

BIBLIOTHÈQUE DE LA SCIENCE PICTORESQUE  
L'ÉTINCELLE ÉLECTRIQUE



LIBRAIRIE D'ÉDUCATION  
PARIS







BIBLIOTHÈQUE  
DE LA SCIENCE PITTORESQUE

---

L'ÉTINCELLE ÉLECTRIQUE

---

ABBEVILLE. — IMP. RRIEZ, C. PAILLART ET RETAUX.

---

L'ÉTINCELLE  
ÉLECTRIQUE

SON HISTOIRE, SES APPLICATIONS

PAR

PAUL LAURENCIN

—

OUVRAGE ILLUSTRÉ DE 103 GRAVURES

—————

P. BRUNET, ÉDITEUR

—————

PARIS  
LIBRAIRIE D'ÉDUCATION

GÉRANT : AMABLE RIGAUD, ÉDITEUR

33, QUAI DES AUGUSTINS, 33

(Droits de traduction et de reproduction réservés)





## PRÉFACE

Il eût été sans nul doute enfermé aux petites maisons celui qui, en 1770, eût osé prédire qu'un siècle plus tard un bourgeois de Paris pourrait, sans trop se déranger, entretenir une conversation suivie avec un de ses amis de Bordeaux, de Marseille, de Saint-Pétersbourg, de New-York, peut-être même dans un avenir plus ou moins éloigné, de Péking et de Yédo.

Mais si, plus audacieux encore, cet esprit déjà beaucoup trop avancé pour son époque, eût ajouté que la foudre, dont les effets terribles glaçaient d'épouvante l'âme de nos pères, serait l'agent à l'aide duquel on obtiendrait ces fabuleux résultats, que de plus elle deviendrait la très-humble et très-obéissante servante de l'homme, s'abaîsserait au rôle de manœuvre dans nos usines, de domestique dans nos hôtels, de messenger pour nos correspondances, qu'enfin elle serait une arme de guerre et qu'elle guérirait nos maux, on n'eût pas manqué cette fois de crier au sacrilège, et d'envoyer le blasphémateur au bûcher.

Cependant ces merveilles que ne pouvaient concevoir nos grands pères qui, tout comme nous aujourd'hui, se croyaient peut-être parvenus aux limites extrêmes de la

civilisation, nos sceptiques contemporains les voient journellement s'accomplir sous leurs yeux ; l'emploi de l'électricité leur est devenu familier ; ils ont admis le tonnerre dans leur intimité.

Jadis on se serait contenté d'admirer de confiance toutes ces merveilles laissant aux seuls savants le soin d'en observer les effets, d'en rechercher les causes.

De nos jours, il n'en est plus ainsi : une curiosité active et intelligente, tel est l'un des caractères de notre époque ; le désir de connaître s'est étendu, s'est ramifié dans toutes les couches de la société : s'instruire est aujourd'hui un devoir ; ignorer est une honte.

C'est pour répondre à ce besoin universel que nous avons écrit ce petit livre qui n'est pas un traité sur l'électricité. — Dieu nous garde de cet ambitieux projet, — mais un résumé aussi fidèle que possible de l'histoire de l'étincelle électrique, un tableau exact et succinct de ses principales applications à l'industrie, aux arts, au bien-être de l'humanité.

Si, forcément, nous avons dû faire quelques excursions dans le domaine de la théorie, exposer quelques principes élémentaires, qu'on veuille bien nous le pardonner : il est de toute nécessité pour l'intelligence des divers effets obtenus, d'avoir une idée des causes certaines ou probables. Nous l'avons d'ailleurs fait avec la plus grande circonspection et en reléguant dans le poussiéreux arsenal des anciens savants, tout ce bagage de termes obscurs et prétentieux qui, autrefois, donnèrent à la science un visage si rébarbatif.

P. L.

# L'ÉTINCELLE ÉLECTRIQUE

SON HISTOIRE ET SES APPLICATIONS

---

## CHAPITRE PREMIER

UNE PUISSANCE INCONNUE

Ce que les anciens et le moyen âge connurent de l'électricité. — L'ambre jaune. — Guillaume Gilbert. — Corps bons et corps mauvais conducteurs. — Deux natures de l'électricité. — Distribution de l'électricité. — Pouvoir des pointes. — Électrisation par influence. — Machines électriques. — Bouteille de Leyde. — Bouteille d'Ingenhouz et Canne électrique. — Batteries de Leyde. — Excitateur universel. — Sources diverses de l'agent électrique.

L'étude et la connaissance de cet agent mystérieux, que nous appelons *électricité*, ne remonte guère à plus d'un siècle et demi ; ses applications sont très-récentes, mais sa découverte date de la plus haute antiquité.

En effet les anciens, notamment le philosophe grec Thalès de Milet, qui vivait six cents ans avant l'ère chrétienne, avaient remarqué que si l'on frotte sur un morceau d'étoffe de laine un fragment d'ambre jaune, cette substance acquiert la propriété d'attirer les corps légers tels que brins de papier, barbes de plumes, sciures de bois, etc.

La matière appelée *ambre jaune*, *succin* et *carobé* est une résine diaphane, de couleur jaune d'or, quelquefois transparente, susceptible de recevoir un beau poli et employée à la fabrication de divers objets : colliers pour les enfants, embouchures de pipes pour les fumeurs. On croit que cette substance assez rare, et par suite d'un prix

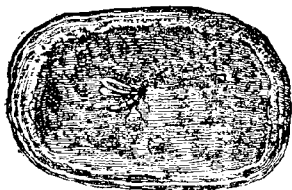


Fig. 1. Ambre jeune.

relativement élevé, est la résine fossile provenant d'anciens arbres conifères, pins et sapins, cèdres et thuyas, ensevelis par un bouleversement et dont le bois s'est transformé en houille ou charbon minéral.

Les grecs appelaient l'ambre *electron*, d'où dérive notre mot moderne d'*électricité* qui désigne cet agent particulier, cette espèce de mouvement vital dont paraît animé le succin lorsqu'il a été frictionné.

Comme Thalès de Milet, le naturaliste Pline l'ancien signala également les propriétés attractives de l'ambre : « Quand le frottement lui a donné le mouvement et la vie, dit-il, l'ambre attire les brins de paille, comme la pierre d'aimant attire le fer.

De plus, on savait déjà à cette époque que certains animaux, les chats notamment, émettent une lueur phosphorescente lorsqu'on les frotte ou qu'on les caresse à rebrousse poil. L'âne que montait Tibère à Caprée et le cheval de bataille de l'Empereur Sévère devenaient lumineux quand on les étrillait. Un phénomène analogue fut également observé chez des hommes : on cite entr'autres le père de Théodoric roi d'Italie, dont le corps paraissait lumineux quand il mettait ou retirait ses vêtements.

Ces faits extraordinaires ne paraissent pas avoir beaucoup occupé les philosophes anciens, non plus que les docteurs du moyen âge ; beaucoup plus attentifs à leur recherche de l'élixir de longue vie, et à la poursuite de la chimérique pierre philosophale qu'à l'observation et à l'étude des phénomènes de la nature.

C'est seulement à la fin du seizième siècle, qu'il faut faire remonter la date réelle de naissance de cette branche des sciences physiques, qu'à l'exemple d'un écrivain contemporain, M. Arthur Mangin, nous appellerons *électrologie*.

A cette époque, un médecin de la reine Élisabeth d'Angleterre, Guillaume Gilbert, étudiant les propriétés de la

Pierre d'aimant, reconnu que le verre, la résine, les pierres précieuses, le soufre possèdent lorsqu'ils ont été frottés sur un morceau d'étoffe de laine, la même propriété que l'ambre : ils attirent les corps légers.

Vers le milieu du dix-septième siècle, un compatriote de Gilbert, le docteur Wall, en approchant par hasard le doigt d'un très-fort morceau de succin frictionné, vit avec une surprise mêlée de terreur jaillir une petite étincelle. Plusieurs fois il frictionna l'ambre, approcha le doigt et obtint le même effet. Il venait de découvrir que non-seulement l'électricité se manifeste par des phénomènes d'attraction et de répulsion, mais aussi par une production de lumière.

Un peu plus tard, deux autres anglais Grey et Wheeler, en opérant diverses expériences dans le but de connaître la vitesse du fluide électrique, découvrirent qu'un certain nombre de substances telles que le verre, la résine, ne s'électrisent qu'à la seule partie de leur surface qui a été frottée, tandis que pour d'autres, le bois et surtout les métaux, il suffit de frictionner un point quelconque de leur étendue pour que le fluide électrique se répande et manifeste sa présence sur toute cette étendue.

Il s'ensuit donc que les premiers de ces corps opposent une espèce de résistance à la diffusion du fluide et pour cette raison ont été appelés *corps mauvais conducteurs* de l'électricité, tandis que les autres, qui semblent lui ouvrir un libre passage, sont des *corps bons conducteurs*. Au nombre de ces derniers sont tous les métaux, le bois, les fils de lin et de chanvre, l'eau, l'air humide, le corps humain, le globe terrestre.

Le verre, la résine, la cire, la soie, la gomme-laque, la gutta-percha, les pierres précieuses, l'ivoire, l'air sec et les gaz sont des corps mauvais conducteurs; ceux-ci sont également appelés *corps isolants* ou *isoloirs* parce qu'on les emploie dans la construction des appareils toutes les fois qu'il est nécessaire d'empêcher la déperdition du fluide électrique.

Comme nous le voyons la science de l'électrologie commençait à prendre corps, mais surtout c'est à Dufay et à l'abbé Nollet, tous deux physiciens français, qu'elle

dut sa constitution et qu'elle put progresser d'un pas sûr et rapide. Résumons les principes découverts par ces deux savants:

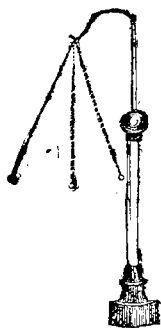


Fig. 2. Le pendule électrique.

Lorsqu'on veut reconnaître si un corps est électrisé, on se sert du pendule électrique qui consiste en une petite balle de moelle de sureau suspendue par un fil de soie à un support de fil de cuivre implanté dans une colonne isolante de verre.

Si de la balle on approche un corps que l'on vient de frotter et qui par conséquent est électrisé, cette balle est attirée, puis aussitôt repoussée.

