c'est la possibilité d'exécuter la ligne avec de faibles rampes, et, par suite, de réduire au minimum, lorsqu'on en serait arrivé à l'époque de l'exploitation, le prix du fret des marchandises transportées.

M. Duponchel a pu tracer une sorte d'avant-projet de la section d'Affreville à Laghouat, qui se résume ainsi :

Longueur de la ligne d'Affreville à Laghouat.....	354 kilom.
Rampe moyenne par mètre courant.....	0 ^m , 008
Dépenses d'établissement de la ligne entière (plate-forme sans pose de rails).....	42,000,000
Dépense moyenne par kilomètre..	119,800 francs.

En ajoutant à ce chiffre une dépense moyenne de 6,000 francs par kilomètre, pour les conduites devant amener l'eau, ensuite le ballastage et la pose de la voie, estimée à 33,000 francs par kilomètre, enfin celui des bâtiments, entrepôts, gares, stations, service télégraphique, matériel et service des voitures, on arrive à un total de 70 millions de francs, correspondant à un peu moins de 200,000 francs par kilomètre, c'est-à-dire à peu près ce que coûte, en moyenne, l'établissement d'une voie ferrée en Europe.

Pour la seconde section de la ligne, celle qui va de Laghouat à Tombouctou, M. Duponchel ne peut établir que des calculs approximatifs d'après les renseignements

qu'il a recueillis auprès des personnes ayant étudié le pays.

Le résultat final des données qu'il a rassemblées est que la ligne entière d'Affreville à Tombouctou (2,574 kilomètres) correspondrait à une dépense totale de 400,000,000 de francs, soit environ 155,000 francs par kilomètre, dépense qui n'a rien d'effrayant, si on la met en regard des résultats probables de l'exploitation de cette voie ferrée, sans parler de ses avantages, au point de vue politique et militaire, qui sont, à nos yeux, de premier ordre.

Au lieu de faire venir à grands frais, comme on le fait aujourd'hui, les diverses denrées des Indes et de l'Extrême-Orient, on les tirerait du Soudan, et le tonnage de ces marchandises étant actuellement d'un million de tonnes, on voit que le trafic ne ferait pas défaut à la voie Saharienne. D'autre part, le chemin de fer fournirait, au retour, aux habitants du Sahara et du Soudan, des quantités de sel s'élevant à environ 100,000 tonnes par an.

Le trafic total pour l'exportation (alfa, diverses graines oléagineuses, coton indigène, peaux, armes, etc.) et pour l'importation, sel et objets manufacturiers, représenteraient, selon M. Duponchel, un tonnage annuel de 280,000 tonnes de marchandises, ce qui fournirait, avec des tarifs variant de 0 franc, 03 à 0 franc, 10, et en y joignant le transport des voyageurs, une recette annuelle de 45 millions de francs, ou environ 15,000 francs par kilomètre.

M. Duponchel s'élève contre l'idée, autrefois si accréditée, qui représente le Sahara comme une « mer de sables mouvants ». Le Sahara, d'après M. Duveyrier, qui a parcouru dans tous les sens sa région septentrionale, et en a donné une carte générale, est un pays analogue à tous les autres, par sa constitution physique. « Il a, comme eux, ses montagnes, ses plateaux, ses vallées, ses fleuves et ses rivières, dont

le lit, presque constamment à sec, n'en appartient pas moins à des bassins parfaitement définis. »

La traversée des dunes de sable n'offrirait, selon M. Duponchel, aucune difficulté particulière. Quant à la résistance que les populations pourraient opposer aux travaux ou au service de la voie, on en triompherait aisément dans les premiers temps, à la condition de bien approvisionner les ouvriers de vivres et d'eau. Quand le chemin de fer serait créé, les habitants des pays traversés comprenant les bienfaits qu'ils auraient à en retirer, lui deviendraient sympathiques.

Le projet d'un chemin de fer à travers le Sahara ne le cède en rien, quant à l'utilité, aux travaux gigantesques, que notre siècle a vu s'accomplir. Il se présente comme le complément nécessaire des grandes entreprises qui ont été, de nos jours, menées à bonne fin, comme celles du canal de Suez et du percement des Alpes, au mont Cenis, au mont Saint-Gothard et à l'Arlberg.

Mais pour préparer les études du chemin de fer franco-saharien, il importait d'organiser des reconnaissances au sein d'un pays qui est encore à peu près absolument ignoré.

En effet, pour ce chemin de fer, qui, partant du sud de nos possessions algériennes, doit aboutir dans l'Afrique centrale, entre le Niger et le lac Tchad par son prolongement à l'est, plusieurs tracés étaient préconisés; mais on n'avait pas d'autres renseignements que ceux des voyageurs et des indigènes. Ces données n'étaient pas suffisantes pour permettre de commencer des travaux qu'il aurait fallu peut-être interrompre au bout d'un certain temps, au préjudice de l'entreprise.

Le Ministre des travaux publics demanda donc aux Chambres, à la fin de l'an-

née 1879, de voter les crédits nécessaires pour étudier le projet consistant à mettre l'Algérie en communication avec l'intérieur de l'Afrique.

Sur l'avis de la commission supérieure, la Chambre décida d'organiser deux catégories d'explorations : 1° les explorations isolées, 2° les explorations en caravane.

Les explorations isolées ont leurs avantages. On confia à un homme habitué aux voyages dans l'intérieur de l'Afrique, Paul Soleillet, le soin d'aller tenter une de ces aventureuses reconnaissances. Paul Soleillet se mit donc en route, dans les premiers jours de 1879, pour cette difficile campagne.

Quant aux explorations en caravane, ce sont évidemment les plus importantes.

Si l'on avait pu se contenter, jusque-là, entre Tombouctou et l'oasis de Touat, des renseignements fournis par des voyageurs isolés, il ne saurait en être de même dans la zone au sud du parallèle d'Ouargla, au moins jusque vers le tropique du Cancer, parce que là il s'agissait d'obtenir immédiatement des documents techniques, suffisamment précis pour servir de base à une décision définitive relativement à la construction d'un chemin de fer transsaharien. En effet, dans un pays indépendant, comme le Sahara, où, en raison de la manière d'être des habitants et de l'état relativement rudimentaire de groupements politiques, il faut entrer en compte avec mille individualités rivales, pour lesquelles la seule loi est celle du plus fort, un explorateur voyageant isolément et sans défense contre les mauvaises rencontres, est obligé à une dissimulation de tous les instants, et ne peut avoir, quoi qu'il fasse, l'indépendance d'allures qui est indispensable à des recherches et à des observations bien suivies.

Pour obtenir d'utiles renseignements sur la zone au sud du parallèle d'Ouargla, et, s'il était possible, au delà, il fallait évidem-

ment procéder à une véritable reconnaissance technique, avec le concours d'ingénieurs et d'hommes spéciaux assez bien outillés et organisés pour pouvoir marcher et observer librement, sans être arrêtés à tout moment par les mille complications des défiances indigènes, sans avoir à redouter à chaque pas les pillards Touaregs et autres, qui ne respectent guère que les gens qu'ils savent en état de se défendre. De là la nécessité d'une expédition assez



Le colonel Flatters.

nombreuse pour escorter la mission scientifique.

Expédition et mission furent mises sous les ordres du lieutenant-colonel Flatters, ancien chef de bataillon du 3° tirailleurs algériens, ancien commandant supérieur du cercle de Laghouat, lieutenant-colonel du 72° de ligne. M. Flatters avait vécu avec les indigènes; il connaissait leurs mœurs et leurs idées, il savait comment il faut procéder avec eux. A plusieurs reprises déjà les Chambas d'Ouargla lui avaient offert spontanément de le conduire dans le pays des Touaregs, s'il voulait composer avec eux une caravane. Il avait donc devant lui les meilleures chances de réussite.

Voici les noms des vaillants compagnons que choisit le colonel Flatters : M. Roche, ingénieur des mines, sorti, peu d'années auparavant, le premier de l'École polytechnique ; — M. Béringer, ingénieur des ponts et chaussées, un des collaborateurs de M. de Lesseps dans la création du canal de Suez ; — M. le capitaine d'état-major Masson, aide de camp du général Carteret-Tricour ; — M. le docteur Guiard, médecin aide-major de première classe au 87^e de ligne ; — M. le sous-lieutenant Brosselard, du 4^e de ligne ; — M. le sous-lieutenant Le Chatelier, du 2^e tirailleurs ; — MM. Cavailleau et Rabourdin, conducteurs des ponts et chaussées.

Jamais expédition scientifique n'avait réuni parmi ses membres une somme de connaissances égale à celle que représentaient ces huit hommes, choisis parmi l'élite des corps auxquels ils appartenaient, et dont le plus âgé n'avait pas trente-cinq ans. Ils portaient résolus à braver toutes les difficultés, toutes les souffrances, décidés à surmonter tous les obstacles. Leur escorte, composée d'Arabes de la frontière, choisis, dévoués, qui laissaient dans nos possessions françaises leurs familles et leurs biens, était formée en caravane ordinaire, c'est-à-dire composée de chameliers et de serviteurs inoffensifs en apparence. Mais chacun était muni d'un bon chassepot, à l'intention des pillards qui essaieraient de les attaquer. Dans ces conditions, abordant toutes les tribus par des paroles pacifiques, mais en force suffisante pour se faire respecter au besoin, la caravane pouvait espérer porter bravement jusqu'au cœur de l'Afrique le nom de la France.

La mission dirigée par le colonel Flatters, partie de Marseille pour l'Algérie, dans les derniers jours de décembre 1879, se proposait d'explorer le pays des Touaregs. Elle devait étudier l'un des tracés du chemin de fer transsaharien, celui qui part de Cons-

tantine et Biskra, et pousser aussi loin que possible son exploration au sud de l'Algérie.

Sa destination était Ouargla, par Biskra et Tuggurt, pour de là se diriger droit au sud, en explorant le Hoggar, et choisissant la direction la plus convenable pour atteindre le Soudan, point terminus du chemin de fer Transsaharien projeté.

Les travaux commencèrent à l'aller à Tuggurt, et se terminèrent au retour à Ouargla.

La distance de Biskra au lac Menkhough, point extrême qui fut atteint, est d'environ 1200 kilomètres.

La mission quitta Biskra le 7 février 1880. Ouargla le 5 mars, et arriva au lac de Menkhough le 16 avril.

En revenant, la route fut un peu différente. Partie de Menkhough, le 21 avril, la mission revint à Ouargla le 17 mai, et à Laghouat le 3 juin.

Les résultats obtenus par la mission militaire montrent que le tracé du chemin de fer présenterait les plus grandes facilités depuis Ouargla jusqu'à El Biodh et même jusqu'à la Sebka d'Amadgor, car la vallée d'Igharghar se continue jusque-là, telle qu'elle a été vue entre Tehalbalet et El Biodh. Les difficultés relatives aux dunes et à l'eau sont complètement résolues ; on peut traverser le massif de l'Erg depuis Ouargla jusqu'à El Biodh sans avoir une seule dune à recouper, et on trouvera dans le Sahara une quantité d'eau bien suffisante pour tous les besoins du chemin de fer.

Aucun travail d'art ne sera nécessaire pour construire la voie le plus souvent le sol servira de ballast. La voie sera presque entièrement en palier en s'élevant insensiblement vers le sud.

Le manque de houille constituera la seule difficulté réelle. Le combustible devra être transporté depuis la côte. A ce propos, M. Roche faisait entrevoir qu'on arriverait peut-être à remplacer la houille par la

chaleur solaire, non pas directement, mais en passant par un intermédiaire, l'air comprimé, par exemple. Dans le Sahara, l'application de cette chaleur serait plus facile que partout ailleurs. On sait que l'appareil de M. Mouchot, pour l'utilisation de la chaleur solaire, comme combustible, fonctionne en Afrique trois fois plus rapidement qu'à Paris.

Il a lieu de supposer aussi que les facilités de construction qu'on trouve jusqu'à la Sebka d'Amadgor et même au delà, se trouveront encore jusque vers le Soudan. C'est ce qu'on est en droit de croire d'après la géologie du Sahara. A cause du soulèvement lent du massif central, les mêmes formes topographiques du terrain, et par suite les mêmes facilités doivent exister partout.

Les explorateurs croyaient, en résumé, qu'on pourrait commencer sans aucun retard la construction du chemin de fer de Constantine et Biskra jusqu'à Ouargla.

La mission rapportait des renseignements assez sérieux sur la question de l'établissement du chemin de fer. M. Roche avait pu examiner les terrains qui constituent ces contrées : ils appartiennent au terrain quaternaire, au crétacé et au dévonien.

Le terrain dévonien forme tout le massif du plateau des Azdjers, qui est découpé par des rivières fortement encaissées. Il se compose d'une série de couches de grès quartzeux, dur, plus ou moins fin, quelquefois un peu argileux, auquel cas on y rencontre quelques fossiles : *Orthis*, *Rhynchonella*, *Orthocères* et même *Trilobites*. Il est vraisemblable qu'il existe d'anciens volcans dans le plateau, car on a rencontré sur un certain nombre de points des morceaux de lave roulée ; cette lave contenait parfois du péridot et des zéolithes.

Le terrain crétacé présente une bande le long du plateau. Il se compose de quelques couches de calcaire plus ou moins marneux,

et de marnes, avec beaucoup de gypse. On y rencontre aussi des fossiles.

Le terrain quaternaire constitue un dépôt immense depuis Biskra jusqu'à El Biod.

La question des dunes est la plus importante, relativement à ce dernier terrain ; elle a été étudiée déjà par MM. Vatonne, Pomel et H. Lechâtelier.

Cette première partie de la mission étant terminée, le colonel Flatters se mit en devoir de la pousser plus loin. Il restait à étudier le massif central du Hoggar et ses diverses vallées.

Elle repartit au mois de décembre 1880, avec le même personnel. Le colonel Flatters avait pour second le capitaine René Masson. Il était accompagné de plusieurs officiers et d'une escorte de soldats algériens et de Chambás des oasis d'Ouargla et d'El Goléah. La mission s'était avancée, à travers le pays des Touaregs Hoggars, jusqu'à la lagune salée d'Amadgor, au cœur même du Sahara, et elle avait constaté combien l'établissement d'un chemin de fer dans ces régions serait facile. On savait que, du pays des Touaregs Hoggars, nos voyageurs se dirigeaient vers l'Air-en-Asben, autre canton Touareg, pour, de là, gagner Tombouctou, quand tout à coup la nouvelle parvint en Algérie et en France, que les Touaregs Hoggars avaient surpris et tué nos braves missionnaires.

Le 18 avril 1881, des dépêches apportaient, en effet, à Paris la nouvelle du massacre des membres de la mission Flatters.

Voici quelques extraits de la relation qui a été rédigée d'après le récit de quatre Arabes, témoins oculaires de cet épouvantable drame, qui avaient réussi à regagner Ouargla.

Le massacre a dû avoir lieu le 16 février 1881, à quelques jours de marche du puits d'Assiou.

Après une entente avec les Touaregs

Hoggars, et après avoir remplacé son guide de la tribu des Oumbas par un guide Touareg, le colonel Flatters donna l'ordre de marcher jusqu'à un endroit que le guide disait être à huit jours de marche du pays d'Air.

Vers dix heures du matin, le colonel demanda au guide de quel côté on trouverait de l'eau. Le guide montra le sud-ouest. Mais après avoir marché quelque temps, le guide dit au colonel qu'il s'était trompé de direction; et sous prétexte que le lieu où l'on se trouvait était le seul pâturage de la région, il lui conseilla de camper là, et d'envoyer chercher de l'eau au puits. Le colonel ayant exprimé le désir de camper près du puits, le guide objecta d'abord que ce n'était guère la peine de se fatiguer, en rebroussant chemin. Il ajouta, d'un ton impératif, qu'étant le guide et par conséquent le maître de commander la marche, il voulait que ses conseils fussent écoutés.

Le colonel ordonna alors de camper; puis il revint avec le guide, vers le puits, accompagné par MM. Masson, Guyard, Roche et Dennery. Des chameaux les suivaient. Il était 11 heures.

Vers 1 heure, un soldat, du 3^e régiment de tirailleurs, arriva au camp, en criant : « Aux armes ! » et courant vers le lieutenant Dianous, il lui dit que tous les ingénieurs et les officiers venaient d'être assassinés. Le lieutenant Dianous ayant répondu : « Tu mens ! » le soldat jura qu'il disait la vérité. Au même moment, arrivèrent deux Hoggars, qui confirmèrent la nouvelle.

Un officier et l'ingénieur Santin, suivis d'une vingtaine d'hommes, se portèrent au secours du colonel, laissant le camp sous la garde de vingt hommes, commandés par le maréchal des logis Pobéguin.

La route conduisant au puits était très accidentée. Ils arrivèrent seulement vers quatre heures. Le site était bordé par deux grandes montagnes, sur le flanc desquelles

étaient trois ravins, remplis de Touaregs, au nombre de six à sept cents hommes au moins. L'officier voulait se jeter au milieu d'eux, mais, quand il eut constaté leurs forces, il dit à ses compagnons : Replions-nous. Nous ne pouvons rien pour sauver le colonel; le mieux est de revenir au camp pour tâcher de sauver ceux qui restent. »

« Nous avons vu, racontent les Arabes, la jument du colonel montée par Sir-ben-Cheik, de la tribu des Châmbas, et celle du capitaine Masson montée par le guide. Mais nous n'avons pas même aperçu les corps des membres de la mission, et nous sommes revenus au camp, où, ayant fait l'appel, nous reconnûmes que nous restions 63 hommes. »

Voici ce qui s'était passé.

En arrivant près du puits, le cheik chamba Ben-Boudjemâa, galopant près du colonel Flatters, lui dit : « Mon colonel, tu es trahi; que viens-tu faire ici? Retourne au camp. » Le colonel répondit : « Toi et les Châmbas, depuis l'année dernière, vous me trompez. Laisse-moi tranquille? »

Deux Touaregs, le guide et le Chamba Srir-ben-Cheik, était avec eux. Srir tenait par la bride la jument du colonel Flatters, et le guide tenait de même la jument du capitaine Masson. Le colonel tournait autour du puits, examinant le terrain, lorsque le cheik Ben-Boudjemâa lui cria encore : « Colonel tu es trahi ! »

Les membres de la mission, en se retournant, virent de tous côtés des masses nombreuses de Touaregs. Le colonel les salua d'abord; puis, voyant qu'ils mettaient le sabre en main, il courut vers sa monture. Il posait le pied sur l'étrier, quand il reçut un premier coup de sabre du traître Srir-ben-Cheik. Le colonel, prenant son revolver, tira ses six coups. Mais un deuxième coup de sabre l'atteignit à l'épaule; un troisième lui coupa la jambe; puis il fut percé d'une quantité innombrable de coups de lance.

Le capitaine Masson n'avait pu atteindre son cheval. Cerné, il se défendit bravement, mais un coup de sabre lui fendit la tête ; un deuxième coup lui coupa les jambes. Le docteur Guyard tira son sabre et se défendit énergiquement : il reçut un coup de sabre sur la nuque et tomba.

Le maréchal des logis Dennery battit en retraite vers la montagne, le revolver au

poing, tirant sur les Touaregs. Mais, ayant épuisé ses cartouches, il fut tué d'un coup de sabre.

Quatre Hoggars et un soldat furent tués, en défendant leurs chameaux. Deux Hoggars et quatre soldats du 1^{er} régiment de tirailleurs, six soldats et trois autres tirailleurs, furent tués, après avoir épuisé leurs munitions. Le cheik Ben-Boudjemâa tira deux coups de fusil sur les Touaregs, et se sauva



Fig. 417. — La ville de Saint-Louis, à l'embouchure du Sénégal.

avec son chameau. Trois autres Hoggars purent rejoindre le camp.

« Nous n'avons pas vu mourir, ajoutent les Arabes, à qui l'on doit ce récit des ingénieurs, qui étaient à une certaine distance du colonel, et qui suivaient le bord de la rivière, pour en faire le relevé topographique ; mais ils doivent être morts, car les Touaregs qui ont assailli le colonel venaient de ce côté. »

La triste fin de la mission Flatters était le prélude de l'insurrection qui éclata, en 1881, dans nos possessions du Sud-Oranais et qui devait être suivie de cruels désastres en divers points de notre colonie d'Afrique.

La fin malheureuse de cette expédition a jeté comme un voile de deuil sur les tentatives ayant pour but l'exploration du territoire des Touaregs, en vue de l'établissement du chemin de fer transsaharien, et depuis ce moment les études ont été suspendues, pour être reprises dans un temps plus opportun ; la création d'un chemin de fer allant de nos possessions d'Algérie au Soudan et à la Sénégambie, ne pouvait être abandonnée, alors qu'un mouvement universel tend à diriger les forces des nations de l'Europe vers l'exploitation des richesses d'Afrique.

CHAPITRE III

LE CHEMIN DE FER DE L'ÎLE DE LA RÉUNION. — LE CHEMIN DE FER DU SÉNÉGAL. — CAMPAGNES MILITAIRES AYANT PRÉCÉDÉ SON ÉTABLISSEMENT. — ACHÈVEMENT, EN 1885, DE LA LIGNE DE DAKAR A SAINT-LOUIS.

Pour continuer l'exposé de l'état actuel des voies ferrées en Afrique, en nous attachant, comme nous le faisons depuis le commencement de cette étude, à nos possessions françaises dans ce pays, nous avons à parler du chemin de fer de l'île de la Réunion et de celui du Sénégal.

Le chemin de fer construit sur le littoral de l'île de la Réunion, a été ouvert, dans la plus grande partie de son parcours, en 1882.

Le 11 février 1882, le premier train fit le trajet de Saint-Denis à Saint-Benoît. Le lendemain, le même train se rendait à Saint-Louis. La population était enthousiasmée d'un événement attendu par elle avec grande impatience.

Notre colonie possédera bientôt aussi un port; elle pourra alors offrir à notre marine un lieu de refuge et de ravitaillement.

La construction du chemin de fer de l'île de la Réunion a présenté de grandes difficultés, par suite de l'escarpement des contreforts du massif de l'île, qui est composée de coulées de laves accumulées formant des falaises d'une hauteur vertigineuse, et par la violence des torrents que l'on rencontre sur le parcours de la voie ferrée.

Ces torrents, dont les lits sont à sec pendant la majeure partie de l'année, déversent lorsqu'un cyclone passe sur l'île, des masses énormes d'eau, et leur pente est telle que la vitesse du courant est souvent de plus de 30 mètres par seconde. Aussi roulent-ils, avec un fracas épouvantable, des blocs de rochers de plusieurs dizaines de mètres cubes et amoncellent-ils parfois sur un point de leur embouchure, plusieurs millions de tonnes de sable et de galets, en une seule alluvion.

Leurs crues sont si rapides, que, le 21 janvier 1881, un cyclone ayant surgi, les ouvriers qui avaient été envoyés du Creusot, pour placer un pont métallique dans la rivière des Galets, n'eurent pas le temps de retirer du lit de cette rivière l'outillage de montagne qu'ils y avaient échafaudé; de sorte que tout fut emporté et broyé par le courant.

Le chemin de fer de l'île de la Réunion, dont la longueur dépasse 130 kilomètres, traverse trois grandes rivières: celle du Mât, qui recueille les eaux du cirque de Salazie; celle des Galets, qui sert de déversoir au cirque de Mafate, et celle de Saint-Étienne, exutoire des cirques de Cilaos et de l'Entre-Deux. Il franchit, en outre, trois rivières secondaires, celle des Roches, celle des Pluies, celle de Saint-Denis, ainsi qu'un certain nombre de torrents, sur lesquels ont été jetés des viaducs métalliques ou de maçonnerie, d'une véritable hardiesse.

La plus grande difficulté consistait dans la traversée de ce qu'on appelle, à la Réunion, la *Montagne*, ou la *Falaise*, qui résulte de l'accumulation d'une série d'énormes coulées de laves, lesquelles occupent les 12 kilomètres compris entre Saint-Denis et la Possession, sur la route de Saint-Paul, et plongent à pic dans l'Océan, par un talus abrupt de 200 à 300 mètres de hauteur.

Cette longue muraille est sans cesse battue par les vagues. A peine avait-on réussi, jusqu'à ce jour, à tracer à son pied un sentier, qui était souvent rendu impraticable par la mer ou par les cascades qui se précipitent du haut des plateaux supérieurs.

Il fallut, pour le passage de la voie ferrée, percer dans le basalte, un tunnel de 10,284 mètres de longueur, c'est-à-dire presque aussi long que celui du mont Cenis. Ce travail gigantesque fut achevé en trente mois, grâce à l'habileté de MM. Lavalley et Molinos.

L'ouverture de ce chemin de fer et au

port de la Réunion a marqué pour cette colonie le commencement d'une ère de richesse et de prospérité.

Les recettes du chemin de fer de l'île de la Réunion ont été, en 1882, de 707,604 francs et en 1883 de 790,974 francs

La dernière colonie française dans laquelle une voie ferrée ait été établie, est le Sénégal.

« Il suffit de jeter les yeux sur une carte de l'Afrique et de porter son attention sur la situation topographique de nos deux grandes colonies de l'Algérie et du Sénégal, puis sur celle des richesses des vallées du haut Sénégal et du Niger, pour concevoir l'idée qui a présidé à la création d'une voie ferrée.

« De toutes les parties de l'Afrique occidentale, celle qui borde le haut Sénégal et surtout le Niger, sont réputées les plus riches, les plus fertiles et les plus peuplées. Or, le Sénégal n'étant navigable dans toute sa moitié supérieure que pendant un petit nombre de mois de l'année et seulement jusqu'à Médine; le haut Niger, de son côté, étant séparé du bas Niger par une longue suite de rapides, qui rendent toute communication impossible entre les deux parties de ce magnifique fleuve; le Sahara, d'un autre côté, établissant entre l'Algérie et la région du Niger une barrière de déserts presque infranchissable, toutes les riches vallées du haut Niger et du haut Sénégal se trouvent isolées du monde. Ses habitants, dont le chiffre est évalué à 10 ou 20 millions, ne peuvent communiquer avec le Sénégal, l'Algérie, le Soudan oriental, les parties inférieures du Niger, que par des caravanes, exposées à mille dangers.

« Parvenir au cœur de cette région, apporter les produits de notre industrie à des populations dont nous augmenterons rapidement les besoins, pour le plus grand profit de notre commerce, et qui nous four-

niraient, en échange, leur coton, leur indigo, leurs graines oléagineuses, etc., était une entreprise digne de tenter l'imagination de tous ceux qui ont le souci du progrès de l'humanité et de la grandeur de leur patrie.

« Aucune nation n'était mieux placée que la France pour tenter l'entreprise; c'est en France que naturellement elle devait être conçue.

« L'honneur de cette conception appartient au général Faidherbe, et remonte à 1863, époque à laquelle il était gouverneur du Sénégal. Il songeait à relier le Sénégal au Niger, par une ligne de forts et une route s'étendant de Médine à Bammako.

« L'idée sommeilla jusqu'en 1879, époque à laquelle M. de Freycinet, alors ministre des travaux publics, la reprit, à la suite d'un rapport présenté par M. Duponchel, qui proposait d'établir à travers le Sahara, une ligne de chemin de fer reliant l'Algérie à Tombouctou, M. de Freycinet chargea une commission extra-parlementaire d'étudier l'utilité de l'entreprise. La mission conclut en associant l'idée de M. Faidherbe à celle de M. Duponchel; elle proposa la création d'un premier chemin de fer reliant l'Algérie au Soudan oriental, et celle d'une seconde ligne rattachant le Niger au Sénégal.

« Malgré l'adhésion qu'obtint l'idée de cette gigantesque entreprise devant la Chambre et le Sénat, on ne tarda pas à se rendre compte des mille difficultés qu'elle soulevait et l'on dut en rétrécir les limites. On renonça au chemin de fer transsaharien; mais, le 5 février 1880, le ministre de la marine, amiral Jauréguiberry, après avoir fait occuper Bafoulabé, point situé à l'embouchure du Bokoi, à l'entrée de la région du Niger, demandait à la Chambre de décider l'établissement d'une grande ligne de fer qui relierait Dakar à Saint-Louis (260 kil.) et à Médine (580 kil.), et Médine au Niger (520 kil.). La dépense était éva-

luée à 420 millions, en y comprenant la construction des forts nécessaires pour protéger la voie.

« La commission du budget fut effrayée de la grandeur de l'entreprise, et sur sa proposition, la Chambre ne vota qu'un crédit de 4,300,000 francs, pour la construction de postes fortifiés entre le Sénégal et le Niger, et l'établissement de lignes télégraphiques, de routes, etc.

« Le 13 novembre 1880, l'amiral Cloué, ministre de la marine, persistant dans les vues de son prédécesseur, mais les réduisant aux plus étroites limites possibles, demandait un crédit de 8,552,751 francs pour la construction d'une ligne allant de Médine à Bafoulabé, c'est-à-dire se dirigeant du haut Sénégal vers le Niger sur une longueur de 136 kilomètres.

« La Chambre, dans sa séance du 13 juillet 1880, accordait les crédits demandés. Parmi les motifs qu'invoquait le rapporteur, M. Blondin, à l'appui du vote sollicité, il importe de noter le suivant, parce qu'il indique bien la préoccupation qui fit agir le gouvernement, la commission et le Parlement :

« L'objectif du ministère de la marine, c'est le fleuve Niger.

« Ce fleuve, qui prend ses sources dans les environs du mont Loma, remonte au nord-est vers Bammako, Ségou, Tombouctou; de là il se dirige un moment vers l'ouest, pour reprendre ensuite sa route presque directement vers le sud et se jeter dans l'Atlantique, dans le golfe de Guinée. Il ne devient navigable, en sortant de ses sources, que vers les environs du pays de Bouré à Bammako.

« La prépondérance dans le Soudan, dans l'intérieur de l'Afrique, appartiendra à ceux qui les premiers seront maîtres de ce fleuve, qui deviendra un puissant véhicule pour le transport des produits des pays qu'il traverse, un puissant auxiliaire de commerce et de civilisation.

« Si nous parvenions à toucher les premiers au Niger par un chemin de fer parti de notre colonie du Sénégal, on peut dire que ce résultat pourrait avoir pour notre pays les conséquences les plus heureuses, au point de vue économique, industriel et commercial; ce serait un grand honneur pour le gouvernement de la République, et la France trouverait là un vaste champ d'expansion pour son intelligente activité commerciale. »

Les pages qui précèdent sont empruntées au Rapport fait à la Chambre des députés, pendant la séance du 18 juillet 1884, par M. de Lanessan, député de la Seine qui a été envoyé en 1887 par le gouvernement, comme résident général, en Cochinchine et dans l'Annam. Après cet exposé général des conditions dans lesquelles fut établi le chemin de fer du Sénégal, M. de Lanessan fait connaître les efforts que l'on a tentés, depuis l'année 1880 jusqu'à l'année 1884, pour doter notre colonie du Sénégal d'une voie ferrée, devant servir à rattacher notre colonie aux rives du Niger.

L'établissement de la voie ferrée dut être précédé de véritables campagnes militaires, qui eurent lieu de 1880 à 1882.

Au moment où les premiers crédits demandés pour l'occupation du haut Sénégal avaient été votés, nous n'étions pas encore maîtres du territoire qui relie le haut Sénégal au Niger. Le 4 octobre 1880, le Ministre de la Marine annonçant au commandant du haut Sénégal, M. le colonel Borgnis-Desbordes, le vote des 4,300,000 francs « pour études à faire vers le haut fleuve et la création de nouveaux postes », lui prescrivait, comme but de la campagne de 1880-1881, « l'établissement de postes, par conséquent l'occupation du pays jusqu'à Kita, et l'étude des régions du haut Sénégal entre Bafoulabé et le Niger, en vue de l'établissement d'un chemin de fer reliant Médine, point où le Sénégal cesse d'être

navigable, à Bammako et Manabongar à
Lina, sur le Niger. »

Le ministre engageait le commandant du
haut fleuve à « ne pas perdre de vue que le

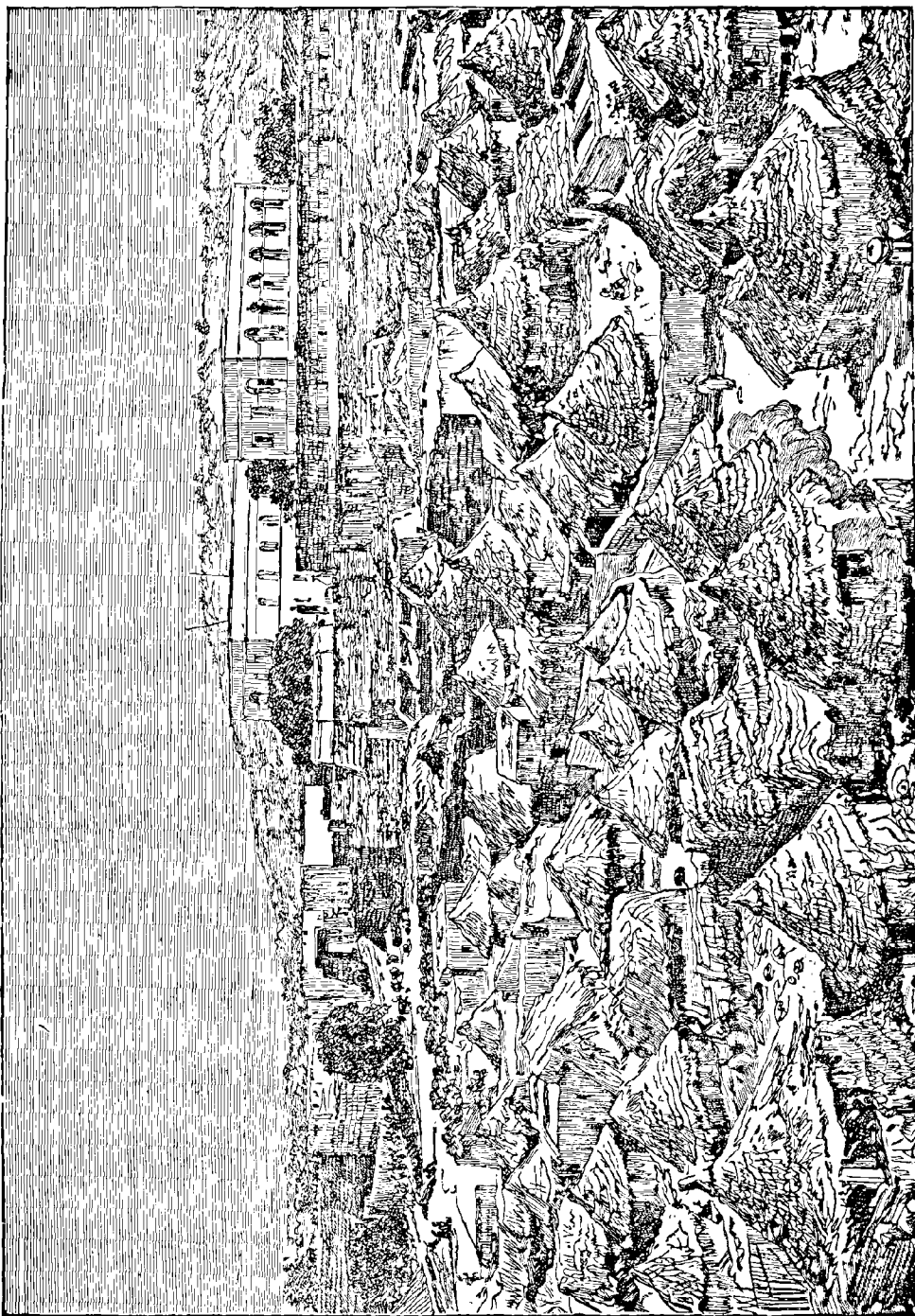


Fig. 418. — Poste militaire de Bakel.

poste de Kila doit avoir une importance
exceptionnelle, parce qu'il est destiné à

nous assurer la domination du pays jusqu'au
Niger et à servir de base à nos opérations. »

La campagne militaire commença immédiatement, sous les ordres du colonel Borgnis-Desbordes.

« Il eût été bon de retarder de deux années, dit M. de Lanessan, dans son rapport à la Chambre, auquel nous empruntons la suite de cet exposé, la campagne de 1880-1881. Les crédits ayant été votés trop tard, lorsque le personnel et le matériel destinés à la campagne dont le but vient d'être exposé, arrivèrent à Saint-Louis, le fleuve était en baisse et la baisse était beaucoup plus rapide que les années précédentes. Les bâtiments destinés à transporter les hommes et le matériel ne purent partir de Saint-Louis que du 21 octobre au 23 novembre. Celui qui avait quitté Saint-Louis le premier ne parvenait qu'à 53 kilomètres en aval de Médine; le second dut s'arrêter à 240 kilomètres; le troisième à 276 kilomètres, un autre à 250 kilomètres, et le dernier à 376 kilomètres de Médine. Les hommes durent faire la route à pied, par une température insupportable, et l'on fut obligé de traîner le matériel dans des chalans, à la cordelle. Les derniers convois n'arrivèrent à Médine que le 2 janvier. Harrasés par les fatigues et les privations, les hommes qui venaient de faire cette pénible et inutile expédition, ne tardèrent pas à être frappés par la fièvre typhoïde. Le 2 janvier, le commandant supérieur du haut Sénégal écrivait, de Médine : « Le nombre des décès est de 12 « indigènes et 9 Européens. J'ai 60 Européens malades, soit le tiers de l'effectif; » la situation morale des hommes de troupe « n'est pas bonne; le personnel officier est toujours irréprochable à tous les points de vue. »

Tandis que les hommes souffraient de la maladie, le matériel et les moyens de transport faisaient défaut. Le retard avait été ruineux, au double point de vue des pertes subies et des dépenses faites. Comme auxiliaires de transport, on n'avait que

112 mulets et 325 ânes. Les bûts faisaient défaut pour la moitié des mulets.

Cependant, le 9 janvier 1881, la colonne expéditionnaire se mettait en route, sous le commandement du Colonel Borgnis-Desbordes. On établissait, en divers points du pays, des postes militaires, pour tenir en respect les indigènes et donner une base d'opérations aux colonnes lancées à l'intérieur du pays.

Nous représentons sur la figure 419, un de ces postes : celui de Bakel.

Bakel, dont on retrouvera l'emplacement sur notre *Carte générale des chemins de fer d'Afrique*, est une ville d'une certaine importance. Assise sur la rive droite du Sénégal, elle est le rendez-vous des populations d'alentour, et il s'y tient, chaque semaine, un marché, qui fut d'une grande utilité pour notre poste militaire.

Le poste de Bakel était un véritable camp, dont les tentes étaient remplacées par de solides cabanes de palissades, recouvertes d'un toit de chaume, comme les cahutes des villages africains.

Le colonel Borgnis-Desbordes résume lui-même, de la façon suivante, les résultats obtenus pendant la campagne de 1880-81 :

« La colonne, en considérant son rôle exclusivement militaire, avait parcouru 756 kilomètres à pied et près de 800 kilomètres sur des chalans. Elle avait attaqué et pris Goubanko et fait reconnaître d'une façon effective et sérieuse notre protectorat de Bafoulabé à Kita. »

La construction du chemin de fer commença en 1882, mais dans des conditions fort mauvaises, ainsi qu'il résulte du récit de M. de Lanessan.

« Lorsque le personnel et le matériel destinés au chemin de fer, dit M. de Lanessan, arrivèrent au Sénégal, la fièvre jaune y sévissait avec une grande intensité. Tous les services administratifs étaient désorganisés; le gouverneur, amiral de Lanneau,

suspendit tout envoi de matériel pendant les mois d'août, septembre et octobre. C'est seulement à la fin d'octobre et au commencement de novembre qu'on se mit en route pour Kayes. Comme l'année précédente, il était trop tard; les bâtiments durent s'arrêter en route, et débarquer le matériel le long des berges du fleuve, depuis Tambon-Kané jusqu'à Bakel, d'où il fallut le remonter jusqu'à Kayes, dans des chalans et à la cordelle, en subissant des pertes de toutes sortes et en faisant des dépenses aussi

considérables qu'inutiles. Le matériel était très important, car il comprenait, indépendamment des vivres, tout ce qui était nécessaire à l'établissement de la ligne ferrée sur une longueur de 110 kilomètres, c'est-à-dire presque de Kayes jusqu'à Bafoulabé.