Supposons maintenant qu'au lieu d'un seul pendule électrique, nous en prenions deux, désignés par les lettres R et V. De la balle de sureau du pendule V, nous approchons une baguette de verre préalablement frottée avec un morceau de laine, la balle est aussitôt attirée, puis repoussée. Nous répétons l'expérience sur la balle du pendule R, mais avec un bâton de résine également frotté, le même phénomène se reproduit. Au premier abord, il semblerait que le fluide de la résine et celui du verre sont absolument identiques puisque, de part et d'autre, on observe les mêmes effets. Il n'en est rien cependant, car si on approche le bâton de résine électrisé de la balle du pendule V, au moment où le fluide du verre vient de la repousser, cette balle est attirée par la résine. Il en est de même sur le pendule R, si l'on approche la baguette de verre électrisée à l'instant où la balle est repoussée par le fluide d'un bâton de résine.

Cette double expérience, fit reconnaître à Dufay deux natures différentes de l'électricité, l'une qui se manifeste quand on frotte le verre, l'autre quand on frictionne la résine, d'où les noms *d'électricité vitrée* donnée par lui à la première, et *d'électricité résineuse* à la seconde; des faits observés découla cette loi fondamentale de l'électrologie: *Deux électricités de même nom se repoussent,*

tandis, que *deux électricités de nom contraire s'attirent* ; autrement dit : un corps électrisé par le fluide vitré attire un corps électrisé par le fluide résineux, mais en repousse un troisième également chargé de fluide vitré.

D'après une théorie particulière émise par Franklin sur la production du fluide électrique, le fluide vitré est encore appelé *fluide positif* ; on le représente au moyen du signe algébrique  $+$  qui veut dire *plus*. Par opposition l'électricité résineuse a reçu le nom *d'électricité négative* et comme abréviation représentative le signe  $-$  ou *moins*.

Enfin, selon les idées généralement admises aujourd'hui, les deux natures de fluides existent dans tous les corps, mais à l'état de combinaison, de réunion intime entre elles, et formant alors ce que l'on appelle le *fluide neutre* ou *naturel*.

L'électricité soit vitrée, soit résineuse, développée par



Fig. 3. Formes qu'affecte la charge électrique suivant les contours des objets électrisés.

le frottement d'un corps, se porte toujours à sa surface mais se distribue selon la forme de ce corps. Sur une sphère, la charge électrique est également répartie ; sur un disque plat, un cylindre aux bouts arrondis, un ellipsoïde, cette charge, presque nulle au centre, s'accroît et s'accumule sur les bords, ou vers les extrémités.

Quant aux corps terminés par des pointes, des angles ou des arêtes vives, ils ne conservent pas l'électricité, mais la laissent très-facilement parce que le fluide, s'accumulant en grande quantité sur un même point, acquiert une force de poussée ou de tension très-énergique qui lui permet de vaincre la résistance de l'air, et, par l'intermédiaire de celui-ci, de s'écouler dans le sol. C'est en effet la terre qui semble absorber l'électricité de quelque nature qu'elle soit, de quelque source qu'elle provienne ; pour cette raison le globe terrestre a reçu le nom de *réservoir commun* du fluide électrique.

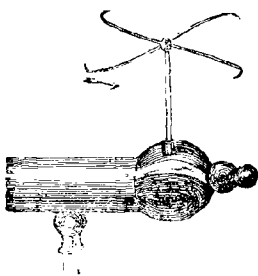


Fig. 4. Tourniquet électrique.

Ce pouvoir des pointes de laisser s'écouler l'électricité est rendu visible par le *tourniquet électrique*, petite étoile composée de cinq ou six vergettes métalliques fixées sur une chape et dont les pointes sont toutes dirigées dans le même sens. Cet appareil, très-mobile sur un pivot, étant mis en communication avec une machine produisant de l'électricité, prend, en sens inverse de la direction des pointes, un mouvement de rotation dû à l'écoulement du fluide dans l'air et à sa répulsion par le fluide de même nom dont l'atmosphère qui entoure les vergettes se trouve chargée. Ces deux actions agissant simultanément et dans le même sens sur chaque vergette déterminent la rotation du tourniquet.

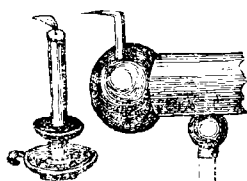


Fig. 5. Démonstration du pouvoir des pointes.

Ce dégagement de l'électricité par une pointe est sensible à la main sur laquelle il produit la sensation d'un souffle léger ; il peut même influencer, la flamme d'une bougie au point de la repousser, et parfois de l'éteindre.

C'est à Benjamin Franklin que nous devons la découverte de ce que l'on appelle le *pouvoir des pointes*. Nous verron bientôt pourquoi cette découverte est considérée comme très-importante, quel parti en tira ce grand physicien américain pour son invention du paratonnerre, et enfin dans quelles circonstances, il convient d'avoir recours aux pointes ou de les éviter avec le plus grand soin.

Tant qu'un corps électrisé n'est pas mis en contact avec un autre corps bon conducteur, il conserve sans doute le fluide électrique ? Il n'en est rien. Abandonné à lui-même, ce corps se décharge et cela avec d'autant plus de rapidité que l'air est plus humide. Il est à remarquer que



c'est la pression de l'air atmosphérique qui maintient le fluide électrique à la surface des corps, lui permet de s'y accumuler en quantités plus ou moins fortes ; dans un milieu complètement privé d'air, il est impossible de charger un corps, toute trace d'électricité disparaît au fur et à mesure de sa production. Mais il demeure bien entendu que c'est seulement l'air sec, mauvais conducteur, qui possède cette propriété : seul il peut en quelque sorte servir d'enveloppe au fluide électrique pour le retenir à la surface des corps, l'air humide, étant bon conducteur, ouvre à l'électricité une libre communication avec le réservoir commun où sans cesse elle tend à se neutraliser.

Nous venons de voir que les corps s'électrisent par le frottement ; l'électrisation a également lieu quand un corps bon conducteur et convenablement isolé est placé très-près d'un corps électrisé.

Ainsi supposons qu'une boule de cuivre A, partie sur un pied de verre isolant, soit posée très-près, mais sans la toucher, d'une autre boule B, électrisée d'avance. Cette boule A s'électrisera également et pour rendre évidente l'existence du fluide à sa surface, on dispose près d'elle un pendule électrique.

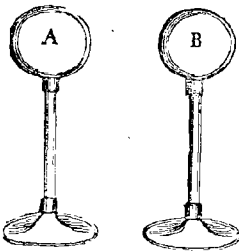


Fig. 6. Électricité par influence.

La balle de sureau de cet appareil est attirée par la boule A, puis repoussée comme si on l'avait soumise à l'influence d'une baguette de verre ou d'un bâton de résine frictionnés. Cette manifestation du fluide, qui a lieu par voisinage et se produit sur la boule A par le seul effet de son rapprochement de la boule B, a reçu le nom d'*électrisation par influence* ou *par induction*.

On explique ce phénomène sur lequel nous aurons plus d'une fois à revenir, en supposant que le fluide vitré, par exemple, de la boule B agit sur le fluide neutre de la boule A pour le décomposer en électricité vitrée et en électricité résineuse. Ce fluide vitré attire à lui le fluide résineux qui s'accumule sur la partie de la sphère A tournée du côté de la boule B ; l'électricité de nom contraire est

1.

repoussées sur le côté opposé. Lorsque les deux boules sont éloignées l'une de l'autre, l'électricité neutre se reforme sur la boule A, mais si les deux boules ont une certaine dimension, que la quantité de fluide accumulée à leur surface soit assez considérable, et la distance les séparant très-faible, l'électricité de la boule B attire à elle le fluide de nom contraire de la boule A et la combinaison, la reconstitution du fluide neutre, qui a lieu à travers l'air, se manifeste par une étincelle très-vive, sinueuse, de couleur bleuâtre : c'est l'*étincelle électrique* dont l'apparition terrifia les premiers expérimentateurs.

Les physiiciens n'eurent d'abord à leur disposition pour étudier les phénomènes électriques que des baguettes de verre ou des bâtons d'ambre tenus d'une main, pendant que de l'autre on les frottait avec un morceau de drap ou une peau de chat. Otto de Guericke, bourguemestre de Mag-

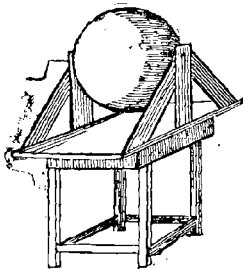


Fig. 7. Première machine électrique d'Otto de Guericke

debourg et physicien auquel on doit plusieurs expériences curieuses, qui mettent en évidence la pesanteur de l'air respirable, imagina de monter une grosse boule de soufre sur un axe auquel on imprimait un rapide mouvement de rotation par l'intermédiaire d'une manivelle, et pendant qu'une main, fortement appuyée sur la boule, servait de frottoir. Un physicien anglais, Hauksbee, perfectionna cette première machine électrique connue en substituant au globe de soufre un globe de verre, mais son appareil fut complètement abandonné quand, en 1768, un opticien anglais, Ramsden, eut donné à la machine électrique les dispositions qu'elle a conservées depuis.

La machine de Ramsden repose sur les principes que nous avons énumérés plus haut : l'électricité par influence, la conductibilité de certains corps, le pouvoir des pointes. Elle se compose d'un plateau de verre monté sur un axe auquel une manivelle imprime un mouvement circulaire. Ce plateau tourne entre quatre coussins ou frottoirs fixés

sur le bâtis de bois. En face du plateau sont deux gros tubes de cuivre fixés sur des colonnes de verre qui servent à la fois de supports et d'isoloirs ; leurs extrémités se terminent par des branches recourbées garnies de pointes dont la partie aiguë regarde la surface du disque de verre.