« A Kayes, le personnel et le matériel se trouvèrent, à leur arrivée, dans les plus déplorable conditions. Le gouverneur avait interdit tout travail pendant l'hivernage, de sorte que rien n'avait été fait à Kayes depuis le mois de mai, époque où la colonne expé-

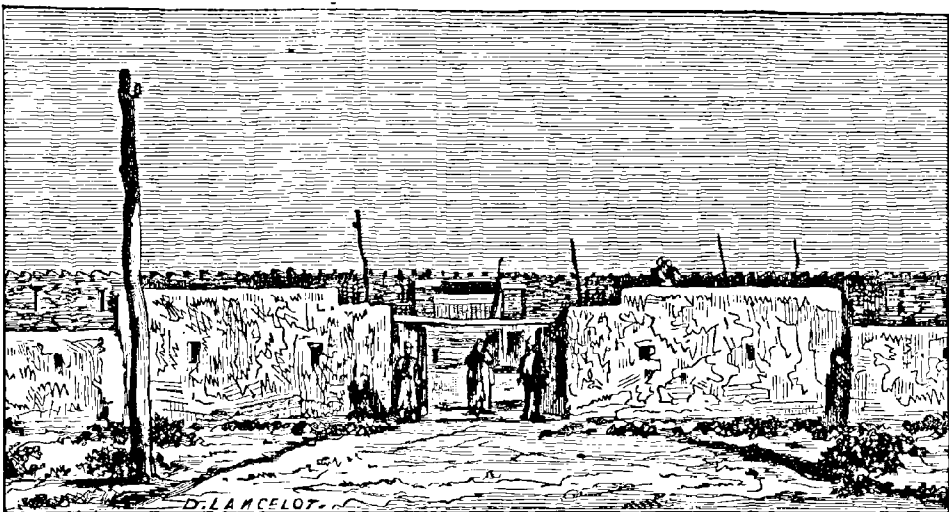


Fig. 419. — Poste de Kita.

ditionnaire du colonel Desbordes avait quitté le haut fleuve, pour descendre à Saint-Louis. Personnel et matériel étaient débarqués « sur une vaste pleine nue et malsaine où il fallut d'abord créer les quelques installations nécessaires pour s'abriter et vivre.

« La maladie ne tarda pas à frapper le personnel du chemin de fer. L'ingénieur auquel le commandant du haut fleuve avait abandonné la direction des travaux, étant tombé gravement malade, dut quitter son poste, dès le mois de décembre 1881, pour rentrer en France, laissant ses fonctions à un conducteur, M. Jégou,

« M. Arnaudeau avait sous ses ordres : 4 conducteurs de 1^{re} classe, 5 agents secondaires, 2 mécaniciens. Sur les 4 conducteurs, 2 étaient renvoyés à la disposition du ministre; sur les 5 agents secondaires, 2 mouraient bientôt, 1 était renvoyé à la disposition du ministre. Enfin des 2 mécaniciens, l'un était envoyé à la disposition du ministre, l'autre, toujours malade, devait succomber pendant la campagne. »

Dans de telles conditions, les travaux du chemin de fer ne pouvaient marcher vite. Ils furent retardés encore par le manque des outils les plus nécessaires à l'étude du terrain.

Au commencement du mois de mai 1882, on n'avait fait encore que 700 mètres de remblai. La voie avait été attaquée, à la fois à Kayes, sur une longueur de 1,200 mètres, et 5 kilomètres plus loin, au passage du marigot de Papparaba, sur une longueur de 1.000 mètres.

A cette époque, les pluies s'approchant, il fallut songer à créer à Kayes des installations plus sérieuses que celles dont on s'était contenté pendant la saison sèche. On abandonna les travaux du chemin de fer, et tous les manœuvres furent mis aux travaux nécessités par ces installations. Pendant l'hivernage de 1882, on construisit une caserne, un pavillon pour les officiers et un autre pour les ingénieurs ; mais ce travail, fait dans une saison mauvaise, entraîna la mort d'une trentaine d'hommes sur quatre-vingt-un.

Pendant l'année 1883, les travaux furent poussés avec plus d'activité, en dépit d'installations défavorables et de mauvaises conditions hygiéniques. Le 6 novembre 1882, il y avait, chez les ouvriers et les soldats, 88 malades ; le 10, il y en avait 95 ; le 14, il y en avait 111 ; le 18, il y en avait 137. Les chevaux et les mulets mouraient, comme les hommes. Le 17 novembre, le peloton de spahis avait déjà perdu 20 chevaux, soit plus d'un tiers de son effectif.

Si l'on ajoute à ces mauvaises conditions le manque d'outils et d'une partie du matériel le plus indispensable, on aura une idée exacte des difficultés dont la construction du chemin de fer allait être entourée.

Durant cette nouvelle campagne (1882-1883) ; le tracé du chemin de fer fut poussé jusqu'au kilomètre 70. La plate forme et la voie furent posées jusqu'au kilomètre 17. On lança un pont métallique de 60 mètres en travers de Papparaba, et l'on construisit un autre pont, de 24 mètres, un ponceau de 3 mètres et 12 aqueducs. La voie ferrée avait franchi la partie la plus accidentée et la plus

difficile qui existât à partir de Kayes. Au delà, sur 17 kilomètres, il n'y avait plus, pour ainsi dire, qu'à poser les rails, et, sur plus de 50 kilomètres on ne rencontra pas de travaux importants à exécuter.

Pendant ce temps, les expéditions militaires continuaient. Le pays était occupé de Kita au Niger, et des forts étaient construits sur des points convenablement choisis pour la protection de la voie ferrée.

On voit, sur la figure 240, l'un de ces forts, celui de Kita. Il se compose d'un simple mur, formant une enceinte fermée, percée de meurtrières, pour les fusils des remparts, comme les murs des *blockhaus* d'Algérie.

Les indigènes, commandés par un chef habile, Fabou, attaquèrent nos troupes, et c'est seulement à la suite de trois combats meurtriers (2, 3 et 12 avril) que l'armée ennemie fuyait devant la colonne expéditionnaire, et se rejetait dans le sud de Bammako. Le fort étant assez avancé pour se défendre, la colonne repartait de Bammako, le 27 avril, arrivait le 10 mai à Kita, le 6 juin à Tambo N'Kané, où elle s'embarquait sur des chalans et rentrait à Saint-Louis. Le 3 juillet elle partait pour la France.

Dans cette pénible mais glorieuse campagne, la petite colonne, composée seulement de 540 combattants, sous le commandement du colonel Borgnis-Desbordes, dont la conduite fut au-dessus de tout éloge, avait fait 1,575 kilomètres, et pacifié par sa courageuse attitude la région située entre le haut Sénégal et le Niger.

La partie militaire de l'entreprise était achevée. Il n'y avait plus qu'à terminer les forts, à les relier par de bonnes routes, et à gagner la confiance des indigènes, par une attitude aussi sage et bienveillante que ferme.

Les résultats obtenus par les trois campagnes militaires de 1881, 1882 et 1883, étaient considérables, au point de vue politique. Nos colonnes expéditionnaires avaient

assuré notre établissement sur la ligne, de près de 600 kilomètres, qui relie Kayes à Bammako, c'est-à-dire du Sénégal au Niger; nous étions installés sur les bords du Niger; des forts en granit et en pierre protégeaient nos soldats répandus sur toute cette longue route.

En 1884, les travaux du chemin de fer étaient à peu près terminés; et au commencement de 1885, la ligne de Saint-Louis à Dakar était inauguré.

Telles sont les péripéties par lesquelles a dû passer la construction d'une voie ferrée d'une utilité incontestable, dont l'exécution a été retardée par des obstacles qu'il est facile de comprendre, étant donnés l'état d'hostilité des indigènes contre les entreprises des Européens, et la difficulté qu'il y avait à faire parvenir d'Europe aux rivages d'Afrique les divers moyens de travail mécanique. Les retards apportés, trois années de suite, au départ de Saint-Louis du personnel et du matériel, la nécessité dans laquelle on s'est trouvé, trois années de suite, de débarquer le matériel le long du fleuve du Sénégal à 50, 100, 150, 200 et même 250 kilomètres en aval de Kayes, et de le traîner à la corde jusqu'au lieu de sa destination, les installations provisoires de magasins et d'ateliers qui ont dû être faites à Saint-Louis, les établissements provisoires de Kayes, la maladie, l'éloignement, l'inexpérience, sont autant de causes qui ont agi avec assez de puissance pour augmenter beaucoup le prix de revient de ce chemin de fer.

Aujourd'hui toutes ces difficultés sont oubliées, et la France a jeté dans l'Afrique occidentale, un jalon important pour le commerce général des peuples et la civilisation de ces fertiles contrées.

CHAPITRE IV

LES CHEMINS DE FER ÉGYPTIENS. — LES CHEMINS DE FER AU CAP DE BONNE-ESPERANCE.

Nous surprendrons peut-être le lecteur en disant que l'un des pays du monde où les voies ferrées sont les plus nombreuses, c'est l'Égypte. Il faut seulement nous hâter d'ajouter qu'il ne s'agit que de la partie de l'Égypte connue sous le nom de *Delta*, c'est-à-dire l'espace compris entre l'écartement des deux grandes branches du Nil, avec une certaine étendue de pays au delà de ces deux branches. Connues par leur fertilité extraordinaire, ces régions sont le théâtre d'un mouvement très important pour le transport des produits agricoles. On compte sur le Nil, 40 bateaux à vapeur égyptiens, et 16 naviguant sur la Méditerranée ou la mer Rouge. L'ensemble de la flotte commerciale de l'Égypte actuelle, est de 1,560 navires, et le nombre des barques de tout tonnage qui sillonnent le Nil, sur le parcours du Delta, est de 10,300. Ajoutez que plus de 1000 kilomètres de canaux traversent le Delta, et que durant les hautes eaux qui préparent le débordement du fleuve, le réseau navigable est d'une longueur triple.

Tandis que dans la vallée du Nil, sur les confins du désert, on en est encore réduit à envoyer les produits agricoles par des caravanes, qui mettent sept à huit mois à faire leur voyage et à revenir à leur point de départ, de nombreux bateaux à vapeur sillonnent le fleuve, et les campagnes sont traversées dans tous les sens par des voies ferrées. Étrange alliance de la vieille superstition religieuse des Musulmans avec le progrès moderne, c'est dans des wagons de chemins de fer que les pèlerins arrivent à la Mecque, pour y faire leur visite obligatoire!

Proportionnellement à la surface du pays, mais non à la population, le Delta du Nil est

le pays du monde dans lequel le réseau des chemins de fer est le plus développé.

Le réseau des voies ferrées du Delta se prolonge, sur la rive droite du Nil, jusqu'à Siout. Pendant la guerre commencée en 1883, par les Anglais, contre les paisibles habitants de l'Égypte, et qui débuta par le cruel bombardement d'Alexandrie, le Khédive d'Égypte avait fait construire plus avant, dans la même direction, d'autres lignes de chemins de fer, que les Anglais se proposent de continuer.

Outre les chemins de fer à voie normale, il y a, dans le Delta du Nil, un grand nombre de lignes à voie étroite. Chaque plantation de cannes à sucre, dans la haute Égypte, ainsi que dans le Delta, a un réseau de lignes à voies étroite, et il existe plusieurs projets pour rattacher les chemins de fer de la vallée du Nil aux ports de la mer Rouge.

En 1885, les chemins de fer de l'Égypte avaient une étendue de 1,520 kilomètres, sans compter les voies agricoles étroites, et de 2,000 kilomètres, en y comprenant les voies étroites.

Voici, d'après l'*Itinéraire en Orient*, de M. Ysambert, l'énumération de ces lignes, dont on trouvera le tracé sur notre *carte des chemins de fer de l'Égypte*.

	Milles anglais
D'Alexandrie au Caire.....	130
De Benha à Zagazig (ligne d'Alexandrie à Suez).....	24
De Kaliou à Mansourah.....	88
De Zagazig à Suez).....	98
De Tantah à Damiette.....	72
De Mehellet-Rokh à Zefta.....	24
De Mehellet-Rokh à Dessouk.....	36
De Tentah à Chebin-el-Kôm.....	19
De Benha à Mitt-Reny.....	8
De Boulak-el-Dakrun à Siout (chemin de fer de la Haute-Egypte).....	229
De Dessouk à Damanhour.....	12
De Dessouk à Chebin (Delta).....	58
D'Alexandrie à Rosette.....	54

La ligne du Soudan a été étudiée par l'in-

génieur Fowler, par ordre du Khédive. On évaluait la dépense totale à 100 millions de francs. Une grande partie de cette ligne est déjà exécutée. Son achèvement serait d'une grande importance, car le Soudan, pays très fertile, enverrait vers le Nord des céréales, du sucre, du coton, des gommés, du séné, de la potasse, de l'or, de l'ivoire, des plumes d'autruche, et nombre d'autres produits. Avant la guerre, si néfaste pour eux, que les Anglais ont dirigée contre le Soudan, en 1884 et 1885, ce pays donnait au gouvernement égyptien un revenu net de 2.625,000 francs.

Nous terminerons cette revue des voies ferrées africaines par quelques mots sur de petites lignes qui existent au Cap de Bonne-Espérance. On sait qu'à la pointe terminale de l'Afrique, une colonie anglaise, très prospère, se livre à de grandes exploitations agricoles, en même temps qu'à l'industrie de l'élevage des autruches, qui a déjà enrichi un nombre considérable de colons.

La colonie anglaise du Cap possède aujourd'hui cinq lignes ferrées. Natal, siège principal de l'élevage des autruches, est le premier établissement de l'Afrique australe où l'on ait construit un chemin de fer. C'est, en effet, en 1830, qu'une courte ligne fut établie entre Durban et le littoral. Depuis cette époque, bien qu'on n'ait pas tenté de grands efforts pour constituer un véritable réseau, plusieurs autres lignes ont été tracées. Il en existe une à Vérulam; une de Durban à Umlazé, et une troisième de Durban à Ladysmith.

Cette dernière a été continuée, en 1870, jusqu'à Pietermaritz-bourg, à une distance de cinquante à soixante milles dans l'intérieur des terres. Le premier train arriva le 1^{er} décembre 1880, de Durban à Pietermaritz-bourg.

La construction de ce dernier railway a rencontré de nombreuses difficultés, car il

traverse une série de collines qui s'élèvent progressivement; et à quarante milles de la côte, il atteint la hauteur de 1000 mètres. Aussi a-t-il nécessité et nécessite-t-il encore, pour son entretien, des dépenses considérables, que l'on n'a pas, d'ailleurs, à regretter, car il a déjà rendu de grands services aux Anglais pour le transport des troupes et leur approvisionnement pendant la guerre dirigée par eux contre les Cafres,

Le chemin de fer du Sénégal dont nous rappelions, dans le chapitre précédent, l'origine et la création définitive, se rattache, on l'a vu, au chemin de fer transsaharien, et paraît appelé à concourir, avec lui, à la colonisation de l'Afrique, à son admission dans le cercle général du commerce du monde. Mais le chemin de fer transsaharien, qui traverserait le désert, — sombre Minotaure qui, trop souvent, dévore ceux que le devoir ou la curiosité amènent à sonder ses mystères, — n'est pas la seule voie à laquelle les hommes de l'art aient songé pour mettre en rapport les parties centrales du continent africain avec les mers qui baignent ses rivages. Le chemin de fer du Sahara prolongé jusqu'au Cap de Bonne-Espérance, en passant par Tombouctou, est sans doute une voie très naturellement indiquée, puisqu'elle coupe la presque île africaine dans la direction du nord au sud; mais elle néglige les régions, si fertiles, des grands lacs, où prennent leurs sources le Nil et le Congo. On parle aujourd'hui de créer une voie, à peu près transversale, qui irait de la vallée du Nil supérieur, au grand lac Nyanza, et de là, se bifurquerait, pour atteindre, d'une part, les bouches du Congo, et d'autre part, celles du Zambèse.

Le chemin de fer transversal allant du Nil au Congo serait, assurément, une entreprise colossale, puisqu'il faudrait construire 4,500 lieues (6,000 kilomètres) de voies ferrées. Mais, chaque année, les ingénieurs

couvrent la terre de plus de 700 lieues (3,000 kilomètres) de rails, et dans l'intervalle seulement d'un demi siècle, les Européens et les Américains ont créé 100,000 lieues (400,000 kilomètres) de voies ferrées. Si l'on abordait l'entreprise du chemin de fer transversal africain, 25 ou 30 ans suffiraient pour jeter cette immense trainée de fer des vallées du Nil aux rives du Congo.

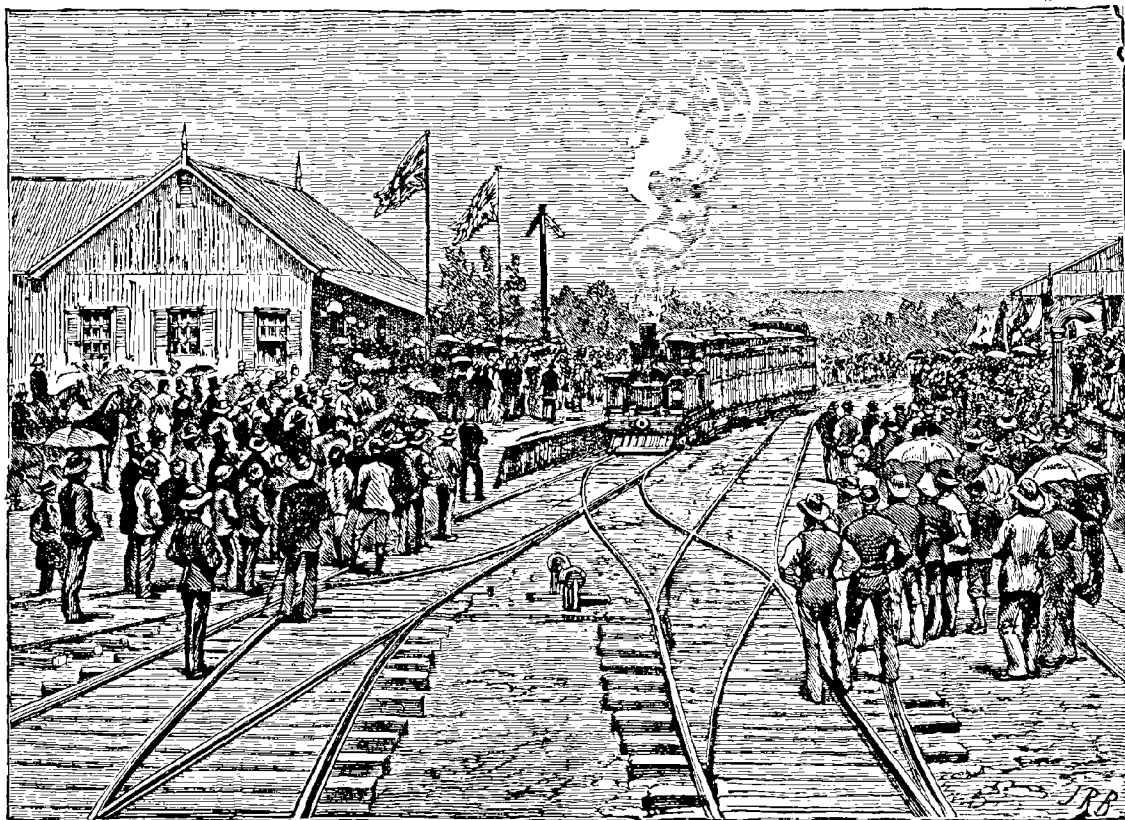
Quel meilleur, quel plus utile emploi l'Europe ferait-elle de ses capitaux? Où placer avec plus d'avantage les rails que les usines européennes fabriquent chaque année par millions de tonnes?

Quand les deux chemins de fer allant, l'un d'Alger ou de Constantine au Cap de Bonne-Espérance, l'autre du Nil au Congo, seront exécutés, les produits agricoles, si abondants, des plaines de l'Afrique centrale, afflueront à la Méditerranée; tandis que le Nil et le Congo, réservoirs immenses d'hommes et de produits de toutes sortes, apporteront à l'Europe, épuisée par une trop longue production, des éléments de régénération. Le jour où la locomotive promènera au milieu des herbages africains ses tourbillons de vapeur et de feu, la civilisation aura conquis un domaine immense, autant que fructueux, et elle se sera préparé un approvisionnement de travail manufacturier, pour un long avenir. Elle sera, en même temps, parvenue à chasser de son domaine séculaire la religion de Mahomet, ou la stupide idolâtrie du fétichisme, les seuls obstacles qui arrêtent l'émancipation intellectuelle d'un nombre infini de peuples africains. Elle les aura remplacées par une religion bienfaisante, éclairée, tolérante et morale. Par suite, la traite des esclaves, cette honte de l'humanité, disparaîtra. On n'en verra plus de traces, tandis que de nos jours, en dépit de longs et sincères efforts, l'esclavage, banni de nom, persiste de fait, et persiste si bien que, pendant leur campagne de 1883, les

Anglais l'avaient ouvertement et officiellement rétabli aux confins de l'Égypte. Ce commerce infâme ne pourrait subsister dans des régions parcourues par des trains de chemin de fer, car la locomotive est partout l'emblème du travail libre et honoré.

Quand le chemin de fer transsaharien

sera en exploitation, la France, déjà maîtresse des versants de l'Atlas au nord, et des rives du Niger, au sud, pénétrera au cœur du désert, et imposera sa volonté aux tribus errantes qui en défendent l'accès par le meurtre et le brigandage. Au contact des peuples étrangers les mœurs farouches des



(Fig. 421. — Inauguration du chemin de fer de Pietermaritzbourg au Cap de Bonne-Espérance.

tribus africaines, qui nous attristent, nous déconcertent et arrêtent les expéditions géographiques les mieux combinées, s'adouciront. Là où Flatters périt, avec ses malheureux compagnons, sous le fer des perfides Touaregs, autour de ce même puits où se passa le drame obscur et terrible de l'assassinat de nos soldats et de nos savants, un cantonnier solitaire agitera, en pleine sécurité, le drapeau, qui signalera la liberté de la voie et qui annoncera également aux fils

régénérés du désert une ère nouvelle de concorde et de paix.

L'Europe étouffe dans ses étroites limites. L'Afrique peut ouvrir un champ immense à son activité. Les gouvernements modernes le comprennent, d'ailleurs, merveilleusement ; car ils s'empressent de prendre pied sur ce nouveau domaine. Tous se jettent, comme on l'a dit, à la curée de l'Afrique. La France s'implante énergiquement sur le sol africain, à Madagascar, au Sénégal ;

et elle a élevé au rang de gouverneur de nos possessions du Congo, le courageux, de Brazza. Le roi des Belges, après avoir, par une intelligente initiative, créé, en 1872, l'*Association internationale africaine*, a pris délibérément, en 1885, le titre de *Roi du Congo*, en dépit des rieurs. Non contente de son empire dans l'Inde, l'Angleterre a fait des efforts surhumains, mais inutiles, pour conquérir, au sud-ouest de l'Égypte, les magnifiques territoires du Soudan. L'Allemagne s'empare d'un grand nombre de stations sur diverses côtes africaines, et l'Italie s'établit fortement le long de la mer Rouge

Voilà de beaux et de nobles efforts. Au lieu de s'entre-détruire, par des guerres fratricides, qui ne sont plus dans l'esprit de notre temps, les peuples et les rois, en Europe, comprennent qu'il est plus avantageux, plus humain, plus politique, de se tailler des royaumes nouveaux dans des contrées vierges, et merveilleusement dotées par la nature. Sur la carte de l'Afrique, on

voit aujourd'hui de nombreux espaces blancs laissés par notre ignorance géographique forcée, ou par l'existence de véritables déserts : il faut que ces taches blanches soient un jour remplacées par de nombreuses désignations de lieux habités.

Ce qui favorisera surtout et hâtera la marche des peuples européens à la conquête économique de l'Afrique, c'est la locomotive. C'est par son secours que la civilisation brillera, dans les siècles futurs, au sein de régions aujourd'hui désertes, ou peuplées de bandits. On a dit que les chemins de fer accompliront, dans notre siècle, une révolution économique et sociale de la même importance que celle que provoquèrent, au quinzième siècle, la découverte de l'Amérique et l'invention de l'imprimerie. Cette assertion surprit tout le monde, lorsqu'elle fut émise par l'éminent ingénieur, Auguste Perdonnet : elle est aujourd'hui passée à l'état d'axiome. C'est une vérité évidente par elle-même : on ne la démontre pas

LES VOIES FERRÉES EN ASIE

Les Anglais, pour transporter du centre du pays aux ports de l'Océan, ou pour relier entre eux les trois chefs-lieux de présidence, Calcutta, Madras et Bombay, ont couvert de voies ferrées leur empire de l'Inde. Mais, en dehors de l'Inde, le territoire presque tout entier de l'Asie est vierge encore du sillon civilisateur. Le Japon, seul, compte quelques lignes ferrées. A cela se réduit le réseau de l'Asie, qui ne pourra s'accroître qu'à mesure que les Européens pénétreront dans ces régions lointaines, pour leur emprunter leurs produits naturels, et leur laisser, en échange, de l'or et des idées.

En 1873, devant l'époque où il sera nécessaire de tracer un réseau général de voies ferrées, pour l'ensemble de ce vaste territoire, M. Ferdinand de Lesseps, que l'on trouve toujours à la tête des projets embrassant l'avenir, conçut un plan général de voies ferrées asiatiques. Il dressa une carte représentant ce projet, et ce document fut présenté, au mois de juillet 1873, à la *Société de géographie de Paris*.

Nous représentons, dans une carte (p. 733), le *projet de chemin de fer central asiatique* de M. de Lesseps. Ce document est la meilleure description sommaire qui puisse être donnée de ce projet. On y voit l'Europe sillonnée de chemins de fer, mettant en communication directe, Londres, Paris, Madrid, Bruxelles, Rome, Vienne, Constantinople, Odessa, Berlin et Saint-Petersbourg. Le regard est ensuite attiré vers l'empire indien,

également pourvu de lignes ferrées, qui réunissent Madras, Bombay, Calcutta, Delhi, Lahore et Peshawour.

Les chemins d'Europe aboutissent à Orenbourg, sur l'Oural, au nord de la mer Caspienne, et les chemins de l'Inde se terminent à Peshawour, au nord du même pays, comme deux bras qui se tendraient l'un vers l'autre. M. de Lesseps se proposait de compléter ce grand réseau, si bien ébauché. Il voulait réunir Orenbourg à Peshawour, c'est-à-dire l'Europe et l'Asie; de telle sorte que voyageurs et marchandises puissent être transportés directement de l'extrémité ouest de notre Europe, à l'extrémité est de l'Empire indien.

Si ce projet était réalisé, on irait de Calais à Calcutta par une ligne ayant 11,700 kilomètres. Comme 8,160 kilomètres sont déjà construits, il resterait à créer 3,740 kilomètres, à savoir, 2,500 pour aller d'Orenbourg à Samarkand, sur le territoire russe, et 1,260 kilomètres de Samarkand à Peshawour, en traversant l'Afghanistan. Cette seconde partie présenterait, seule, quelques difficultés, que la science de l'ingénieur a déjà résolues en des circonstances analogues. Les procédés employés au percement des Alpes au mont Cenis et au mont Saint-Gothard, permettraient d'aborder sans crainte l'Himalaya. On passerait, au besoin, au travers de l'Indou-Kouch, cette « forteresse indienne. »

Pour l'étude technique de ce projet,

M. Ferdinand de Lesseps s'était adjoint un ingénieur russe, M. Cotard, et deux ingénieurs anglais. Son fils, M. Victor de Lesseps, se rendit en Russie, pendant que les deux ingénieurs partaient pour les Indes.

Le 14 juin M. de Lesseps soumettait son projet au prince Orloff, ambassadeur de Russie. Six jours après, le prince écrivait à M. de Lesseps :

« Je me fais un plaisir de vous informer que la lettre que vous m'avez adressée vient d'être soumise à l'empereur, à Ems, et que Sa Majesté a daigné accorder à Monsieur votre fils, ainsi qu'à M. Cotard, l'autorisation d'entreprendre le voyage qu'ils projettent dans les provinces de l'empire, située entre Orenbourg et Samarkand. »

Dans le projet conçu par M. Ferdinand de Lesseps, il faut distinguer le projet même, qui est approuvé par tous les savants, et le tracé proposé. Ce tracé n'a pas reçu un assentiment unanime : il a trouvé des contradicteurs parmi les nations intéressées.

La carte dressée par MM. de Lesseps et Cotard, a été d'abord critiquée.

M. Wachter a écrit : « En suivant sur la carte la ligne du chemin de fer projeté par M. de Lesseps, on s'aperçoit qu'il l'a poussée de Moscou jusqu'à Orenbourg, et même à Orsk. Or, les chemins de fer russes ne dépassent pas Sysran, sur le Volga, à 450 kilomètres d'Orenbourg; et M. de Lesseps dirige sa ligne de ce point dans des steppes arides, situés entre Orsk et Kasahinsk c'est-à-dire sur une longueur d'au moins 200 lieues.

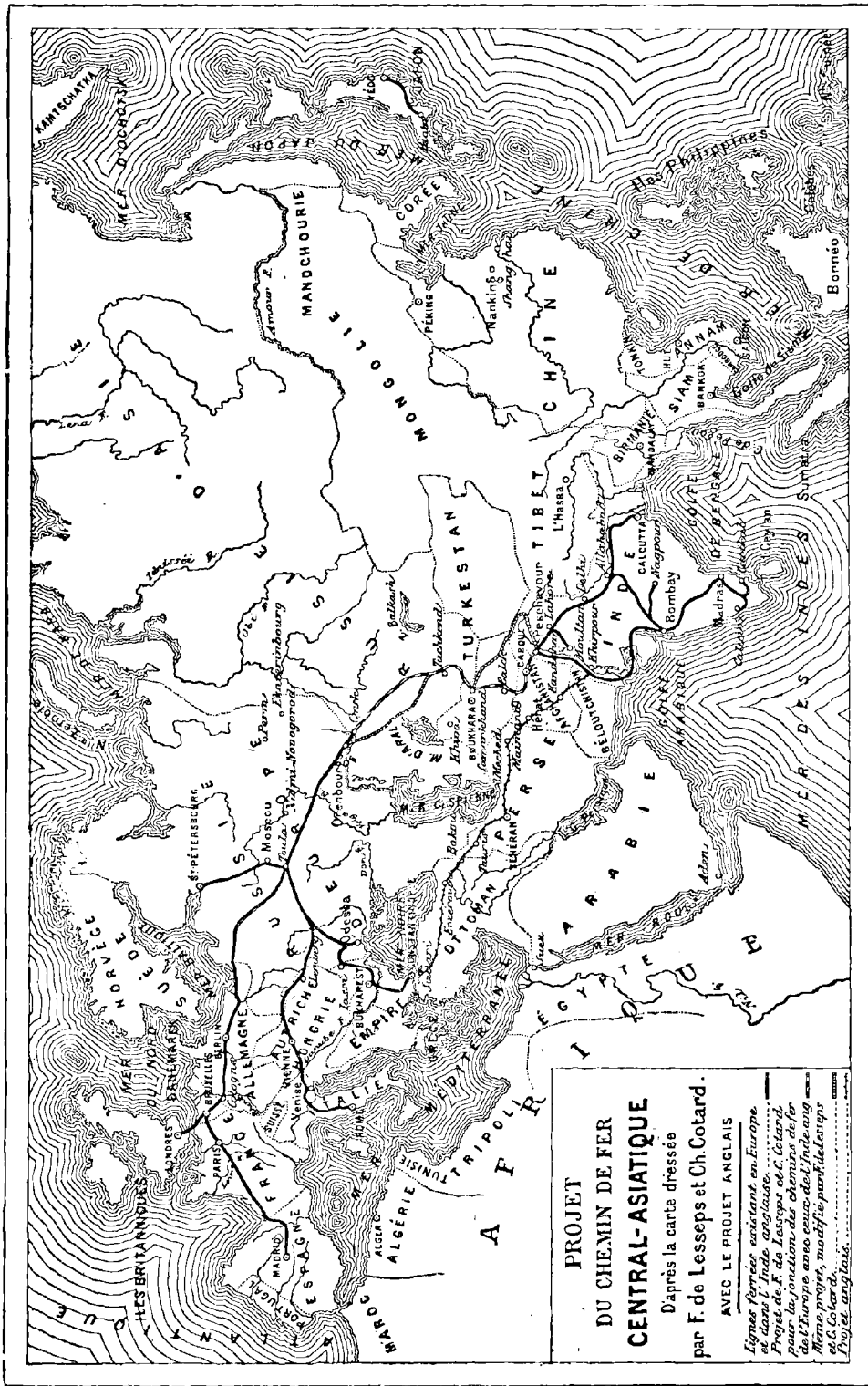
« Il est certain que ces déserts ne peuvent être d'aucune utilité au commerce, ainsi que cela résulte des rapports de l'état-major russe. Pour rencontrer des terres capables d'un rendement suffisant, il faut remonter le cours du Sir-Daria jusqu'à une centaine de lieues de son embouchure dans la mer d'Aral. La fertilité de la vallée du Sir-Daria ne commence que vers Tachkend, capitale

du Turkestan russe, ville de 150,000 habitants. Le tracé proposé par M. de Lesseps gagne Samarkand, en coupant le fleuve. Plus loin, le pays est inconnu; et, à part les quelques chemins tracés par les caravanes à travers les montagnes désertes et inexplorées de l'Hindou-Kouch, aucune direction ne saurait servir de repère. »

Il était facile de tenir compte de ces critiques, et comme nous le verrons plus loin, M. Ferdinand de Lesseps a modifié son tracé, pour répondre à ces objections. Mais le tracé proposé par notre illustre compatriote ne pouvait réunir l'assentiment sans réserve des puissances pour lesquelles cette question est, pour ainsi dire vitale, c'est-à-dire de la Russie et de l'Angleterre, sans parler de l'Allemagne.

L'Angleterre voudrait que le chemin de fer asiatique se dirigeât vers Erzeroum, Tauris, Téhéran, Méched, Hérat, Kandahar et Kirpour, afin de favoriser son commerce. De cette manière, le chemin se reliait au réseau hindou. Il n'y aurait pas tout à fait 600 lieues à parcourir de Scutari à Téhéran. Mais les autres pays repoussent le tracé anglais, parce qu'il traverse toute la Turquie d'Asie, habitée par des populations auxquelles on ne saurait accorder aucune confiance.

Les Allemands voudraient que le chemin russe passât par Rostow, à l'embouchure du Don, au fond de la mer d'Azof. On prolongerait la voie jusqu'à Wladicawcas, sur les bords de la mer Caspienne, à travers le Caucase et la Circassie. De là on irait à Petrowsk, dans le Daghestan, puis à Bakou, Astara et Recht, en longeant la mer Caspienne. La ligne s'embrancherait alors sur celle de Téhéran, qui a été commencée par le baron Reuter, au mois de septembre 1873. Il y a plus de 300 lieues de cette dernière localité à Recht, et 70 lieues de Recht à Téhéran. Sur la *carte du projet de chemin de fer dans l'Asie centrale, de Ferdinand*



de Lesseps et Cotard (fig. 422), on voit l'itinéraire de la ligne que nous venons de faire connaître.

Mais ces deux projets ne plaisent ni aux Russes ni aux Autrichiens. Les Russes voudraient par-dessus tout avoir une route qui traversât la Chine, parce que là ils seraient sans rivaux. Aussi les ingénieurs russes, considérant le chemin de fer d'Orenbourg à Tachkend comme secondaire, proposent-ils la prolongation du chemin de Nijni-Nowogorod jusqu'à Kasan, Sarapoul, Perm et Ekaterinbourg, centre principal des mines de l'Oural. Prenant ensuite la direction du nord, on irait vers Tjumen, point de jonction avec les lignes sibériennes. On dirigerait une ligne au sud, vers Kouldja, capitale d'un district chinois qui a été pris par les Russes. L'Ili traverse ce terrain de l'est à l'ouest ; dans cette vallée on cultive, l'indigo, la vigne et le tabac. La Tartarie chinoise serait traversée en remontant l'Ili, et on atteindrait les villes de Kami, Kantchou, Singan et Shang-Haï.

Ce plan donne un premier relai dans l'Oural, qui est riche en mines d'or, de platine, de fer et de cuivre. Un second relai serait la Sibérie, dont les mines ne sont pas moins importantes. Un troisième relai en Chine permettrait de profiter de ses terrains fertiles, et du commerce de l'immense population de cet empire. On comprend donc facilement que ce projet ait conquis toute faveur en Russie.

Dans le but de fixer le tracé le plus favorable à l'union des chemins de fer de l'intérieur au bassin minéral de l'Oural, les ingénieurs russes ont parcouru dans tous les sens les terrains qui séparent le Volga des monts Ourals, sur une largeur de 200 lieues. Il est résulté de leurs études sur cette partie du réseau, trois projets qui ont été bien accueillis.

L'un de ces projets, émane du général Rachette, ancien ingénieur au service des

Demidoff, et directeur du service des mines Saint-Pétersbourg. L'auteur voudrait qu'on prolongeât le chemin de Nijni-Nowogorod jusqu'à Perm ; de là on se dirigerait vers l'est, en remontant la pente douce des flancs de l'Oural.

Nous dirons, à ce propos, que ces montagnes célèbres, qui séparent l'Europe de l'Asie, sont loin d'offrir l'importance qu'on leur donne dans les cartes géographiques, où elles sont représentées par de grosses hachures, ce qui ferait croire que les monts Ourals ont l'importance des grandes chaînes de l'Europe, comme les Pyrénées ou les Voges. C'est là une erreur complète, car les points les plus élevés de la chaîne de l'Oural ne dépassent pas 600 à 700 mètres au-dessus du niveau de la mer. Il n'y aurait donc pas à percer de longs tunnels, ni à creuser de profondes tranchées à ciel ouvert, et la traversée de l'Oural ne présenterait pas la moindre difficulté.

Le chemin de fer étudié par l'ingénieur russe, M. Rachette, gagnerait Tjumen, en passant au nord d'Ekaterinbourg. Une ligne ferrée serait construite sur le revers oriental des monts Ourals ; elle se dirigerait du sud au nord, en partant d'Ekaterinbourg, pour arriver à Kouchwa, en traversant les mines de Tagil, qui appartiennent à la famille Demidoff.

Dans le second projet, dû au général Bogdanowitch, le chemin passe aussi de Nijni-Nowogorod par Kasan, en s'arrêtant à Sarapoul, sur la Kama, pour se diriger sur Tjumen, par Ekaterinbourg.

M. Lioubinoff est l'auteur du troisième projet. Son tracé passe par Ekaterinbourg, et descend ensuite au sud-est, vers la rivière de Tobol.

Tous ces tracés sont bons ou paraissent tels ; il se pourrait que tous les trois fussent un jour exécutés, en raison des avantages qu'en retireraient l'industrie et le commerce du monde entier.

M. Ferdinand de Lesseps, qui s'était mis à la tête de cette grande entreprise, avait reçu, avons-nous dit, l'assurance du Czar qu'un concours actif et efficace lui était assuré. L'Angleterre elle-même n'était pas défavorable à cette idée. Au mois de septembre 1874, M. Victor de Lesseps se rendit dans l'Inde, afin d'étudier sur les lieux cette question.

Les études faites par M. Victor de Lesseps ont amené à modifier le tracé que nous avons fait connaître plus haut. Ainsi que nous le disions, on voulait joindre Orenbourg à Peschawour, en gagnant Samarkand, pour franchir l'une des passes occidentales de l'Indou-Kouch et s'engager dans la vallée de Caboul ; mais il a été reconnu que cette route est à peu près impraticable, vu l'état demi-sauvage de la plupart des indigènes de l'Afghanistan.

Il y aurait donc lieu de reporter le tracé dans une direction plus orientale devant se rattacher à la voie en cours d'exécution, qui se prolonge depuis Moscou jusqu'à la Sibérie. La ligne passerait dans la vallée du Sihoun. La ville de Tachkend, située dans l'Asie centrale serait la première étape.

C'est une ville qui s'est grandement développée depuis que la Russie a occupé le Turkestan ; elle a aujourd'hui une population de 200,000 habitants, et, comme elle est très saine, les familles russes y vont en villégiature.

La voie s'engagerait ensuite dans le Turkestan oriental ; on tâcherait de se relier à Kachgar, d'atteindre Yarkand, et d'arriver dans l'Inde par la province de Cachemir.

Les ingénieurs qui entreprendraient les études de cette ligne, trouveraient dans les pays dont il vient d'être question, une sécurité suffisante. D'ailleurs, le gouvernement qui s'y trouve nouvellement établi, semble déterminé à seconder les efforts de la civilisation. Les commerçants anglais de l'Inde

font, en ce moment, avec ces divers pays d'importantes transactions.

Disons, toutefois, que ce que le tracé, ainsi modifié, doit gagner sous le rapport de la sécurité des communications, il le perdra au point de vue des avantages du terrain. Il faudrait, en effet, franchir plusieurs hautes chaînes de montagnes, telles que le *Mouz-Dagh*, ainsi que les contre forts occidentaux des monts *Kouen-Loun*, *Kara-Koroum* et enfin l'*Himalaya* lui-même, qui est une des plus hautes montagnes du globe.

En résumé, outre le tracé de M. Ferdinand de Lesseps, il y a, pour le chemin de fer de l'Asie centrale, un projet allemand, un anglais et un russe. Les deux premiers, partant de deux points différents, devaient se rejoindre sur la ligne de Perse, pour aboutir à Khirpour, frontière de l'Inde anglaise, en suivant le même trajet à travers l'Afghanistan. Le projet russe part d'Orenbourg, sur le fleuve Oural, au nord de la mer Caspienne, pour s'arrêter provisoirement à Tachkend.

Le gouvernement russe avait pris particulièrement à cœur l'idée de la jonction de l'Europe avec l'Asie par voie ferrée. Une commission nommée par le grand duc Nicolas, neveu du Czar, fut chargée d'étudier sur les lieux ce projet. Cette commission, qui se composait de huit membres, réunissait des ingénieurs, des officiers de marine et des naturalistes.

Elle commença ses explorations en 1877. Elle se dirigea d'Orenbourg vers les montagnes de Mongojar, en suivant un steppe verdoyant et un peu onduleux, arrosé de nombreux cours d'eau. La traversée de ces montagnes, qui offre un développement de 100 kilomètres, offrirait toutes les facilités possibles pour l'exécution d'un chemin de fer.

En quittant les montagnes de Mongojar, la commission s'engagea dans les plaines de sable de Kara-Koum, qu'elle explora

qu'à Kara-Targaï, sur la rive droite du Sir-Daria, où elles finissent. Cette région offrirait les mêmes facilités que la précédente pour l'établissement de la voie. Les principaux travaux d'art n'occuperaient pas un espace de plus de 815 mètres. Quant à la direction exacte de la ligne, il faudrait suivre, pour la première moitié, la portion du territoire exploré par Kara-Targaï, et de ce point, la rive droite du Sir-Daria jusqu'à Tachkend.

La même commission se remit en campagne, en 1879, pour continuer l'étude du chemin de fer projeté au delà des limites actuelles de la Russie en Asie. De Tachkend, elle poussa jusqu'à Samarkand, d'où elle suivit une ligne passant par Djamkarchi, Kital-Chaar, les Portes-de-fer, Derbent, Baï-Sum, et aboutissant près de Balkh, aux ruines de Termez, sur la rive droite de l'Amou-Daria, qu'elle se proposait de franchir sur ce point, pour pousser à travers

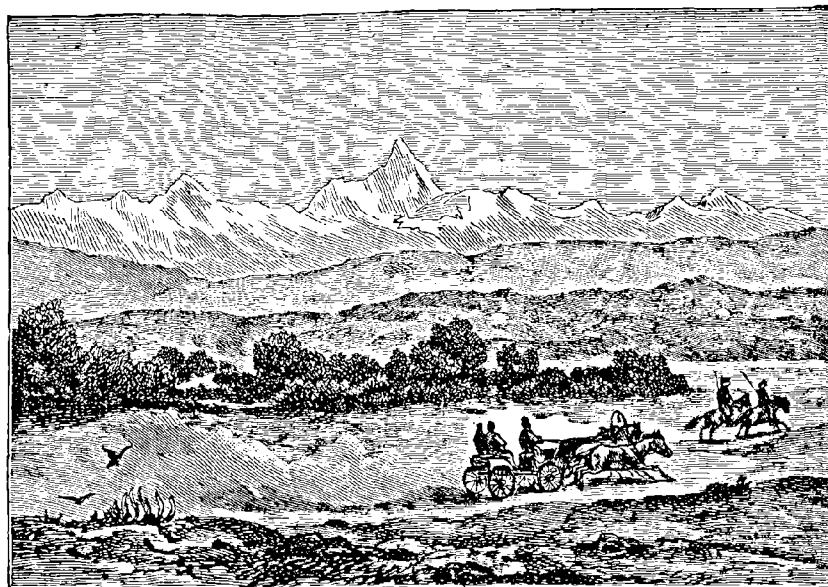


Fig. 423. — Voyage d'exploration des ingénieurs russes dans le Caucase.

l'Afghanistan septentrional, jusqu'à Peschawour, où il serait possible de relier le chemin russe au réseau anglo-indien. Mais une guerre qui existait entre les habitants de l'Afghanistan et des peuples voisins, ne permit pas à la commission d'avancer plus loin dans la même direction.

Elle se consacra alors à l'étude du cours exact du Daria, qui faisait également partie du programme du voyage. On reconnut que ce fleuve est navigable en amont de l'Aral; on remonta ses principaux bras de la rive gauche, et l'on rechercha les vallées arrosées par ce fleuve qui pourraient

donner accès à la voie ferrée projetée.

Les résultats des études de la commission russe ont été publiés en 1880, par ordre du grand duc Constantin. Elles constitueront un document précieux, quand le jour sera venu de reprendre le projet conçu par M. de Lesseps, et modifié par la commission russe. Les difficultés continuelles qui se sont élevées entre les Russes et les Anglais, sur les frontières de l'Afghanistan, depuis l'année 1880, et qui ont menacé d'aboutir, en 1885, à une collision entre ces deux peuples, au milieu des plaines de l'Afghanistan, ont retardé la suite de ces études, qui

devront être reprises dans un moment plus opportun. Il suffit à l'objet de cet ouvrage d'avoir fait connaître le tracé proposé pour la jonction de l'Europe et de l'Asie, par un réseau continu de chemins de fer, et nous passons à l'exposé de l'état actuel des voies ferrées dans le continent asiatique.

CHAPITRE PREMIER

LES CHEMINS DE FER DANS L'INDE ANGLAISE

L'établissement des chemins de fer dans l'Inde, en rapprochant les villes de l'intérieur de celles du littoral, a fait une véritable révolution dans le commerce de l'Angleterre avec sa grande colonie gangique.

C'est en 1853 que fut tracé le plan des

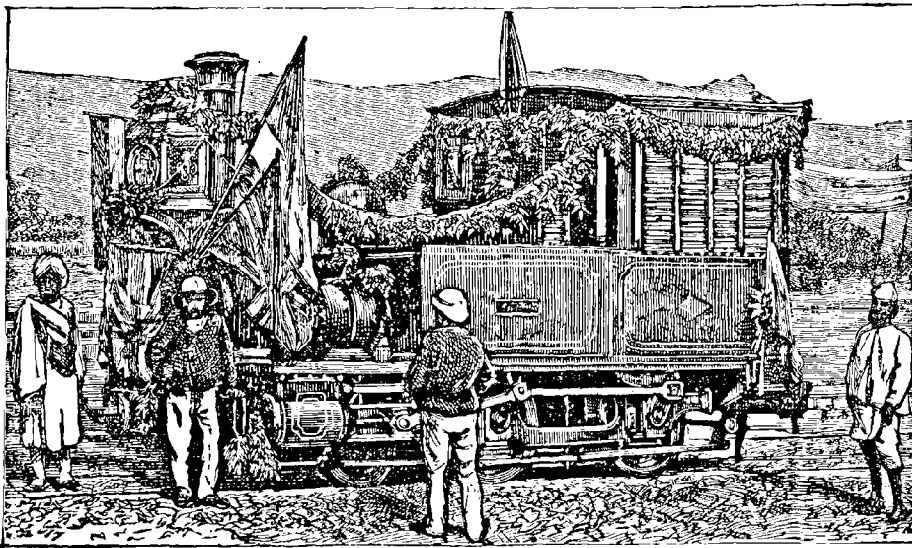


Fig. 424. — La première locomotive arrivant à Ujwar.

deux grandes lignes qui devaient unir les trois chefs-lieux de présidence, Bombay, Calcutta et Madras. Ce ne fut pourtant qu'en 1874 que ces deux voies furent achevées.

Après les deux grandes lignes de Bombay à Calcutta auxquelles le gouvernement assurait un revenu fixe, et qui avaient été construites par des Compagnies, un grand nombre de voies secondaires furent établies, et elles composent aujourd'hui un réseau desservant les localités les plus importantes de l'activité industrielle et agricole de ces contrées. Les frontières de l'Afghanistan sont mises en rapport, par une voie ferrée, avec le golfe du Bengale ; et dans la

vallée de l'Indus, un chemin de fer va jusqu'à Karatchy. Bombay, déjà en relation par voie ferrée, avec Madras et Calcutta, est, de plus, relié à Delhi, au nord et au sud, à Tuticorin, en face de l'île de Ceylan. Il serait essentiel de rattacher Bombay à Calcutta par une voie plus directe ; et dans ce but de créer une ligne de Warora à Calcutta, qui couperait transversalement la presque île indienne. Il manque également deux chemins rivaux sur les côtes orientales et occidentales, et Bombay n'est pas en communication avec les bords de l'Inavrad. Enfin, le réseau indien n'est pas encore relié aux chemins de fer européens, comme voulait le faire M. de Lesseps, dans le projet

qu'il communiqua au public en 1873. C'est toujours une grave question sociale et politique que de savoir à quelle nation sera rattaché le réseau des chemins de fer indiens. La Russie aspire à se raccorder à ce réseau, et l'Angleterre, naturellement, lutte de toutes ses forces contre une pareille éventualité. La guerre entre les deux peuples qui se disputent la suprématie dans l'extrême Orient, n'a pas toujours pour théâtre des champs de bataille : elle se traduit aussi par d'ardentes compétitions mutuelles dans le rattachement des voies ferrées au système européen.

Les chemins de fer indiens embrassent aujourd'hui une longueur de 16,650 kilomètres. Pour la longueur des lignes, le réseau indien vient après l'Angleterre, les États-Unis, l'Allemagne, la France, la Belgique, la Russie, l'Autriche-Hongrie. Mais si l'on met les chiffres de la population en regard du nombre de kilomètres de voie, on trouve que l'Inde vient, sous ce dernier rapport, après les plus petits États de l'Europe.

C'est que les voies ferrées, qui sont d'un bon revenu pour le transport des marchandises, sont d'une bien faible importance pour le trafic des voyageurs.

Les habitants de l'Hindoustan n'ont pas cru devoir surmonter encore leurs vieux préjugés et leur routine séculaire. On calcule aujourd'hui, d'après des statistiques, que les chemins de fer indiens ne transportent annuellement que le septième des habitants. Ce qui revient à dire que l'Hindou ne monte en wagon que tous les sept ans !

En 1881, le nombre total des voyageurs transportés sur tout le réseau, n'a été que de 48,066,060 et le nombre de tonnes de marchandises expédiées de 9,319,421.

Ce qui n'empêche pas que l'introduction des chemins de fer aux Indes n'ait produit un grand ébranlement dans les mœurs et les idées, dans le genre de vie et les habi-

tudes de la société hindoue. On raconte que, quand la première locomotive apparut à Ulvar, à l'inauguration de cette ligne, les habitants de toute caste se réunirent pour couvrir de verdure et de fleurs la machine qui ouvrait à la vieille presqu'île du Gange un horizon nouveau, au point de vue de la société, du commerce et du travail (fig. 424).

Il est vrai que les canaux de navigation, extrêmement multipliés sur les deltas du Gange et du Brahmapoutra, joints à ceux de l'Indus, du Mahanuddi, du Godaveri, etc., fournissent aux barques un service régulier et facile, dont l'importance est immense. C'est par les canaux que l'Angleterre se procure dans l'Inde les blés nécessaires à son approvisionnement. Ces canaux sont parcourus par des centaines de mille de bateaux, et l'on estime que leur creusement ou leur appropriation à la navigation commerciale ont entraîné une dépense de 500 millions de francs. La *Compagnie péninsulaire orientale* possède plus de 50 bateaux de charge, jaugeant ensemble près de 150,000 tonnes.

Les canaux sont donc une concurrence toujours ouverte aux voies ferrées, et c'est un résultat merveilleux que, malgré cette concurrence, les chemins de fer aient pris dans l'Inde le développement que nous venons de signaler.

Nous avons dit que les chemins de fer indiens ont été l'apanage exclusif des Anglais, représentés soit par des Compagnies financières de la Grande-Bretagne, soit par son gouvernement. En 1876, sur 56,400 actionnaires des chemins de fer indiens, on ne constatait que 800 habitants de l'Inde, et, sur ce nombre, 390 seulement y étaient nés. Aujourd'hui, plusieurs lignes, entre autres celles de Radj-Pountoma, de Dhepa, et d'autres États, ont été construites à la sollicitation des rajahs du pays, et avec leurs capitaux. Seulement, ces dernières lignes, dans un but d'économie, ont été établies avec la voie étroite.

En parlant de la situation actuelle des voies ferrées dans l'Inde, nous aurons donc à distinguer les lignes à voie normale de celles à voie étroite. Quelques détails sur la con-

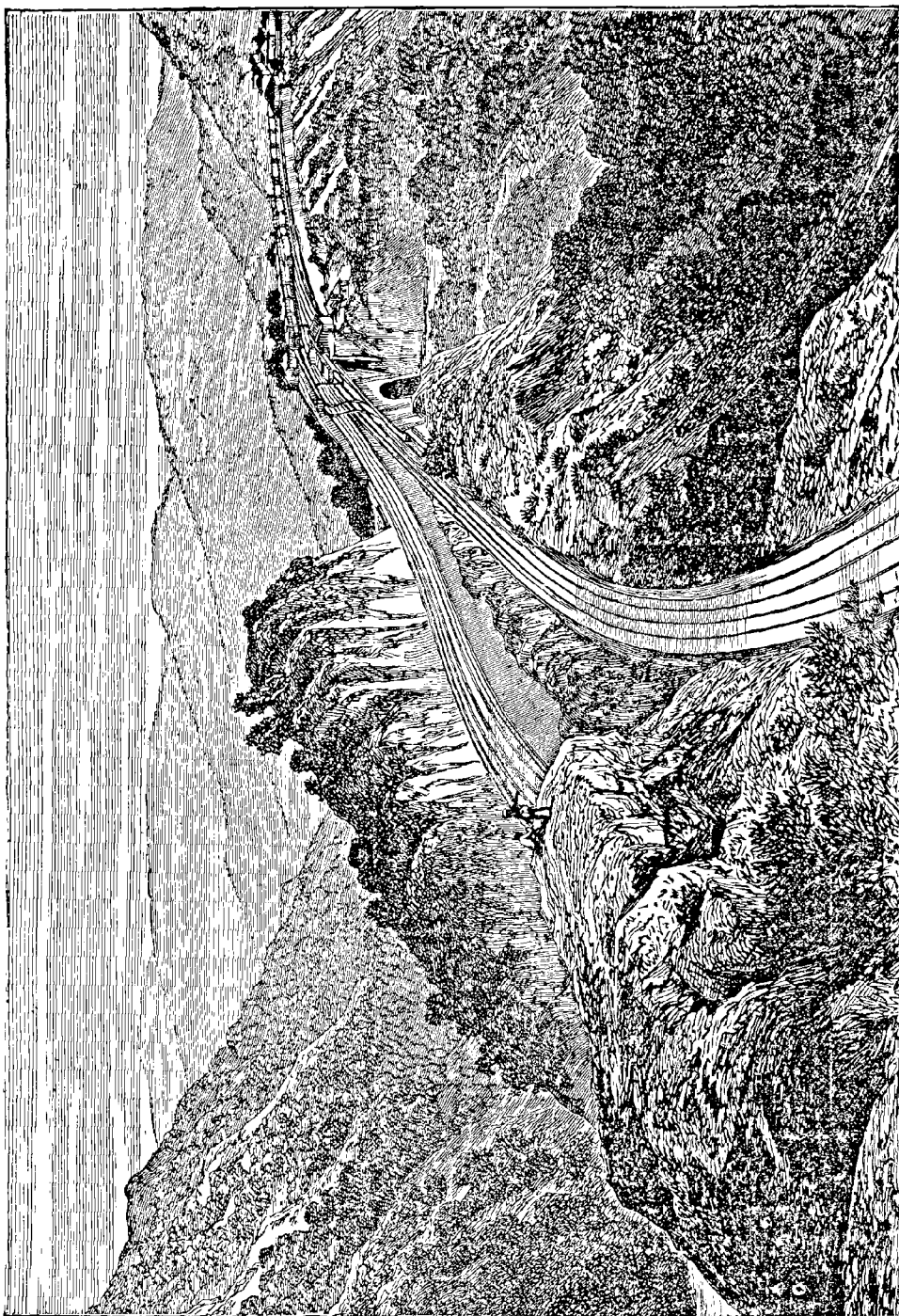


Fig. 423. — Un chemin de fer dans l'Inde (double rauppe sur le chemin de fer de Sind-Punjab à Delhi).

struction économique des voies ferrées dans l'Inde, ne seront pas de trop dans ce chapitre. Nous emprunterons ces renseignements à un rapport présenté, en 1879, par M. Da-

vers, directeur nommé par le gouvernement anglais auprès des compagnies de chemins de fer de l'Inde, et analysé par la *Revue générale des chemins de fer*, en décembre 1879 (pages 517-531).

« La longueur totale des lignes exploitées dans l'Inde anglaise, dit la *Revue générale des chemins de fer*, analysant le rapport de M. Davers, est actuellement de 13,145 kilomètres, qui se subdivisent de la façon suivante, par rapport à leur largeur.

10 336 kilomètres à voie de 1^m. 67;
 2 733 — à voie de 1 mètre;
 76 — à voies étroites diverses.

« Ces chemins se décomposent en :

« 9,671 kilomètres concédés à des Compagnies particulières et garantis par l'État, dont 1,290 kilomètres à deux voies ;

« Et 3,474 kilomètres appartenant à l'État et à voie unique.

« De 1853 à 1878, la longueur totale des lignes exploitées a varié conformément aux données du tableau ci-dessous :

ANNÉES	LONGUEUR DES LIGNES EXPLOIT. kilom.	ANNÉES	LONGUEUR DES LIGNES EXPLOIT. kilom.
1853	31	1866	5712
18 4	114	1867	6300
1855	270	1868	6425
1856	437	1869	6825
1857	461	1870	7640
1858	685	1871	8225
1859	1002	1872	8592
1860	1344	1873	9113
1861	2540	1874	9961
1862	3746	1875	10432
1863	4032	1876	10933
1864	4747	1877	11531
1865	5397	1878	13115

« La longueur totale des lignes en construction au 31 décembre 1878, s'élevait à 1635 kilomètres, dont 370 kilomètres à voie de 1^m.67.

« Le nombre total des stations est de 953. »

Le tableau suivant, donné par la *Revue générale des chemins de fer*, et emprunté au rapport de M. Davers, donne les longueurs

totales et à double voie, et le coût kilométrique de premier établissement (matériel roulant compris), au 31 décembre 1878, des huit lignes appartenant aux Compagnies et constituant le réseau garanti, et de deux des principales lignes à voie étroite du réseau de l'État.

DÉSIGNATION DES CHEMINS DE FER	LONG. EN KILOM.		PRIX de 1 ^{er} établissement par kilom.
	TOTALE	A DOUBLE VOIE	
East Indian..... (garanti).	2 405	654	312 500
Great Indian Peninsula. (id.)..	2 049	520	288 975
Madras.....(id.)..	2 371	68	192 187
Bombay, Baroda et central Indian.....(garanti).	674	37	202 500
Sind, Punjab et Delhi... (id.)..	1 061	7	248 231
Eastern Bengal.....(id.)..	254	»	312 500
Ouh et Rohilkund.....(id.)..	875	»	163 595
South Indian (à voie de 1 mètre).....(garanti).	987	»	105 938
Rajputana.....(id.)..	640	»	110 438
Northern Bengal.....(id.)..	371	»	118 750

« On voit, d'après ce tableau, que le septième environ des lignes garanties est à double voie.

« Les dépenses totales de premier établissement des lignes de l'État en exploitation et en construction, s'élevaient, au 31 décembre 1878, à la somme de 532,276,900 fr., dont les 3/4 environ proviennent des capitaux fournis par le gouvernement indien, et dont le reste est fourni par le gouvernement anglais.

« Le chemin de fer de la vallée de l'Indus, qui est la principale ligne de l'État, à voie unique, de 1^m.67 de largeur, et de 798 kilomètres de longueur, a coûté, matériel roulant compris, 169,470 francs par kilomètre.

« La plupart des autres lignes de l'État sont à voie étroite.

« Le personnel des chemins de fer indiens comprenait, au 30 septembre 1878 :

Européens.....	3,485	2,45
Indiens de l'Est.....	3,416	2,40
Indigènes.....	134,298	95,15
Total: ..	142,199	100 »

« On compte environ, pour l'ensemble des chemins, 12 employés par kilomètre. »

Européen par 3 kil. 50, et un Indien de l'es. | de l'Inde ont rendu les mêmes services aux par 3 kil. 60.

En 1878, le matériel roulant se composait de 1832 locomotives, 5,370 voitures à voyageurs, et 31,500 wagons de marchandises. »

Le résultat de l'exploitation des voies ferrées indiennes est, en général, encourageant, et il s'améliorera à mesure que l'Inde développera son agriculture, et que l'on rendra les voyages en chemin de fer accessibles aux habitants et aux indigènes, qui sont en général très pauvres.

« Les chemins de fer indiens, dit la *Revue générale des chemins de fer*, ont rendu aux Anglais de sérieux services pendant la guerre afghane. La Compagnie du chemin de fer Sind-Punjab à Delhi a, pendant longtemps, transporté, chaque jour, entre les villes de Delhi et Lahore, distantes de 357 kilomètres, 2 batteries d'artillerie, 2 régiments d'infanterie européenne, un régiment et demi d'infanterie indigène, et un régiment de cavalerie, correspondant à une mobilisation de 4,000 hommes de toutes armes, par 24 heures. Entre Lahore et Mooltan, on est parvenu à mobiliser 3,000 hommes par jour. Les trains se composaient de 35 voitures, et marchaient à une vitesse de 32 kilomètres à l'heure. On a ainsi transporté, avec 184 trains spéciaux, 146,000 hommes, 15,197 bêtes de somme, 6,227 bœufs, 218 chameaux, 138 canons, et 33,780 tonnes d'équipements militaires et de munitions. »

En 1885, à l'époque où une guerre paraissait imminente entre les Russes et les Anglais, aux frontières de l'Afghanistan, et lorsque, de part et d'autre, on faisait de grands préparatifs militaires, les chemins de fer indiens rendirent les plus grands services aux Anglais, en leur permettant d'expédier rapidement du fond des Indes, les troupes indigènes au service de la Grande-Bretagne et des munitions de toute sorte. On peut ajouter que pendant la guerre du Soudan, en 1884 et 1885, les chemins de fer

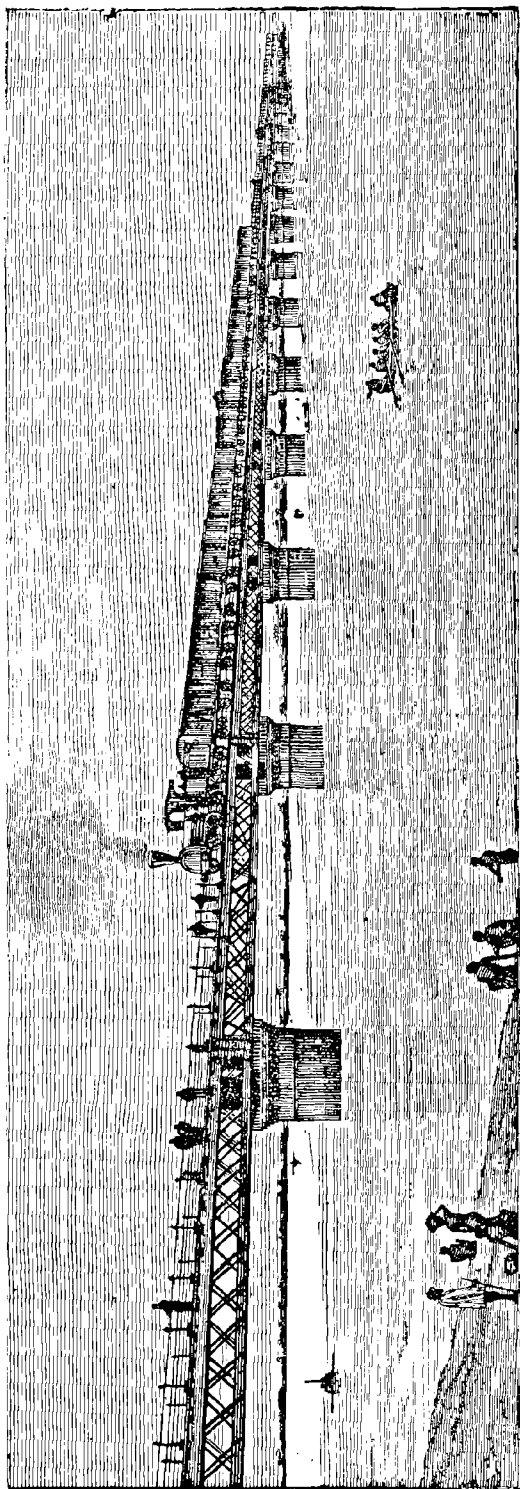


Fig. 426. — Pont sur le Gange, à Calcutta.

chefs de l'armée britannique, pour le tra

port des troupes indigènes de l'Inde dans le désert.

Le rapport de M. Davers, qui nous fournit les données qui précédent, s'occupe aussi des chemins de fer à voie étroite.

« Au 31 décembre 1878, dit la *Revue générale des chemins de fer*, le réseau des chemins de fer de l'État comprenait 1,829 kilomètres sur lesquels 1,753 kilomètres étaient à voie de 1 mètre; 44 kilomètres à voie de 1^m,22 (ligne de *Nalhati* dans la province du Bengal) et 32 kilomètres à voie de 0^m,75 (ligne de *Gaekwar à Baroda*).

« Le coût kilométrique de premier établissement, matériel roulant compris, des trois principaux chemins de fer à voie de 1 mètre de l'Inde est le suivant :

South Indian (garanti).....	405 938 fr.
Rajputana (État).....	410 438
Northern Bengal (État).....	448 750

La ligne de Holkar, qui traverse le Nerbuddah (fleuve de l'Hindoustan) et gravit la chaîne de montagnes de Vindhya, est revenue à 234,375 francs par kilomètre.

La ligne de Muttra à Hatras, empruntant une route, a coûté 56,563 francs par kilom.

Le prix kilométrique moyen des chemins de fer à voie de 1 mètre ressort à 117,856 fr. »

Aux chemins de fer de l'Inde se rattachent ceux de l'île de Ceylan, qui est également possession anglaise. On voit sur la carte des chemins de fer de l'Inde (fig. 427), la ligne ferrée de l'île de Ceylan qui va de Colombo à Kandy. Sa longueur est de 126 kilomètres. Construite en moins de cinq ans, par M. Fowel, elle a été ouverte le premier août 1867.

Les rampes ne dépassent pas 0^m,01, le rayon de courbure ne descend pas au-dessous de 400 mètres.

La section la plus difficile à établir a été la rampe de Kanagaunada, de 22 millimètres par mètre, sur une longueur de près de 20 kilomètres. Établie le long de montagnes

abruptes, elle comprend plusieurs tunnels, des courbes de 200 mètres de rayon et de grandes tranchées dans le roc. Les rails sont en acier, ceux en fer s'usaient trop vite.

La largeur de la voie est de 1^m,67, largeur énorme. Les rails Vignole pèsent 36 kilogrammes par mètre courant. Ils reposent sur des traverses de sapin de la Baltique.

Sur l'embranchement de Colombo à Kalatura, où les marchandises à transporter sont moins lourdes, les rails ne pèsent que 30 kilogrammes par mètre courant.

L'ouvrage le plus important de la ligne est le pont de Kalatura, composé de 12 travées de 30^m,50 de portée. Les piles sont des cylindres de fonte, de 1^m,84 de diamètre. Les poutres sont en treillis, avec plancher en tôle, recouvert de béton. Nous représentons ce bel ouvrage d'art dans la figure 426 (page 741).

La ligne, qui est à voie moyenne, a coûté 361,240 francs par kilomètre.

Le service de la rampe de Kanagaunada est fait par des locomotives à cylindres de fer à 6 roues couplées, de 1^m,34 de diamètre, pesant 32 tonnes. Le tender est porté sur six roues, de 1 mètre de diamètre.

Voici comment s'effectue la traction sur cette rampe.

Les trains de voyageurs montants ont une machine auxiliaire en queue, tant que le train n'a pas plus de 16 mètres. Quand ce nombre est dépassé, on place une locomotive de montagne en tête et la locomotive à voyageurs en queue. Les trains de marchandises renferment des fourgons à frein, et l'on met en tête deux autres locomotives.

Sur les rampes on a adopté le *block-system*, qui garantit la sécurité, en raison de la voie unique. Il y a, à cet effet, trois postes télégraphiques. A la montée comme à la descente, la vitesse maxima est de 19 kilomètres par heure pour tous les trains.

Outre ces chemins et leur embranchement de Nawalapitya (27 kilomètres), le gouv

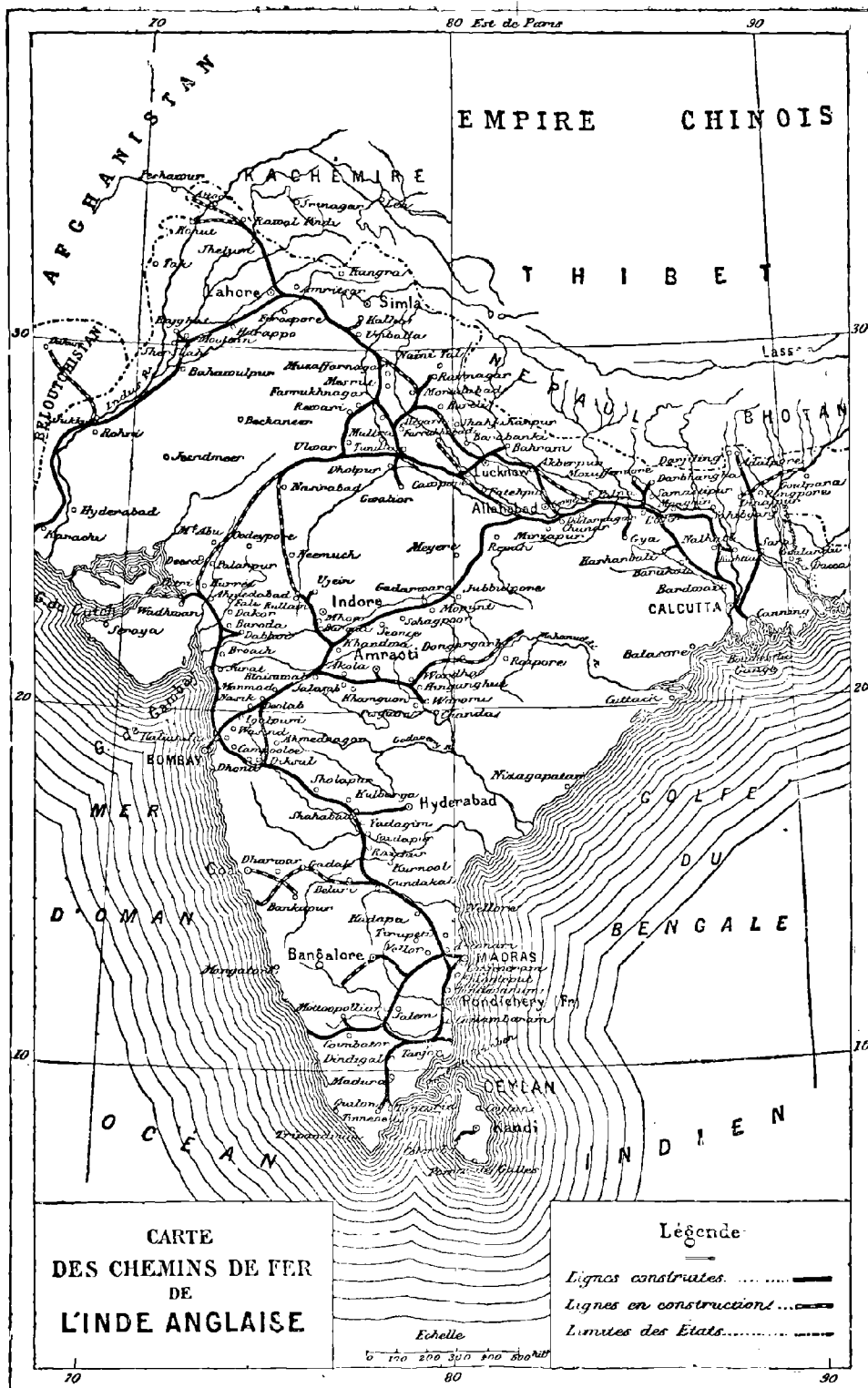


Fig. 427.

neur de l'île a créé une nouvelle ligne de | Nawalapitya à Badula, centre du district des

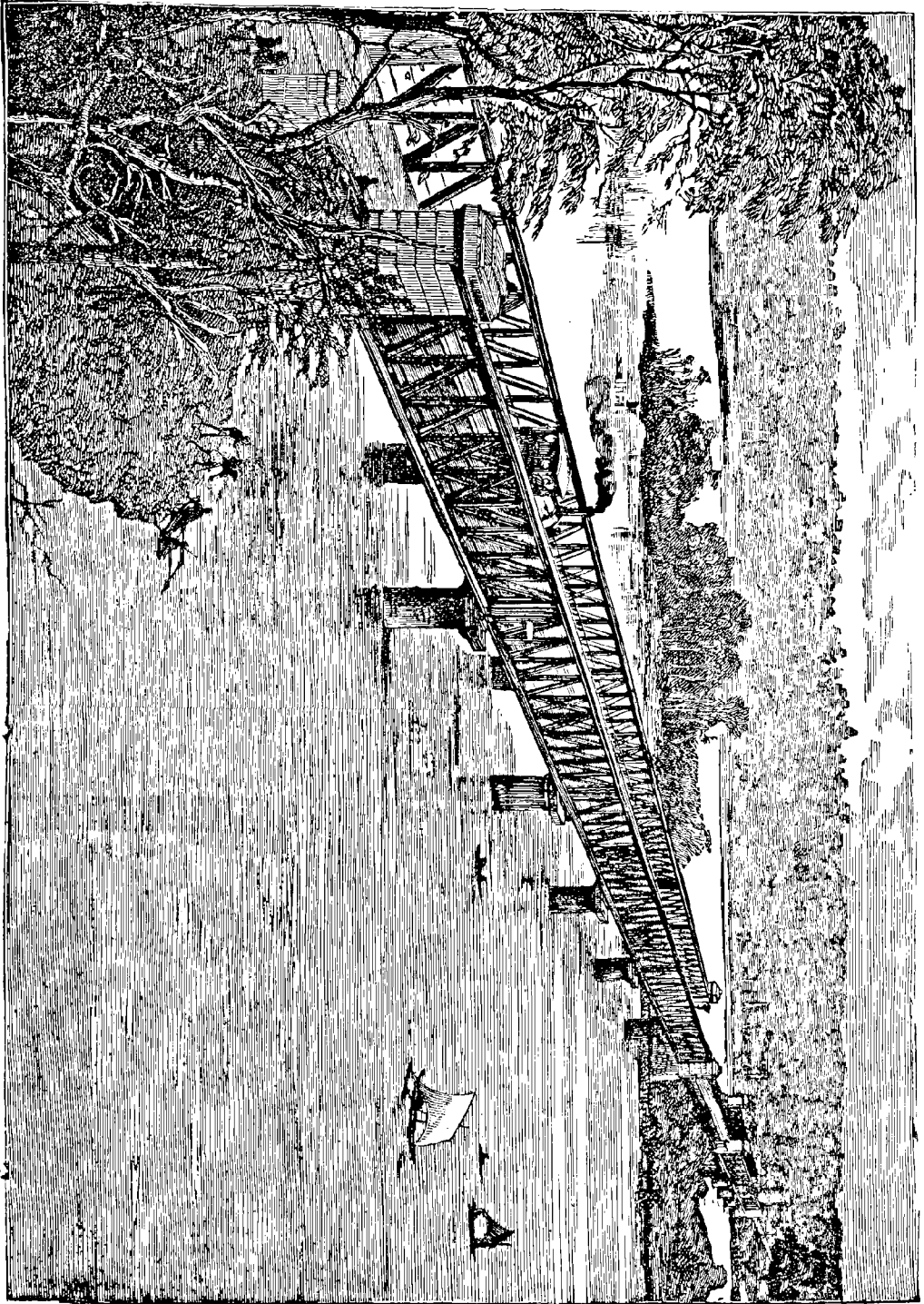


Fig. 428. — Pont du chemin de fer à Caltura, dans l'île de Ceylan.

Uva, pour desservir les plantations de café | lapitya, qui se trouve à 575 mètres au-dessus
de cette province. La ligne monte de Nava- | du niveau de la mer, à son faite, situé à

1500 mètres d'altitude, par une rampe qui ne dépasse pas 23 millimètres par mètre et des courbes de 120 à 140 mètres de rayon.

Cette ligne a coûté 235,000 francs par kilomètre, non compris le matériel roulant, les ponts et les travaux d'art.