Quand on fait tourner le plateau, celui-ci, frotté par les quatre coussins, se charge d'électricité vitrée qui agit par influence sur le fluide neutre du conducteur de cuivre pour le décomposer ; le fluide résineux de ce conducteur s'écoule par les pointes de la branche recourbée, vient sur le plateau se combiner avec le fluide vitré pour reconsti-

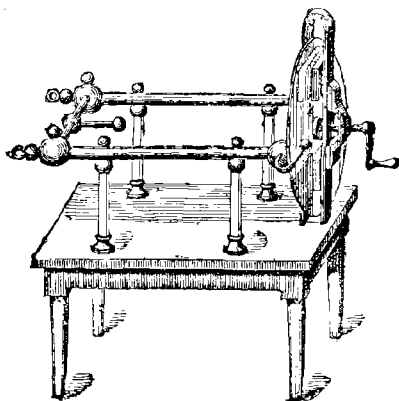


Fig. 8. Machine électrique de Ramsden.

tuer l'électricité neutre, tandis que sur les conducteurs reste seul, à l'état libre, le fluide vitré. Sa présence sur les conducteurs se décele par les mêmes faits d'attraction, de répulsion, d'étincelle que nous avons déjà observés quand nous frottions l'ambre, le verre ou la résine, que nous faisons tourner le globe d'Otto de Guericke, seulement les phénomènes ont une intensité plus grande.

Beaucoup de machines du même genre, ou construites dans le même but, précédèrent et suivirent celle de Ramsden, mais nous renvoyons aux traités complets de physique, ceux de nos lecteurs qui désireraient les connaître.

Dans la pensée que si un corps électrisé était entouré de tous côtés par une substance isolante, il conserverait plus longtemps le fluide électrique, un physicien hollandais, du nom de Mussenbrœck, électrisa l'eau contenue dans un flacon qu'il tenait à la main, en la mettant, au moyen d'une chaîne de métal, en communication directe avec l'un des conducteurs de la machine électrique. Rien d'extraordinaire ne se manifesta pendant que l'on faisait tourner le plateau, mais il en fut bien autrement lorsque l'opérateur, qui, d'une main, tenait le flacon par sa panse, approcha l'autre de la machine : il ressentit à la poitrine et dans les bras une commotion si violente qu'il se crut mort ; revenu à lui, il déclara que pour l'offre de la couronne de France, il ne voudrait pas de nouveau s'exposer à un tel choc.

L'expérience fut répétée par tous les physiciens, notamment par Boze, professeur à Wittemberg, qui répondit à ses élèves se pressant autour de lui pour lui représenter le danger auquel il s'exposait, « qu'il ne saurait regretter de mourir puisque les circonstances de sa mort fournirait un sujet d'études pour les mémoires de l'Académie royale de Paris. » C'était beau d'héroïsme, mais Boze ne courait pas tant de dangers comme le démontra l'abbé Nollet qui, plusieurs fois, se soumit aux décharges du flacon électrique.

Du moment que l'on fut bien certain qu'il n'y avait nul risque à recevoir la décharge de l'appareil appelé depuis *bouteille de Leyde*, du nom de la ville où avait eu lieu sa découverte, chacun voulut s'y soumettre. Ce fut une mode, une fureur : toute la haute société des deux sexes se rendait chez l'abbé Nollet pour obtenir la faveur d'une petite commotion. Dans l'impossibilité de satisfaire à toutes les demandes, l'abbé Nollet, dont la complaisance égalait le savoir, eut l'idée d'électriser plusieurs personnes à la fois. Il leur fit donc former, en se donnant la main, une chaîne dont lui-même formait l'une des extrémités. Tenant la bouteille électrisée par sa panse, il faisait toucher à la personne placée à l'autre extrémité de la file, la boule d'une tige plongeant dans le flacon. La décharge avait lieu aussitôt : toutes les personnes, quel que fût leur nombre, recevaient en même temps une commotion plus ou moins forte.

L'abbé Nollet répéta l'expérience en faisant former la chaîne électrique par une compagnie de deux cent quarante gardes françaises, puis une autre fois par toute une communauté de Chartreux, mais au lieu de se tenir par la main, ces derniers communiquaient en touchant tous un même fil de fer. Bien que de cette manière le circuit à parcourir par le fluide, se trouvât long de dix-huit cents toises, la commotion fut ressentie en même temps par tous les pères de la pieuse communauté. La bouteille de



Fig. 9. La chaîne électrique.

Leyde, telle que l'employaient Mussenbrœck et l'abbé Nollet, consistait en un flacon de verre à moitié rempli d'eau et fermé par un bouchon de liège. Une tige traversant le bouchon, pénétrait dans la bouteille et plongeait dans l'eau.

Le physicien Bévis reconnut que l'eau de la bouteille électrique formait un conducteur, la main de l'opérateur un autre, il remarqua que l'effet se trouvait augmenté si on remplaçait par du métal en grenaille ou en feuilles, l'eau de la bouteille, et si on enveloppait celle-ci dans une

gaine ou étui également métallique. Il modifia donc la bouteille de Leyde et lui donna sa forme actuelle.

Telle que nous la possédons, la bouteille électrique est un flacon de verre mince rempli de feuilles légères d'étain ou d'or et enveloppée, jusqu'aux deux tiers de sa hauteur, dans une feuille d'étain. Une tige de cuivre, droite ou contournée, pénètre dans le flacon par l'une de ses extrémités étirée en pointe, tandis que l'autre se termine par une boule de cuivre. L'ensemble de cette tige et des feuilles de métal renfermées dans le flacon, forme l'*armature interne* de la bouteille de Leyde ; la feuille d'étain collée à la surface de celle-ci forme son *armature externe*.

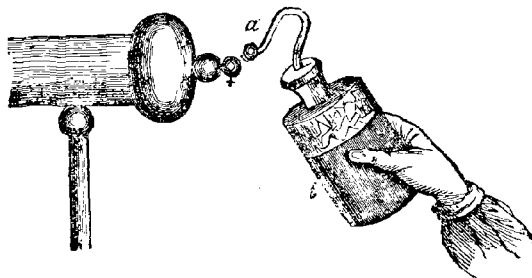


Fig. 10. Charge de la bouteille de Leyde.

Pour charger cet appareil, l'opérateur, le tenant à la main, applique le bouton *a* de la tige en cuivre sur l'un des conducteurs de la machine électrique. Pendant que l'on fait tourner le plateau, le fluide vitré des conducteurs passe sur les feuilles d'étain par l'intermédiaire de la tige en cuivre et s'accumule à l'intérieur de la bouteille. Il se décompose par influence à travers les parois de celle-ci, le fluide neutre de l'armature extérieure : le fluide résineux attiré reste à la surface du verre, le fluide vitré repoussé s'écoule dans le sol en passant par le corps de la personne qui tient le flacon et sans que celle-ci en ait aucune conscience.

La bouteille est dite alors *chargée*. Dans cet état, si au

moyen d'un corps bon conducteur on touche l'armature externe et en même temps le bouton de la tige de cuivre, les deux électricités se recomposent et, au moment de la combinaison, une vive étincelle rectiligne ou sinueuse se produit en faisant entendre un craquement sec.

Le corps humain est, comme nous l'avons vu, bon conducteur de l'électricité, aussi, quand une personne tenant à la main une bouteille de Leyde par la panse qu'enveloppe l'armature extérieure, approche l'autre main du bouton de cuivre, la combinaison des deux électricités a lieu comme précédemment et avec les mêmes effets de lumière et de bruit, mais l'opérateur éprouve dans la main, le bras, les épaules et quelquefois la poitrine, un mouvement de contraction, une secousse qui n'a rien de dangereux pourvu que la bouteille soit de dimension réduite.

La vogue, l'*électromanie*, qui fut la suite de la découverte de la bouteille de Leyde donna l'idée de fabriquer un petit appareil portatif composé d'une bouteille disposée comme la bouteille de Leyde et d'un ruban de soie enduit de résine. On chargeait l'appareil en promenant la boule terminant l'armature intérieure sur le ruban de soie préalablement frotté au moyen d'un fragment de peau de lièvre. On eut ainsi la bouteille dite d'*Ingenhouz*, du nom de son inventeur, et l'on pu répéter en petit dans les salons, les expériences qu'opéraient les physiciens dans leurs cabinets.

A la bouteille d'*Ingenhouz* on ajouta bientôt les cannes électriques, sortes de bouteille de Leyde formée par un tube de verre qu'enveloppait un tube en fer blanc peint couleur bois. Une tige de cuivre terminée par une boule formant la pomme de la canne, constituait l'armature extérieure.

La canne à surprise se chargeait comme la bouteille d'*Ingenhouz* ; la tenant à la main par le milieu, comme on tient un jonc ou une badine, on touchait avec la pomme, et comme par mégarde, la main ou le nez de son voisin. Celui-ci au moment du contact recevait une légère commotion. Presque toujours la victime riait de cette innocente plaisanterie, mais il y eut des gens qui se fâchèrent

sérieusement, et prirent si mal la chose que plus d'un duel s'ensuivit

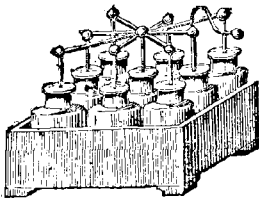


Fig. 11. Batterie de Leyde.

Les dimensions données à la bouteille de Leyde sont variables, mais quand on veut obtenir de fortes décharges, on réunit dans une même caisse un certain nombre de bouteilles de Leyde dont toutes les armatures communiquent ensemble par des tringles de cuivre. Une réunion de

grandes bouteilles ainsi disposées prend le nom de *batterie électrique*.

La charge de cet appareil s'opère de la même manière que pour la bouteille de Leyde ordinaire ; l'armature intérieure est en relation avec les conducteurs de la machine électrique au moyen d'une chaîne métallique ; l'armature extérieure communique avec le sol par l'intermédiaire d'une autre chaîne. — Comme la décharge des grandes batteries pourrait être dangereuse pour l'opérateur, on établit

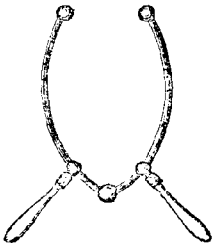


Fig. 12. Excitateur universel.

la communication entre les armatures au moyen d'un instrument appelé *excitateur universel*, formé de deux arcs métalliques qui peuvent être rapprochées ou écartées l'une de l'autre, grâce au jeu d'une charnière centrale. Sur chacun de ces arcs sont fixées des poignées en verre ou en ivoire destinées à intercepter toute communication électrique entre les arcs et les mains de l'opérateur.

Si ce dernier, tenant l'excitateur par les poignées, approche l'une des boules de l'armature extérieure de la batterie, l'autre boule d'un point quelconque de la tringle commune ; il y a production d'une vive étincelle en zigzag.

Ce n'est pas seulement par la friction de deux corps solides qui se manifeste l'électricité, mais c'est aussi par



le frottement des liquides sur les solides et réciproquement, des liquides sur les liquides, des gaz sur des corps solides, liquides ou gazeux. La vapeur d'eau, par exemple, s'électrise fortement quand elle se dégage par des tuyaux contournés et de petit diamètre. Ce fait fut découvert d'une manière fortuite par un chauffeur de Newcastle (Angleterre). Voulant faire jouer la soupape de sûreté d'une chaudière qu'il surveillait et près de laquelle se trouvait une fuite, cet homme, au moment de saisir le levier, aperçut une vive étincelle, qui s'élança de la soupape vers sa main et il reçut en même temps une forte commotion.

Il y a encore production de fluide électrique, toutes les fois qu'on sépare brusquement les molécules d'un corps. Si, dans l'obscurité, on casse un morceau de sucre ou que l'on en frotte deux fragments l'un contre l'autre, on aperçoit une lueur phosphorescente due à une manifestation électrique.

L'échauffement des substances et les actions chimiques, c'est-à-dire les actions décomposantes de certains corps mis en présence les uns des autres, dégagent également de l'électricité, mais donnent naissance aux phénomènes tout particuliers de l'électricité *dynamique* ou en *mouvement*, ainsi appelée parce qu'au lieu de rester, de s'accumuler sur les corps, sur les conducteurs de la machine électrique, les armatures externes et internes de la bouteille ou des batteries de Leyde, elle les traverse, circule sans cesse à leur surface à l'état de *courant*.

Par la raison contraire, l'électricité développée sur l'ambre, la résine, la cire, etc., dont nous nous sommes occupée jusqu'à présent, est appelée *statique* ou au repos : elle s'accumule et se maintient là où elle a pris naissance. Pendant que le fluide statique, ayant pour cause principale le frottement, se manifeste par des attractions, des répulsions, des étincelles, l'électricité dynamique révèle sa présence par son action décomposante sur certaines substances et par sa propriété de communiquer au fer les propriétés de l'aimant. ◊

## CHAPITRE II

### L'ÉTINCELLE

**L'étincelle électrique. — Sa couleur et sa durée. — Effets lumineux. — Effets calorifiques. — Effets mécaniques. — Effets chimiques. — Effets physiologiques.**

**Nous avons vu que la recomposition brusque de l'électricité neutre s'opère avec production d'une étincelle.**

La course, la direction de cette étincelle est généralement rectiligne, mais elle est sinueuse et parfois ramifiée lorsque sa longueur dépasse dix à quinze centimètres. Enfin elle présente la forme d'une belle aigrette en éventail, quand on approche un corps bon conducteur d'une machine électrique en mouvement ou lorsque par un temps très-sec, le fluide saturant, surchargeant le conducteur de la machine y acquiert une tension assez forte pour s'échapper dans l'atmosphère. A l'extrémité des pointes, l'étincelle a toujours la forme d'une aigrette.

La couleur et l'éclat de l'étincelle électrique varient suivant le milieu au sein duquel elle se manifeste, selon les corps entre lesquels elle éclate, selon aussi leur conductibilité.

Ainsi, dans l'air libre, l'étincelle est blanche ou plutôt blanc-bleuâtre, mais elle devient rouge, si elle éclate dans un milieu dont une partie de l'air aurait été enlevé, aspiré à l'aide de la pompe spéciale appelée machine pneumatique ; elle est violacée, si la presque totalité de l'air a disparu. Au sein du gaz hydrogène carboné — le gaz d'éclairage, — l'étincelle électrique paraît rouge ; dans l'acide carbonique, — gaz constitutif de l'eau de seltz ; — elle est verte, dans l'azote, — fluide formant avec l'oxygène le mélange respirable appelé air atmosphérique, — elle est bleue, etc.

La couleur de l'étincelle varie également, avons-nous dit, selon la nature des corps entre lesquels elle éclate. Ainsi elle est verte, entre deux boules de cuivre argenté; jaune, entre deux morceaux de charbon; cramoisie entre deux boules de bois, etc.

Quant à la durée de l'étincelle, elle est à peine appréciable. M. Wheatstone, l'un des inventeurs de la télégraphie électrique, l'a calculée expérimentalement et l'évalue à un vingt-quatre-millième de seconde, autrement dit, en une seconde de temps, et sur un même point, vingt-quatre mille étincelles auraient le temps d'éclater, résultat qui dépasse ce que l'imagination peut concevoir mais que n'ont pas encore démenti les nombreuses expériences faites depuis.

Nous connaissons maintenant l'étincelle électrique, nous

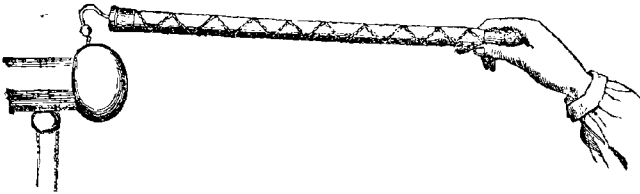


Fig. 13. Le tube étincelant.

savons dans quelle circonstance elle se produit, quelle est sa couleur, quelle est sa durée; voyons maintenant ses curieux effets sur la matière.

Les effets de l'électricité sont lumineux, calorifiques, mécaniques, chimiques et physiologiques.

À ce que nous avons déjà dit des effets lumineux de l'étincelle électrique, nous ajouterons que par divers artifices, on peut modifier, allonger cette étincelle, lui faire suivre des contours sinueux, former en traits flamboyants, chiffres, des dessins, des emblèmes. Le *tube et le globe étincelants*, le *carreau magique*, la *bouteille de Leyde étincelante* sont des appareils à l'aide desquels on met en évidence des effets lumineux très-curieux à observer.

Le principe sur lequel reposent les deux premiers appareils est le même. Une série de petits losanges en étain

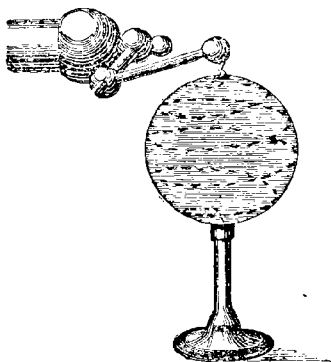


Fig. 14. Le globe étincelant.

laminé est collée en spirale dans l'intérieur d'un tube et dans celui d'un globe, de telle sorte que, sans se toucher, leurs pointes se trouvent très-rapprochées les unes des autres. Le premier de ces losanges communique par l'armature en cuivre du tube avec le conducteur de la machine électrique; le dernier, celui qui occupe l'extrémité inférieure du circuit, est rattaché au

sol par l'intermédiaire d'une chaîne accrochée au pied de l'appareil. Dès que l'on fait tourner le plateau, l'étincelle jaillit entre le conducteur et le premier losange, se repro-

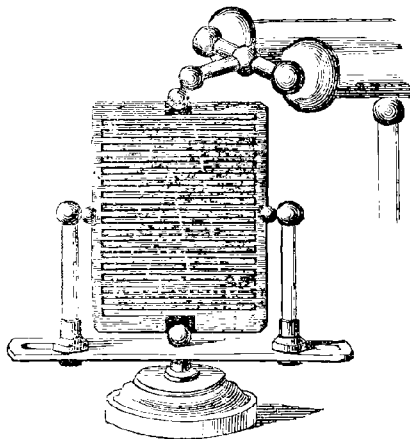


Fig. 15. Le carreau magique.

duit à toutes les solutions de continuité et forme ainsi un long cordon lumineux.

Pour le *carreau magique*, des languettes d'étain sont

d'abord collées parallèlement les unes aux autres, et réunies deux à deux par leurs extrémités de manière à former une seule ligne. On établit les solutions de continuité à l'aide d'une pointe et selon le dessin ou le chiffre que l'on veut reproduire. Lorsque l'étincelle de la machine jaillit à l'extrémité supérieure de la languette de métal, elle parcourt celle-ci et une série de points lumineux, de petites étoiles brillantes reproduit toutes les sinuosités du dessin.

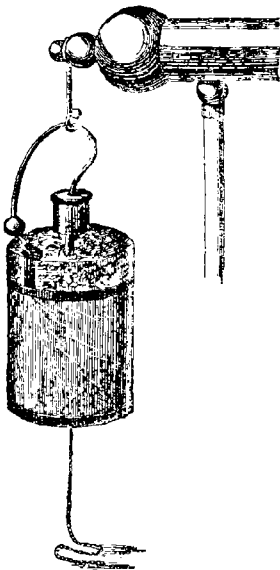


Fig. 16. La bouteille de Leyde étincelante.

La *bouteille étincelante*, est une bouteille de Leyde dont l'armature extérieure d'étain est remplacée par une couche de vernis sur laquelle on a projeté de la limaille ou poussière métallique. Une bande d'étain entoure la partie inférieure de l'appareil et communique avec le sol au moyen d'une chaîne. Le crochet arrive à un centimètre ou deux d'une autre bande d'étain collée à la partie supérieure de la bouteille. Lorsqu'il est suspendu au conducteur de la machine électrique, cet appareil se charge comme une bouteille de Leyde ordinaire, mais la résistance à vaincre par les deux fluides pour reconstituer le fluide neutre

étant excessivement réduite à cause du rapprochement l'une de l'autre des deux armatures, il se décharge au fur et à mesure de son chargement et des étincelles longues, sinueuses, brillantes éclatent sur tout le contour de la panse : on a le spectacle d'un orage en miniature.

Sur le passage de l'étincelle électrique, il se produit un dégagement de chaleur suffisant pour enflammer les corps facilement combustibles, tels que la poudre, la résine, le

fulmi-coton ou coton poudre, l'esprit de vin, l'éther etc. Cette chaleur peut également faire rougir, fondre et même volatiliser les fils métalliques fins, mais seulement quand la décharge provient d'une forte batterie de Leyde.

Cette volatilisation projette au loin les particules de métal, et, si à portée du fil, se trouve un papier blanc convenablement disposé, la vapeur métallique y est projetée, laisse une trace de couleur variable, selon la nature du métal: violette pour l'or, noire pour le fer, verdâtre pour le cuivre.... etc.