CHAPITRE II

LES CHEMINS DE FER EN CHINE ET AU JAPON

Jusqu'au milieu de notre siècle, les

Chinois avaient réussi à maintenir leur système d'exclusion absolue de tout élément étranger. Les Anglais ayant forcé, à coups de canon, l'entrée de quelques ports du Céleste-Empire, et ouvert des comptoirs dans cinq ou six villes, les Chinois persistèrent encore à repousser toutes relations politiques et commerciales avec les Européens. Plusieurs fois on avait sollicité du gouvernement de Pékin l'autorisation de construire des chemins de fer aux abords des villes principales de l'Empire : un refus

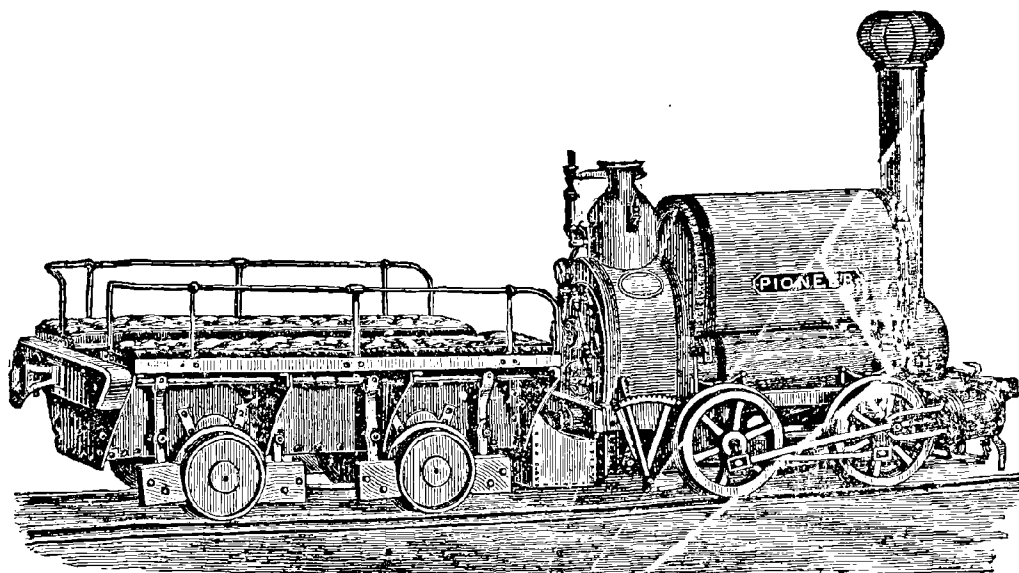


Fig. 429. — Première locomotive importée en Chine, avec son wagon découvert.

catégorique avait repoussé toute ouverture de ce genre. C'est alors que les Anglais résolurent de se passer de l'autorisation qu'ils demandaient en vain.

Parmi les négociants de Shang-Haï, beaucoup de membres de la colonie anglaise possèdent dans le riant village de Kungwang, des villas, sous les ombrages desquelles ils aiment à aller passer leurs jours de repos. Comme les moyens de communication laissaient considérablement à désirer, ces négociants s'adressèrent au grand Mandarin, gouverneur de Shang-Haï, et ils obtinrent de ce haut personnage un écrit,

qui les autorisait à créer, à leur frais, une « route convenable » de Shang-Haï à Kungwang.

L'infortuné mandarin ne soupçonnait guère à quoi il s'exposait en signant cette autorisation.

En effet, MM. Napier et Dixon, ingénieurs anglais, agissant avec le concours de MM. Jardine et Mathiesson, de Sang-Haï, commencèrent — c'était en 1875 — à construire un chemin de fer de Sang-Haï à Kungwang. Les terrassements furent rapidement opérés, et l'on commença à poser les rails.

Un jour, comme le grand Mandarin, gouverneur de Sang-Haï, se promenait aux environs de la ville, il faillit tomber à la renverse en voyant à quel travail s'occupaient les *barbares*. Il se hâta de rentrer dans son palais, et expédia aux ingénieurs anglais, un officier, avec ordre de faire suspendre les travaux.

Les ingénieurs anglais répondirent qu'ils étaient dans leur droit. On les avait autorisés à établir une « route convenable », et rien n'est plus convenable qu'un *railway*.

Il était impossible de s'entendre de part et d'autre ; il fallut en référer à Pékin. Mais pendant que l'on délibérait à Pékin, avec la majestueuse lenteur que mettent en toutes choses les Célestes, les ingénieurs déployaient une activité dévorante pour terminer le chemin de fer.

On n'avait pas encore reçu de réponse de Pékin que la section du chemin de fer de Shang-Haï à Kungwang était inaugurée. Les Anglais avaient pour eux le fait accompli.

La ligne avait été construite à voie étroite (80 centimètres seulement) parce qu'il ne s'agissait que d'une entreprise provisoire. Elle allait de Shang-Haï au village de Kungwang, de 11 kilomètres, et devait aboutir à Woosung.

Cette dernière localité avait été pourvue d'une gare, de même que Kungwang. Les wagons étaient très légers et d'une forme élégante. En première classe, ils pouvaient contenir vingt voyageurs ; dans ceux de deuxième et de troisième classe, on pouvait recevoir vingt-quatre personnes.

Woosung, situé à l'entrée du fleuve Yang-Tse, n'était, vers 1850, qu'un repaire de pirates chinois : c'est aujourd'hui le port de Shang-Haï. La ville, qui est très belle, se compose de deux cités : l'une chinoise, enfermée dans une enceinte de murailles ; l'autre, bâtie à l'euro péenne, sur les terrains concédés aux Anglais par les

traités de 1842 et de 1844. Le Yang-Tse, rivière tributaire du Yang-Tse-Kiang, sur laquelle s'élève Shang-Haï, tend à s'ensabler et l'accès de ses quais devient de plus en plus difficile aux navires de fort tonnage, surtout, aux paquebots postaux. Woosung, le Saint-Nazaire de ce Nantes chinois, a donc vu son importance grandir rapidement, et ses relations avec Shang-Haï ne pouvaient plus se contenter des vieux modes de charrois du pays. Un chemin de fer pouvait seul suffire aux communications entre les deux pays.

La première locomotive qui fut essayée par les ingénieurs anglais, et que l'on baptisa du nom de *Pionnier*, était une petite machine, sans apparence, courte, ramassée, dissimulée, sur laquelle le mécanicien lui-même trouvait à peine sa place (fig. 429). Elle fut bientôt remplacée par une autre un peu plus importante, qui reçut le nom de *Celestial Empire* (fig. 430). Elle était à six roues, et construite pour développer la plus grande somme de force, sous le plus petit volume possible. Dépourvue de tender elle portait elle-même le combustible et l'eau. Comme elle devait être confiée à des mécaniciens et chauffeurs chinois, gens peu experts, sa chaudière était très résistante, et son mécanisme simple et robuste.

Le chemin de fer de Shang-Haï à Woosung avait 18 kilomètres de longueur, c'est-à-dire à peu près la longueur de la ligne de Paris à Versailles, rive gauche.

Le 30 juin 1876, cinq mois après le commencement des travaux, la première section, celle de Shang-Haï à Kungwan, était ouverte, et le reste de la ligne jusqu'à Woosung ne tarda pas à suivre.

La voie reposait, dans presque toute sa longueur, sur un remblai, de 2^m,45 de hauteur. Les travaux d'art étaient insignifiants. Les rails en acier, du type Vignole, pesaient 13 kilogrammes par mètre courant.

Au 1^{er} décembre 1876, date de l'ouver-

lure complète de la ligne, le matériel se composait de trois locomotives, dont 2 pesant 9 tonnes et la troisième 13 tonnes, de 2 voitures de première classe, 2 de seconde et 8 de troisième classe contenant 25 places chacune.

Le service était fait, chaque jour, par sept trains, circulant dans chaque sens. On parcourait les 45 kilomètres, en 35 minutes. Le prix des places était, de 5 francs

pour la première classe, de 2 fr. 50 pour les secondes et de 0 fr. 85 pour les troisièmes classes. Mais presque tous les voyageurs prenaient les troisièmes : sur 100 voyageurs, il y en avait 1 de première classe, 2 de deuxième et 97 de troisième. On comptait en moyenne, 100 voyageurs par train; dans certains cas, le nombre s'élevait à 300.

Les chefs de gare, les mécaniciens et

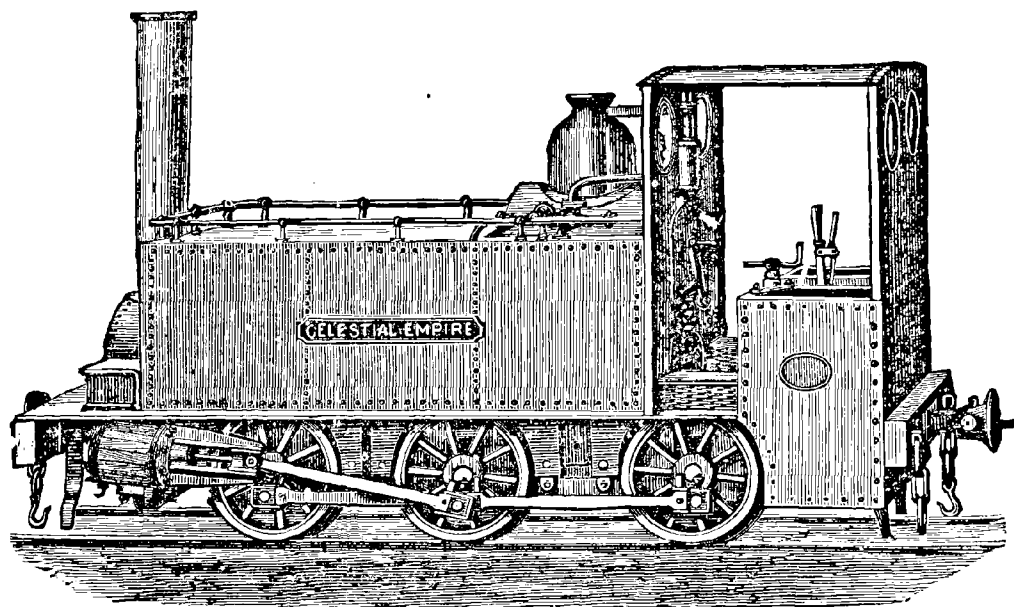


Fig. 430. — Seconde locomotive mise en circulation entre Shang-Haï et Woosung.

les garde-trains, étaient tous Anglais. Les comptables, les chauffeurs et les ouvriers des travaux se recrutèrent parmi les Chinois. Ces derniers se montrèrent très dociles, habiles et laborieux.

Ce petit chemin de fer fut très bien accueilli par le public. Les voitures portaient souvent deux fois leur charge de voyageurs, et il n'y eut jamais d'accident. La valeur des terrains s'accrut aux environs de la ligne, et, en définitive, chacun s'en trouvait bien, malgré les troubles que l'invention européenne aurait dû apporter, selon les fortes têtes du pays, « aux esprits de la terre et des cieux. »

Le chemin de fer de Shang-Haï à Woosung aurait, sans aucun doute, continué à prospérer, et donné le signal de l'établissement des voies ferrées en Chine, sans les difficultés qui s'élevèrent entre le gouvernement chinois et l'Angleterre, à la suite de l'assassinat de l'attaché d'ambassade, M. Margary. Le gouvernement chinois profita de ces difficultés pour racheter la ligne ferrée. Il la paya moins de 2 millions (19,500,000 francs), prix à peine rémunérateur des frais d'établissement.

Seulement, au lieu d'exploiter la ligne dont ils s'étaient rendus acquéreurs, les Chinois n'eurent rien de plus pressé que

d'enlever les rails, et de les envoyer, avec le matériel roulant, dans l'île de Formose, dont le gouverneur désirait, disait-on, posséder, un chemin de fer.

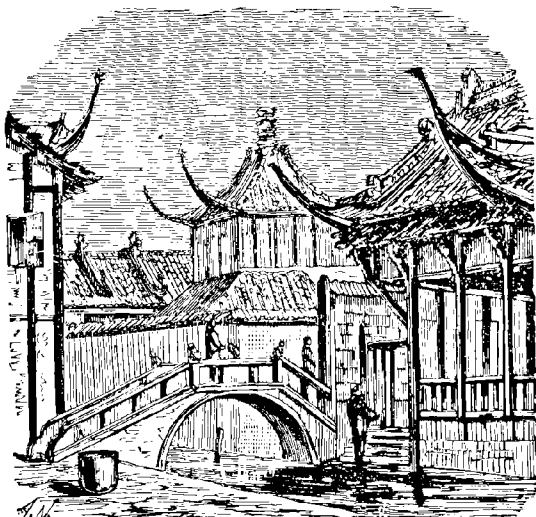


Fig. 431.— Le murs d'enceinte de Shang-Hai.

Il va sans dire que jamais l'île de Formose ne vit circuler de wagons. Tout le matériel du petit chemin de fer est encore à Formose, où nos troupes ont pu, en 1885, le voir, mais non le mettre à profit, vu son état complet de détérioration. Les Chinois en sont ainsi venus à leurs fins, qui consistent à exclure de leur terri-

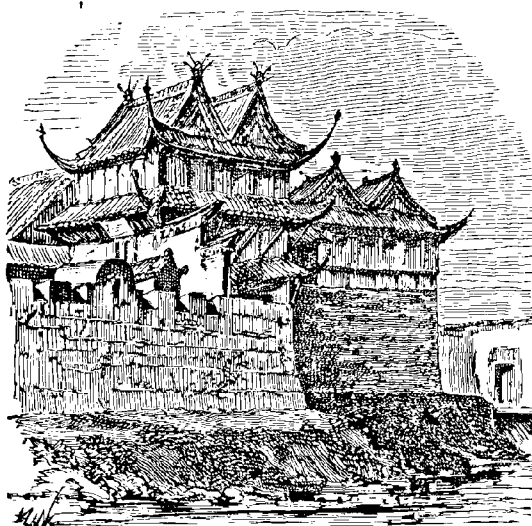


Fig. 432. — Une rue de Shang-Hai.

toire tout ce qui a le caractère du progrès européen. *Ont-ils tort? ont-ils raison?* comme dit le titre d'une comédie de Diderot? *That is the question*, comme dit Shakespeare. Le Japon résiste beaucoup moins que la

Chine à l'invasion européenne. Aussi les chemins de fer commencent-ils à s'y implanter. C'est en 1876 que le premier chemin de fer a été établi dans ce pays. La première ligne allait de Yeddo, sa capitale, à Yokohama, centre de commerce européen. Une autre ligne a été établie postérieurement, de Kioto à Osaka.

Autrefois, l'étranger qui visitait la capitale du Japon, avait à sa suite une garde d'hommes, armés d'un sabre, qui étaient chargés de le protéger, et étaient respon-

sables de tout accident. Il y avait donc alors, pour l'étranger, l'apparence d'un certain danger, que le caractère japonais se complaisait, d'ailleurs, à exagérer, trouvant là un excellent prétexte d'entretenir sa méfiance contre les gens du dehors. Aujourd'hui, on arrive aux portes de la « capitale du soleil levant » par une voie ferrée et l'Européen circule dans la ville, en toute liberté, sans la moindre appréhension. Les *hommes à sabre*, dont la plupart appartenaient à la classe des employés



Fig. 433. — Woosung.

de l'État (*yakoumines*), se sont vu enlever leur armes protectrices, par un décret impérial.

Le chemin de fer de Yeddo à Yokohama jouit d'une grande faveur parmi les indigènes, et quand on assiste à l'arrivée d'un convoi à Yeddo, on peut voir le passé et le présent de la nation se confondre dans un mélange singulier de formes et de couleurs. Ici, c'est un soldat anglais qui passe, raide et guindé, tandis que des *guéchas* (musiciens à gages) causent gaïement, avec un *yakoumine*, tout fier de son nouveau costume. Là, c'est un bonze, à la tête rasée, qui, après sa collecte, va murmurer une prière aux pèlerins qui reviennent de *Fusyama* (la montagne sacrée). Des enfants japonais,

toujours gais et riants, essayent de jouer avec de jeunes représentants de la vieille Angleterre. Tout ce monde respire la joie et l'étonnement d'être arrivé par un chemin de fer roulant sur le sol japonais.

Un regard jeté sur la foule bigarrée qui descend des wagons, fait comprendre le grand désir qu'ont aujourd'hui les habitants du Nipon de s'assimiler aux étrangers, sinon par les mœurs, au moins par le costume. Les rues de Yeddo sont remplies de gens habillés à l'européenne. Les bottes et la coiffure européennes exercent un attrait spécial sur les indigènes du Nipon. Ce sont les deux premiers ornements dont ils se parent, comme pour détruire l'harmonie de leur ancien et magnifique costume national.

Hommes, femmes et enfants, emploient tous les moyens pour s'initier à nos modes. Mais, sauf de rares exceptions, ces ajustements vont assez mal à ce peuple, qui veut trop vite les adopter, après être resté si longtemps replié sur lui-même. Les Japonais avaient su jusque-là garder le costume qui

convenait à leurs formes, à leurs mœurs, à leur climat. Que gagneront-ils à s'habiller comme les gentlemen britanniques ou les flâneurs parisiens ?

Il est important de noter que l'ouverture aux étrangers de l'Empire du Japon, qui leur était autrefois aussi hermétiquement

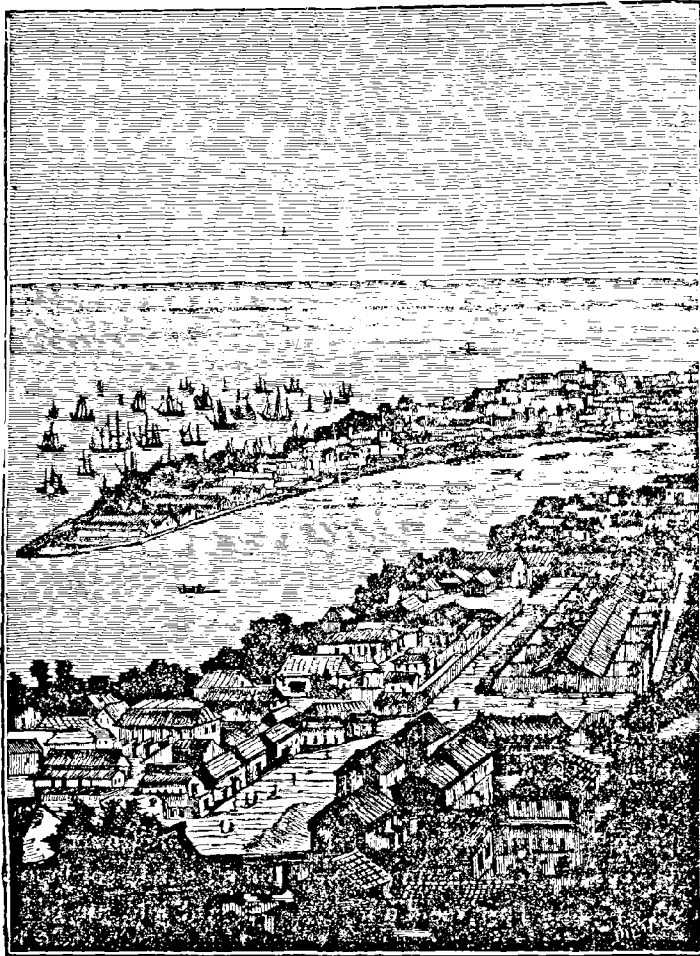


Fig. 434. — Yokohama.

fermé que la Chine, a été le fait de son souverain actuel. En 1870, le *mikado*, alors âgé seulement de dix-sept ans, se rendait au sein de son Conseil d'État, et il y prenait l'engagement d'abolir les vieilles coutumes barbares, de distribuer impartialement la justice, et de gouverner avec le concours des citoyens les plus éclairés, conformé-

ment aux vœux de l'opinion publique.

Pour bien marquer sa rupture avec les errements d'un passé séculaire, le *mikado* abandonnait le séjour de Kioto, où ses ancêtres avaient vécu dans un silence de mort. Il se fixait à Yeddo, non loin de Yokohama, résidence des ambassadeurs étrangers, et par un décret, il interdisait aux populations

qui se pressaient autour de son cortège, la prosternation devant le « *Fils du Soleil* », ce qui était un rite, de date immémoriale. En 1871, le *mikado* inaugurait en personne les 18 kilomètres de voie ferrée qui relie Yeddo à Yokohama, en suivant la courbe

de la baie et de la route de Yeddo, que l'on appelait encore, en 1865 « le tombeau des Européens ». En 1872, il visitait les phares, qui, au nombre de 72, s'élevaient au pourtour de la baie d'Yeddo, sur les rivages de la mer intérieure, et devant les passes que

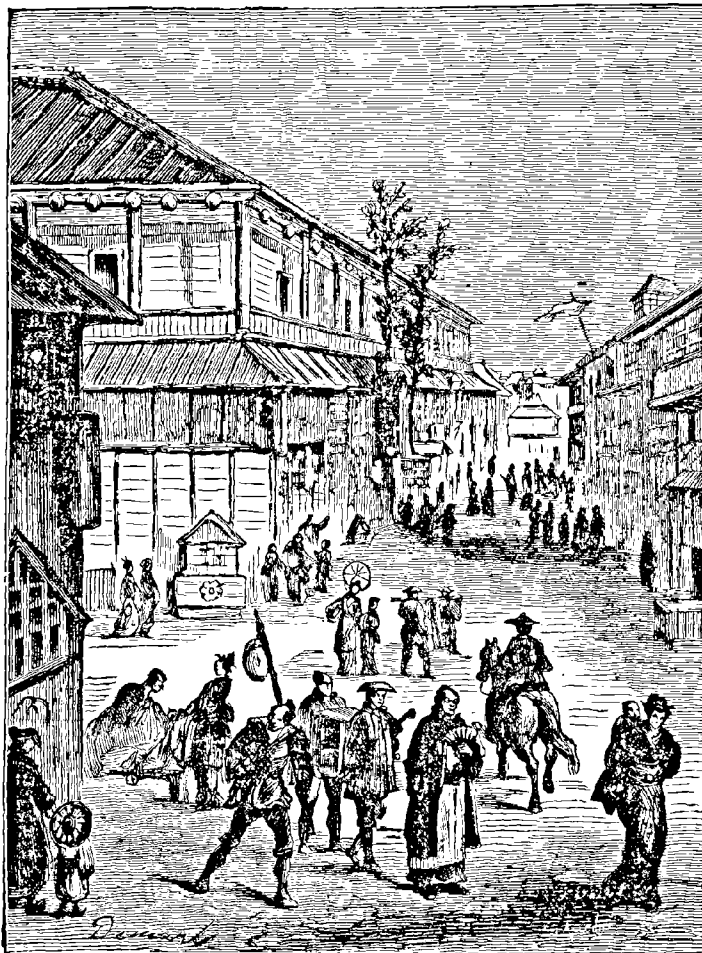


Fig. 435. — Yeddo.

les navires rencontrent dans leur route de Yokohama à Nagasaki. Déjà un fil télégraphique reliait Yeddo à Yokohama. Ces fils se sont, depuis, beaucoup ramifiés, et comme ils aboutissent au câble sous-marin qui part de Shang-Haï, pour atteindre la Grande-Bretagne, on peut dire que la capitale du Japon et la métropole bri-

tannique sont en communication permanente.

La révolution radicale que le *mikado* avait commencé de réaliser dans l'ordre politique, en se dégageant du joug des chefs militaires (les *Shoguns*), qui étaient devenus de véritables maires du palais, reçut bientôt tous ses développements. Le chef religieux,

le *Taïcoum*, fut réduit à l'état de mythe, et le pays tout entier changea de face. Le pouvoir, centralisé dans les mains du souverain politique, se lança, avec une rapidité vertigineuse, dans la voie des réformes administratives et sociales, que la France avait mis deux siècles à réaliser. Le gouvernement constitua tout d'un coup l'unité nationale, et groupa en un faisceau étroitement lié, mais placé sous sa main, la confédération des *Daimos*, autrefois seuls possesseurs du sol et chefs suprêmes de leurs provinces, où ils disposaient à leur gré de l'armée et des flottes.

En résumé, le pouvoir exécutif réside aujourd'hui dans la personne unique du *mikado*, qui l'exerce avec le concours des ministres et de diverses commissions, tout à fait à l'euro péenne.

Personne, autrefois, au Japon, ne voyageait en voiture : le *mikado* lui-même se faisait traîner par des bœufs. Parfois, les grands seigneurs montaient à cheval ; mais le plus souvent ils se faisaient porter en litière, par des hommes. Depuis quelques années, le riche Japonais se fait voiturier dans de petites calèches basses, mais le mode d'attelage n'a pas varié : ce sont toujours des hommes qui tirent le nouveau véhicule.

C'est par suite de cette coutume que l'on voit dans les rues des villes du Japon, beaucoup de *voitures à bras*, comme on les appelle en France, c'est-à-dire des carrioles traînées par des hommes. Ces petits véhicules pullulent autour des gares des chemins de fer. A la gare d'Yeddo et sur toute l'étendue de la grande route qui suit la mer, c'est un véritable convoi de voitures à bras, imitation de la voiture européenne, où, toutefois, l'homme remplace le cheval. L'innovation a pris des proportions telles que les étrangers se servent avantageusement pour leur service journalier, et même pour des déplacements de plusieurs jours,

des voitures à bras ; c'est actuellement le véhicule favori des Japonais.

Nous reproduisons, dans la figure 435, un dessin assez curieux, d'origine japonaise et qui porte bien le cachet de sa provenance. Il a la prétention de représenter le *premier chemin de fer au Japon*.

Il existe actuellement, au Japon, 407 kilomètres de chemins de fer en exploitation, et 230 dont les études sont entièrement terminées. Les lignes sont à double ou à simple voie. Sur les ponts, il n'y a jamais qu'une voie.

Les rails des lignes de Yeddo-Yoohama et de Kioto-Osaka sont à double champignon et pèsent 30 kilogrammes par mètre courant. Les rails de la ligne de Osaka-Kioto sont du même poids, mais à patin. On a remplacé par des ponts en fer, les ponts de bois, construits primitivement. Les plus grands sont édifiés avec des poutres de fer, de 30 mètres de portée.

Les travaux d'art des chemins de fer japonais, ont été établis dans des conditions essentiellement provisoires. Les ouvrages les plus importants reposent sur des fondations presque superficielles au sol.

Le pays présente, en général, l'aspect d'une série de plaines bien cultivées, bien arrosées, et bordées de chaînes de collines, qui ont présenté au tracé des chemins de fer de sérieux obstacles.

Les difficultés que l'on a rencontrées dans l'exécution des chemins de fer au Japon, provenaient surtout de l'envahissement des travaux par les eaux. Presque toutes les rivières sont, en effet, à des niveaux plus élevés que les plaines qu'elles traversent. Cette surélévation va quelquefois jusqu'à 12 mètres.

Pour maintenir les rivières dans leur lit, les Japonais les encaissent souvent entre deux énormes digues, dont quelques-unes sont des ouvrages formidables.

On conçoit la difficulté que dut présenter, dans de telles conditions, l'établissement

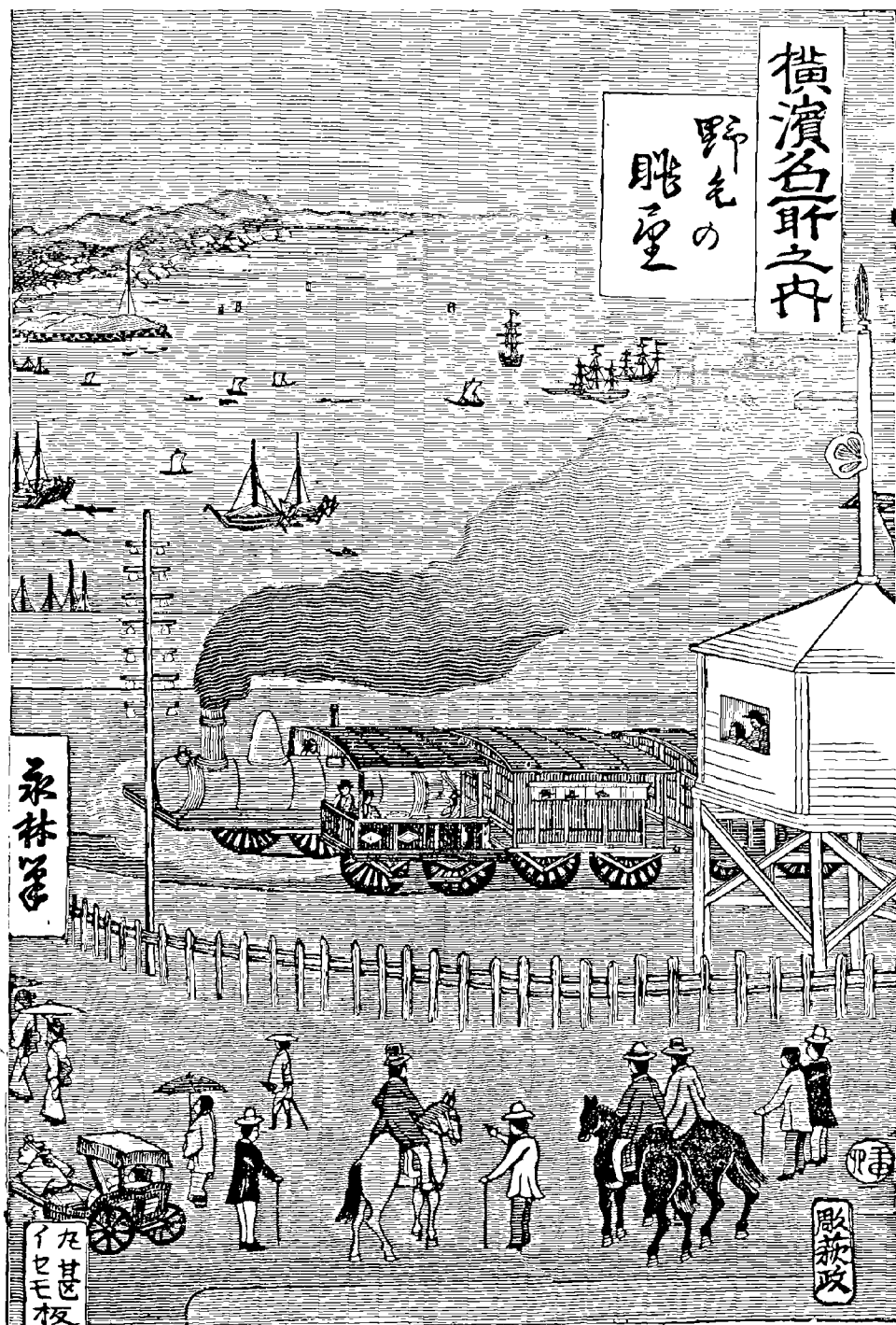


Fig. 346. — Fac-simile d'une gravure japonaise représentant l'arrivée de la première locomotive à Y-edo.

de la voie ferrée. Pour passer des rivières, on a dû quelquefois creuser des tunnels, mais dans la plupart des cas on franchit les rivières sur des ponts à double rampe, comme nos anciens ponts de pierre, et grâce à de forts remblais, de l'un et de l'autre côté.

Les chemins de fer sont, au Japon, d'un excellent revenu, quant aux voyageurs. Le transport des marchandises est moins productif, parce qu'il a à lutter contre la concurrence des transports par eau.

Pour que la construction des voies ferrées, au Japon, prenne une extension sérieuse, il faut que les ingénieurs indigènes appren-

nent à construire avec beaucoup d'économie, et que le gouvernement japonais surmonte sa répugnance à demander, pour leur construction, le concours des capitaux étrangers.

Les ouvriers japonais sont, en général, intelligents et laborieux. Les charpentiers, surtout, sont fort habiles. A part le bois, qui est de bonne qualité, les autres matériaux de construction pris dans le pays, sont mauvais. On n'a pas trouvé de calcaires hydrauliques propres à faire de bons mortiers prenant sur l'eau ; ce qui est un grand désavantage dans des terrains toujours exposés aux infiltrations des rivières.

LES VOIES FERRÉES EN AUSTRALIE

CHAPITRE PREMIER

QUELQUES GÉNÉRALITÉS HISTORIQUES ET ÉCONOMIQUES SUR L'AUSTRALIE

Tout le monde sait que l'Australie est une colonie anglaise qui, fondée au milieu du siècle dernier, est aujourd'hui un des plus importants centres de production agricole du monde entier. Tout le monde sait encore que la laine, l'or, la culture des céréales et l'élevage des moutons, sont, en Australie, la source d'immenses exploitations. La *Nouvelle-Hollande*, comme on l'appela longtemps, parce que les navigateurs hollandais l'avaient signalée les premiers, n'était, il y a un siècle, qu'une île énorme, couverte de bois impénétrables, coupée d'immenses déserts, habitée par une population noire, absolument sauvage. Le génie colonisateur des Anglais a changé la face de ces lieux, autrefois incultes et arides; de sorte que les côtes maritimes de l'Australie, les seuls parages encore utilisés par l'industrie humaine, sont sillonnées de voies de communication, chemins de fer, télégraphe électrique, fleuves navigables et routes de terre, qui font de cette partie du monde une région florissante et prospère.

Les colons actuels n'ont pas, toutefois, à s'enorgueillir de leurs ancêtres. L'Australie n'était, au siècle dernier, qu'un lieu de déportation de condamnés. C'est le ministre Pitt qui eut l'idée de fonder, à la *Nouvelle-*

Hollande, une colonie, spécialement destinée à recevoir et à améliorer les criminels, frappés par la justice britannique. Au mois de mars 1787, le capitaine Philip mettait à la voile, avec une flottille de onze bâtiments, portant 200 soldats de marine et 776 condamnés. Le 26 juin 1788, Philip posait la première pierre de la ville de Sydney, dont les environs n'étaient pas même connus géographiquement. Aujourd'hui, Sydney compte 200,000 habitants, et peut passer pour le Paris de l'Océanie.

Bientôt l'émigration s'établit, et les rivages de l'Australie se peuplèrent à vue d'œil. Il y eut, dès lors, deux classes d'habitants ou de colons: les descendants des anciens *convicts* (forçats) et les nouveaux propriétaires, ou *squatters*, qui se partagèrent le pays et les terres.

Quand on eut reconnu que l'Australie était le pays par excellence pour la production de la laine, et que la toison des brebis importées d'Europe, y prenait rapidement les caractères de douceur et de résistance que l'on ne rencontre sous aucun autre climat, la fortune de l'Australie fut faite. En 1796, Arthur commençait l'élevage des moutons mérinos, et vingt ans après, cette industrie donnait des résultats prodigieux. En 1824, il y avait à peine, en Australie, 170,000 têtes de bétail, et en 1849, on n'en comptait pas moins de 8 millions, fournissant à l'exportation 28 millions de livres de laine.

La *Terre de Van-Diemen*, simple dépôt de criminels, en 1803, devenait, avec une étonnante rapidité, une colonie florissante, qui compte aujourd'hui 100,000 habitants, et dont les exportations de laine dépassent, annuellement, 25 millions de francs.

Dans l'Australie méridionale, des établissements étaient fondés, en 1833, sur les bords du golfe Saint-Vincent, et en 1837, on bâtissait son chef-lieu, la ville d'Adélaïde, qui n'a pas moins de 28,000 habitants.

Un an après la fondation d'Adélaïde, une nouvelle ville, Port-Lincoln, apparaissait sur les bords du golfe Spencer, et plus tard encore, d'autres établissements s'élevaient sur la baie de Rivoli. En même temps on créait, au sud-est de l'embouchure de la Murray, dans la contrée appelée *Australia felix*, la colonie de Port-Philip, dépendance immédiate de la Nouvelle-Galles du Sud. La ville de Melbourne sortait, pour ainsi dire, de dessous terre, et sa prospérité a été si rapide qu'elle rivalise aujourd'hui avec Sidney, sous le rapport de l'activité commerciale et manufacturière.

L'Australie septentrionale a présenté beaucoup plus de difficultés pour la colonisation. En 1838, après une première tentative, on était forcé d'abandonner Port-Dundas, dans l'île Melville, et Wellington, sur le port Raffles. En 1829, dans la presqu'île de Cobourg, à Port-Essington, on essayait un nouvel établissement, la colonie *Victoria*. Cette partie de l'Australie est entourée de montagnes et d'épaisses forêts, où abondent toutes les espèces végétales des tropiques, et sa situation près de l'Archipel des Indes, a facilité son développement.

En 1840, le gouvernement anglais prenait possession de la Nouvelle-Zélande, et plus tard des îles Auckland, et il s'en attribuait la souveraineté.

Les colonies anglaises, qui s'agrandissaient rapidement, à mesure que s'étendaient les explorations à l'intérieur de l'île, sont

aujourd'hui constituées en petits Etats autonomes, mais ayant leur attache officielle à la mère-patrie. Elles conservent toujours le nom de colonies, bien qu'elles possèdent une organisation politique et administrative propres, et qu'elles choisissent leurs fonctionnaires et dignitaires parmi les habitants du pays.

Les colonies australiennes sont au nombre de cinq, à savoir : la Nouvelle-Galles du sud (*New South Wales*); — la colonie Victoria, ou Australie méridionale (*South Australia*); — l'Australie occidentale (*West Australia*); — Queensland (*pays de la Reine*); — la Tasmanie.

Les colonies australiennes ont chacune leur gouverneur particulier, qui les administre avec l'assistance d'un conseil législatif et d'un conseil exécutif. Des Chambres de représentants sont nommées par le peuple. Quant aux colons eux-mêmes, ce sont, ou des émigrés volontaires, ou des descendants de condamnés. On ne trouve, toutefois, cette dernière classe qu'à la Nouvelle-Galles du Sud et à la Terre de Van-Diemen. Dans l'*Australia felix*, sont des émigrés. Quoiqu'on ait, depuis longtemps, cessé de transporter les criminels en Australie, une profonde ligne de démarcation existe toujours entre les émigrés volontaires et les anciens condamnés, et en dépit de toutes les mesures que pourra prendre le gouvernement, il faudra encore bien des années pour qu'elle s'efface en entier.

Quand on connaît les ressources immenses que possède l'Australie, on comprend que le nombre des émigrants augmente toujours, dans une proportion prodigieuse, surtout depuis les graves commotions politiques et militaires que l'Europe a subies. En 1867, le chiffre de la population de ses cinq colonies était de 1,500,100 habitants. Il a aujourd'hui plus que doublé.

C'est la découverte des mines d'or en Australie, qui a le plus contribué à accroître sa

population, par les immenses émigrations venues de deux mondes.

La découverte des mines d'or remonte à l'année 1839, alors que le comte de

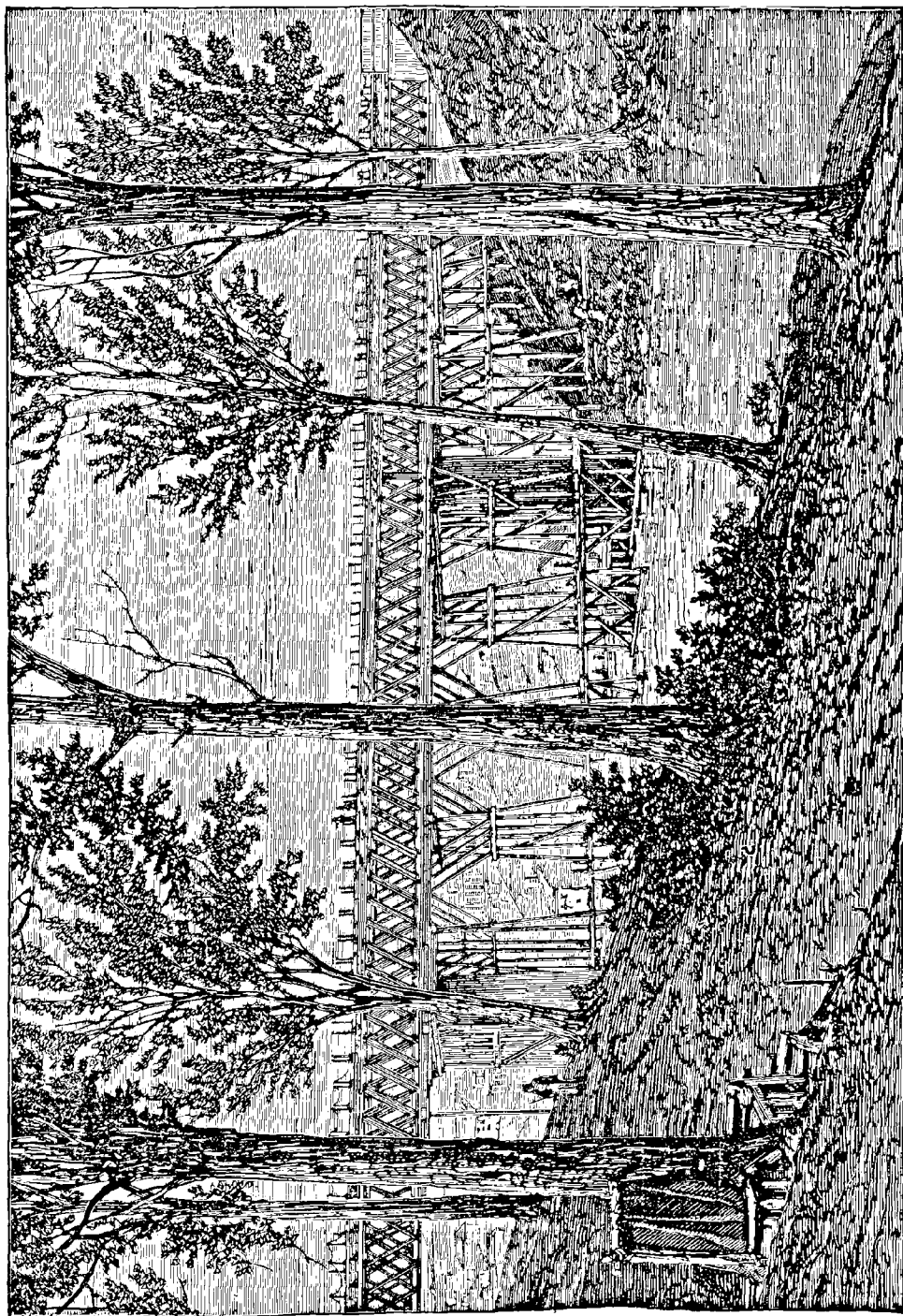


Fig. 437. — Un pont sur le chemin de fer de la province du Queensland (Australie).