Cette réduction de l'or en vapeur, et son dépôt sur les corps environnants, est rendue sensible par la curieuse expérience dite de *l'impression électrique*.

Sur une feuille de papier-carte ou bristol, on découpe un portrait, des caractères, des figures quelconques; de chaque côté de cette feuille sont collées des bandes d'étain un peu longues; devant la découpeure est une feuille d'or, derrière une feuille de papier blanc; le tout est enfermé dans une presse qui maintient serrés les uns contre les autres la feuille d'or, la découpeure et le papier blanc. Seules les deux bandes d'étain dépassent le couvercle de la presse. Mettant alors l'une de ces bandes en communication avec l'armature extérieure, d'une batterie de Leyde, l'autre avec l'armature intérieure, l'étincelle éclate. Au moment de l'explosion, la feuille d'or par laquelle le fluide a passé d'une bande d'étain sur l'autre est volatilisée: les particules métalliques sont projetées en poussière violette sur toutes les parties du papier blanc que ne recouvraient pas les parties pleines de la découpeure. Le dessin déterminé par les contours de celle-ci se trouve reproduit par le métal comme il le serait par une encre de couleur violette.

Comme effets mécaniques, l'électricité perce le verre, le papier, fait éclater des morceaux de bois, brise les pierres etc.. Le perce-verre met en évidence l'un de ces effets. Un conducteur terminé en pointe fait corps avec une traverse que supportent et isolent deux colonnes de verre. Au dessous de ce conducteur, et lui correspondant exactement, en est un autre également pointu. Un petit cylindre de verre implanté dans le pied de

l'appareil entoure le conducteur inférieur et sert à supporter la plaque de verre, le morceau de carton ou le corps que l'on veut percer. Cette plaque disposée sur le cylindre et les deux pointes du conducteur l'affleurant, l'opérateur fait communiquer par une chaîne le conducteur inférieur et l'armature externe d'une forte bouteille de Leyde ; avec le bouton de cette dernière, il touche la boule qui termine le conducteur supérieur. Au même moment l'étincelle éclate entre les pointes, et les deux électricités séparées par le verre ou la carte traversent, percent ces obstacles afin de se combiner pour reconstituer le fluide neutre.

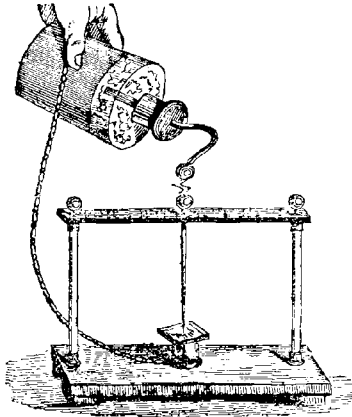


Fig. 17. Perce-verre.

L'étincelle électrique détruit les combinaisons chimiques ou bien détermine leur formation, leur changement de composition ou d'état. Ainsi l'eau est décomposée par le fluide en ses deux éléments, les gaz oxygène et hydrogène; mais si ces deux gaz, mis en présence l'un de l'autre, sont traversés par l'étincelle, ils se combinent, s'unissent intimement pour changer de nature et constituer un nouveau corps non gazeux, mais liquide, l'eau.

Le pistolet de Volta, qui sert à démontrer l'une des propriétés chimiques de l'étincelle électrique, est un petit flacon

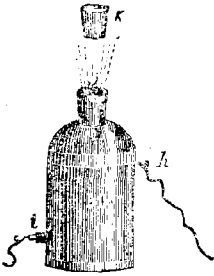


Fig. 13. Pistolet de Volta.

de fer blanc M dont la paroi est traversée par un conducteur en-fermé dans un tube de verre *i*. La boule intérieure de ce conducteur *i* est très-rapprochée de la paroi interne du flacon, mais ne la touche pas. Celui-ci étant rempli d'un mélange par parties égales de gaz hydrogène et de gaz oxygène, et son goulot fermé par un bouchon de liège, on touche avec la boule le conducteur de la machine électrique. L'étincelle jaillit aussitôt entre le conducteur

et la tige *i*, et en même temps entre l'extrémité intérieure de cette tige et la paroi métallique du pistolet. Le mélange est enflammé, et la combinaison des deux gaz donne naissance à quelques gouttes d'eau. Il se produit en même temps une détonation comparable à celle d'un coup de pistolet et le bouchon est projeté avec force. La cause de cette détonation et de cette projection est due à la grande chaleur qui résulte du passage de l'étincelle électrique, chaleur qui réduit l'eau produite en vapeur, et lui communique instantanément cette force d'expansion, de ressort élastique que l'industrie met à profit pour donner la vie aux machines à vapeur et par elles aux diverses mécaniques des usines, aux locomotives des chemins de fer, aux machines des navires.

Un autre effet chimique de la décharge électrique est de répandre sur son passage une odeur particulière comparée tantôt à celle du soufre enflammé, tantôt à celle du phosphore. Cette odeur fut d'abord attribuée à la naissance, à la formation d'un corps particulier que l'on appela *ozone*, mais on reconnut depuis que l'ozone n'est pas autre chose que l'oxygène de l'air dont la nature s'est modifiée sous l'influence de l'électricité; dans cet état, l'oxygène acquiert des propriétés tout à fait nouvelles, et, ordinairement inodore, il contracte l'odeur caractéristique dont nous avons parlé.

On appelle effets physiologiques ceux que produit le



fluide électrique sur l'organisme des êtres vivants.

Quand on approche le doigt du conducteur de la machine, on ressent dans les jointures de la main une secousse, une contraction nerveuse. Le choc est plus douloureux, s'étend jusque dans les bras et la poitrine si l'étincelle provient d'une bouteille de Leyde de volume médiocre ; tirée d'une bouteille de Leyde de grande dimension et surtout d'une batterie électrique, elle pourrait causer des accidents graves. Priestley, savant physicien anglais, tuait des rats avec l'étincelle d'une petite batterie, des chats avec celle d'une moyenne et de plus grands animaux avec des batteries dont les armatures extérieures ajoutées les unes aux autres représentaient une surface de plus de cinq mètres carrés.

Un autre effet de l'électricité des machines, c'est de se répandre et s'accumuler sur le corps humain comme elle se répand et s'accumule sur les conducteurs du métal. Ainsi faisant monter une personne sur un tabouret dont les pieds, au lieu d'être en bois, sont en verre, cette personne ainsi isolée du sol, venant à appuyer la main sur le conducteur de la machine, fait partie intégrante de celle-ci. Elle sent alors sur la figure comme le souffle d'un air léger et frais, ses cheveux se hérissent en vertu des phénomènes d'attraction et de répulsion, et lorsque d'une partie quelconque de son corps une autre personne présente le doigt, une étincelle jaillit aussitôt.

## CHAPITRE III

### LA Foudre

Électricité atmosphérique. — Travaux des physiciens pour en déterminer la nature. — Franklin. — Expérience célèbre de Marly-la-Ville. — Mort de Richmann. — Expérience du cerf-volant de Franklin. — Expérience de M. de Romas.

S'il est un phénomène qui, depuis l'origine du monde, n'a cessé d'impressionner tous les êtres vivants, les hommes aussi bien que les animaux, c'est celui de l'orage, alors que des nuées épaisses, sombres, frangées, s'enroulent les unes sur les autres, envahissent tout l'horizon, enveloppent la nature entière comme dans un linceul et que de leurs flancs incessamment déchirés par de longs traits de feu, de zig-zag éblouissants, s'échappe la foudre qui sème sur son passage la dévastation et la mort.

Les anciens virent dans les phénomènes de l'orage, une manifestation de la colère des dieux, aussi, se fiant aux puissances célestes de sauvegarder leur existence, songèrent-ils peu à étudier les phénomènes de la foudre, et à se garantir de ses atteintes.

Il paraît cependant que plusieurs personnages de l'antiquité connurent ou prétendirent connaître le moyen de commander au tonnerre ou, selon une expression ancienne : *l'art de le faire descendre des nuages*.

Tels furent Salmonée, roi d'Élide, qui périt foudroyé, probablement en s'occupant d'expériences analogues à celles de M. de Romas et de Franklin, dont nous parlerons plus tard, et Zoroastre, prince de la Bactriane, que les Perses vénèrent comme fondateur de la religion des Mages. Assiégé dans sa capitale par Ninus, Zoroastre aurait obtenu des dieux d'être frappé de la foudre, pour ne pas tomber vivant entre les mains de ses ennemis.

Numa et Tullus Hostilius, rois de Rome, eurent aussi quelque idée des phénomènes de l'électricité atmosphérique. Ce dernier ayant négligé certaines pratiques mystérieuses prescrites par son prédécesseur périt foudroyé et brûlé dans son palais.

Ces faits cités sans explications ni commentaires par les écrivains du temps ne méritent qu'on s'y arrête qu'à titre de curiosité.

Comme l'antiquité, le moyen âge, superstitieux et craintif, ne rechercha nullement quelle pouvait être la cause de ces violents phénomènes d'éclairs et de bruit qui signalent les orages. Ce n'est qu'au milieu du dix-septième siècle que les physiciens furent frappés de l'analogie incontestable qui existe entre la foudre et l'étincelle des machines. Comme cette dernière, mais avec une intensité infiniment plus grande, la foudre perce et renverse les corps, chauffe, rougit, fond les métaux, frappe et souvent tue les hommes et les animaux. De plus, la forme de l'étincelle des machines, son vif éclat bleuâtre ou violacé, le bruit sec, le crépitement qui accompagne son apparition ne reproduisent-ils pas, en petit sans doute, mais exactement les phénomènes de l'éclair et du tonnerre.

L'étincelle à peine visible qu'Otto de Guericke parvint à tirer de son informe machine électrique, fit immédiatement pressentir à cet esprit sagace et observateur que des effets semblables devaient avoir pour origine une même cause ; comme l'étincelle de son globe était une manifestation du fluide électrique produit par le frottement de la main sur le soufre, la foudre devait être une manifestation d'un agent de même nature existant au sein de l'atmosphère.

En 1752 lorsqu'il eût découvert le pouvoir qu'ont les pointes d'offrir un libre passage à l'écoulement du fluide électrique Franklin émit cette idée, que si on dressait verticalement sur un sommet élevé une barre de fer pointue, cette barre, dans le cas bien entendu, de l'identité de la foudre avec l'électricité, se chargerait de fluide sous l'influence des nuages et présenterait alors tous les signes caractéristiques d'électrisation que l'on constate sur les conducteurs de la machine de Ramsden.