Stozelewski, apportant à Melbourne une collection de minéraux, annonça qu'il avait

trouvé une roche siliceuse aurifère. Un ingénieur fut envoyé, qui reconnut la pré-

sence de nombreux gisements d'or dans la Nouvelle-Galles du sud. Seulement, le pays renfermait 45,000 condamnés ! Comment leur révéler qu'ils avaient de l'or sous la main ? On jugea prudent de se taire, et la même injonction fut adressée à un Révérend, le père Clarke, qui venait de trouver des minerais aurifères dans les montagnes situées entre Paramatta et Bathurst.

Cependant, en 1844, le célèbre géologue anglais, Murchison, n'hésitait pas à publier que, d'après l'analyse des minerais envoyés d'Australie, ce pays devait renfermer de précieux gisements d'or. A partir de ce moment, le secret n'en était plus un. Un mineur de Californie, découvrait des silicates aurifères dans les environs de Bathurst, et un berger trouvait une masse d'or natif, du poids de 40 kilogrammes, dans une pierre, presque à fleur du sol.

Ces découvertes furent le signal de la *fièvre de l'or*, qui fit affluer en Australie les aventuriers et les travailleurs des deux mondes. Des navires venaient par centaines les émigrants sur ce sol privilégié. Cette irruption d'émigrants fut, pendant plusieurs années, la cause de beaucoup de désordres et d'abus, mais tout finit par se régulariser, et l'exploitation des *placers* devint ce qu'elle est aujourd'hui, une source régulière de produits aurifères, répandant au sein du pays de grandes richesses, qui ne sont pas au moment de prendre fin.

L'or n'est pas, d'ailleurs, le seul produit des mines d'Australie. Le cuivre, le plomb, et même la houille, y abondent.

Après l'or, ce sont les laines qui forment en Australie, le plus important produit d'exportation. Il dépasse aujourd'hui 450 millions de francs annuellement.

Pour suffire à l'exploitation de ces richesses minérales et agricoles, des voies de communication rapide étaient nécessaires. C'est pour cela que les chemins de fer n'ont pas tardé à se créer en Australie. En 1872

les colonies australiennes possédaient plus de 1.500 kilomètres de chemins de fer, et ce nombre est aujourd'hui de 10,534 kilomètres.

C'est en Australie, dans la colonie de Victoria, que fut posée la première ligne télégraphique de l'hémisphère austral. Commencée en 1863, elle fut ouverte en 1864. Aujourd'hui, les cinq colonies australiennes sont reliées par un réseau multiple de télégraphie électrique. Une ligne non interrompue traverse toute l'île, du sud au nord, d'Adélaïde à Halmerston, près du port Darwin, où elle rejoint le câble sous-marin qui court vers l'Europe.

L'Australie compte de nombreux navires à vapeur, sillonnant ses rivières : mais ce qui nous intéresse particulièrement, dans cet ouvrage, ce sont les communications par voies ferrées, sujet qu'il est maintenant temps d'aborder.

CHAPITRE II

ÉTAT ACTUEL DES VOIES FERRÉES DANS LES CINQ COLONIES AUSTRALIENNES. — LONGUEURS KILOMÉTRIQUES, RAMPES, TRAVAUX D'ART, ETC.

Il y a, disons-nous, dans l'Australie, 10,534 kilomètres de voies ferrées. La plupart des lignes sont réparties sur le littoral, bien que d'autres se dirigent vers l'intérieur des terres.

Trois lignes appartiennent à l'État, savoir :

1° La *ligne du Midi* qui, partant de Sydney, se dirige vers le sud-ouest, pour aller rejoindre les chemins de fer de la colonie de Victoria ;

2° La *ligne de l'Orient*, qui a le même point de départ et se dirige vers l'Australie méridionale ;

3° La *ligne du Nord*, dont le terminus est à Newcastle (fig. 438), et dont le réseau

doit aboutir ultérieurement aux frontières de la colonie de Queensland.

En 1883, ces lignes avaient une longueur totale de 4,100 kilomètres (la population

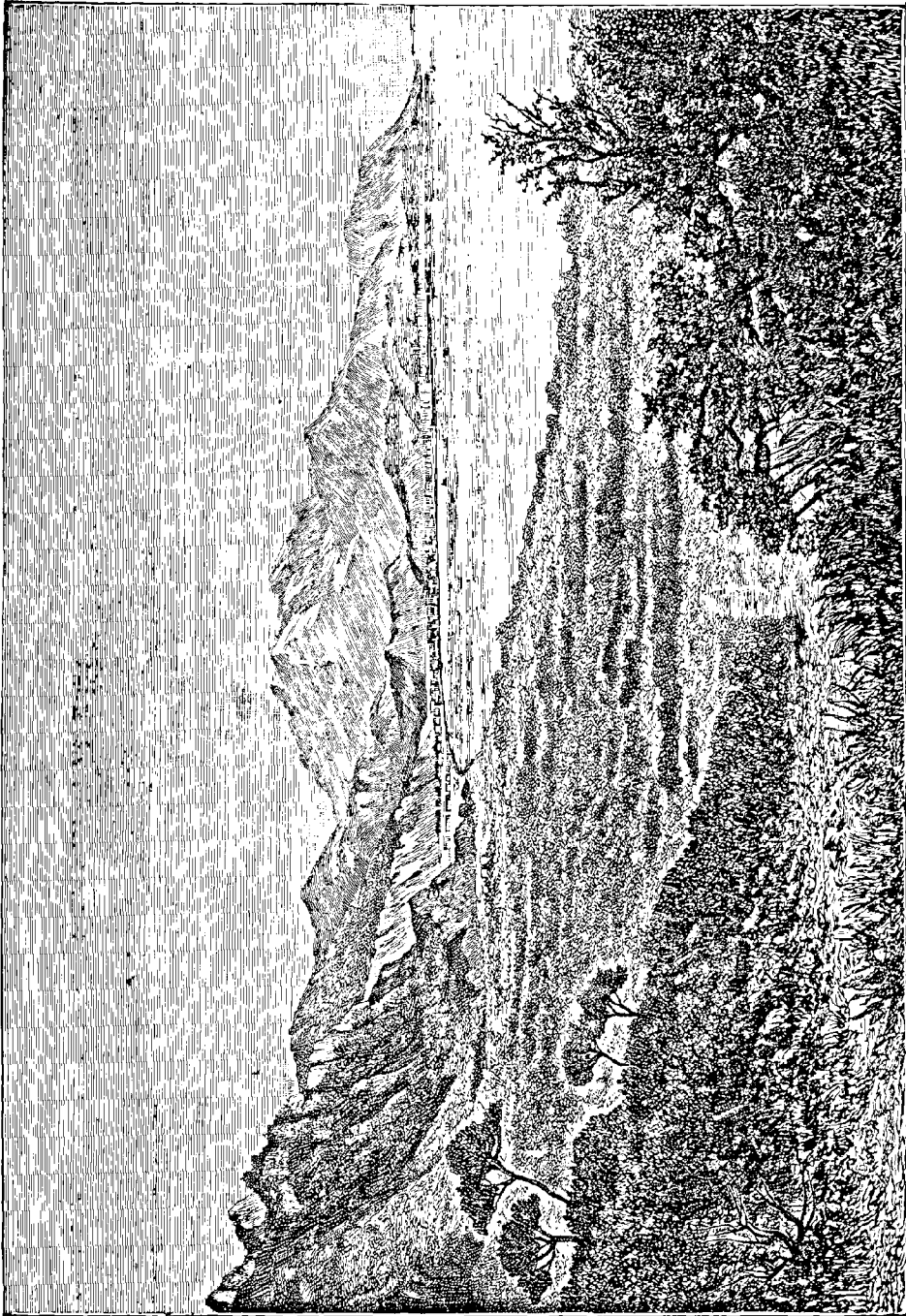


Fig 438. — Port de Newcastle, (extrémité de la ligne) de chemin de fer du nord (Australie).

des trois territoires dont il s'agit est de 393,403 habitants). Le prix de la construction de la voie s'est élevé à 218,750 francs

par kilomètre. Pour des lignes à simple voie, ce chiffre est sans doute fort élevé, mais sur les lignes qui ont été récemment

construites, les dépenses ne vont pas au delà de 60,000 francs par kilomètre.

Le matériel roulant se compose de 100 locomotives, 334 voitures à voyageurs, et 1,610 wagons à marchandises. Ce matériel a été, pour une partie, importé d'Angleterre, et pour l'autre partie, fabriqué dans la colonie même, à peu près dans le même rapport.

Les voitures occupées sont, en général, celles de 2^e classe (il n'y a pas de 3^e classe).

Le nombre des voyageurs transportés en 1883, sur ces trois lignes, a été d'environ trois millions.

Trois autres lignes existent : *Victoria, Australie méridionale, Queensland.*

Les particularités qui les concernent sont réunies dans le tableau suivant.

VICTORIA (population 815,034).

Lignes exploitées.....	995 kil.
Nombre de locomotives.....	121
Voitures à voyageurs.....	205
Wagons à marchandises.....	2.129
Nombre de voyageurs transportés.	2.978.139
Tonnes de marchandises transportées.....	903.439

AUSTRALIE MÉRIDIONALE (population 206,476).

Lignes exploitées.....	320 kil.
Nombre de locomotives.....	31
Voitures à voyageurs.....	74
Wagons à marchandises.....	803
Nombre de voyageurs transportés.	1.071.135
Tonnes de marchandises transportées.....	331.910

QUEENSLAND (population 172,402).

Lignes exploitées.....	425 kil.
Nombre de locomotives.....	32
Voitures à voyageurs.....	99
Wagons à marchandises.....	347
Nombre de voyageurs transportés....	137.890
Tonnes de marchandises transportées.	80.785

Les différents pays de l'Australie n'ont pas adopté la même largeur de voie ferrée.

La *Nouvelle-Galles du Sud* a choisi la voie de 1^m,44, largeur normale des chemins de fer de l'Europe. La *province Victoria*

possède des voies de 1^m,60, dont le prix d'établissement ne dépassait pas 160,000 fr. par kilomètre. Cependant, ce mode de construction ne répondait pas aux exigences particulières du climat. Depuis 1867, sous l'influence de l'opinion publique, les chemins de fer de l'Australie méridionale furent construits plus économiquement. On conserva la voie large, tout en adoptant un système de construction moins coûteux pour les lignes devant former le prolongement de celles déjà construites, et l'on réserva la voie étroite (1^m,06) pour les lignes qui n'étaient pas appelées à se raccorder à l'ancien réseau.

Voici quelques renseignements sur le mode d'établissement économique des lignes à voie large (1^m,60) dans l'Australie du Nord.

La construction de la voie prolongée au nord d'Adélaïde, n'a coûté que 62,000 francs par kilomètre. La largeur de la plate forme de la voie est de 5 mètres dans les tranchées et de 5^m,50 dans les remblais. Le rail Vignole, pesant 20 kilogrammes par mètre courant, est fixé à des traverses d'un bois résineux rouge, très dur.

Les stations sont espacées de 11 kilomètres, en moyenne. La voie est clôturée sur tout son parcours, au moyen de poteaux de fonte, sur lesquels sont tendues cinq rangées de fil de fer galvanisé. Le matériel roulant ne présente rien de particulier. Il est emprunté à celui des chemins de fer anglais. La vitesse normale est de 40 kilomètres à l'heure. Mais il paraît que les rails s'usent rapidement, parce qu'ils n'ont pas été fabriqués pour résister à l'usure qu'occasionne la rapidité actuelle des trains.

Dans l'Australie méridionale, on a construit un certain nombre de lignes du même type. Elles ont coûté de 78,000 à 94,000 francs par kilomètre.

Les chemins à voie étroite ont été établis

dans les conditions économiques suivantes.

La dépense d'établissement de la première section du chemin de fer de Port-Augustin à Port-Darwin, dont la longueur est de 320 kilomètres, est évaluée à 79,000 francs par kilomètre, y compris la construction des stations les alimentations d'eau, les ateliers et le matériel roulant.

Ce chemin de fer ne sert guère qu'au transport des marchandises (laines et céréales). La ligne fut ouverte en 1870, et dans

les sept premières années elle transporta 398,000 voyageurs seulement, et 574,000 tonnes de marchandises. Le sol appartenant à l'État, il n'a fallu acheter de terrains qu'aux environs de Port-Augustin.

La voie est presque sans clôtures. La largeur de la plate forme, dans les tranchées, est de 3^m,80, et sur les remblais, de 4^m,25.

Les ponts et les aqueducs sont très nombreux. La longueur réunie de ces ponts n'est pas moindre de 2,650 mètres, et l'on

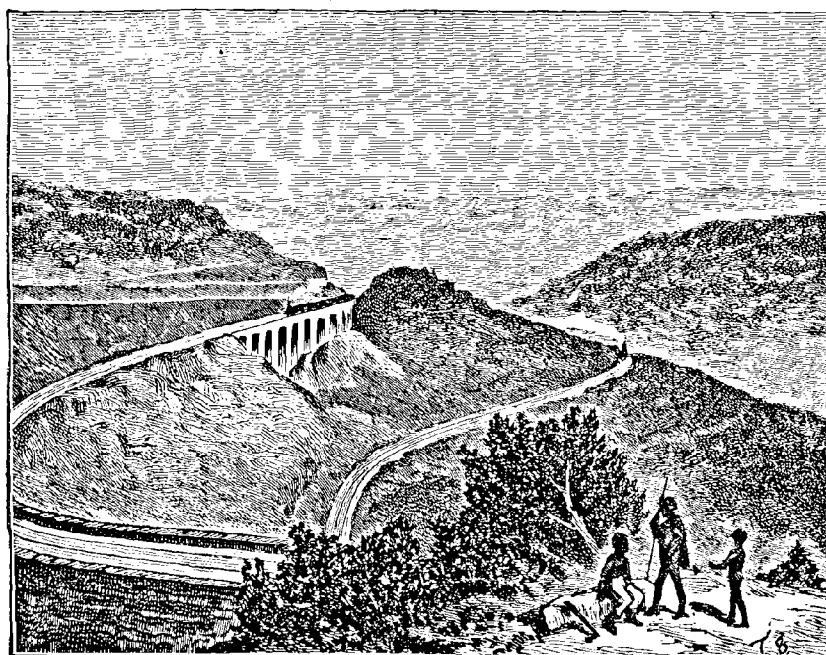


Fig. 439. — Le grand zigzag, ou la double voie courbe du chemin de fer, dans les montagnes bleues (Australie).

compte 175 mètres d'aqueducs pour la conduite des eaux. Ces aqueducs sont voutés ou à découvert; l'ouverture des arcs est de 3 mètres.

Les culées des ponts sont en maçonnerie, et les piles sont formées par des pieux en fonte creuse, réunis par des vis. La superstructure des ponts est en fer; les poutres sont en fer plein ou à treillis, suivant le système américain. Les piles, en maçonnerie à l'extérieur, sont remplies de béton à l'intérieur; et, dans un but d'économie, on n'a

adopté, pour leur portée, que des longueurs de 12 à 18 mètres.

Pour les pieds-droits, les cintres, les radiers et les culées des aqueducs, on a usé largement du béton, par raison d'économie, et le prix a été ainsi diminué de moitié.

Le rail Vignole, en fer, pèse 20 kilogrammes par mètre courant. Il est fixé à des traverses d'un bois de l'ouest de l'Australie, le jarrah-jarrah, espacées, de 0^m,84 et posées sur une couche de ballast, de 0^m,15 d'épaisseur.

Le matériel roulant, pour les marchandises, se compose de simples plate-formes, de tombereaux et de wagons couverts.

Les stations sont distantes de 32 kilomètres environ. Pour les eaux d'alimentation des locomotives, il a fallu construire de grands réservoirs souterrains couverts, de la capacité de 27,000 mètres cubes chacun, surmontés de réservoirs dans lesquels une machine à vapeur élève l'eau.

Les locomotives, munies d'une *bagie*, ont été construites en Angleterre.

Les voitures sont à 30 places, avec couloir longitudinal, à l'américaine. Il y a deux entrées seulement : une à chaque extrémité, toujours comme dans les voitures américaines. Les caisses des voitures sont en bois d'Australie; les roues en fer, avec bandage d'acier. L'attelage des voitures est central, comme celui des wagons américains.

LES TRAMWAYS

CHAPITRE PREMIER

LES TRAMWAYS. — HISTORIQUE. — LES TRAMWAYS AUX ÉTATS-UNIS, EN 1832 ET EN 1852. — LEUR EXTENSION DANS LES PRINCIPALES VILLES DE L'UNION AMÉRICAINE. — LES TRAMWAYS A BERLIN, EN 1867. — LES TRAMWAYS EN ANGLETERRE, EN 1869 : LONDRES, LIVERPOOL. — LES TRAMWAYS EN BELGIQUE.

En 1868, me trouvant à Bruxelles, et ouvrant volontiers les yeux, comme un voyageur avide de s'instruire, je remarquai deux choses nouvelles, pour moi, du moins : de petites charrettes traînées dans les rues, par des chiens, et de grandes voitures traînées sur des rails, par des chevaux.

C'était un assez curieux spectacle que cette armée de caniches attelés à de tout petits véhicules, par des marchands de comestibles et denrées. Aux premières heures du matin, les rues et les places de Bruxelles étaient sillonnées de ces étranges et économiques coureurs, qui allaient ensuite se ranger docilement en bataille, sur la place de l'église de Sainte-Gudule.

La curiosité qu'inspirait ce dernier spectacle, assez banal, au fond, était vite épuisée ; mais c'était autre chose pour les voitures traînées sur des rails de fer, par des chevaux. Depuis le bois de la Cambre jusqu'à la place du Gouvernement, et sur un sol de niveau, ce qui est assez rare à Bruxelles, on voyait une longue file de rails, et sur ces rails circulaient, comme sur une voie de chemin de fer, des voitures à chevaux, remplissant le rôle de nos omnibus, c'est-à-

dire prenant et déposant sans cesse des voyageurs sur leur trajet.

Rien de semblable n'existait alors à Paris. Sans doute on avait établi, à peu près hors de la ville, le long de la Seine, au cours la Reine, une sorte de chemin de fer, dont les voitures étaient traînées par des chevaux, et que l'on nommait *voitures américaines*, mais elles n'attiraient aucune attention. Leur service était peu régulier et l'entreprise non fructueuse. Dans tous les cas, il ne serait alors venu à personne l'idée de faire circuler au milieu des rues de la capitale des voitures énormes, telles que celles qui traversaient Bruxelles, et qui suppléaient le service des omnibus.

C'est qu'en 1868, Paris était gouverné, au point de vue édilitaire, par les continuateurs de l'œuvre de M. Haussmann. Or, M. Haussmann, au génie duquel le Paris moderne doit sa création et ses embellissements, a eu deux torts : il a laissé les gares de chemins de fer s'établir à trop de distance du centre de la ville, et il a dédaigné les tramways.

Les tramways paraissaient, en effet, au rénovateur de la capitale une création trop démocratique. Lancer à travers les rues et les places, de volumineux véhicules, qui se seraient emparés du haut du pavé, au risque de broyer d'élégants équipages, c'est ce que ne pouvait admettre l'esprit aristocratique de l'administration du second Empire. Il fallut l'avènement de la République et la

glorification du populaire, pour accorder au démocratique tramway son droit de cité dans Paris.

En 1868 donc, rien d'analogue aux tramways de Bruxelles ne se voyait à Paris. Ce ne fut qu'en 1872, que la grande ville reçut le don de ces économiques et commodes véhicules.

Les tramways parurent alors une invention récente, et l'on se demanda avec curiosité, d'où venait cette utile innovation,

Comme Paris ignore généralement ce qui se fait hors de ses fortifications, Paris s'imaginait que les tramways étaient créés de la veille. C'était là une complète erreur, car depuis vingt ans (1852), ce moyen de transport en commun était en usage en Amérique, et depuis 1869 il était adopté en Angleterre.

C'est ce que nous allons établir dans le présent chapitre.

Mais, d'abord, d'où vient le mot de *tram-*



Fig. 460.

way ? quelle est son origine, sa signification propre ?

Le Conseil général des ponts et chaussées a donné une excellente définition du tramway. Il l'a défini en ces termes :

« Un tramway est une voie ferrée à rails non saillants, établie sur une route, et qui n'enlève pas à sa destination primitive la partie de la voie qu'elle occupe. »

Mais quelle est l'étymologie du mot *tramway* ? M. Kinnear Clark, auteur de l'ouvrage *Tramways, their construction and working*, traduit en français, en 1880, nous dit :

« Un *tram* est le brancard d'une charrette ou d'une voiture ; c'est aussi le nom d'un wagon à charbon :

d'où est dérivé le mot composé *tramway* ou *tramroad*, route formée d'étroites bandes ou bois, pierre ou fer, pour trains ou wagons (1).

D'après un autre auteur, le mot *tramway* viendrait du nom d'un certain *Outram*, qui, au dix-huitième siècle, construisait, dans les houillères d'Angleterre, des voies à rails plats en fonte munis d'un rebord.

On donnait à ces routes ferrées le nom de *Outtramroads*, ou *Outtramway*, d'où vint le nom des *tramway*.

Cette étymologie tendrait à faire attribuer aux tramways une origine plus an-

(1) *Tramways, construction et exploitation*, par D. Kinnear, traduit par O. Chemin. Paris, 1880, in-8°.

cienne qu'elle ne l'est réellement. Sans doute, au siècle dernier, il existait, dans les mines de houille de l'Angleterre, et dans les mines métalliques de l'Europe et de l'Amérique, des chemins à ornières de bois ou de fer, qui ont été l'origine de nos chemins de fer actuels. Mais on ne peut appliquer l'idée de *tramway* qu'à une voie ferrée circulant dans les villes. Or, les chemins de fer proprement dits ne remontent guère qu'à l'année 1829, alors que George

Stéphenson, en Angleterre, et Marc Seguin, en France, créèrent cet admirable moyen de transport.

On doit faire remonter l'origine des chemins de fer à l'année 1829, parce que c'est pendant cette année qu'eut lieu l'inauguration du chemin de fer de Darlington à Stockton, qui fut desservi par la locomotive de Stephenson, *la Fusée*. Cette locomotive venait de remporter au concours de Liverpool le prix offert par les compagnies des

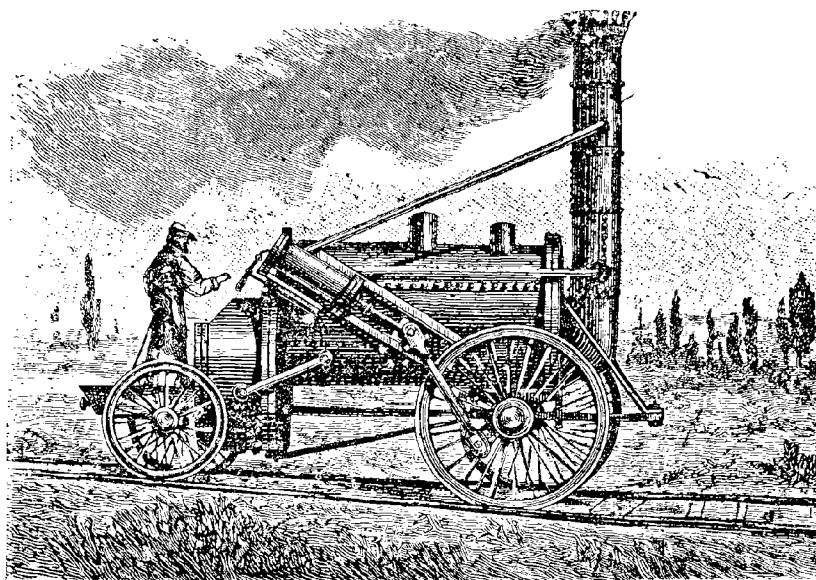


Fig. 461. — La *Fusée*, locomotive construite par Georges Stephenson en 1829.

transports de la houille de Newcastle aux constructeurs de machines. La *Fusée* que nous représentons ici, contenait en germe la plupart des perfectionnements qui furent apportés plus tard à la locomotive, particulièrement par Trewethick.

Il ne faut donc pas faire remonter avant la création des chemins de fer, qui ne date que de 1829, l'invention des tramways.

En se plaçant à ce point de vue, quand on recherche quel est le pays du monde qui a, le premier, fait circuler un chemin de fer à l'intérieur d'une ville, on trouve que la cité de New York, aux États-Unis, peut, seule, revendiquer cet honneur.

Les chemins de fer étaient à peine créés, ils commençaient depuis quelques années seulement à prendre quelque extension, lorsqu'un ingénieur américain, associé à un fabricant de voitures, nommé (circonstance assez étrange) Stephenson, établit à New-York le premier tramway, dans la 4^e avenue (Harlem).

Le rail dont fit usage l'ingénieur américain, avait une section semblable à celle généralement employée aujourd'hui, mais il était plus lourd. Le contre-rail était en contre-bas du rail d'environ 37 millimètres.

En sa qualité de fabricant de voitures,

M. Stéphenson construisit pour le tramway des *cars* (chars) à trois corps, suspendus sur des lames de cuir et semblables à nos diligences, c'est-à-dire avec entrées sur les côtés.

L'avant et l'arrière étaient symétriques ; à chaque extrémité était un siège élevé, où se tenait un cocher. Le tout circulait sur des rails de fer, posés le long des rues.

Nous sommes fâchés d'avoir à dire que le tramway établi dans la 4^e avenue de New-York, fut fort mal accueilli par la population. La largeur excessive de l'ornière de fer et la saillie du rail sur la route, embarrassaient singulièrement la circulation des voitures, et occasionnaient des accidents. Une clameur générale s'éleva contre la malheureuse innovation ; de sorte que le carrossier Stéphenson et ses associés furent contraints d'enlever la voie.

Vingt ans se passèrent. On avait à peu près oublié, à New-York, la tentative du carrossier Stéphenson, lorsqu'on apprit qu'un ingénieur français se proposait de recommencer l'entreprise qui avait si mal réussi à ses débuts.

Cet ingénieur français s'appelait Loubat. Il devait attacher doublement son nom à la réussite des tramways : d'abord, en les inaugurant à New-York, ensuite, en les introduisant en France.

Les rails de fer dont fit usage M. Loubat, à New-York, en 1852, formaient une ornière plus étroite que celle qui avait suscité tant de réclamations et de récriminations dans la même ville. Ils reposaient sur des traverses de bois, et ne faisaient que fort peu de saillie sur la chaussée. Seulement, la forme de l'ornière gênait encore les voitures légères, dont les roues s'engageaient trop facilement dans les creux des rails ; ce qui amenait la rupture de leurs essieux.

Toutefois, à New-York et dans quelques autres villes des États-Unis, les tramways de

M. Loubat obtinrent une grande faveur. Le tramway était, en effet, d'un précieux secours dans les villes de l'Union américaine, où les distances à parcourir sont longues, les routes généralement en mauvais état et peu nombreuses. On prit l'habitude de ce genre de voitures, et l'on arriva à ne plus pouvoir s'en passer.

La largeur de l'ornière était toujours, néanmoins, un inconvénient sérieux. Les écrivains techniques de ce temps parlent avec effroi de cette « *gouttière de fer* » qui composait l'ornière.

Un ingénieur anglais, M. Charles Light, pour parer à l'inconvénient de cette *gouttière*, où les pieds des chevaux et les roues des voitures venaient s'engager, occasionnant de fréquents accidents, employa à Boston, en 1857, un rail à ornière moins profonde (0^m, 019), tandis que l'intérieur de l'ornière formait un plan incliné, disposé de telle manière que la poussière ou les pierres fussent chassées par le passage du boudin de la roue.

On s'occupait alors, à Philadelphie, de créer des tramways. Le rail de Boston fut examiné, et jugé insuffisant. On adopta alors un rail plat, muni d'un bourrelet. Ce système, qui était proposé par l'ingénieur en chef de la ville, M. Strickland Kneass, fut imposé à toutes les Compagnies de tramways de Philadelphie. La largeur de la voie fut fixée à 1^m, 59, pour répondre aux dimensions des voitures.

On se trouva bien à Philadelphie de ce nouveau rail, qui pouvait être utilisé par les voitures de roulage, et qui s'établissait dans les rues étroites.

Le *step-rail* (*rail à gradin*) de Philadelphie se généralisa aux États-Unis, et il contribua à faire adopter les tramways dans beaucoup de villes de l'Amérique. Les populations, jusque-là assez hostiles à cette innovation, l'acceptèrent quand on eut obvié, avec le *rail à gradin*, aux inconvénients qu'avaient

présentés les voies ferrées de New York et de Boston.

A partir de ce moment, c'est-à-dire vers 1865, les chemins de fer des rues prirent, dans les villes des États-Unis, la place qu'avaient occupée jusque-là les omnibus. La largeur des rues, dans les villes nouvelles de l'Union américaine, leur longueur et leur rectitude, facilitaient singulièrement le succès de ce mode de transport en commun, économique et rapide. En 1875, dans le seul État de New-York, il y avait 87 Compagnies de voies ferrées urbaines, occupant une longueur totale de 700 kilomètres de voie.

On peut citer, comme exemple de la rapide diffusion des tramways en Amérique, la ville de Buenos-Ayres, capitale de la république Argentine. La population n'est que 200,000 habitants, mais la ville est très régulièrement coupée de pâtés de maisons carrés, avec des rues en ligne droite, parallèles ou perpendiculaires les unes aux autres. En 1872, il y avait, à Buenos-Ayres, une longueur de 112 kilomètres de tramways en exploitation. Chaque rue principale avait sa ligne de tramways.

Fait curieux ! Dans les premiers temps de l'établissement des tramways en Amérique, il y avait des hommes à cheval, qui allaient au-devant de chaque voiture, en sonnant de la trompette, pour avertir véhicules et passants d'avoir à se ranger. On sait que, plus tard, ces cavaliers sonneurs furent remplacés par une trompette fixée à l'avant du *car*, et qui sonne au moyen de l'air comprimé, par la pression de la main ou du pied du conducteur ou du cocher.

Le succès des tramways, dans les principales villes de l'Amérique, devait amener leur prompt importation en Europe. En Allemagne, dès 1867, quelques villes étaient déjà parcourues par des voitures traînées sur des rails par des chevaux, et Berlin, en

particulier, comptait, en 1867, un service régulier de ce genre de transport.

Nous représentons (fig. 462) le premier tramway de Berlin.

L'Angleterre reçut les tramways d'un de ses ingénieurs, qui portait un nom prédestiné : il s'appela M. Train !

M. Georges Train, qui avait été témoin des premiers succès des tramways en Amérique, se mit à la tête d'une Compagnie qui se proposait de les introduire dans les principales villes du Royaume-Uni. Mais son projet rencontra des résistances auxquelles il était loin de s'attendre.

La demande qu'il adressa au Parlement, en 1859, pour l'établissement de tramways à Londres, fut rejetée, à la suite de la vive opposition faite à ce projet par sir Benjamin Hall, commissaire en chef des travaux publics.

Cependant, une année après, l'autorité municipale de Londres, s'affranchissant des craintes qu'avait manifestées le Parlement, autorisa M. Train à construire deux lignes d'essai : l'une de Marble Arch à Notting-Hill, l'autre le long de Kensington-Road. Enfin, en 1863, M. Train posa entre Burslem et Hanley, pour le compte de la Compagnie du *Staffordshire Potteries Street Railway*, un tramway, long de 3 kilomètres. Le rail qui fut adopté par M. Francis Train, était celui de Philadelphie.

La population de Londres continuait de voir de mauvais œil ce nouveau mode de transport. Dans les deux lignes d'essai qui furent construites dans la métropole, on avait eu le tort de rejeter le *rail à gradin* de Philadelphie, qui n'apporte aucune gêne à la circulation, pour adopter celui de Boston, dont le rebord est beaucoup plus saillant. Les voitures buttaient souvent contre ce rail, et il en résultait de graves accidents. D'ailleurs, les rues de Londres n'ayant pas la régularité, la rectitude de celles des États-Unis, l'établissement de la voie offrait

toujours des difficultés. Enfin, le bon état | d'omnibus et de voitures particulières qui
des voies publiques et le grand nombre | circulent à l'intérieur de Londres, faisaient

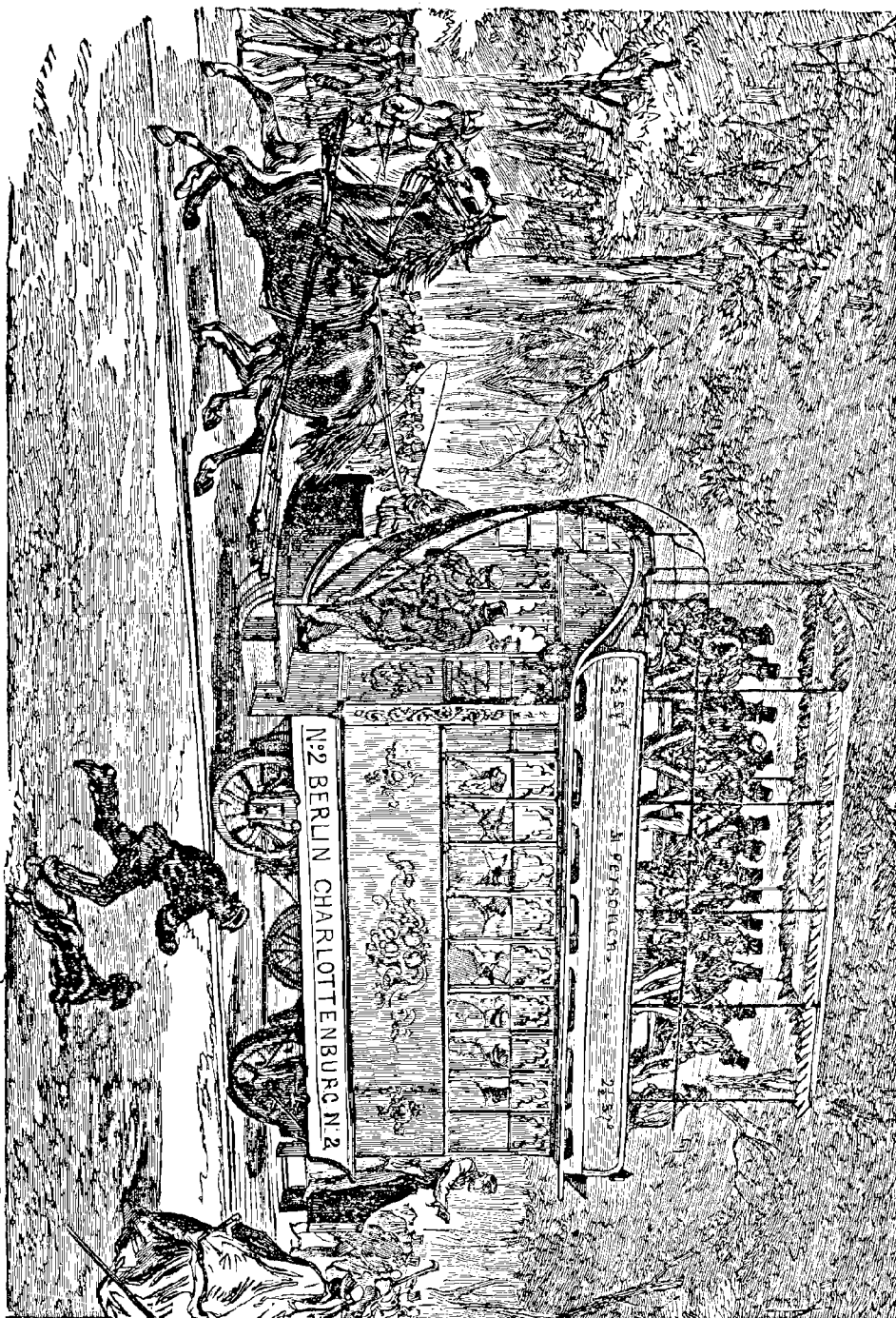


Fig. 462. — Le premier tramway de Berlin.

considérer ce nouveau système comme une |
superfétation.

En définitive, l'essai des deux voies ferrées |
tenté à Londres, en 1825, fut si malheureux.

que M. Train fut obligé d'enlever les rails | head, on ne toléra la ligne de M. Train
 et de renoncer à son entreprise. A Bircken- | qu'en obligeant ce dernier à remplacer l

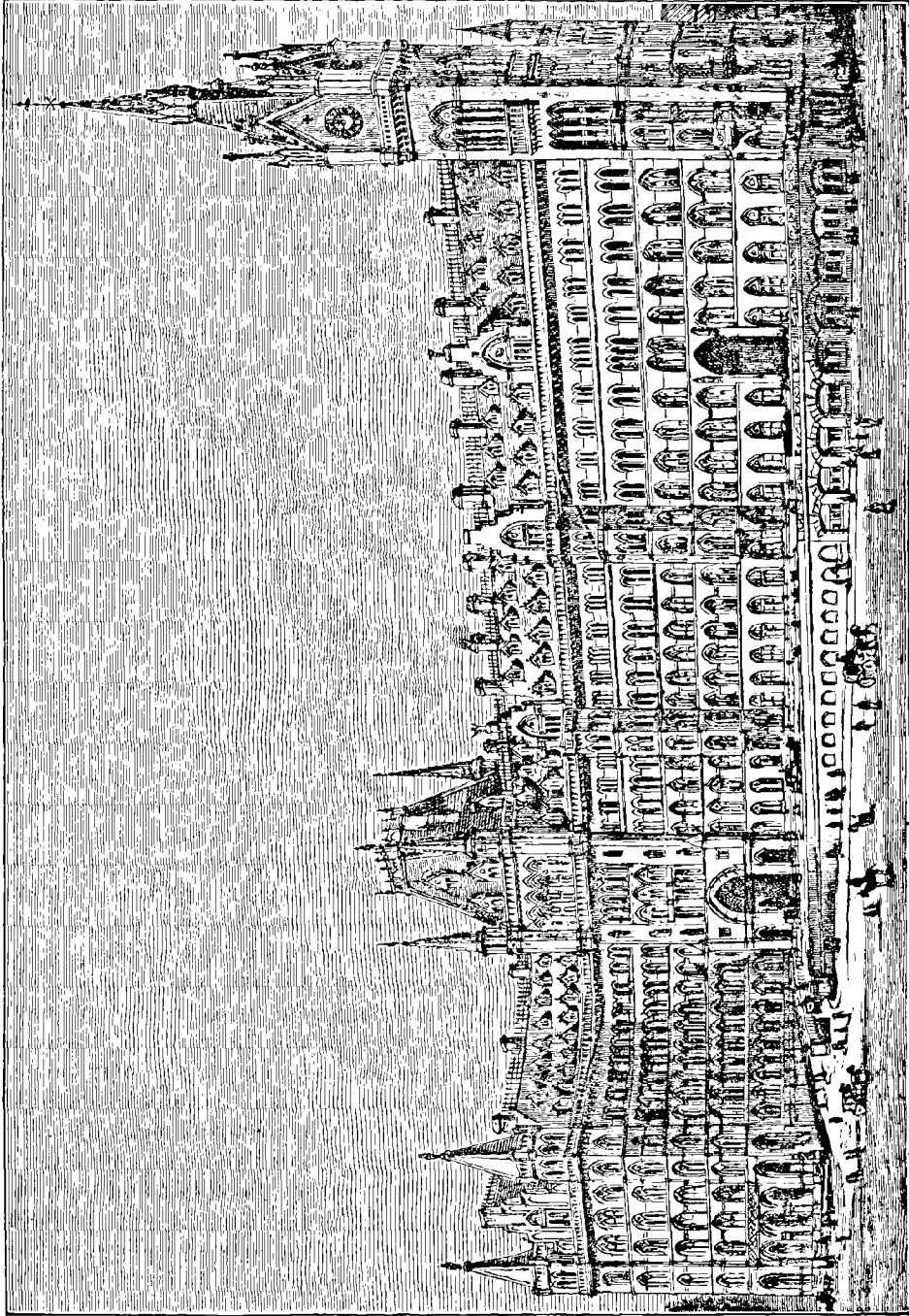


Fig. 463. — Façade de la station et de l'hôtel de Saint-Paukrace, à Londres.

rails à bourrelet par des rails à gorge. Dans
 une troisième ville, aux *Potteries*, la même
 substitution lui fut imposée.

L'insuccès de M. Train arrêta, pour quel-
 que temps l'essor des tramways en Angle-
 terre.

Cependant, cette résistance ne pouvait être d'une longue durée. En 1866 et 1867, le Parlement reçut la demande d'une autorisation de construire des tramways à Liverpool, et cette autorisation fut accordée en 1868.

Les travaux furent exécutés par des entrepreneurs de Philadelphie, sous la direction de M. Georges Hopkins. On fit usage d'un rail à gorge, semblable à celui qui avait remplacé le *step rail* de M. Train, à Birkenhead et aux Potteries, mais avec une ornière encore plus étroite.

Le système de voies adopté à Liverpool a servi de type à tous ceux qui ont été ultérieurement établis en Angleterre. La largeur de voie fut celle des chemins de fer (1^m,44). Cette largeur de voie fut adoptée dans l'espoir de voir les routes ferrées des tramways recevoir les wagons des usines, pour les amener aux chemins de fer, sans transbordement. Mais cet espoir ne devait pas se réaliser, car l'épaisseur des roues des grands wagons ne peut trouver sa place dans une gorge de 0^m, 035. De plus, les wagons de chemin de fer ne peuvent tourner dans des courbes de moins de 100 mètres de rayon, et on ne saurait, sur le tracé des tramways, s'astreindre à de pareilles courbes.

Quoi qu'il en soit, la largeur normale de la voie des chemins de fer fut adoptée pour les tramways de Londres, comme elle l'avait été pour les tramways de Liverpool; de sorte qu'aujourd'hui, dans toute l'Angleterre et l'Écosse, les tramways ont la largeur de voie des grandes lignes de chemins de fer, ce qui n'est pas un mal.

Pour prendre un exemple, les trains de marchandises qui sortent du hall du chemin de fer de Saint-Pancrace, passent, sans rien changer à leur chargement, des rails du chemin de fer à ceux des tramways (fig. 464).

L'établissement définitif des tramways à Londres ne date que de 1869. Il se forma alors trois Compagnies. La première

(*Nord métropolitain Tramway*) posa des rails dans White Chapel, Mile-End et Bow. Pendant les années suivantes, elle étendit beaucoup son réseau, qui comprend aujourd'hui, à lui seul, 53 kilomètres. Elle possède 2,393 chevaux et 210 cars. La deuxième compagnie (*Métropolitan street Tramway*) dessert Kensington, Brixton et Clapham. La troisième (*London street Tramway*) dessert les parties nord-ouest de Londres.

Au commencement de 1873, 67 kilomètres de tramways existaient à Londres, et, en 1876, on en comptait 98 kilomètres.

Le résultat financier ayant été favorable, on demanda et obtint du Parlement, des autorisations pour établir des tramways dans un grand nombre de villes.

En 1869, on créait, dans les villes de l'Angleterre, 3 tramways; en 1870, 7; en 1871, 7; en 1872, 15; en 1873, 10; en 1874, 6; et en 1875, 7.

La longueur totale des rues traversées par des tramways, dans le Royaume-Uni, au 30 juin 1876, était la suivante :

Angleterre et Pays de Galles.	211.550 kilomètres.
Écosse	66.080
Irlande.....	40.460
	317.790 kilomètres.

Depuis 1876 le nombre des lignes de tramways s'est singulièrement accru dans la Grande-Bretagne; de sorte qu'il serait bien difficile de le dire exactement.

Sur le continent de l'Europe, Bruxelles est la première ville qui ait adopté les tramways.

Aujourd'hui quatre compagnies distinctes les exploitent. La plus ancienne ligne, qui a été ouverte en 1869, va de Schaerbeck au bois de la Cambre; elle a 7 kilomètres de long. Toutes les autres lignes ont été construites depuis 1870.

A la fin de 1874, les longueurs des lignes des tramways, à l'intérieur de Bruxelles, étaient les suivantes :

Railway belge sur rues.....	13.200 mètres
Compagnie brésilienne.....	10.800
Compagnie des villes ferrées belges (bois de la Cambre.....)	7.000
Compagnie Becquet.....	6.000

Total des tramways ouverts dans
Bruxelles..... 37.000

Dans les autres villes de Belgique, il y avait, en 1874 :

à Anvers.....	9.911 mètres
à Liège.....	7.694
à Gand.....	7.497

Ce qui donne une longueur totale d'environ 62 kilomètres de tramways ouverts en Belgique, à cette date.

Nous n'avons pas besoin d'ajouter que le réseau belge a singulièrement pris d'extension depuis 1874.

Les lignes sont à doubles voie, dans les trois premiers tramways de Bruxelles. La quatrième ligne est à voie simple. Dans les trois autres villes, les lignes sont aussi à voie simple, excepté sur une petite portion des tramways de Gand.

La largeur de voie est de 4 mètres à Bruxelles; excepté dans les rues étroites, où elle n'a que 0^m,80. A Anvers, elle est de 4 mètres; à Gand de 4^m,05. A Liège, elle varie de 4^m,50 à 4,75 en vue de donner l'espace nécessaire au passage de grands wagons.

Le rayon minimum de courbure permis dans un tramway, en Belgique, est de 44 mètres. A Bruxelles, ce rayon est ordinairement de 30 à 43 mètres. Quelquefois, à cause du manque d'espace, il descend à 20 mètres, mais rarement il va jusqu'à 14 mètres. A Anvers, le rayon minimum est de 25 mètres, excepté pour les parties traversées par le matériel des chemins de fer, où le rayon ne peut être inférieur à 75 mètres.

La voie se compose généralement de rails à ornière en fer, placés sur une sub-

structure en bois, composée de longrines reposant sur des traverses.

Les tramways ont été introduits en Belgique par une compagnie anglaise.

On sait que les tramways ne transportent que des voyageurs sans bagages, et point de marchandises. A Liège, on avait essayé, au début, d'utiliser les tramways, tout à la fois pour le transport des voyageurs et pour celui des marchandises. Pour cela, on se serait servi du matériel des chemins de fer à traction de locomotives, comme sur les embranchements industriels ordinaires à traction de chevaux. La voie de Liège fut construite d'après ce programme, et le cahier des charges autorisait le concessionnaire à effectuer un service de ce genre. Il aurait pu transporter, pendant le jour, les colis pesant moins de 100 kilogrammes; et le service des marchandises pondéreuses se serait fait par trains spéciaux, de dix heures du soir à six heures du matin.

Toutefois, ce service ne fut pas organisé. Depuis que le réseau de Liège existe, on ne s'en est servi que pour transporter des voyageurs.

La question du transport des marchandises par les tramways est donc restée en Belgique, comme dans les autres pays, à l'état de projet.

CHAPITRE II

LES TRAMWAYS EN FRANCE

Nous avons dit que l'ingénieur français Loubat, avait, dès l'année 1852, établi à New-York les premiers tramways, mais que les résistances de la population l'avaient obligé de renoncer à cette entreprise. Il espéra être plus heureux dans son pays, et il revint en France, dans le but d'introduire à Paris ce système de transport.

Le 16 août 1853, M. Loubat obtenait,

par une décision ministérielle, l'autorisation d'expérimenter son système de voies ferrées urbaines, sur le quai de Billy. Le 18 février 1854, il recevait la concession

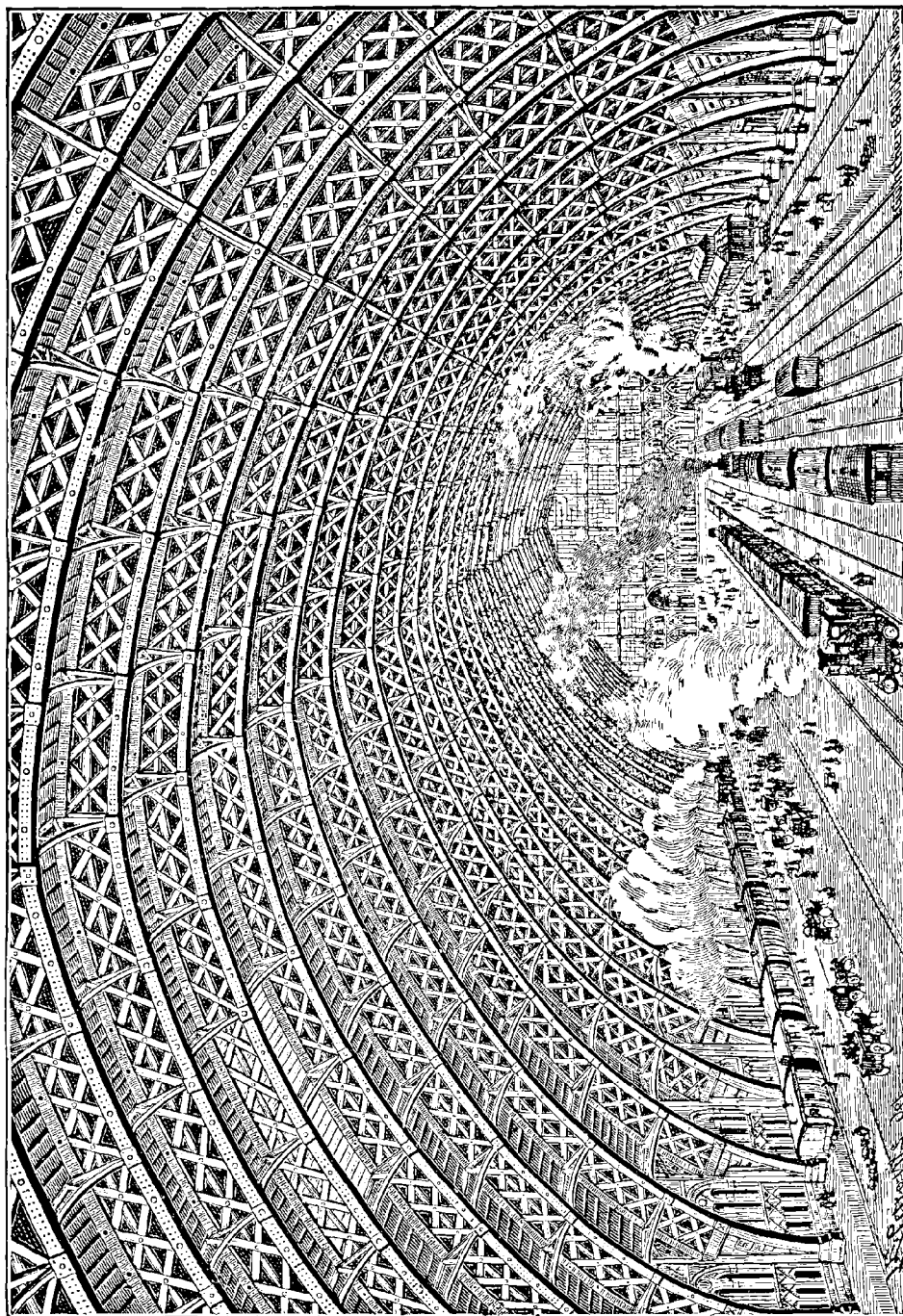


Fig. 464. — Hall de la station de Saint-P. ncrace, à Londres.

d'un réseau de tramways à établir de Vincennes à Sèvres, avec embranchement sur Boulogne.

Mais le gouvernement impérial, nous l'avons dit, ne voyait qu'à regret une entreprise qui n'était qu'à l'usage du peuple et

du bourgeois. Il redoutait les collisions qui pouvaient s'établir à l'intérieur de Paris, entre les énormes voitures à 40 places, et les légers véhicules, ou les lourdes charrettes, qui encombraient les rues populeuses. On limita donc, autant que possible, la concession de M. Loubat. Elle embrassait toute la ligne de Vincennes à Sèvres, ce qui comprenait la traversée de tout Paris, par le faubourg Saint-Antoine. Mais l'idée de poser des rails de voie ferrée en plein faubourg Saint-Antoine et dans la rue de Rivoli, faisait dresser les cheveux aux administrateurs de ce temps. On ne permit à M. Loubat d'établir ses rails que du pont de la Concorde à Sèvres.

Ce n'est pas ce qu'il avait espéré. Aussi se décida-t-il à céder son privilège à la compagnie des Omnibus. En 1855 seulement, la compagnie des Omnibus put achever de construire le réseau qui lui était rétrocédé. Mais, réduite à sa partie la moins fructueuse, l'entreprise des *chemins de fer américains*, comme on l'appelait à Paris, ne put prospérer. Établie sur une route où ne manquaient pas les moyens de communication, la voiture américaine était fort délaissée.

La compagnie des Omnibus qui avait acheté à M. Loubat sa concession, s'était d'abord servie des voitures que cet ingénieur avait fait construire d'après le type américain. Les roues étaient calées sur les essieux ; de sorte qu'elles étaient forcées de demeurer toujours sur les rails, sans pouvoir en sortir, si un accident venait à se produire. Le public parisien goûtait peu ce genre de voitures, auquel il n'était pas accoutumé. D'un autre côté, les conducteurs des autres attelages, c'est-à-dire des voitures de luxe, des voitures de place ou des charrettes, mettaient beaucoup de mauvaise volonté à se ranger à leur approche : de là de fréquentes querelles et des arrêts désagréables.

Il fallut en venir à des voitures capables

de dérailler, quand le cas l'exigeait, et de marcher sur la route ordinaire. C'est alors que l'on adopta de grands omnibus, pouvant quitter les rails, quand il le fallait, et qui contenaient 50 personnes. Ils pesaient 3,000 kilogrammes à vide, et plus de 6,000 kilogrammes à pleine charge. De leurs quatre roues, deux seulement étaient munies d'un boudin, destiné à s'engager dans la gorge du rail.

Cet type est aujourd'hui abandonné. Toutes les voitures des tramways de Paris sont munies d'un boudin intérieur, et ne contiennent que 40 places.

En résumé, le *chemin de fer américain du pont de la Concorde à Sèvres* n'obtint qu'un succès d'estime. La compagnie des Omnibus, qui en était propriétaire, ne réalisait que des pertes, et cette situation resta la même tant que dura l'Empire.

Il en fut autrement après l'avènement de la République.

En 1872, le projet d'un réseau de 11 kilomètres de tramways fut préparé, sur la demande du Conseil général de la Seine ; et la concession en fut faite au département, par un décret du 18 août 1873.

Le réseau des tramways parisiens fut, dès l'origine, très largement conçu. Il comprenait une ligne suivant les anciens boulevards extérieurs, et quinze lignes rayonnantes, ayant leurs points de départ sur les places de l'Étoile, Saint-Augustin, Moncey, la Chapelle, au Château-d'Eau, à la place de la Bastille, à la place Walhubert, au square de Clony, à la place Saint-Germain-des-Prés, et desservant dans la banlieue : Neuilly, Courbevoie, Suresnes, Clichy. Asnières, Gennevilliers, Saint-Ouen, Saint-Denis, Aubervilliers, Pantin, Montreuil, Saint-Mandé, Charenton, Saint-Maurice, Ivry, Vitry, Villejuif, Montrouge, Châtillon, Fontenay-aux-Roses, Issy, Vanves et Clamart.

C'était un ensemble important, qui assu-

rait le service complet de Paris et de la banlieue. Mais, en vertu d'un traité antérieur, la ville de Paris avait accordé à la compagnie des Omnibus le privilège des transports en commun jusqu'en 1884. Il fallait, ou lui racheter ses droits, ou lui concéder tout ou partie du réseau projeté pour les tramways. On fit une transaction. Le réseau général fut divisé en trois groupes. Celui qui devait traverser Paris, avec quelques amorces des lignes extérieures, fut concédé à la compagnie des Omnibus; les deux autres devinrent le privilège de la *compagnie des Tramways-Nord* et de celle des *Tramways-Sud*.

La *compagnie des Tramways-Sud* a, en outre, repris quelques-unes des lignes appartenant à la compagnie des Omnibus. Elle s'est chargée de leur construction et de leur exploitation.

Les compagnies de tramways payent à la ville de Paris une redevance annuelle de 6,000 francs par kilomètre de voie.

Le réseau de voies ferrées projeté en 1873 est aujourd'hui terminé, et il tend à s'accroître chaque année. Ce mode de locomotion est parfaitement accueilli par la population. Le réseau départemental prend beaucoup d'extension, et l'administration municipale s'efforce, de son côté, de créer de nouvelles lignes, dans le but de faciliter les transports dans Paris.

Les tramways se distinguent, avons-nous dit, des autres systèmes de voies ferrées, en ce que les rails, au lieu d'occuper un terrain qui leur soit spécialement réservé, sont établis sur les chaussées au revers des routes ordinaires, des chemins ou des rues, en laissant ces chaussées complètement libres pour la circulation. Les rails ne doivent donc faire aucune saillie sur le sol. Le *rail et le contre rail* forment une gorge, dans laquelle s'engage le boudin des roues des voitures spéciales du tramway, sans

que les jantes des roues des voitures ordinaires puissent y entrer.

A Paris, la gorge a 0^m,035 de largeur, et la table de roulement 0^m,04; dans tout leur ensemble, le *rail et le contre-rail* ont 0^m,09 de largeur. Ils sont posés sur une longrine en chêne, et y sont fixés, soit par des tire-fonds, soit par des crampons latéraux. Quand la route est pavée, on maintient le parallélisme des longrines à la distance normale, au moyen d'entre-toises en fer qui se placent entre les rangées des pavés et qui sont pourvues de clavettes permettant de régler l'écartement.

La largeur de la voie avait été fixée à 1^m,54 lors de la concession Loubat. En 1873, on adopta celle des chemins de fer : 1^m,44, espérant que l'on pourrait ainsi relier les usines aux grandes gares de marchandises. Cet espoir paraît mal fondé, ainsi que nous l'avons dit, la largeur de la gorge et des rayons de courbure sur les voies de tramways, étant insuffisante pour le passage des grands wagons de chemins de fer.

Le principal avantage des tramways consiste dans la diminution du frottement, pendant la traction. Cette réduction permet de remorquer, avec le même effort, un poids presque double de celui que l'on traîne sur les routes pavées ou empierrées. Elle fournit le moyen d'avoir des voitures plus spacieuses, plus commodes, et d'accéder aux impériales par des escaliers, d'une certaine largeur. Elle motive enfin une réduction des frais de transport. Ainsi, dans le département de la Seine, le prix moyen du transport d'un voyageur, pour 1 kilomètre, est de 6 centimes, 5, en première classe, et de 4 centimes en deuxième classe, c'est-à-dire la moitié environ de ce qui est perçu en chemin de fer. Ces prix comportent, d'ailleurs, la délivrance gratuite de billets de correspondance pour les omnibus et les tramways rencontrés.

Les véhicules employés pour le transport des voyageurs varient suivant les compagnies. Dans ceux de la compagnie des Omnibus, la caisse contient 20 personnes, l'impériale 22; la plate-forme en reçoit 6. Le poids de la voiture vide est de 2,950 kilogrammes; quand elle est pleine, elle pèse 6,000 à 6,500 kilogrammes. Un siège est disposé à l'avant, pour le cocher, et, à chaque extrémité du parcours, la voiture se retourne sur des rails en forme de boucle.

La compagnie des Tramways-Nord emploie le *car* américain, sans impériale. La caisse, affectée à la première classe, a 16 places assises; les deux plates-formes ont chacune 8 places debout, pour la deuxième classe. La voiture est symétrique, et grâce à un avant-train mobile, l'attelage se porte successivement à chaque extrémité, sans que l'on ait à faire retourner la voiture. Le poids est de 4,625 kilogrammes quand la voiture est vide et de 4,500 à 4,800 kilogrammes lorsqu'elle est pleine.

Le matériel roulant de la compagnie du Sud participe des deux systèmes précédents. La voiture est symétrique, mais elle est à impériale: elle pèse 2,200 kilogrammes vide et 5,000 à 5,200 kilogrammes, avec les voyageurs, qui sont au nombre de 46, à savoir: 16 dans l'intérieur, 12 sur les plates formes et 18 sur l'impériale. Elle s'attèle successivement à chaque extrémité, par la mobilité de son avant-train.

Chaque voiture de tramway est desservie par 8, 10 ou 12 chevaux, qui se relayent, et parcourent environ 10 kilomètres par jour. Elle parcourt, elle-même, de 85 à 90 kilomètres par jour.

Toutes les voitures sont munies de freins, pour modérer la vitesse dans les pentes, et les arrêter, lorsqu'un voyageur veut monter ou descendre. Des expériences ont prouvé que l'arrêt complet est obtenu après un parcours de 8 à 10 mètres si les voitures sont légères, et de 10 à 20 mètres si elles

sont lourdes, le frein étant une fois serré.

Le mouvement qui s'était produit à Paris, en 1873, ne tarda pas à s'étendre à la province, car chacun comprenait les avantages de ce nouveau mode de transport en commun. Départs réguliers, locomotion prompte et exempte de tout cahot, prix modiques, multiplication des rapports, tels sont les principaux avantages des tramways, et ce qui fit leur rapide et universel succès.

Lille fut une des premières villes de France à les adopter. En présence du succès des railways belges, elle demanda à l'État une concession, qui lui fut accordée le 4 octobre 1873; et, le 1^{er} janvier 1874, deux lignes importantes étaient livrées à l'exploitation.

En même temps qu'il concédait à la ville de Lille son réseau de tramways, l'État accordait à celle du Havre une concession analogue. M. de la Hault, l'entrepreneur général, se mit tout de suite à l'œuvre, et dans les premiers mois de 1874 deux lignes étaient en circulation.

La figure 465 représente deux voitures de tramways se croisant devant l'Hôtel de Ville.

Les tramways du Havre, commencés le 0 novembre 1873, étaient terminés le 24 janvier suivant. Ils furent inaugurés le 1^{er} février 1874.

Les travaux avaient été exécutés par les forges de l'Est et du Nord, pour les rails, et par la Compagnie général de matériel des chemins de fer d'Ivry (Seine) pour le reste du matériel.

Le directeur de l'entreprise des tramways du Havre, M. F. de la Hault, est un industriel belge. Il ne lui avait pas fallu moins de trois ans et demi de sollicitations aux ministères et à la municipalité, pour obtenir la concession.

Afin que l'on puisse apprécier les services que rendent les tramways, nous dirons que la statistique donne, comme chiffre de voyageurs, usant des tramways dans les villes

qui les possèdent, depuis 20 jusqu'à 150 fois celui de la population de chacune d'elles, suivant leur importance et l'étendue de certains réseaux.

A partir de 1874, le mouvement qui nous occupe devint général en France. Nancy, Versailles, Marseille, obtiennent de l'État des concessions, qu'elles rétrocèdent à des compagnies financières. En 1875, Nice, Dunkerque et Roubaix ont leurs concessions ; en 1876, Rouen, Tours et Orléans. En 1877, Boulogne, Montpellier, Valenciennes et Nantes reçoivent la même autorisation.

Bordeaux, Lyon, Saint-Étienne, etc., obtenaient de l'État des concessions semblables, et les cédaient, soit directement, soit par adjudication, à des compagnies.

Malheureusement, les municipalités se montraient un peu trop âpres au gain. Au lieu de favoriser des entreprises conçues en vue des intérêts des classes pauvres, elles imposaient aux compagnies des cahiers de charges faits pour les ruiner.

C'est pour cela que la plupart des compagnies de tramways, en France, n'ont réalisé que des pertes. L'établissement des premières lignes est revenu fort cher, par suite de l'inexpérience des ingénieurs ou des exigences des entrepreneurs ; et, d'autre part, les redevances des villes les ont privées de tout bénéfice. Il est à désirer que les municipalités se montrent, à l'avenir, plus favorable aux intérêts des Compagnies, et que celles-ci, de leur côté, évitent les frais inutiles et sachent réduire leurs dépenses au minimum possible, par une bonne administration.

Nous dirons quelques mots, au point de vue technique, des entreprises de tramways dans les villes de France où ils offrent un intérêt particulier.

Tramways du Havre. — Les tramways du Havre appartiennent à la *compagnie générale française des Tramways*.

La longueur totale du réseau exploité est de 9,145 mètres ; mais, par suite de l'existence de doubles voies, elle est aujourd'hui de 14,041 mètres. Le réseau général se compose de deux lignes principales, subdivisées, chacune, en trois sections.

On avait d'abord établi la voie avec des rails en fer posés sur des longrines, et des traverses en bois de sapin. Mais elle était beaucoup trop faible ; on a pris des rails en acier ; les nouvelles longrines sont en bois de chêne.

Tramways de Rouen. — Les tramways de Rouen ont été rétrocédés par la ville à M. Palmer Harding, en vertu d'un décret du 16 juin 1877.

La voie est simple, en règle générale. Elle n'est double que par exception, et seulement sur une longueur de 2,830 mètres. Le surplus forme une voie unique.

La largeur de la voie est de 1^m,445. Les rails sont en acier, à ornière du type des tramways-Sud de Paris. Ils reposent sur des longrines en chêne, portées sur des traverses du même bois.

Tramways de Nice. — Les tramways de Nice ont été concédés par décret du 9 septembre 1875. Tout le réseau est à voie simple.

La longueur totale des voies construites jusqu'ici est de 6,647 mètres. Le réseau projeté est, en totalité, de 13,524 mètres.

Tramways de Marseille. — A Marseille, les rues, qui n'ont que 7 mètres à 9 mètres, n'ont en général, qu'une voie de tramways, sans évitement : l'aller se fait par une rue, et le retour par une autre rue parallèle.

Les changements de voie s'effectuent au moyen d'aiguilles fixes et d'aiguilles mobiles. Les dernières fonctionnent automatiquement, grâce à des ressorts qui se meu-

tent en action par la main du conducteur | le changement. Les aiguilles qu'il faut
 pressant une tige, au moment d'opérer | mouvoir à la main, ne sont employées

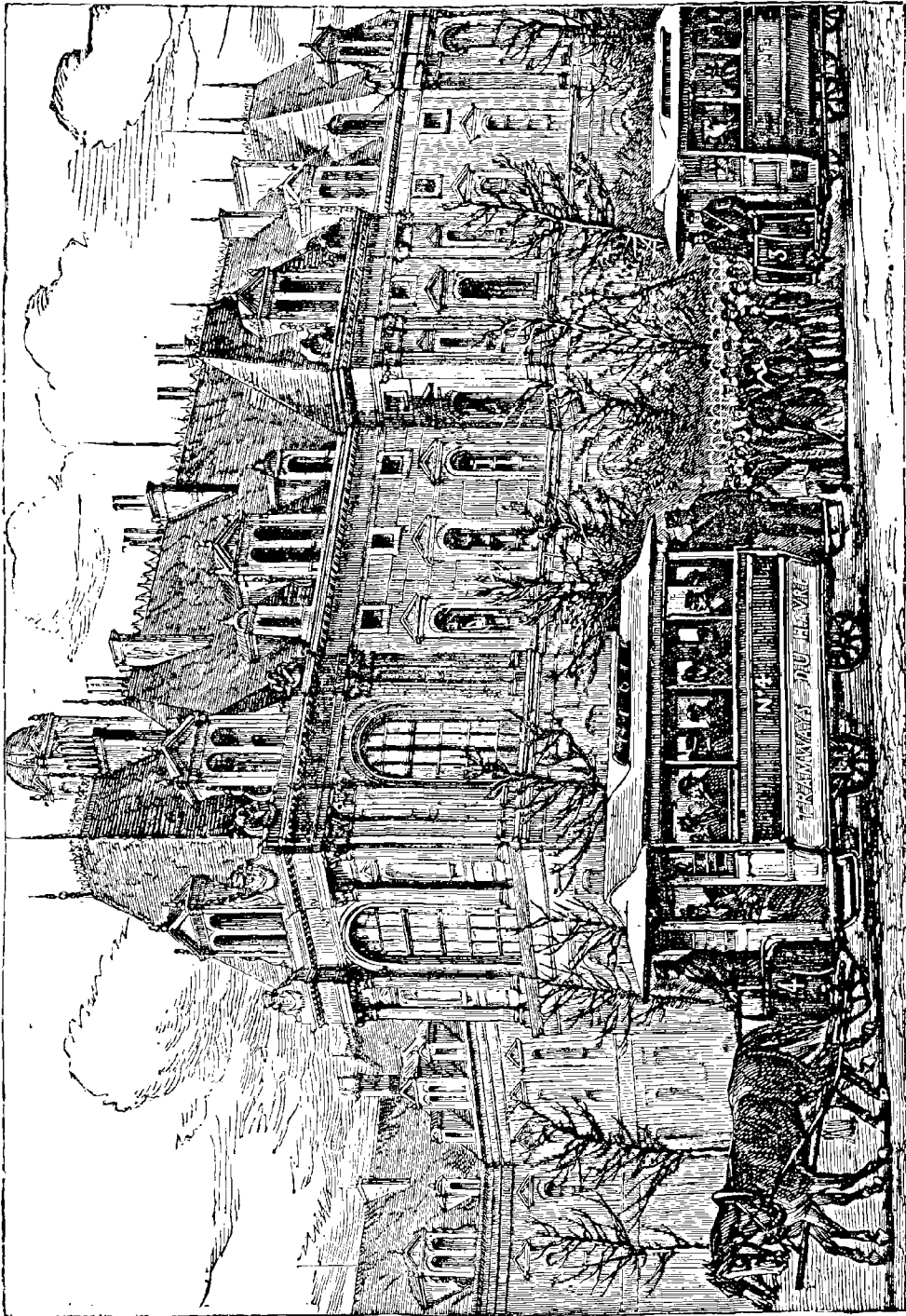


Fig 465. — Le tramway du Havre.

que pour les voies peu fréquentées. | voie de Nantes est l'application d'un sys-
 Tramways de Nantes, de Lyon, etc. — La | tème particulier, la voie Marsillon, qui cor-

siste à se servir, pour les tramways, des rails ordinaires des voies ferrées en usage pour les passages à niveau. Il paraît que c'est le système qui présente le moins de résistance à la traction. A Lyon, la même voie a été choisie.

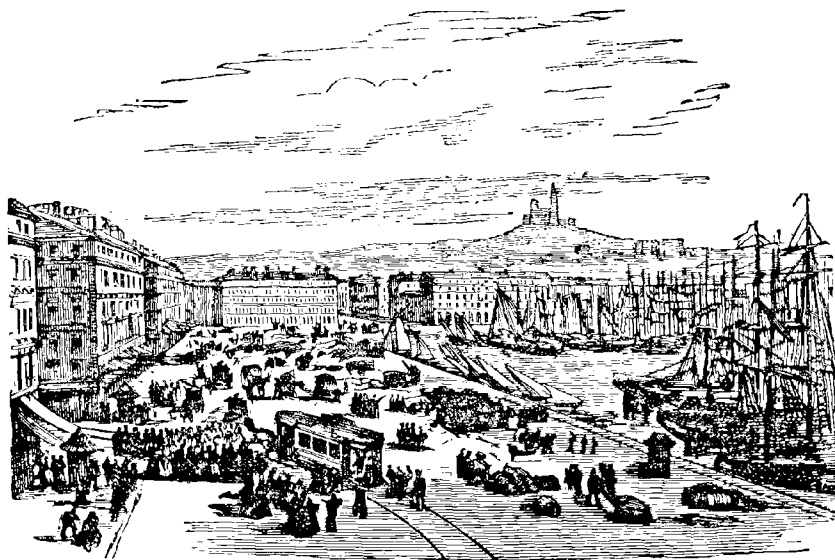


Fig. 466. — Tramway de Marseille (port).

Tramways de Bordeaux. — Ils ont été construits sur le modèle des tramways Sud de Paris, par une compagnie anglaise, qui en a obtenu la concession en 1879. Roubaix, Tourcoing et Nantes ont été pourvus du même système Marsillon

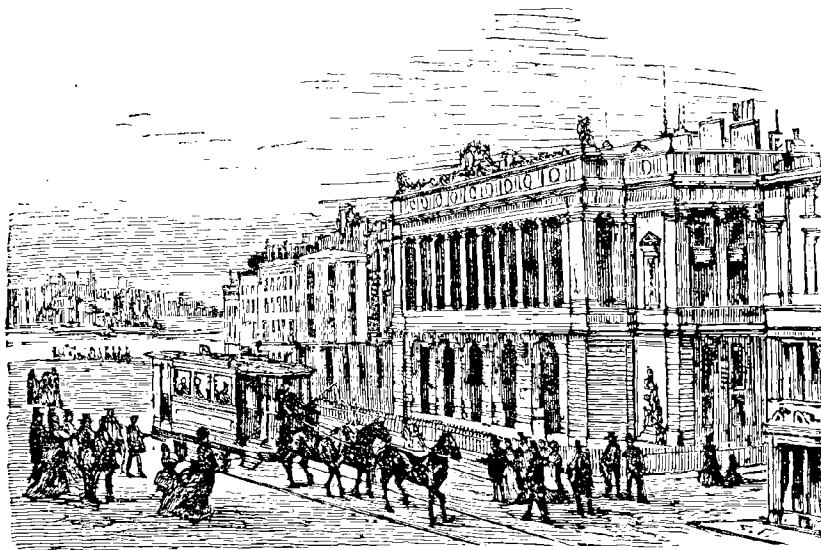


Fig. 467. — Tramway de Marseille (Cannebière).

Nous ne pousserons pas plus loin cette énumération. Nous avons voulu, par quelques exemples, donner une idée de l'installation des tramways dans quelques villes de France. Nous passons à l'exposé rapide de la construction des tramways, ensuite à la

description des véhicules, enfin à l'étude des moteurs qui ont été successivement essayés, ou mis en usage, pour la traction des voitures.

CHAPITRE III

CONSTRUCTIONS DES TRAMWAYS. — LES RAILS. — LES VOITURES. — LES DIVERS MODES DE TRACTION.

Les rails de tramways ne sont autre chose qu'une ornière métallique, à l'intérieur de

laquelle roule un boudin, dont la roue du véhicule est garnie, à son côté intérieur. Ils diffèrent essentiellement des rails de chemin de fer, qui sont plats, et dans lesquels l'ornière est composée, non aux dépens du rail, mais au moyen du boudin de la roue, qui fait saillie hors de sa circonférence.

Dans un rail de tramway, la gorge, ou ornière, doit être assez profonde pour que le boudin intérieur de la roue de la voiture y demeure engagé, mais pas assez large pour que les roues des petites voitures

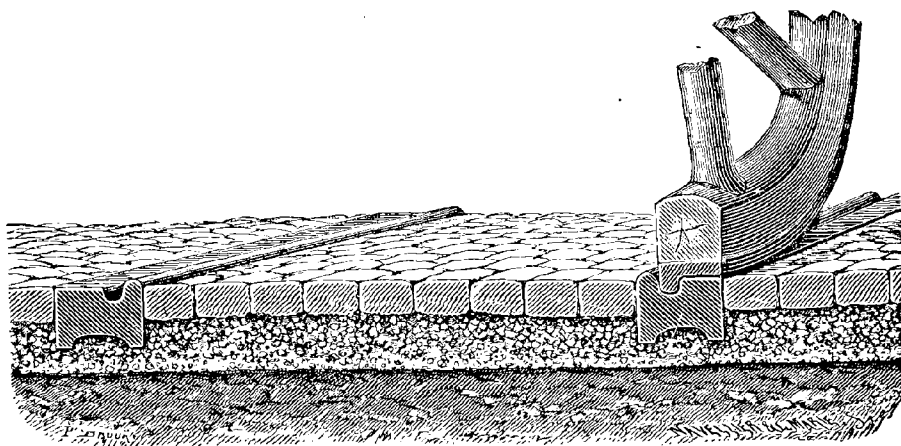


Fig. 468 — Coupe du rail des tramways de Paris

étrangères, qui rencontrent cette voie, puissent y pénétrer.

Rien de plus variable que les dimensions et les formes des rails, et par conséquent, de l'ornière qu'ils composent. Il importe seulement qu'elle ne fasse aucune saillie, ou qu'une saillie très légère sur la chaussée, pour ne pas entraver la marche des autres voitures.

Chaque ville a son rail particulier. Bien plus, dans une grande ville, comme Paris, Londres, Bruxelles, Lyon, etc., chaque ligne de tramways peut avoir son rail spécial. Décrire chacune de ces formes serait une œuvre fastidieuse, et bonne à consulter seulement pour les constructeurs et entrepreneurs. Aussi nous contenterons-

nous de parler du rail le plus communément en usage, le *rail Loubat*, que son inventeur posa, pour la première fois, en France, sur la ligne du pont de la Concorde à Sèvres, et qui est le plus généralement adopté aujourd'hui.

Le *rail Loubat* est presque entièrement plat. Il ne fait aucune saillie au-dessus de la chaussée. Le boudin intérieur de la roue de la voiture pénètre de 4 centimètres dans sa gorge.

Nous représentons dans la figure ci-dessus le rail Loubat, en usage à Paris. La largeur de l'ornière, ou gorge, est de 4 centimètres, sa profondeur de 2,5 centimètres.

Les rails des tramways sont presque toujours en fer, de bonne qualité, et quelque-

fois en acier. Leur poids, par mètre courant, varie de 15 à 28 kilogrammes. On les pose sur deux longrines, en bois de chêne, qui sont reliées, de distance en distance, par des traverses en bois ou en fer.

Les traverses qui relient les deux files parallèles de rails, n'existent pas toujours. On les supprime dans les rues pavées, car un pavage bien posé suffit à maintenir l'écartement des rails. On se contente alors de les réunir par de petites bandes de fer posées entre les pavés.

Les voitures des tramways sont trop connues, pour que nous ayons besoin de les décrire. Tout le monde sait qu'il y a, à Paris, deux modèles de voitures : le *car américain*, avec ou sans impériale, dont fait usage la *compagnie des Tramways-Sud*, et la voiture dite à *quarante places*, toujours munie d'une impériale, et d'un escalier pour y accéder.