Contrairement à l'opinion généralement répandue que le premier il fit descendre à sa volonté le feu du ciel sur la terre, Franklin n'exécuta pas lui-même l'expérience qu'il recommandait. Cet honneur était réservé à deux français : Buffon, qui fit traduire le mémoire de Franklin, et

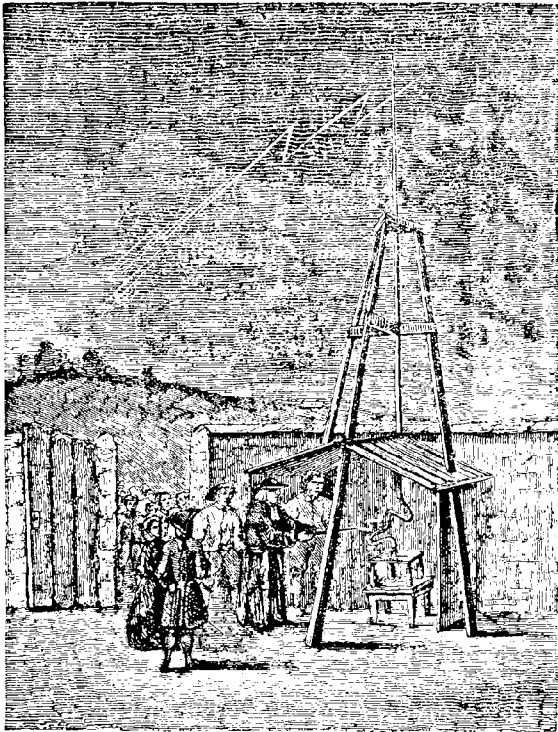


Fig. 19. Expérience de Marly.

Dalibard, physicien de mérite que s'adjoignit le grand naturaliste.

Sur les indications de Buffon, Dalibard fit élever à Marly, dans le jardin de sa maison de campagne une barre de fer ronde et pointue haute de treize à quatorze

mètres, tandis que Buffon faisait surmonter le faite de son château de Montbard d'une tige semblable. Un troisième appareil du même genre fut dressé sur la maison qu'habitait à Paris, un autre physicien nommé Delor. L'appareil de Marly fut le premier favorisé. Le 10 mai 1752, l'orage souhaité des trois savants éclatait sur la vallée de la Seine ; Coiffier, menuisier intelligent, à qui Dalibard avait confié la surveillance de la tige de fer, présenta à celle-ci les boules d'un excitateur dont l'avait muni le physicien. Il obtint une petite étincelle suivie de plusieurs autres d'une intensité croissante. Immédiatement, et selon les instructions de Dalibard, il envoya prévenir l'abbé Raullet, curé de Marly, chargé des observations scientifiques, puis plusieurs personnes pour être témoins du phénomène qui se continua pendant un grand quart d'heure, tout le temps que la nuée orageuse mit à passer au dessus de la localité. Trois jours après, le récit de l'expérience écrit par le curé de Marly, attesté par de nombreux témoins était lu par Dalibard à l'Académie des sciences. Comme on se l'imagine aisément, il produisit la plus vive sensation. Quelques jours après la tige du physicien Delor donnait également des signes manifestes d'électricité et de son côté Buffon, alors à Montbard, tira de la verge métallique de son château un grand nombre d'étincelles.

Cependant les premiers expérimentateurs ne se doutaient pas encore des terribles dangers auxquels ils s'exposaient en jouant ainsi avec le feu du Ciel. Déjà, lors de l'expérience de Marly, l'abbé Raullet avait eu l'avant-bras brûlé ; le physicien Lemonnier, en observant ce fait important que la tige peut donner des signes d'électrisation sans qu'il y ait apparence d'orage, ressentit également une commotion violente ; d'autres expérimentateurs éprouvaient des accidents semblables ; enfin une terrible catastrophe vint montrer avec quelle prudence, que les précautions il fallait *manier la foudre*.

Richmann, professeur de physique à St-Petersbourg et membre de l'Académie des sciences de Russie, voulut, lui aussi, répéter les expériences faites en France. Pour assurer l'isolement complet de la tige métallique, il la fit implanter dans un cône de résine reposant sur le plancher de son

laboratoire; l'extrémité supérieure pointue et dorée sortait par une ouverture ménagée dans le toit de la maison.

Le 6 août 1753, un violent orage éclatait sur St-Petersbourg, Richmann, alors en séance à l'Académie, se hâta de rentrer chez lui et envoya prévenir le dessinateur Solokoff qui devait reproduire par le dessin les divers phénomènes observés. L'artiste arrivait à peine qu'il vit un globe de feu de couleur bleuâtre s'élançant de la tige métallique vers le front de Richmann debout à côté de l'appareil. Le malheureux physicien tomba sans avoir eu le temps d'articuler une parole, de pousser un soupir. Également renversé, Solokoff perdit connaissance. Ce fut en vain que par des frictions, des saignées, des soins de toutes sortes, on essaya de rappeler Richmann à la vie; il était mort foudroyé.

De son côté, Franklin avait voulu répéter à Philadelphie, les expériences faites en Europe d'après ses indications; mais comme il désirait dresser sa barre de fer sur un sommet très-élevé et que ce sommet manquait dans la ville ou dans les environs, il pensa qu'un cerf-volant remplirait beaucoup mieux son but d'aller chercher, soutirer comme on le disait alors, la matière électrique au sein même des nuages où, supposait-on, elle prend naissance.

Ce cerf-volant, fait en étoffe légère de soie était traversé dans son grand diamètre par un fil de fer pointu, communiquant avec la corde de chanvre qui le retenait. Une clef de fer suspendue à cette corde devait servir de conducteur.

Son cerf-volant étant prêt, Franklin profita d'un jour d'orage pour se rendre avec son fils dans les prairies qui avoisinent Philadelphie: il n'avait fait part de son projet à personne, dans la crainte qu'une non-réussite vint jeter du ridicule et du discrédit sur ses travaux. Dans les premiers moments de l'ascension, la clef ne donna aucun signe d'électricité. Franklin commençait à croire que les mauvais plaisants de Philadelphie pourraient bien avoir eu raison s'ils avaient assisté à l'expérience, lorsque la pluie ayant mouillé la corde, il vit quelques brins de chanvre se raidir et s'écarter les uns des autres. Présen-

tant alors le doigt à la clef, il en tira une série d'étincelles, puis observa les divers phénomènes d'attraction et de répulsion des corps légers, réussit à charger une bouteille de Leyde : il demeura enfin convaincu de l'absolue identité des deux fluides, l'électricité de machines et la foudre.

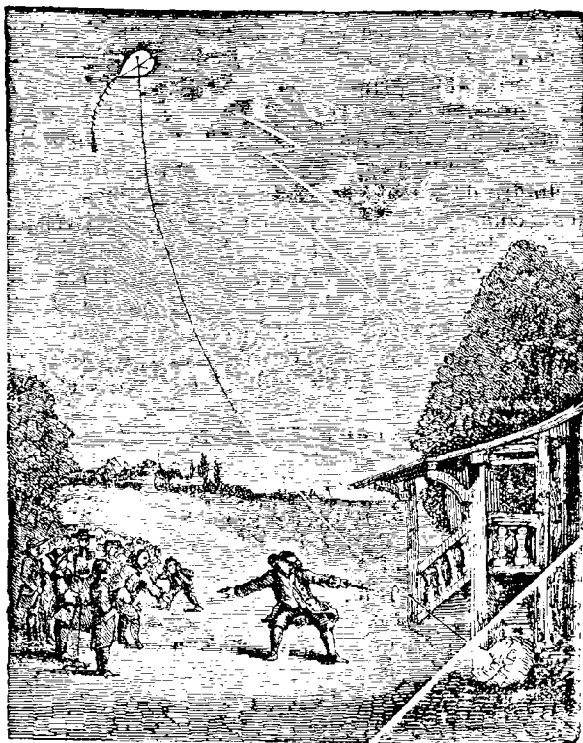


Fig. 20. Le chevalier de Romas à Nérac.

Avant que la célèbre expérience du cerf-volant électrique put être connue en Europe, un français, le chevalier de Romas, membre d'une société d'amateurs de sciences de Nérac, avait eu la même idée que Franklin : répéter l'expérience de Dalibard au moyen d'un cerf-volant. Un essai tenté au mois de mai 1753 échoua, la corde de

chanvre du cerf-volant n'étant pas suffisamment conductrice du fluide électrique. Un second appareil, sur la corde duquel avait été enroulé un fil mince d'archal et que terminait un petit cylindre de fer blanc, fut enlevé sur la promenade publique de Nérac, le 7 juin 1753 au moment d'un orage. Il donna des signes d'électricité d'abord assez faibles pour que les personnes présentes et M. de Romas lui-même pussent sans danger tirer des étincelles, en présentant le doigt au cylindre ou par l'intermédiaire d'une épée, d'une clef, d'une canne. Mais bientôt le danger devenant plus grand, les spectateurs s'éloignèrent et M. de Romas resté seul et tenant à la main un excitateur tira du cylindre de fer blanc des étincelles longues et brillantes accompagnées de craquements entendus de très-loin; en même temps des pailles et d'autres menus objets furent tour à tour attirés et repoussés; une forte odeur sulfureuse se répandit et l'on entendit un bruissement continu analogue au sifflement de l'air s'échappant d'un soufflet de forge; enfin, bien que l'obscurité fût loin d'être complète, une espèce d'auréole lumineuse enveloppait la corde du cerf-volant.

L'expérience se termina par la chute du cerf-volant qu'un coup de vent fit s'abattre.

On a longtemps discuté sur la question de savoir qui, du savant américain ou de l'amateur français eût le premier l'idée de recourir à l'expérience décisive du cerf-volant électrique. Il est démontré aujourd'hui qu'à Franklin revient l'honneur d'avoir indiqué les effets probables sur les nuages orageux des barres de fer pointues dressées verticalement, mais qu'à M. de Romas appartient incontestablement la pensée d'aller chercher la substance électrique au sein même des nuages.

En effet, l'expérience du cerf-volant de Franklin eut lieu au mois de septembre 1752, mais dès le mois de juin de la même année, M. de Romas avait consigné dans plusieurs de ses lettres à divers amis, les résultats qu'il attendait et qu'il obtint de l'appareil qu'un an après il lançait vers les nuages. En toute justice, le nom de M. de Romas doit donc être associé à celui de Franklin dans l'histoire du paratonnerre.



## CHAPITRE IV

### ÉCLAIRS ET TONNERRES

Nature de l'électricité atmosphérique. — Phénomènes de l'orage.  
— Les éclairs. — Différentes catégories d'éclairs. — Le tonnerre.  
— Causes des roulements. — Explosion de la foudre. — Effets de la foudre. — Effets mécaniques. — Effets physiques. — Effets chimiques. — Fulgurites. — Effets physiologiques. — Choc en retour. — Statistique des coups de foudre. — Ce qu'il faut éviter en temps d'orage. — Sonneries des cloches.

L'électricité existe dans l'atmosphère sous ses deux états de fluide vitré et de fluide résineux, en quantité plus ou moins considérable suivant la hauteur des lieux d'observation, les heures de la journée, suivant aussi l'élévation de la température.

Lorsque le ciel est pur, sans trace de nuages, on a remarqué que c'est généralement l'électricité positive qui domine dans l'atmosphère, aussi bien en rase campagne que dans l'intérieur des villes.

Lorsque le ciel est nuageux ou tout à fait couvert, qu'il pleut ou qu'il neige, c'est tantôt l'un, tantôt l'autre des deux fluides qui domine.

A quelles causes doit être attribuée la présence dans l'air du fluide électrique ?

On n'est pas encore bien certain de le savoir. Longtemps on a supposé que le fluide prend naissance par suite du frottement de l'air contre le sol, ou des eaux contre elles-mêmes ; mais d'après les expériences des physiciens modernes, on admet que l'évaporation des *eaux salines* est la cause principale de production de l'électricité atmosphérique. En s'élevant dans les airs pour former les nuages, les vapeurs emportent avec elles l'électricité positive du sol, tandis que la terre s'empare du

fluide de nom contraire. D'un autre côté, on pense qu'il y a également production d'électricité par suite du contact des eaux et des terres ; comme dans ce cas ces eaux et ces terres sont électrisées tantôt positivement, tantôt négativement, il s'ensuit que pendant l'évaporation des eaux, autres que celles des rivières ou des mers, il y a production et dégagement dans l'atmosphère de grandes quantités de fluide négatif dans certaines circonstances, positif dans d'autres. On admet encore, pour expliquer l'existence des nuages électrisés négativement, que le fluide y a été pour ainsi dire amené par les brouillards, lesquels pendant

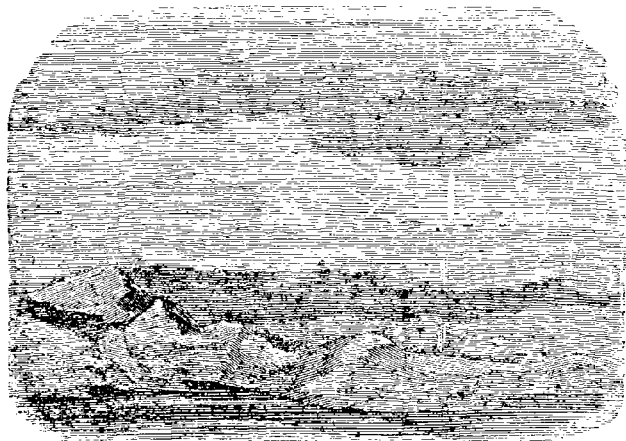


Fig. 21. Formes des éclairs simples

leur contact avec le sol lui ont emprunté une certaine quantité de fluide abandonné par les eaux pendant leur évaporation.

De ce qui précède, on comprendra pourquoi les nuages, amas de vapeurs produits par l'évaporation des eaux terrestres de toutes provenances, sont chargés tantôt d'une nature de fluide négatif tantôt d'une autre.

Dans les circonstances ordinaires, lorsque les nuages ne contiennent pas un excès d'électricité, ou que tous sont imprégnés de la même nature de fluide, aucun phénomène particulier ne se produit. Mais si parmi ces nuages, ceux

qui sont fortement chargés de fluide vitré viennent à passer près des autres chargés de fluide résineux, les deux électricités s'attirent mutuellement pour se combiner et former le fluide neutre. Cette combinaison constitue ce que l'on appelle la *foudre* et elle se manifeste par l'apparition instantanée d'une étincelle sinueuse et brillante suivie d'un bruit plus ou moins prolongé. Cette étincelle est *l'éclair* tandis que le bruit qui lui succède a reçu le nom de *tonnerre*. L'ensemble de ces phénomènes constitue *l'orage*.

Les éclairs qui apparaissent subitement entre deux nuages électrisés ne se propagent pas en ligne droite, mais leur trace affecte la forme d'une ligne brisée, sinueuse dite en *zig-zag* tout à fait comparable, sauf l'étendue, aux fortes étincelles tirées des machines.

Parfois ces traits de feu fulgurants décrivent un arc immense, ou bien partent d'un point central pour se partager en plusieurs branches parfaitement distinctes, très-écartées qui vont frapper des points de la terre éloignés les uns des autres de plusieurs kilomètres.

Ces éclairs sinueux et fulgurants forment la première des quatre catégories d'éclairs que les météorologistes s'accordent à reconnaître. Leur lumière est d'un blanc très-vif dans les parties qui avoisinent le sol, bleuâtre dans celles qui en sont éloignées, mais souvent l'aspect général du trait flamboyant est rouge ou violacé.

Les éclairs de la seconde catégorie n'ont pas les contours resserrés, sinueux, nets des précédentes. Ils apparaissent comme des ondes immenses puisqu'elles ont fréquemment plusieurs lieux d'étendue, sans limites nettement définies, qui embrasent tout l'horizon : le rideau de nuages paraît se déchirer pour laisser apercevoir l'azur du ciel. Ces éclairs, de beaucoup les plus communs, sont en général de nuance bleue ou violette, quelquefois rouge; ils sont loin d'égaliser en éclat les éclairs fulgurants.

Une troisième catégorie d'éclairs comprend les *éclairs globulaires*, c'est-à-dire qui se manifestent sous la forme de boules de feu. Tandis que la durée des éclairs fulgurants est inappréciable, les éclairs en boules restent quelquefois visibles pendant plusieurs secondes : l'œil peut

suivre leurs mouvements, apprécier leur vitesse. Ils descendent des nuages ou plutôt tombent sur le sol, rebondissent comme le ferait une balle de caoutchouc, éclatent en produisant une détonation formidable.

C'est assez fréquemment sous la forme globulaire que la foudre frappe les objets terrestres. Ainsi c'est un globe de feu qui tua le professeur Richmann, de Saint-Petersbourg. En avril 1866, pendant un orage assez violent qui éclata sur Paris, un globe de feu se détacha des nuages, tomba sur la place Saint-Pierre Montmartre, la traversa

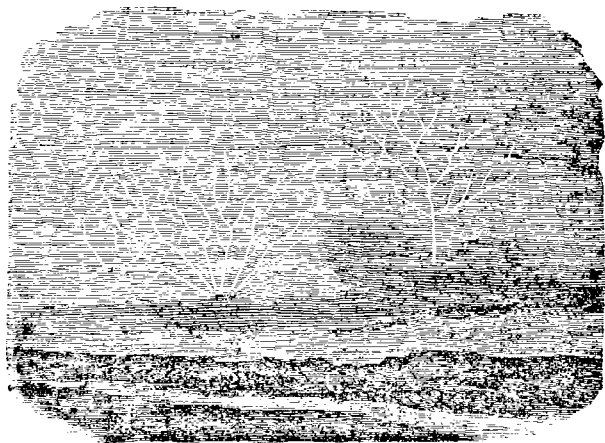


Fig. 22. Eclairs divisés et arborescents.

dans toute sa largeur pour venir tuer un homme et un cheval arrêtés dans une rue adjacente.

Une dernière espèce d'éclairs est celle que l'on appelle communément les *éclairs de chaleur*, parce qu'ils se manifestent toujours à la suite de journées très-chaudes et ne produisent aucun bruit.

On a hasardé bien des suppositions pour expliquer ce dernier phénomène. Il paraît démontré aujourd'hui que ces ondes lumineuses sont le reflet d'éclairs qui éclatent dans des nuages invisibles pour nous parce qu'étant plus bas que notre horizon, la sphéricité de la terre ne nous permet pas de les apercevoir. Si nous n'entendons aucun

bruit, c'est l'éloignement du foyer de ces orages qui en est l'unique cause.

Le bruit qui accompagne l'apparition de l'éclair et que l'on appelle le *tonnerre* résulte de l'ébranlement causé dans les nuages et dans l'air par la décharge électrique. C'est le résultat de la compression momentanée de l'atmosphère aux différents points de passage de l'étincelle.

Bien que l'on aperçoive l'éclair plusieurs secondes avant d'entendre le tonnerre, les deux phénomènes de lumière et de bruit sont absolument simultanés. La différence de perception, du premier par les yeux, du second par les oreilles, provient de ce que la vitesse de l'agent lumineux est infiniment plus grande que celle du son qui ne parcourt guère plus de trois cent quarante mètres en une seconde de temps. C'est déjà une belle vitesse, mais qu'est-ce auprès de celle de la lumière qui en franchit environ deux cent mille pendant le même temps.

D'après ces données il est facile de calculer à quelle distance on se trouve des nuages au sein desquels vient de surgir l'étincelle électrique : il suffit de compter le nombre des secondes écoulées entre la perception de l'éclair et le bruit du tonnerre. Le produit donne en mètres la distance qui sépare l'observateur du nuage orageux. Ainsi supposons qu'entre le moment où l'éclair vient de luire et celui où le bruit commence, on ait compté neuf secondes, il faut en conclure que le nuage orageux se trouve éloigné de nous de 3060 mètres, c'est-à-dire 9 fois 340 mètres. On peut encore se rendre compte d'une manière suffisante de l'éloignement du foyer orageux en comptant les battements de pouls et multipliant par 300 le nombre de pulsations battues entre l'apparition de l'éclair et le bruit du tonnerre.