Les *cars* américains sont symétriques, c'est-à-dire ont l'avant et l'arrière semblables. Les *voitures à quarante places* sont semblables aux grands omnibus, et doivent faire un tour sur une voie courbe ou sur une plaque tournante, pour reprendre leur route.

Dans les villes de la France et de l'étranger, les formes des voitures varient selon la saison. Dans beaucoup de villes, comme au Havre, le tramway est divisé en deux compartiments à cloison fermée, à l'instar des anciennes diligences, au lieu d'être à un seul compartiment longitudinal, comme les omnibus. Dans ce dernier cas, il n'y a pas d'impériale; la différence des prix est fixée d'après le compartiment occupé.

Dans les villes du Midi, les voitures sont découvertes et pourvues, ou non, de rideaux.

Rien, en un mot, de plus variable que les véhicules des tramways.

La question la plus intéressante, la seule

scientifique, en ce qui touche les tramways, concerne les genres de moteurs appliqués à leur traction.

Les premiers tramways furent entraînés par des chevaux, et c'est encore à ce moyen que l'on s'en tient généralement, bien qu'il soit le plus dispendieux.

Les chevaux employés à traîner les voitures des tramways, ont certains avantages. On peut réduire au minimum le poids de la voiture, parce qu'il n'y a pas à lui demander beaucoup d'adhérence sur les rails, l'effet du moteur se faisant dans le sens horizontal. A l'intérieur des voies populeuses, la conduite du véhicule est plus facile. En outre, les arrêts nécessaires pour prendre et laisser, à chaque instant, des voyageurs, s'effectuent facilement avec les chevaux, dont l'intelligence et l'habitude secondent admirablement le conducteur; car ils obéissent à sa main avec une singulière docilité, et même la préviennent quelquefois. Quand il faut dérailler, par suite d'un obstacle ou d'un accident, pour reprendre ensuite la voie de fer, l'adresse des chevaux facilite beaucoup cette opération. Avec les chevaux point de bruit de machines, inséparable de l'emploi d'un moteur mécanique.

Cependant, dans notre siècle, tout se fait, ou tend à se faire mécaniquement, l'économie étant la règle et le but de toute entreprise. Les tramways ne pouvaient échapper à cette loi générale. D'ailleurs, un train de chemin de fer est mû mécaniquement: issu du chemin de fer, le tramway devait se modeler sur son aîné. De là une longue série d'efforts pour appliquer aux tramways la traction mécanique.

Nous passerons en revue, dans le chapitre suivant, les modes divers de traction mécanique qui ont été expérimentés pour la traction des tramways, depuis leur origine jusqu'à nos jours.

CHAPITRE IV

LA TRACTION MÉCANIQUE APPLIQUÉE AUX TRAMWAYS. — LA MACHINE A VAPEUR. — *Cars* A VAPEUR, ET REMORQUEURS A VAPEUR. — LA locomotive à eau chaude; SON INVENTION ET SON PREMIER EMPLOI EN AMÉRIQUE; SON IMPORTATION EN FRANCE. — DESCRIPTION DE LA locomotive à eau chaude, PERFECTIONNÉE PAR M. LÉON FRANÇO. — APPLICATIONS QU'ELLE A REÇUES.

Les moteurs mécaniques que l'on a appliqués aux tramways, peuvent être ainsi classés :

1° La machine à vapeur, que l'on place, tantôt sur la voiture même, tantôt sur un truc séparé, qui sert alors de remorqueur à une ou plusieurs voitures;

2° L'eau bouillante contenue, sous pression, dans une chaudière, et émettant de la vapeur, ou la locomotive à eau chaude;

3° L'air comprimé;

4° L'électricité;

5° La traction funiculaire.

MACHINES A VAPEUR APPLIQUÉES AUX TRAMWAYS.

Pour circuler au milieu des rues, une machine à vapeur locomotive doit se plier à bien des conditions diverses. Elle ne doit exposer à aucun danger les voyageurs ni les riverains; — ne produire aucun bruit; — ne répandre ni fumée, ni escarbilles, ni flammèches, ni cendres, ni vapeur d'eau excédant l'échappement régulier des cylindres; — ne laisser voir aucune trace de feu; — pouvoir passer dans des courbes d'un rayon excessivement petit (20 à 30 mètres); — pouvoir dérailler et être remise sur les rails sans difficulté — marcher dans les deux sens, afin de ne pas nécessiter de plaques tournantes.

Voilà bien des difficultés accumulées. Nous allons voir comment les efforts des inventeurs sont arrivés à les surmonter toutes.

Il importe d'établir une distinction entre

les diverses locomotives à vapeur qui ont été appliquées à la traction des tramways. La machine à vapeur peut être portée par la voiture même qui contient les voyageurs; — on l'appelle alors *voiture à vapeur automobile*, — ou être placée sur un truck spécial, rattaché, par une chaîne, à la voiture qui contient les voyageurs; — c'est alors le *remorqueur à vapeur*.

Nous allons passer en revue les principales machines qui ont été mises en usage dans chacun de ces deux groupes.

Machines à vapeur et voitures automobiles. — Le *car Baldwin*, qui tire son nom de l'usine américaine qui le construit la première, se compose d'une chaudière verticale, placée sur la plate forme de devant. Le mécanisme moteur, c'est-à-dire les cylindres et les bielles, sont au-dessous de la caisse de la voiture. Il y a quatre roues couplées. Ce *car*, qui franchit des rampes de 4 pour 100, fonctionne sans bruit ni fumée, et brûle 2 kilogrammes 252 de charbon, par kilomètre.

Le *car Ted*, du nom de son constructeur, ressemble au précédent, avec cette particularité que la chaudière est séparée des voyageurs par un matelas d'air, de 15 centimètres d'épaisseur. Il peut recevoir 40 personnes.

Le *car Ranson*, construit par M. Ranson, de Philadelphie, est semblable au précédent, mais ne peut recevoir que 20 voyageurs.

Le *car Grantham* est à chaudière verticale et à machine motrice placées à l'avant. Il est porté, à l'avant et à l'arrière, sur de petites roues couplées. Construit en Angleterre, ce *car à vapeur* a été employé avec succès en Autriche, en Italie, en Angleterre et en France.

Le *car Brünner*, construit en Suisse, à Wintherthür, dans l'atelier de fabrication de locomotives de MM. Brünner frères, comporte une impériale. La caisse repose

sur deux trucks, dont l'un supporte les chaudières et le mécanisme moteur, et l'autre un pavillon pour les fumeurs. Cette voiture fait le service de Lausanne à Echallens.

Le *car Perret*, construit en Angleterre, à Nottingham, contient deux machines à vapeur verticales, l'une à l'avant, l'autre à l'arrière, et communiquant entre elles. Portée sur quatre roues couplées, elle est à impériale couverte. Le mécanisme moteur est au-dessous de la caisse.

Nous pourrions citer un certain nombre d'autres *cars à vapeur*, qui ont été mis en service ou construits, en Allemagne, en Angleterre et en Suisse; mais les détails qui précèdent suffiront pour se faire une idée exacte des *voitures à vapeur automobiles pour tramways*, c'est-à-dire portant, en même temps, les voyageurs et le mécanisme moteur, y compris les chaudières.

Remorqueurs à vapeur. — Ce genre de moteur a obtenu généralement la préférence sur celui qui précède, le trop grand voisinage du foyer et des appareils mécaniques, n'étant pas toujours du goût des voyageurs. Voici les principaux *remorqueurs à vapeur* dont on a fait usage jusqu'ici.

En première ligne, il faut citer la *locomotive Merryweather*, construite à Londres, et importée en France par M. Harding. La chaudière est tubulaire et horizontale, comme celle des locomotives ordinaires. Le mécanisme est placé sous la plate-forme. Ce mécanisme se compose de deux cylindres à vapeur horizontaux, agissant sur un essieu coudé. Il est caché, aux yeux des passants, par deux panneaux de tôle, qui descendent jusqu'au sol.

Les *locomotives Merryweather* ont fonctionné dans beaucoup de pays de l'Europe : à Barcelone, à Cassel (Allemagne), à Guernesey, à Bristol (Angleterre); en France : à Rouen et à Paris. Dans cette dernière

ville, elles ont fait le service sur la ligne de tramways de la gare Montparnasse à la Bastille, de la Bastille à Saint-Mandé, enfin, sur le réseau nord.

D'après M. Arthur Wright, ingénieur-directeur de la Compagnie des tramways de Rouen, ces machines, perfectionnées par lui, ne dépenseraient que 40 à 42 centimes par kilomètre. La traction par les chevaux coûte 70 centimes, en moyenne.

Nous représentons sur la figure 469 le tramway à vapeur qui a fonctionné en 1879 sur la ligne de Saint-Denis, faisant partie du réseau nord, et sur la figure 470 celui qui a été expérimenté de la gare Montparnasse à la Bastille.

La *locomotive Brown*, ou *remorqueur à vapeur*, construite à Wintherthur (Suisse), a fonctionné à Hambourg, à Bruxelles, à Florence, à Milan, à Turin, à Rome, à Genève, à Madrid, à Saint-Étienne et à Paris. Elle présente une série de particularités importantes à connaître pour les ingénieurs, mais qui n'intéresseraient pas suffisamment nos lecteurs. On prétend qu'elle ne dépense pas plus de 33 centimes par kilomètre.

Cette locomotive a fonctionné, en 1880, sur la ligne de la place de l'Étoile à Courbevoie.

La *Société Aulnoy Berlaimont* a fait fonctionner à Paris, en 1878, sur la ligne de Saint-Denis, un remorqueur à vapeur de voitures de tramways. La chaudière, verticale, était placée au milieu du truck; les cylindres étaient disposés extérieurement; le charbon et les caisses à eau logés au-dessus des cylindres. La machine était symétrique et pouvait marcher dans les deux sens. La vapeur était lancée dans les foyers, pour activer le tirage. Un frein à vapeur agissait sur les roues.

Nous ne pousserons pas plus loin cette description des *remorqueurs à vapeur*, ou

locomotives pour tramways. Il est facile de comprendre que les constructeurs de locomotives et de locomobiles se soient appliqués, en tous pays, à construire des locomotives à faible puissance, capables de

traîner, avec économie, des voitures de tramways. Ce problème, au fond assez simple, a été résolu par un grand nombre de constructeurs. Nous avons cité leurs principaux types.

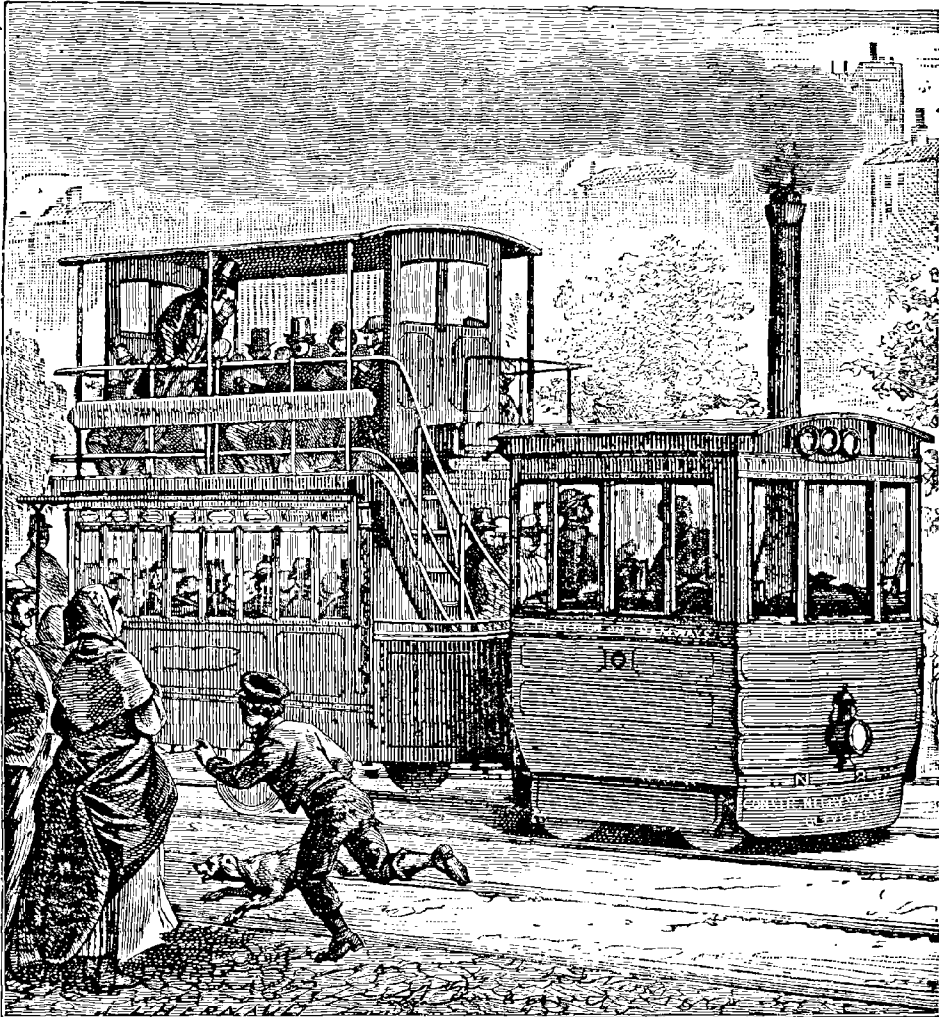


Fig. 469. — Remorqueur à vapeur pour les voitures de tramways expérimenté à Paris, sur la ligne de Saint-Denis. (Locomotive Merryweather.)

Chacun a pu voir, en 1879, sur le trajet de la gare Montparnasse à la Bastille, les locomotives Merryweather, et sur la ligne de la place de l'Étoile à Courbevoie, la machine Brown, de Wintherthür. Habitant à cette époque le quartier de la place de l'Étoile, j'ai souvent navigué sur le tram-

way à vapeur de l'Arc de Triomphe à Courbevoie. Je dis navigué, parce que le petit remorqueur à vapeur de Wintherthür tressautait sur les rails, à la façon d'une barque agitée par les vagues de la mer; ce qui n'était pas un agrément pour les voyageurs qui, même à distance du remorqueur,

ressentaient les effets de ce roulis terrestre.

En Italie, on a fait usage, en 1879, sur le tramway de Vercelli (Piémont), d'une ma-

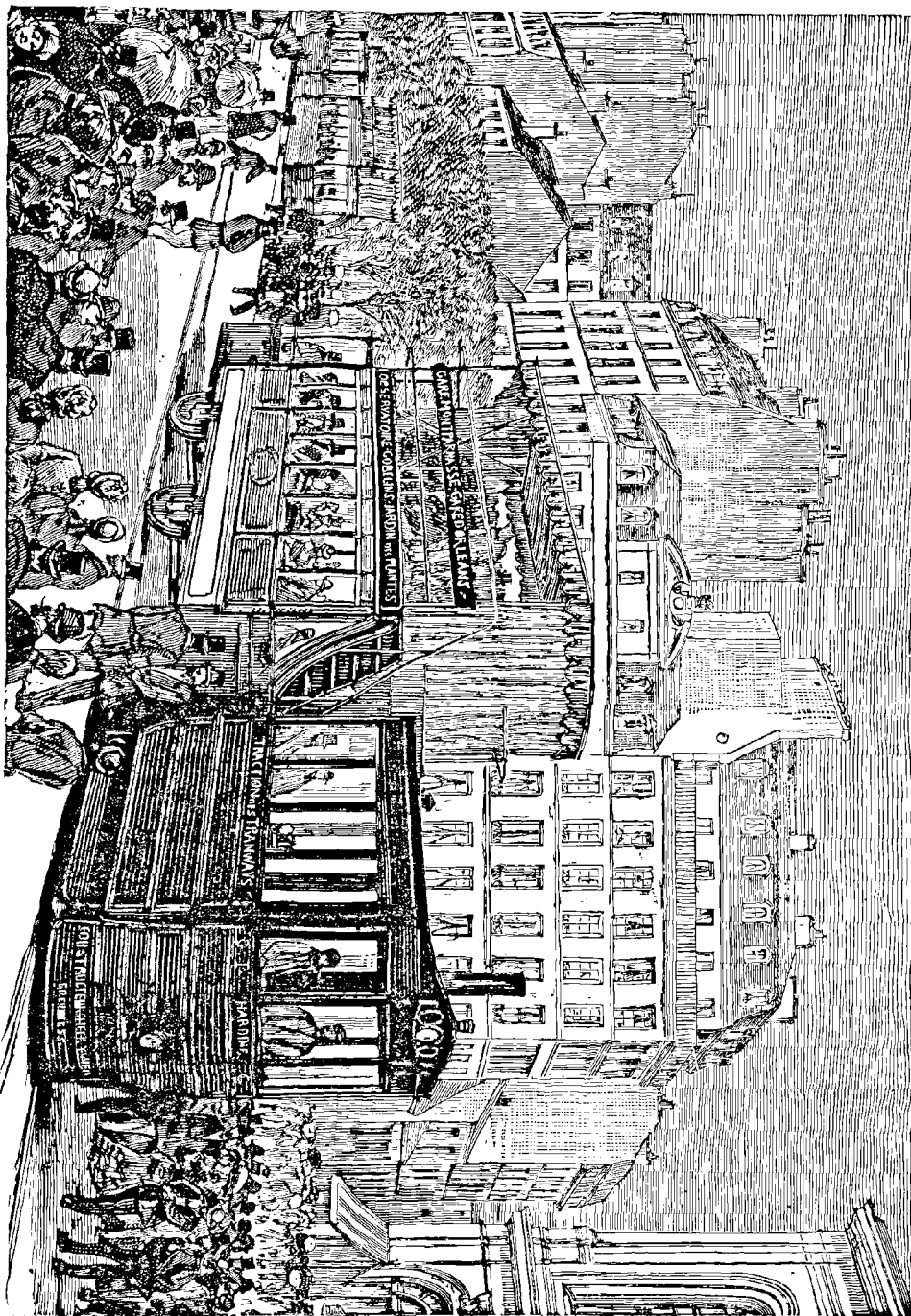


Fig. 470. — Remorqueur à vapeur, expérimenté à Paris, de la gare Montparnasse à la Bastille. (Locomotive Brown.)

chine locomotive à vapeur. Comme elle était destinée à faire un service de routes, cette locomotive trainait deux ou trois wagons.

Nous représentons, sur la figure 471, la voiture à vapeur de Vercelli.

| La locomotive sans foyer du docteur

LOCOMOTIVE A EAU CHAUDE

Nous passons à une manière nouvelle et fort originale de faire usage de la vapeur d'eau, comme agent moteur des voitures de tramways.

Les dangers d'un foyer que l'on promène dans les rues, et qui est sujet à semer sur le sol des fragments de charbon enflammé, ou à lancer de dangereuses étincelles; — les jets de vapeur sortant des cylindres, qui ont l'inconvénient d'effrayer les chevaux; — la difficulté d'éviter la production de la fumée; — le tout inséparable de l'emploi de la locomotive à vapeur, ont conduit à l'idée, extrêmement ingénieuse, de supprimer tout foyer, en faisant agir sur les cylindres moteurs, de la vapeur à très forte tension, fournie par de l'eau bouillante, contenue dans un réservoir clos. Dès lors, point de foyer, point de bruit, point de fumée, enfin aucun mécanisme sujet à des dérangements en pleine route.

Ce système, connu sous les noms divers de *locomotive sans foyer*, de *locomotive sans feu*, et de *locomotive à eau chaude*, est originaire d'Amérique. Il a été perfectionné, introduit en Europe et popularisé par un ingénieur français, M. Léon Francq, et peut-être sera-t-il, dans l'avenir, le mode de propulsion préféré pour les tramways.

Il ne sera donc pas sans intérêt de rechercher l'origine, en Amérique, et de rappeler les perfectionnements qu'a reçus, en France, cet intéressant mode d'emploi de la vapeur.

C'est à un Américain, le docteur Lamm, qu'est due l'idée remarquable d'emmagasiner dans un réservoir, de l'eau bouillante, surchauffée, sous pression, pour obtenir ensuite de cette vapeur une quantité de travail capable de remorquer, sur une voie de tramways, une voiture à voyageurs, pesamment chargée.

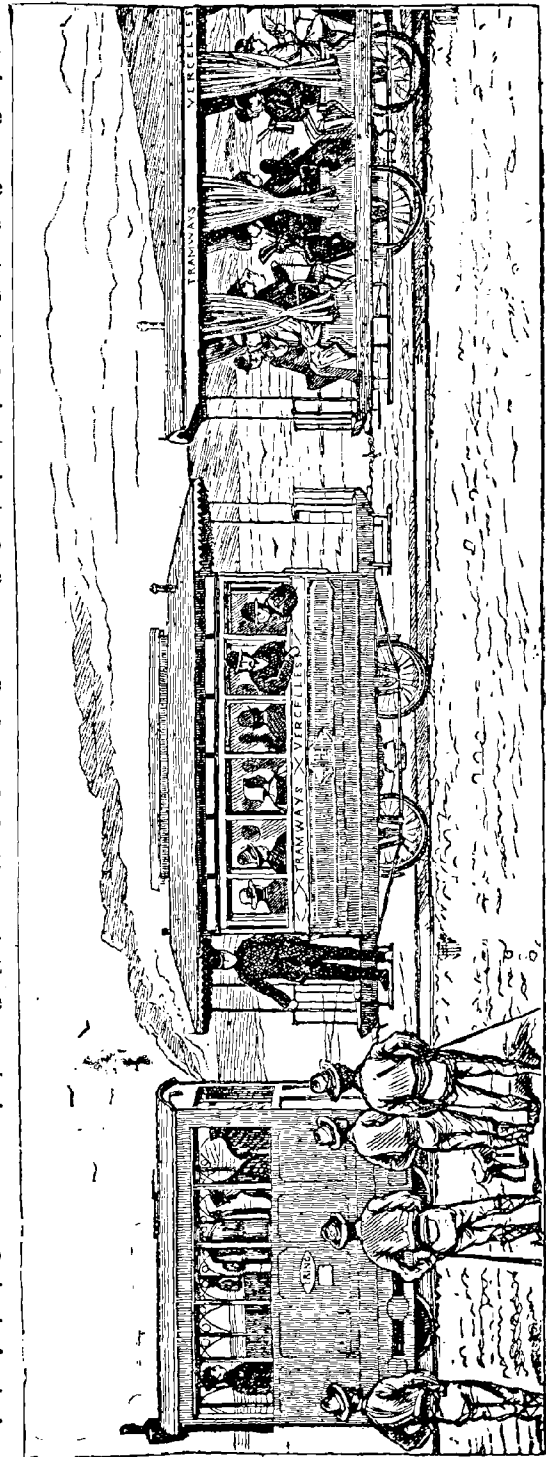


Fig. 471. — Tramway à vapeur de Vercelli (Piémont.)

| Lamm repose sur ce principe de physique, CONQUÊTES. — 1.

que, dans un vase clos, plus on chauffe l'eau, plus la pression augmente à sa surface.

C'est à la Nouvelle-Orléans que fut appliqué ce curieux système. En 1871, le docteur Lamm mit en circulation, sur la ligne du tramway qui existe entre la Nouvelle-Orléans et Carrolton, une *machine sans foyer*. Cette locomotive se composait d'un réservoir clos, d'environ 1 mètre de diamètre et de 3 mètres de long, monté sur quatre roues et rempli d'eau chauffée à une pression suffisante pour fournir, à l'intérieur, de la vapeur à très forte pression. Les cylindres à vapeur, placés près du réservoir, actionnaient une manivelle, qui faisait tourner l'essieu, au moyen de roues dentées. Le réservoir, de la capacité de 2^m,356, était d'abord rempli d'eau froide ; puis on le mettait en communication avec le tuyau d'un générateur fixe, dont la pression était de 14 kilogrammes par centimètre carré. L'eau s'échauffait rapidement, par l'arrivée de l'eau bouillante, et sa pression arrivait à 12 kilogrammes, 6, par centimètre carré. On supprimait alors la communication avec le générateur d'eau bouillante, et la *locomotive à eau chaude* était prête à fonctionner. Une fois remplie à Carrolton, la locomotive pouvait faire le voyage pour aller jusqu'à la Nouvelle-Orléans et en revenir, et elle conservait encore une pression de 3 kilogrammes, 5, par centimètre carré. La vapeur sortant des cylindres était simplement déversée dans l'atmosphère.

Il paraît qu'en 1875 les locomotives à eau chaude étaient constamment en marche sur le tramway de la Nouvelle-Orléans à Carrolton, et donnaient des résultats satisfaisants.

Un ingénieur français, M. Léon Francq, ayant eu connaissance de la *locomotive sans foyer* du docteur Lamm, se proposa de l'introduire en France.

Depuis longtemps, d'ailleurs, M. Léon Francq se consacrait à l'étude et au perfec-

tionnement des tramways. C'est à lui que l'on doit l'introduction en France de la voiture de tramways capable de dérailler et de reprendre la voie, qui remplaça la voiture primitive de M. Loubat, sur le chemin de fer dit *américain*, allant de la place de la Concorde à Sèvres, modèle qui a pris, depuis 1872, un si grand développement. Sur la demande de l'administration, M. Léon Francq a fait divers essais de rails de plusieurs systèmes, sur des points très fréquentés de Paris, par exemple au carrefour de la rue de Rivoli et du boulevard Sébastopol.

C'est dans le cours de ces dernières études, que M. Léon Francq ayant eu connaissance des résultats constatés à la Nouvelle-Orléans, sous le rapport de l'économie, par la *locomotive sans foyer*, en acquit le privilège de l'inventeur, et s'occupa de lui apporter les perfectionnements dont elle avait besoin pour servir à un trafic régulier.

Comme nous l'avons dit, le docteur Lamm alimentait les récipients de sa locomotive en y introduisant de l'eau bouillante, fournie par un générateur, M. Léon Francq a obtenu un chauffage plus égal et bien meilleur en introduisant dans l'eau fraîche du récipient, la vapeur qui se dégage d'un générateur.

Les machines américaines à eau chaude, construites par le docteur Lamm, ne permettaient pas de concilier la puissance de traction sur les rampes avec la facilité de circulation dans les courbes ; et comme la pression diminue sans cesse, pendant la marche, par suite du refroidissement et du travail effectué, le mécanicien était constamment obligé de manœuvrer le régulateur, pour rendre la vitesse uniforme sur tout le parcours. Cette opération ne pouvait se faire qu'au détriment de la surveillance, déjà fort difficile, à cause de la position du conducteur à l'arrière du remorqueur.

M. Léon Francq a fait disparaître la majeure partie de ces inconvénients.

Le renvoi dans l'atmosphère de la vapeur sortant des cylindres, a l'inconvénient d'effrayer les chevaux, dans la traversée des rues. Au lieu de rejeter directement la vapeur au dehors, M. Francq la dirige dans un *condenseur*, où sa liquéfaction est à peu près complète. Dès lors, il y a très peu d'émission de vapeur à l'extérieur, et en même temps, le bruit de l'échappement est à peine perceptible.

Enfin, un *détendeur automatique* pour la vapeur, donne la possibilité de régler d'avance, et à volonté, la pression de la vapeur à son entrée dans les cylindres.

M. Léon Francq, a également porté remède à un défaut que présentent la plupart des machines américaines : la nécessité du retournement au bout de chaque parcours. Son remorqueur à vapeur peut marcher indifféremment dans les deux sens, comme la locomotive Brown.

M. Léon Francq, qui s'est rendu, ainsi que nous l'avons dit, cessionnaire des droits de M. Lamm, aujourd'hui décédé, a poursuivi avec une grande persévérance les applications de la locomotive à eau chaude, et il y a industriellement réussi, par l'établissement successif de la ligne de tramways de *Rueil à Marly*, de celle de *Lille à Roubaix*, et aussi de celle de *Java* (aux Indes hollandaises) aujourd'hui en plein fonctionnement, et qui ne compte pas moins de vingt et une machines.

Disons, toutefois, que cette locomotive est lourde; vide, elle pèse 6,604 kilogrammes, et pleine, 8,433 kilogrammes.

Dans les essais qui ont été faits à Paris, sur la ligne de tramways, entre l'église Saint-Augustin et le boulevard Bineau, trajet qui est d'environ 8 kilomètres, aller et retour, la machine de M. Francq remorquait un omnibus de 2,000 kilogrammes, contenant vingt-huit voyageurs. La pression dans le

réservoir tomba de 10 kilogrammes, 968, à 3 kilogrammes, 515 par centimètre carré, pendant le parcours, aller et retour. Pendant les dix premières minutes de marche, on n'apercevait aucune émission de vapeur de la machine; mais, dans la suite, il s'en échappait une quantité considérable, qui fut une cause d'ennui pour les voyageurs placés dans le *car* suivant, mené par des chevaux.

Dans les machines Francq construites par M. Cail, le réservoir d'eau bouillante est entouré d'une enveloppe de bois et de liège. Les roues ont 0^m,762 de diamètre, et les essieux sont à une distance de 4^m,30 l'un de l'autre, pour que la machine puisse passer facilement dans des courbes de 150 mètres de rayon. Le réservoir, cylindrique, est en tôle d'acier, épaisse de 0^m,014. Il a 1 mètre de diamètre et 2 mètres de long. La limite de pression qu'on a autorisée, est de 15 kilogrammes par centimètre carré (15 atmosphères)

Les principales difficultés qu'on avait rencontrées dans les applications de la *locomotive sans foyer* qui fonctionnait en Amérique, résultaient de ce que la pression était constamment décroissante, depuis le départ jusqu'à l'arrivée à destination. M. Léon Francq a muni la machine d'un régulateur spécial, et il a augmenté, en même temps, l'étendue de la période d'introduction de la vapeur. Celle-ci est d'abord amenée dans un *détendeur*, et se réchauffe ensuite en passant dans un tuyau qui plonge dans l'eau chaude du récipient, ce qui la ravive, en quelque sorte avant qu'elle ait agi sur le piston.

La *locomotive à eau chaude* tend à acquérir quelque importance parmi nous. Depuis 1880, elle dessert la petite ligne de tramways, allant de Rueil à Marly, et l'expérience démontre qu'elle peut trainer, en faisant un service régulier, plus de 20 tonnes, à une vitesse de 20 kilomètres par heure, et qu'elle franchit, sur l'embranchement de Marly, une rampe de près

de 2,000 mètres, sur laquelle se trouvent des déclivités de 6 pour 100.

Nous représentons, sur la figure 472, la locomotive à eau chaude remorquant deux voitures de tramways sur la route de Rueil à Marly.

La dépense pour la traction, sur cette ligne, n'est que 0 fr. 45 par kilomètre. Le tramway de Lille à Roubaix qui fait, sur une longueur de 11 kilomètres, une recette brute de 400,000 francs, ne laissait aucun bénéfice avec les locomotives à vapeur ordinaires; avec la locomotive sans foyer, un bénéfice notable a été constaté en 1884.

Quelques détails pratiques sur la manière de mettre en usage la nouvelle locomotive, termineront cet exposé.

La locomotive à eau chaude, ou sans foyer, est tout simplement comme on vient de le voir, une locomotive ordinaire, où l'on remplace la chaudière tubulaire et tous les accessoires qui en dépendent, par un réservoir dans lequel on introduit de l'eau aux trois quarts. On met ce récipient en communication avec une chaudière à vapeur (à haute pression autant que possible); l'eau se réchauffe et prend une température égale à celle de la vapeur qui vient se mélanger avec elle. Quand on rompt la communication, la chaleur emmagasinée par l'eau suffit pour transformer une partie de celle-ci en vapeur, dont l'énergie est suffisante pour effectuer un travail.

Ainsi, une tonne d'eau chaude à + 200 degrés, montée sur une petite locomotive pesant trois tonnes, à vide, peut fournir un parcours horizontal de 10 kilomètres au moins (aller et retour) avec une charge de dix tonnes environ.

Pour chauffer l'eau à + 200 degrés (pression, 15 atmosphères), une chaudière spéciale à haute pression est nécessaire. Mais si l'on veut employer les chaudières ordinaires des usines, il faut augmenter la capa-

cité du réservoir d'eau, pour produire le même travail. Dans l'un et l'autre cas, les cylindres moteurs de la locomotive sans foyer sont calculés pour travailler régulièrement à faible pression, par l'effet du détenteur imaginé par M. Francq, qui amène la vapeur toujours à la même pression sur les pistons, quelle que soit celle du réservoir d'eau chaude. Cette pression ne peut varier, dans les limites fixées à l'avance, que par la volonté du machiniste quand celui-ci doit franchir une courbe ou une rampe qui exige une traction plus puissante.

Nous venons de passer en revue les différents modes d'emploi de la vapeur, qui ont été employés pour la traction des voitures tramways. Il nous reste à dire que la force de la vapeur, de quelque manière qu'on l'emploie, serait le moyen le plus rationnel pour le service des tramways. Bien qu'en ce moment, une certaine défaveur pèse sur tout procédé de traction mécanique appliqué aux chemins de fer des rues, on ne se tromperait pas en affirmant que l'avenir appartient à la vapeur, pour ce genre de service.

L'auteur, très compétent, d'un ouvrage sur les Tramways, auquel nous avons fait divers emprunts, dans le cours de cette Notice, M. Sérafon, ancien directeur des tramways de Lille et ancien ingénieur en chef d'une société de chemins de fer sur routes, exprime son opinion sur ce point, en termes si vifs et si catégoriques, que nous ne pouvons nous empêcher de la consigner ici.

« L'emploi des chevaux, dit M. Sérafon, est la plaie des tramways. Le prix des fourrages, si variable qu'on ne peut déterminer à l'avance ce que coûtera la ration, le renchérissement des chevaux, leur usure rapide, les épidémies qui les déciment à certaines époques, tout concourt à rendre ce mode de traction très onéreux et très préjudiciable aux compagnies.

Tandis que les frais de traction sur un chemin de

fer à locomotives n'entrent que pour 30 à 35 pour 100 dans les dépenses d'exploitation, la traction animale représente les 65 à 75 pour 100 de celles d'un tramway.

Avec les chevaux, les moyens de transport sont forcément limités. Une compagnie ne peut pas nourrir toute la semaine des chevaux, qu'elle n'utilise que le dimanche et les jours de fête où le mouvement des voyageurs augmente considérablement.

Il faut, pour qu'un tramway prospère, qu'il transporte beaucoup, et que la traction ne prenne pas la majeure partie de la recette.

Ces deux conditions ne peuvent pas être remplies avec emploi des chevaux.

Les compagnies sont préoccupées depuis longtemps de cette situation préjudiciable, et beaucoup ont cherché à l'améliorer en ayant recours à la traction mécanique. Si on ne peut pas encore considérer les machines comme pouvant remplacer les

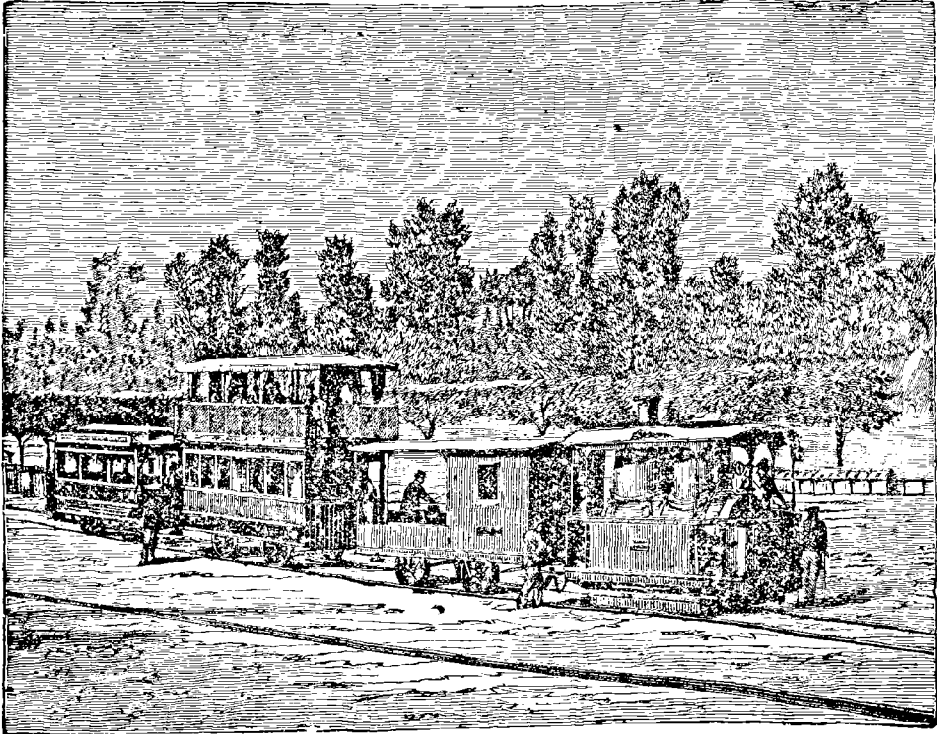


Fig. 472. — Le tramway de Rueil à Marly mené par la locomotive à eau chaude.

chevaux sur les tramways, il faut reconnaître qu'un grand pas a été fait dans cette voie (1). »

CHAPITRE V

LES VOITURES DE TRAMWAYS MUES PAR L'AIR COMPRIMÉ
— LA LOCOMOTIVE MEKARSKI, SA DESCRIPTION, SON
FONCTIONNEMENT, SES AVANTAGES.

L'air comprimé présente des avantages

(1) *Les Tramways*, in-12. Paris, 1882, page 214.

de premier ordre pour traîner des voitures, au milieu des grands centres de population. Une locomotive dans laquelle l'air comprimé sert d'agent moteur, n'émet point de vapeur, ne fait pas de bruit, et ne répand pas de fumée; elle part et s'arrête avec une grande facilité. Aussi plusieurs constructeurs ont-ils essayé de rendre ce système d'un usage pratique.

En France, M. Mekarski a attaché son nom à la création d'une locomotive mue par l'air comprimé, qui a attiré à juste titre l'attention publique.

La locomotive à air comprimé de M. Mekarski présente, dans son ensemble, l'aspect d'un wagon de tramway. A l'avant est la plate forme, sur laquelle se place le conduc-

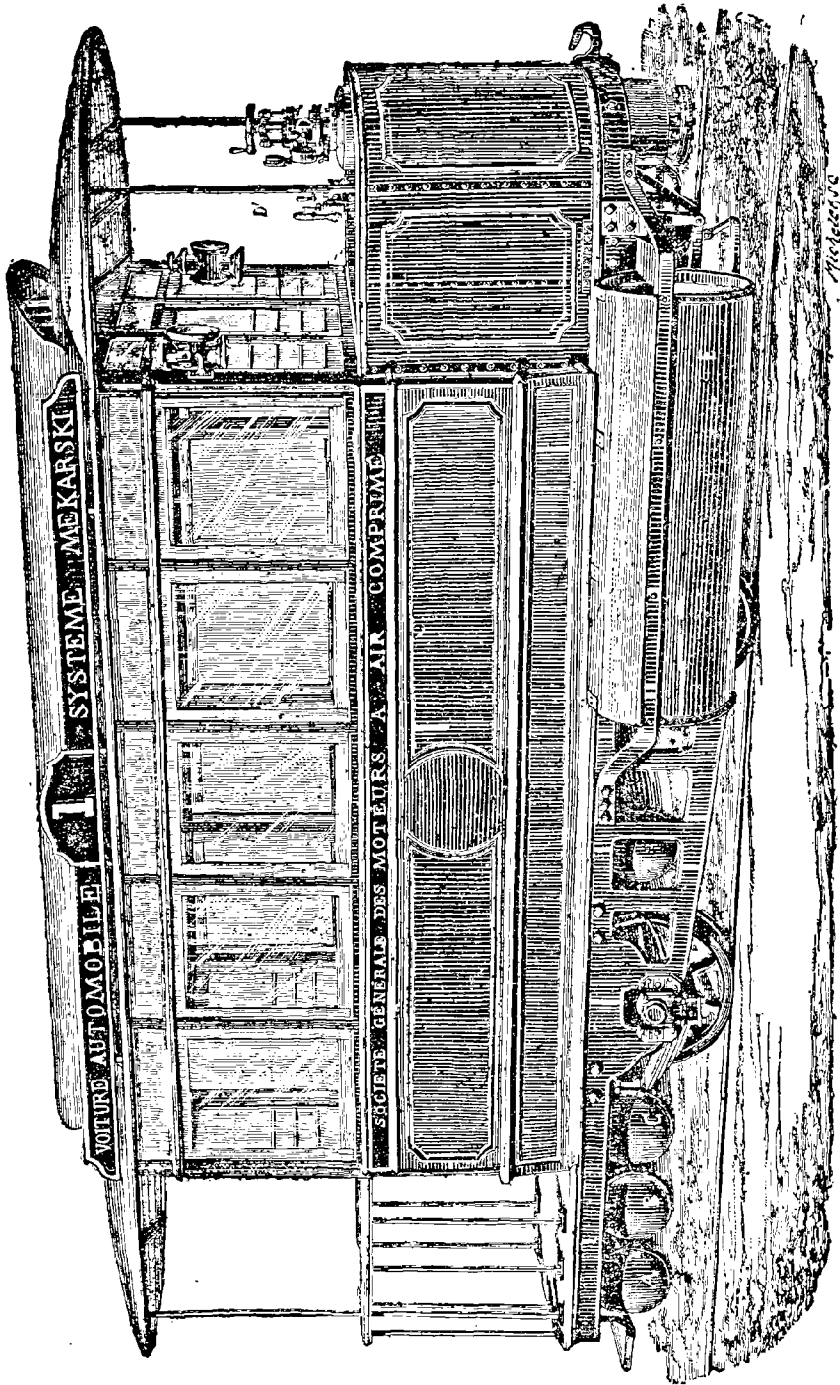


Fig. 473 — Locomotive à air comprimé.

teur. Sous le châssis de support de la caisse sont disposés, transversalement, des cylindres de tôle (A, B, C, fig. 473), capables de résister à l'effort de trente atmosphères, dans

lesquels on peut comprimer de l'air au moyen d'une machine à vapeur. Mais quoique emmagasiné à l'énorme pression de 25 atmosphères, afin de n'occuper qu'un volume des plus restreints, l'air comprimé ne doit être employé que sous la pression, beaucoup

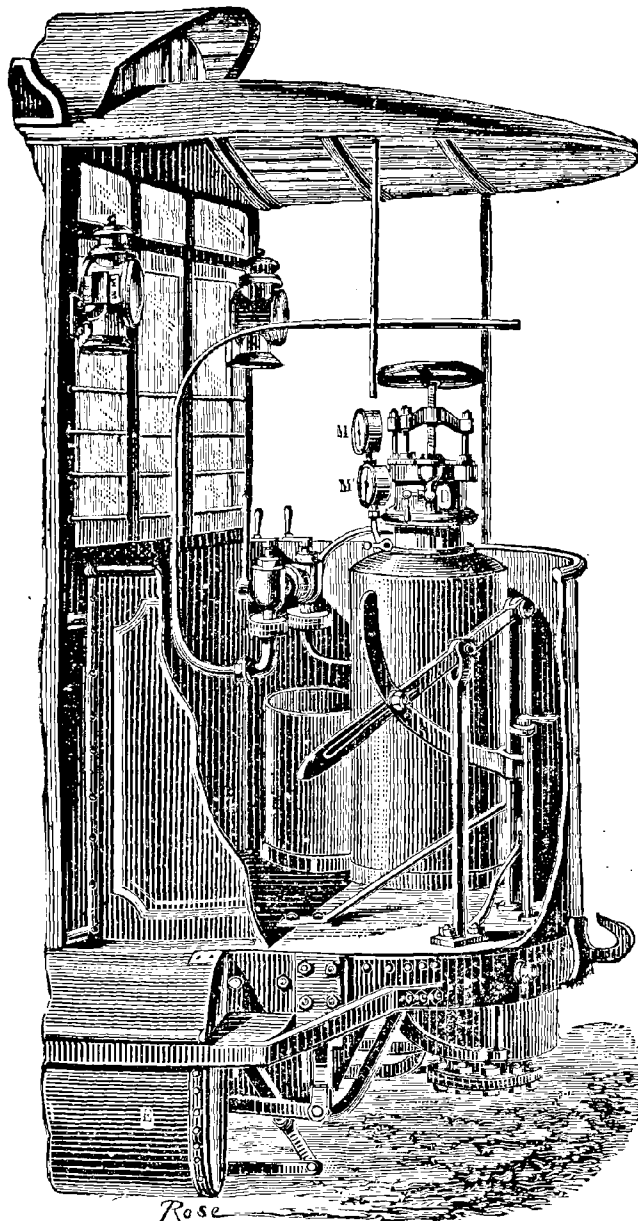


Fig. 474. — Appareil régulateur de la pression de la locomotive Mekarski.

moins, de 3, 4 ou 5 atmosphères, suivant les poids à entraîner ou les difficultés que présente la route. Il a donc fallu imaginer un système particulier pour ne laisser passer, dans le mécanisme moteur, que la quantité exacte d'air comprimé nécessaire pour produire l'effet voulu. Ce mécanisme, disposé sur la plateforme d'avant, est manœuvré à la main, au moyen d'une roue. par le conducteur, qui peut, en suivant

des yeux les indications de pression de deux manomètres, M, M' (fig. 474) régler l'affluence plus ou moins grande de l'air dans les cylindres moteurs, et, par suite, augmenter ou ralentir la vitesse de la voiture.

Mais on sait que l'air comprimé, quand il revient à la pression ordinaire, se refroidit. En passant de 25 à 5 atmosphères, il se refroidirait au point d'amener la congélation des huiles de graissage, de causer, par suite, des grippements dans le cylindre, et finalement une mise hors d'état du mécanisme. M. Mekarski a obvié à ce danger en faisant passer l'air dans une bouillotte ou réservoir d'eau E (fig. 474), surchauffée à + 180°. C'est donc réchauffé et chargé d'humidité, que l'air pénètre dans les cylindres moteurs placés sous la voiture. Ces cylindres sont garantis de la poussière et de la boue par une enveloppe qui les recouvre entièrement; de telle sorte que, du dehors, on n'aperçoit, qu'une voiture-wagon un peu plus élevée que les voitures ordinaires des tramways.

Il est facile de se rendre compte des grands avantages de ce système de machine, qui fonctionne sans foyer, sans fumée, et est exempt de ce bruit particulier aux véhicules mécaniques, enfin qui ne présente aucun danger d'incendie ni explosion.

Les expériences faites en 1878 démontrèrent que la voiture automobile à air comprimé emportait avec elle une provision d'air suffisante pour accomplir le trajet complet, aller et retour, du rond-point de l'Étoile jusqu'à Courbevoie, en réservant une provision suffisante pour parer à toutes les éventualités. Elle réalisait une vitesse suffisante, gravissant sans difficulté les longues rampes de l'avenue, et s'arrêtant très rapidement.

A la suite de ces essais, les locomotives à air comprimé de M. Mekarski furent mises en service sur la ligne des tramways Sud, de la place de l'Étoile à Courbevoie; mais

leur usage n'y fut pas longtemps conservé. Aujourd'hui, les chevaux font la traction sur cette ligne; mais les mêmes locomotives fonctionnent sur les tramways de Nantes.

Ce système n'est point, comme on l'a dit, dispendieux; car, d'après le directeur des tramways de Nantes, la traction ne coûte que 0 fr. 37 par kilomètre, tandis que la traction des tramways à vapeur sur le réseau Nord, à Paris, était du prix de 0 fr. 55 et des tramways Sud, du prix de 0 fr. 57.

En Angleterre, le colonel Beaumont, le même dont nous parlerons dans la Notice sur le *Tunnel sous-marin du pas de Calais* qui fait partie du tome II^e de ce recueil, a exécuté une locomotive à air comprimé, que nous représentons dans la figure 475.

Le *car à air comprimé* du colonel Beaumont a été construit à Londres par MM. Greenwood et Batley. Ces constructeurs donnent à l'air une forte compression, pour augmenter son effet utile. La pression est de 70 kilogrammes par centimètre carré, avec un réservoir de 1,840 litres d'air. La compression de l'air s'effectue avec une machine à vapeur *compound*.

Cette machine est à quatre cylindres. L'air s'y étend successivement, depuis la pression initiale de 70 kilogrammes jusqu'à la pression de l'air qui est renvoyé à l'extérieur, après avoir produit son effet mécanique.

Les volumes des quatre cylindres qui se font suite sont dans le rapport de 1, 3 à 9; de sorte que dans cette machine, l'air peut se détendre à 27 fois de son volume à l'état de compression. Quand la pression baisse, le premier cylindre est fermé à l'air comprimé, qui va directement au second, si besoin est; le second est fermé et l'air va directement au troisième, et finalement au quatrième.

M. Kinnear Klark, décrivant la machine à air comprimé du colonel Beaumont, s'exprime ainsi :

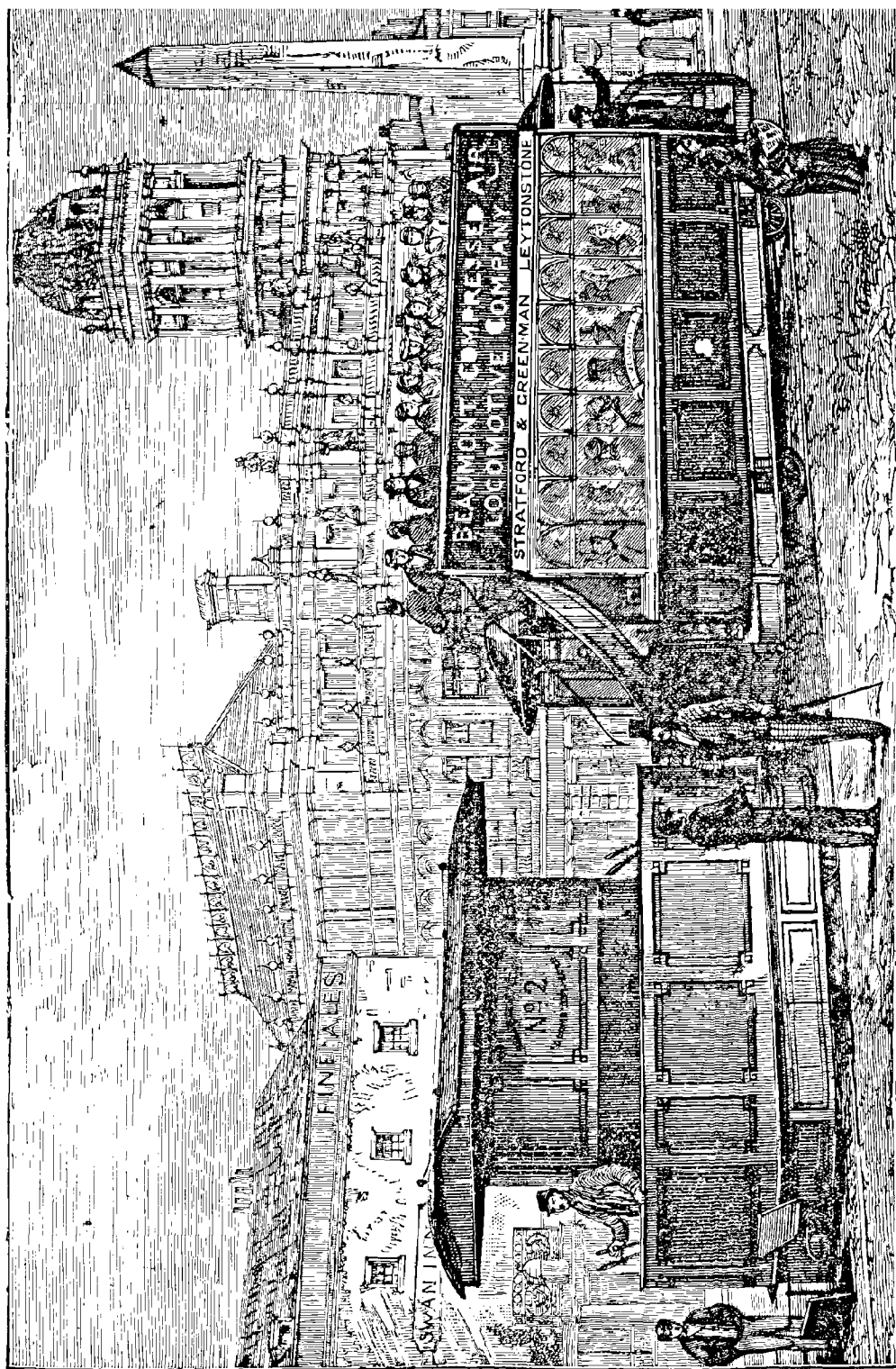


Fig. 473. — Locomotive à air comprimé du colonel Beaumont, en usage sur un des tramways de Londres.

« M. Greenwood fait remarquer qu'on ne peut tirer la même puissance de la machine à air comprimé sous une pression décroissante. Il a calculé qu'on perd les $\frac{4}{5}$ de la force de la vapeur employée à la compression, mais il espère réduire la perte aux $\frac{2}{3}$ et conserver $\frac{1}{3}$ de la puissance de la vapeur comme travail utile effectué. La force en chevaux que donne un pied cubique d'air à une pression de 70 kilog. 31 est d'environ 5 chevaux.

La machine ci-dessus mentionnée a parcouru 10,460 mètres avec un poids de 4 à 5,000 kil. MM. Greenwood estiment qu'avec un réservoir de 2,831 litres de capacité complètement chargé, on pourrait parcourir 16,000 mètres.

Le poids d'une pareille machine serait de 4,000 à 4,500 kilogrammes (1). »

Un constructeur d'Écosse, M. Scott-Moncrieff, a fait circuler, en 1875, sur une ligne de tramways qui parcourt la vallée de la Clyde, un *car* à air comprimé.

Le *car* de M. Scott-Moncrieff, mû par l'air comprimé, ressemble, en apparence, à une voiture ordinaire de tramways. Le réservoir et le mécanisme sont portés sur un châssis, en dessous du plancher de la voiture, et les machines sont dans la partie centrale.

M. Kinnear Clark donne la description suivante de la *locomotive d'air comprimé* de M. Scott-Moncrieff.

« Dans le premier *car* construit et mis en service, comme essai, vers le milieu de 1875 sur le tramway de la vallée de la Clyde, il y avait six réservoirs contenant de l'air comprimé — trois à chaque extrémité du *car*. L'air était fourni aux réservoirs à la pression de 24 kilog. 605 par centimètre carré. Il y avait deux cylindres à air de 0^m, 151 de diamètre avec une course de 0^m, 356. La provision d'air passait dans un orifice étroit avant d'être admise dans les cylindres; l'admission était arrêtée, de manière que la détente se fit jusqu'à ce que la pression se réduisit à celle de l'atmosphère; l'air moteur était expulsé à cette pression. Le poids total du *car* était de 6,858 kilog.; avec 40 voyageurs, il était de 10,668 kilog. M. Scott-Moncrieff rapporte que pendant une épreuve qui a duré 14 jours, sur la ligne entre Gavan et Paisley-Toll, les réservoirs étaient chargés, après chaque parcours de 1,800 mètres, avec de l'air comprimé ayant une

pression de 24 kilog. 800 par centimètre carré et qui servait jusqu'à ce que la pression fût descendue à 7 kilog. 031. La pression moyenne de l'air dans les cylindres était d'environ 4 kilog. 555. M. Scott-Moncrieff fait connaître que son *car* consommait par kilomètre de 7,040 à 8,800 litres d'air estimé à la pression atmosphérique, et il pense qu'une machine de 150 chevaux suffirait à entretenir un service de 1,600 kilomètres par jour.

La machine de M. Scott-Moncrieff a repris pendant quelques semaines un service régulier sur la vallée de la Clyde au commencement de 1877. Des résultats de son expérience il a conclu que le prix de revient de l'exploitation (y compris les gages des conducteurs, l'éclairage, le nettoyage) était compris entre 0fr. 194 et 0fr. 259 par kilomètre parcouru (1). »

CHAPITRE VI

LES TRAMWAYS MUS PAR L'ÉLECTRICITÉ. — LA TRACTION FUNICULAIRE APPLIQUÉE AUX TRAMWAYS.

Les avantages que présentent les locomotives à air comprimé, de ne point promener un foyer au milieu des rues, seraient également réalisés par l'électricité servant d'agent moteur aux wagons des tramways.

Cet essai a été fait déjà bien des fois. Nous avons parlé, dans ce volume des tramways de Berlin mus par l'électricité, d'après le système de M. Werner-Siemens, et nous avons dit ce qui a été fait à Paris pendant l'Exposition de 1881, pour reproduire aux abords du palais de l'Industrie l'installation du tramway électrique qui avait été étudié et expérimenté à l'Exposition de Berlin en 1879, par MM. Werner Siemens et Halske.

A Berlin, en 1879, les rails étaient utilisés pour transmettre le courant électrique; mais à Paris on ne put employer cette disposition, par suite du *veto* prononcé par la Préfecture de police. On fut donc obligé de disposer, sur le côté de la voie, de gros tubes en laiton, qui étaient soutenus à une certaine hauteur, par des poteaux

Tramways, par Kinnear Clark, traduit de l'anglais. Paris, in-8°, 1880. page 276.

(*Les Tramways*, page 275.)

Ces tubes, isolés entre eux, communiquaient avec les deux pôles de la machine dynamo-électrique placée dans le palais de l'Industrie, et qui engendrait, par le mouvement, le courant électrique. A l'intérieur de ces tubes, deux curseurs, ou chariots métalliques, suivaient les fils, et étaient en communication avec la voiture, au moyen de simples cordes.

L'électricité ne pourrait servir à la traction des voitures de tramways, dans le cours d'un service régulier, en prenant les rails pour conducteurs. Il faudrait isoler la voie en la plaçant sur des tabliers métalliques élevés sur des arcades, comme on le fait pour les railways métropolitains de New-York. Mais alors, on ne se trouve plus en présence d'un tramway : on a un véritable chemin de fer électrique.

Dans la première partie du volume suivant, nous décrivons le railway électrique proposé par M. J. Chrétien, pour le chemin de fer métropolitain de la ville de Paris. Cette disposition aurait évidemment de grands avantages, et le mode de traction par l'électricité est digne d'être mis en balance avec la *locomotive d'eau chaude* de M. Léon Franck. Mais il faudrait élever la voie sur des arcades, en maçonnerie ou en fer, et alors on n'est plus, nous le répétons, en face d'un tramway, mais bien d'un chemin de fer urbain.

La figure 476 (page 797) montre les conditions dans lesquelles il faudrait installer l'électricité comme agent moteur des convois, à l'intérieur d'une ville. La voie est élevée sur des arcades, et avec cette installation, rien n'empêche que l'on se serve des rails comme conducteurs du courant électrique. C'est le système de traction électrique, tel que M. Chrétien le conçoit, et que nous croyons devoir figurer ici, pour bien établir les conditions dans lesquelles un tramway électrique devrait être installé. Nous devons nous hâter d'ajouter que jusqu'ici la trac-

tion électrique sur une voie aérienne n'a été réalisée dans aucune ville.

En 1883, un essai de traction électrique a été fait à Paris, par un système tout particulier, et qui rentre bien dans le service des tramways. Le moteur électrique est porté par le wagon même; on n'a donc pas besoin d'isoler la voie; de sorte que le système peut dire, comme le philosophe Bias : *Omnia mecum porto* (*Je porte tout avec moi*).

La voiture électrique qui fut essayée à Paris, pendant l'été et l'automne de 1883, était actionnée par une machine dynamo-électrique, alimentée d'électricité par des accumulateurs. Cette expérience attira une juste curiosité. Il était intéressant, en effet, de voir les accumulateurs, employés comme source régulière d'électricité; et d'un autre côté, la progression d'un véhicule, non sur des rails, mais sur une route ordinaire, à la façon d'une locomotive routière, était un trait d'audace auquel on devait applaudir.

Un certain succès répondit à cette démonstration pratique de l'utilité des accumulateurs. La question de dépense n'est pas, en effet, précisément ce dont il faut s'occuper à l'origine d'une invention. Il faut commencer par s'assurer de son bon fonctionnement, les comptes viennent plus tard.

C'est le 24 juin 1883, à quatre heures du matin, que le *tramcar* partait, pour la première fois, de la place de la Nation, à Paris, emportant 30 voyageurs, sur la ligne des boulevards extérieurs. Il passait place de l'Étoile, prenait l'avenue Kléber, le Trocadéro, et arrivait, vers cinq heures vingt minutes, à la Muette, près Passy. Il sortait alors des rails, pour se retourner, les reprenait, après une halte d'une demi-heure, et finalement était de retour à son point de départ à sept heures, après avoir effectué un trajet d'environ 32 kilomètres, avec une vitesse moyenne de 11 à 12 kilomètres à l'heure.

Cette expérience fut répétée un grand

nombre de fois, et toujours avec succès.

Donnons maintenant la description du mécanisme moteur de la *voiture électrique*.

Près de la plate forme et sous le plancher de l'omnibus, est fixée une machine dynamo-électrique Siemens, qui reçoit le courant de 80 accumulateurs placés sous les banquettes, et que commande un arbre intermédiaire. La transmission se compose de deux chaînes Galle et de deux couronnes dentées rapportées sur les roues

La poulie, à mouvement différentiel, est folle sur l'arbre; deux petits pignons d'angle engrènent chacun avec deux roues d'angle. L'une de ces roues est clavetée sur l'arbre, et communique à l'une des roues motrices de la voiture par l'intermédiaire d'un pignon claveté sur le même arbre. L'autre roue est folle, et commande directement l'autre roue motrice de la voiture, à l'aide d'un autre pignon.

L'une des roues motrices de l'essieu d'arrière est fixe, l'autre est folle sur cet essieu. Il en est de même pour celles de l'essieu d'avant-train mobile, commandé par un pignon et un segment denté.

On peut ainsi proportionner à chaque instant, dans une courbe, l'effort moteur appliqué à chaque roue motrice du travail résistant, et l'ensemble du mécanisme est doué d'une grande souplesse.

La possibilité de mettre en action un véhicule sur les routes ordinaires, au moyen des accumulateurs électriques, a été assez bien démontrée par cette expérience. C'est là le fait important, car, si la traction sur les voies ferrées est une chose assez simple avec une machine dynamo-électrique fixe et une machine réceptrice portée par le véhicule, pour un transport sur les routes ordinaires, ce moyen ferait entièrement défaut.

Nous ne nous étendrons pas davantage sur l'application de l'électricité à la traction des *cars* de tramways, car nous avons traité

dans ce volume¹ avec beaucoup de développements techniques, la question des *chemins de fer électriques*. La différence qui existe entre les *tramways électriques* et les *chemins de fer électriques*, n'est pas, en effet, facile à tracer, et ce que nous avons dit des chemins de fer électriques peut s'appliquer aux tramways de même nom.

Sur les lignes des tramways présentant de fortes rampes, on a essayé la *traction funiculaire* c'est-à-dire la traction par câbles, que nous avons étudiée dans le premier volume de cet ouvrage².

C'est à San Francisco que cet essai a été fait, et il a donné de bons résultats, sauf que les câbles s'usent vite, ce qui constitue une assez forte dépense.

L'installation d'un *chemin de fer à ficelle*, comme on l'appelle à Lyon, ne présente pas de grandes difficultés aux ingénieurs. Quand, on dispose d'une voie spéciale où n'est admis aucun passant, et que rien n'y gêne la circulation des voitures. Mais c'est autre chose pour un tramway, c'est-à-dire pour une voie ferrée posée à niveau du sol, au milieu des rues et des places, à travers tous les embarras de la circulation publique. Pour placer un câble de traction, il faut nécessairement le loger sous le sol, et imaginer un système mécanique qui relie avec la voiture la corde cachée sous terre. Une autre difficulté consiste à produire aisément les arrêts et les départs, c'est-à-dire à rompre, par intervalles, la relation entre le câble de traction et le véhicule. Voici comment ces difficultés ont été vaincues, sur le tramway *funiculaire* de San Francisco.

Le câble est installé, comme on le voit sur la figure ci-après, au-dessous du sol, dans un petit canal de fer. Ce canal résulte de l'assemblage d'une suite de tronçons. Chaque

1. Pages 576-604.

2. Page 399 et suiv.

tronçon est composé, lui-même, de feuilles | et convergeant entre elles, de manière à
de fort et ôlé, ajustées sur une base commune, | former une capacité ovoïdale. Les feuilles

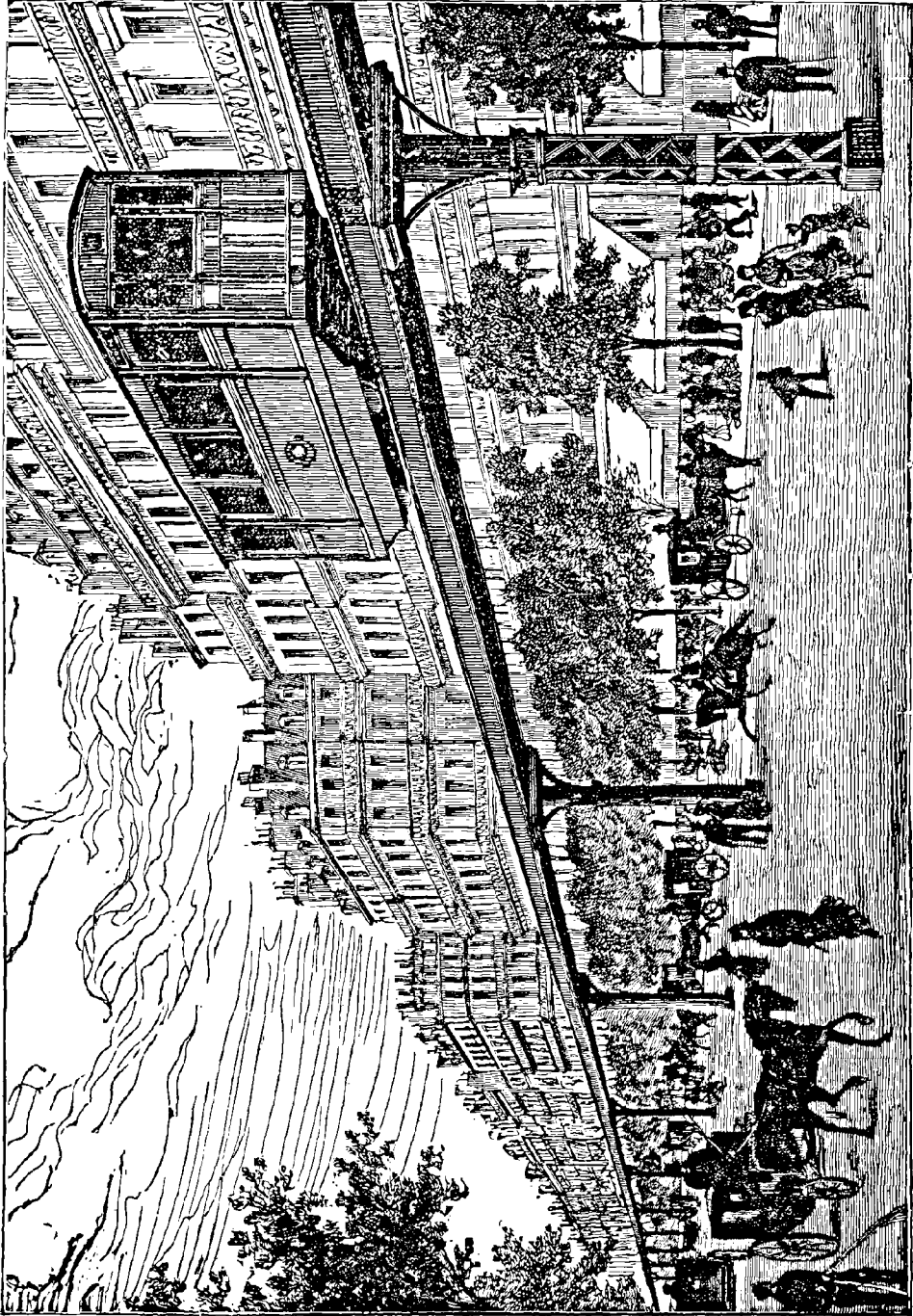


Fig. 476. — Un tramway à traction électrique.

ne se touchent pas; elle laissent entre elles | de fer, fixée à la partie inférieure de la
une rainure, qui donne passage à une tige | caisse de la voiture. De cette manière, la

câble tire la voiture par le procédé ordinaire de la traction funiculaire, c'est-à-dire au moyen d'une machine à vapeur fixe, qui enrôle le câble autour d'un cabestan, sur une poulie, placée à une distance convenable.

Comment produit-on les arrêts et les nouveaux départs? D'une manière très

ingénieuse, et grâce à une invention, qui caractérise le nouveau tramway. La ⁴³⁵ verticale, B, placée au-dessous de la voiture, et qui suit la rainure supérieure du canal métallique, est armée, à son extrémité supérieure, d'une sorte de griffe, qui saisit la voiture, quand il s'agit de marcher, et qui

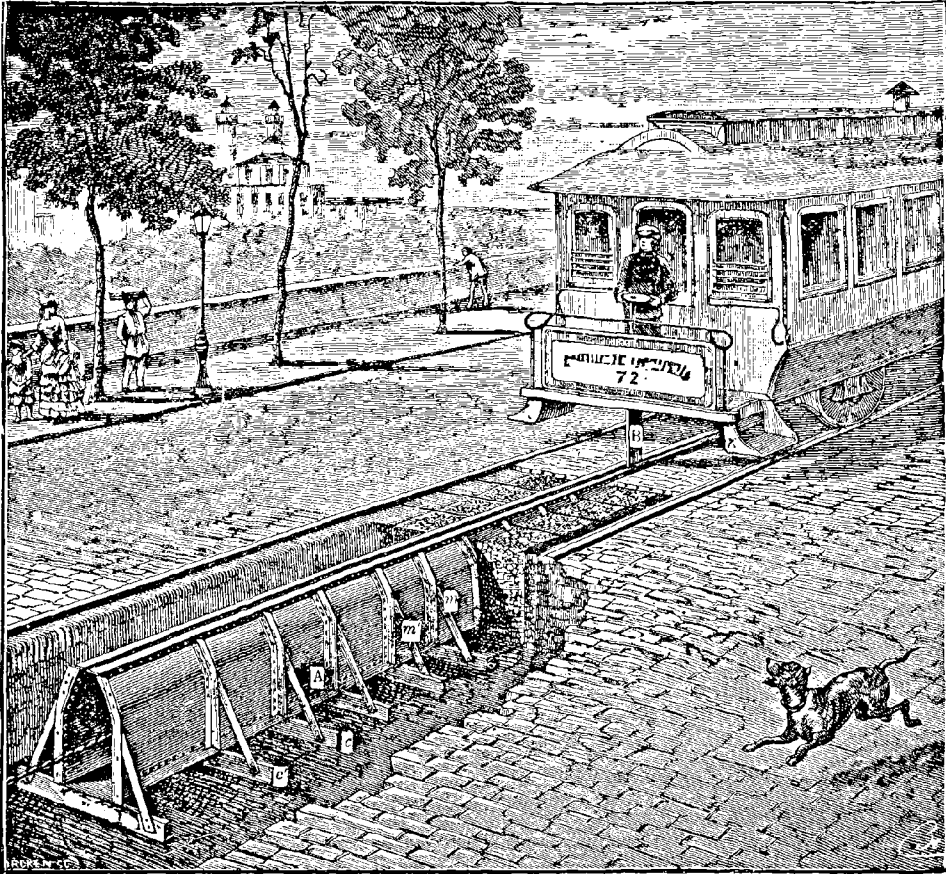


Fig. 477. — Tramway funiculaire de San-Francisco, à roues visibles.

ouvre, quand il faut s'arrêter. La griffe étant ouverte, grâce à la simple pression de la main du conducteur, il n'y a plus de relation entre le câble et le véhicule, et, les freins aidant, la voiture s'arrête. Pour repartir, il suffit que le conducteur remette la griffe en prise; alors, le câble étant rattaché à la voiture, la marche recommence.

Le canal métallique devant conserver constamment son plan horizontal, on as-

sure sa stabilité en le faisant porter sur des traverses, *c, c'*, et le renforçant par des montants de fer, *m, m'*, qui relient les sommets de chaque feuille de tôle avec la base commune. Par ces dispositions l'écartement régulier des feuilles qui forment la rainure, est assuré, et la pression du sol est suffisamment supportée par ce canal métallique.

Pour installer ce canal métallique, on pratique une tranchée dans le sol; on y

On pose les traverses de bois, destinées à supporter le corps du conduit, et sur ces traverses, on fixe les deux parties du tube, ainsi que les montants de fer destinés à le renforcer. On boulonne les tronçons de tôle, et on recouvre de béton le reste de la tranchée, autour du canal et par-dessus. Le tout

est recouvert d'un pavage de grès, disposé de telle sorte que les deux bords de la rainure ne dépassent pas le niveau du pavé.

Pour permettre de nettoyer, de visiter le tube et de graisser les parties métalliques exposées au frottement, on ménage des regards, de distance en distance.

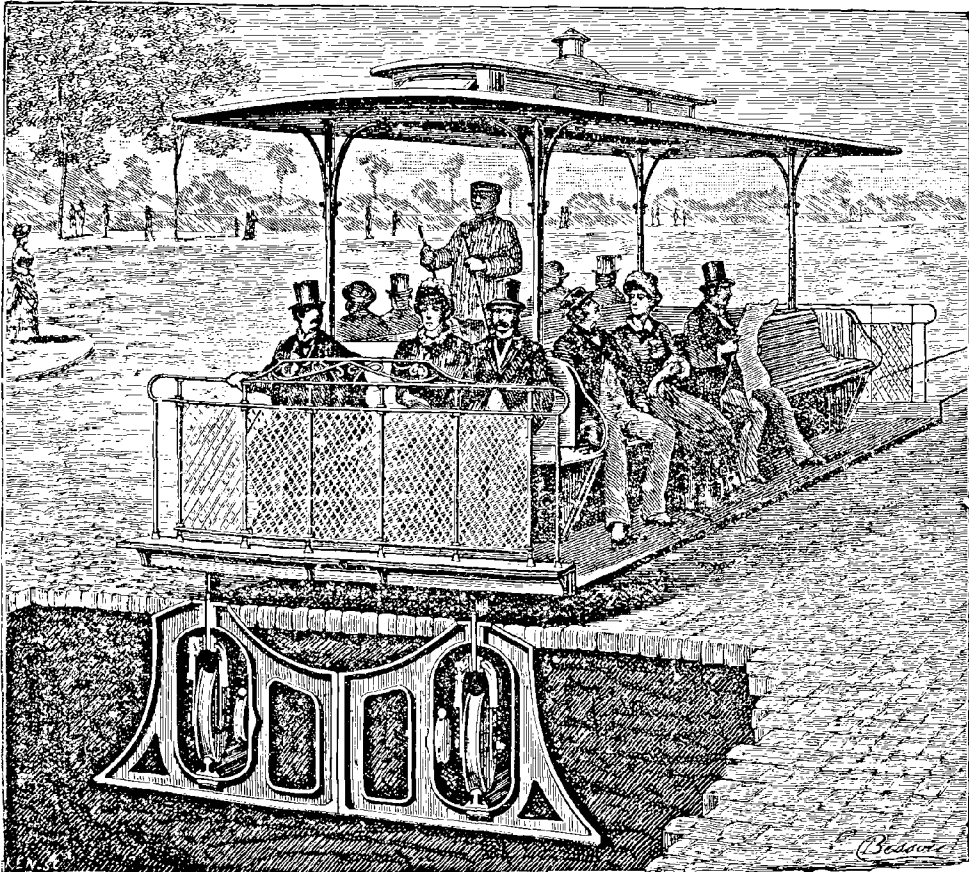


Fig. 478. — Tramway funiculaire de San-Francisco, à roues invisibles.

On a encore perfectionné ce système, qui est devenu, dès lors, le dernier mot du *comfort* pour les voyageurs.

Les roues, dans une voiture, sont, assurément, essentielles. Elles caractérisent ce véhicule, et il semblerait difficile de construire des voitures sans roues. Cependant, l'esprit inventif des ingénieurs a réalisé ce tour de force, cette sorte de paradoxe mécanique. On voit aujourd'hui, en effet,

circuler, sur les tramways de San Francisco, des *voitures sans roues*.

Les citoyens de la Californie, habitués à aller vite en toutes choses, trouvaient que les roues les gênaient, pour monter rapidement en tramway. Ils voulaient y sauter et en descendre, sans faire arrêter le *car*. Sur le désir exprimé par les habitants du pays par excellence où le *times is money*, on a supprimé les roues, ou, si l'on veut

on les a rendues invisibles, en les cachant sous le sol, avec le câble et le mécanisme de traction.

Les roues, placées sous terre, glissent sur des rails, posés dans les deux conduits métalliques qui reçoivent chacun des câbles. La voiture court seule sur la chaussée, et il est facile d'y monter et d'en descendre sans la faire arrêter.

On voit sur la figure 478 les dispositions mécaniques qui réalisent l'effet ci-dessus énoncé.

Les deux conduits métalliques A, B, composent une double caisse de fer, qui donne à la voie de la solidité; et le reste de la tranchée est rempli de béton. Les deux rails, sont placés à la partie inférieure des conduits métalliques. Près des roues, sont les poulies, sur lesquelles glisse et s'enroule le câble remorqueur. Les griffes qui doivent saisir ou lâcher la voiture, pour la laisser marcher ou pour l'arrêter, sont mises en action par le pied du conducteur, au moyen d'une tige verticale

Une innovation digne d'être signalée, est relative à la substitution, que l'on peut faire à volonté, d'un câble à grande vitesse à un câble à vitesse moindre. Il y a deux câbles dans le conduit métallique, et comme les deux leviers de droite et de gauche sont indépendants l'un de l'autre, on peut, à volonté, tirer la voiture par le câble à grande ou à petite vitesse. Dans les quartiers populeux où l'encombrement est grand, on fait usage du câble à petite vitesse; quand on se trouve dans des rues peu fré-

quentées, ou quand on marche le matin et le soir, aux heures où les passants sont rares, on se sert du câble à grande vitesse.

Des balais *chasse-neige* servent, en hiver, à balayer la voie au-devant du véhicule. C'est au câble que sont attachés ces balais, qui assurent la propreté du rail, et le débarrassent de la neige, au fur et à mesure qu'elle tombe

Ajoutons que le conduit métallique souterrain est assez large pour recevoir, outre les roues, le câble et les engins métalliques qu'il comporte, des fils conducteurs, pour le télégraphe électrique et le téléphone.

Voilà, assurément, un ensemble de dispositions mécaniques originales.

Le système funiculaire souterrain de San Francisco mériterait d'être introduit en Europe, où il ferait peut-être une révolution dans le mode de traction des tramways, en leur apportant la sécurité et l'économie.

Sans doute le système souterrain de la Californie a été imaginé pour remonter les rampes, mais nous ne voyons pas pourquoi on ne l'établirait pas sur les voies de niveau. Il a tous les avantages de l'air comprimé, de la locomotive à eau chaude et de l'électricité, et il est plus économique que la traction par les chevaux. Il se substituerait donc, peut-être, à tous les procédés aujourd'hui en usage.

Ainsi, la dernière venue parmi les inventions qui viennent de nous occuper, supplanterait toutes les autres. Ces coups du sort, qui ne sont pas rares dans l'histoire de l'humanité, se voient quelquefois aussi dans l'évolution des arts mécaniques.

FIN DES TRAMWAYS