La connaissance exacte des phénomènes qui constituent l'éclair et le tonnerre nous démontre donc qu'il n'y a plus rien à redouter de la foudre dès que l'on a vu l'éclair : l'effet électrique est produit, la combinaison des fluides a eu lieu, tout danger est passé, le bruit quelque retentissant qu'il soit ne doit plus inspirer aucune crainte.

Diverses causes modifient l'éclat, la durée, l'intensité du tonnerre. Là où jaillit l'éclair, le bruit est sec, strident,

de courte durée, mais plus on s'éloigne de ce point, plus le bruit, faible d'abord, se renforce, se transforme en roulements prolongés suivis d'éclats formidables, mais d'intensité très-inégale.

Cette inégalité d'intensité du tonnerre n'a pas encore été parfaitement expliquée. On l'attribue à des causes multiples, parmi lesquelles il faut ranger la réflexion du son sur la terre et à la surface des nuages, les échos qui répètent et renforcent le bruit.

Tant que la décharge électrique a lieu entre deux nuages chargés l'un de fluide vitré, l'autre de fluide résineux, que la foudre éclate au sein de l'atmosphère, elle n'occasionne aucun ravage. Il en est tout autrement si l'explosion se produit entre le nuage orageux et un objet placé sur le sol. On dit alors que cet objet est *foudroyé*, *frappé de la foudre* ou, selon une expression impropre, mais passée dans l'usage, que *la foudre est tombée*.

Un objet peut être foudroyé *directement* ou par ce que l'on appelle le *choc en retour* ; ces deux modes de foudroiement s'expliquent l'un et l'autre par ce que nous avons dit plus haut de l'électrisation par influence.

Le foudroiement direct a lieu toutes les fois que sous l'influence d'un nuage orageux, le fluide neutre du sol se trouve décomposé en électricité négative et en électricité positive. L'une des deux électricités, la positive, si le nuage est électrisé positivement, la négative, s'il l'est négativement, est repoussée dans le sol, tandis que l'autre est attirée à la surface. Lorsque l'effort des deux électricités pour se rejoindre est assez puissant pour vaincre la résistance de l'air, le fluide neutre se reconstitue avec production d'étincelle. Mais comme d'un côté les arbres, les édifices, tous les corps en contact avec le globe terrestre participent à son électrisation, que de l'autre, ils se trouvent d'autant plus rapprochés du nuage orageux qu'ils sont plus élevés, l'étincelle éclate de préférence entre le nuage et ces objets qui sont alors foudroyés directement.

Au moment où la foudre éclate soit dans les airs, soit sur le sol, il arrive parfois qu'un être vivant, homme ou animal, ressent une secousse ou même tombe foudroyé sans qu'il y ait production ni d'étincelle, ni de bruit. Ce

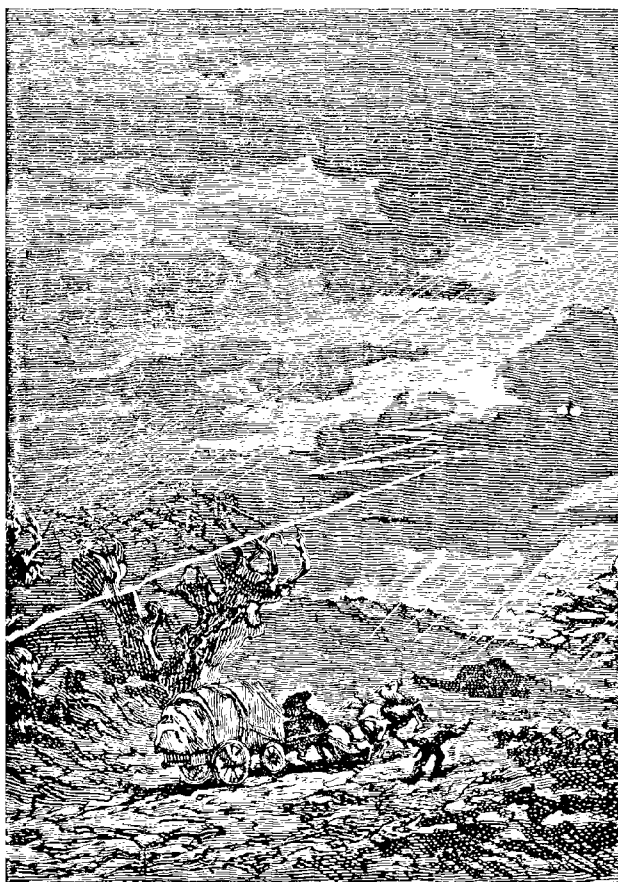


Fig. 23. Le cou, de foudre,





foudroiement, que l'on appelle le *choc en retour*, s'explique par l'influence qu'exerce le nuage orageux sur les objets placés dans son voisinage, dans sa sphère d'activité. Le fluide positif, par exemple, de ce nuage décompose par influence le fluide neutre du corps et repousse dans le sol l'électricité du même nom. Tant que la situation reste la même, aucun danger n'est à craindre, mais si l'action décomposante du nuage vient à cesser subitement par suite de l'explosion de la foudre sur un autre point terrestre, l'équilibre est rompu, la recombinaison du fluide neutre a lieu dans le corps brusquement, sans transition aucune et la violente commotion qui en résulte peut être mortelle. La mort causée par le choc en retour, est parfois tellement instantanée que la victime ne doit pas s'apercevoir de la cessation de sa vie ; le visage ne porte ordinairement aucune trace de contraction et les membres conservent l'attitude qu'ils avaient au moment de la décharge. Un prêtre revenant chez lui monté sur sa paisible jument, fut foudroyé sur la route. Il n'en resta pas moins en selle et on ne s'aperçut de son décès qu'au moment où sa monture s'arrêta d'elle-même à la porte du presbytère.

La foudre, lorsqu'elle éclate entre un nuage et un objet terrestre, semble se diriger de haut en bas, du nuage vers le sol, dans ce cas on la dit *descendante*, mais il arrive parfois qu'elle est *ascendante* : elle paraît s'élancer du sol vers le nuage. Il y a dans la Styrie, dit Arago, une montagne fort élevée qu'on appelle le mont Sainte-Ursule, au sommet de laquelle une église a été bâtie. Le 1<sup>er</sup> mai 1700 s'agglomérèrent vers la moitié de la hauteur de la montagne des nuages très-épais et très-noirs qui furent bientôt le foyer d'un grand orage. Le ciel continua à rester sercin au sommet, le soleil y brillait du plus vif éclat. Chacun donc pouvait se croire en parfaite sûreté dans l'église, et cependant la foudre partie du *nuage inférieur* y alla tuer sept personnes.

Les effets de la foudre sont multiples.

Ils varient suivant les circonstances dans lesquelles se produit l'explosion, suivant aussi les milieux que traverse l'étincelle; ils sont *mécaniques, physiques, chimiques et physiologiques*.

L'étincelle électrique perce le verre, le papier, brise le bois, avons-nous dit, la foudre produit les mêmes effets mécaniques, mais dans une proportion beaucoup plus grande; elle fend et brise les arbres, les tord, arrache des barres de fer de leurs scellements, transporte des masses énormes. C'est ainsi qu'en 1809, la foudre ayant frappé une maison de Swinton (Angleterre) arracha du sol un fragment de mur de quatre mètres de hauteur sur un d'épais eur, pesant 2600 kilogrammes pour le rejeter à quelques pas plus loin. Pendant l'orage qui éclata sur Paris en juillet 1866, la foudre tomba sur le réservoir en tôle d'une maison située derrière le cimetière Montmartre; elle le tordit sur lui-même avec une force telle que les scellements furent arrachés de la muraille. Ces exemples de torsion par la foudre, de la marche en spirale du météore sont assez communs dans les forêts où l'on rencontre fréquemment des arbres dépouillés de leur écorce suivant une ligne hélicoïdale.

Les effets de transport et de projection de la foudre sont attribués à la réduction instantanée en vapeur de l'eau que le météore rencontre au sein du corps qu'il frappe. La vapeur douée d'une très-grande force élastique, joue dans le foudroiement le rôle de la poudre à canon dans une bombe : elle écarte violemment et par suite lance au loin les parois qui l'emprisonnent.

Le principal des effets physiques dus à l'explosion de la foudre est une élévation de température suffisante pour fondre et même volatiliser les métaux, et, dans ce dernier cas, on remarque que le métal réduit en vapeur est transporté à la surface des corps environnants sous la forme d'une poussière dont la couleur varie suivant le métal.

Ces effets de fusion sont parfois bizarres et leur instantanéité est telle que, malgré l'extrême élévation de température, les enveloppes très-combustibles de ces métaux ne sont pas toujours brûlées. Il est fréquemment arrivé que des pièces de monnaie ont été fondues dans une bourse de soie sans aucun dommage pour ce le-ci, que des clous de souliers, des chaînes de montre ont disparu sans laisser trace de brûlure.

Le tonnerre tomba, il y a quelques années, dans le ca-

binet du Ministre de la Guerre, à Paris. Il marqua son passage par la soudure entre eux des portes-plumes, plumes métalliques, épingles qu'il rencontra sur le bureau; les papiers sur lesquels se trouvaient les objets ne furent aucunement brûlés.

Lorsque les masses métalliques atteintes par la foudre sont volumineuses, la fusion n'est que partielle. La foudre tombée en 1707 sur un moulin à blé, rencontra une grosse chaîne de fer dont elle en souda si fortement tous les anneaux que la chaîne se trouve en quelque sorte transformée en une barre de fer.

Quand cet effet de chaleur se développe dans un corps non métallique et que son état humide rend ininflammable cet objet peut se trouver aussi complètement desséché que s'il avait séjourné dans un four de boulanger. Le 25 mai 1756, la foudre frappa dans le parc de l'abbaye du Val, près de l'Île-Adam, un chêne centenaire de 16 mètres de hauteur et de plus d'un mètre de tour. Sans présenter aucune trace de brûlure, l'arbre se trouva complètement desséché dans toutes ses parties, tronc, branches et racines : en plein mois de mai il offrit l'apparence qu'il avait au cœur du mois de décembre précédent.

De même que l'étincelle électrique des machines enflamme les corps facilement combustibles la foudre incendie parfois les corps qu'elle frappe lorsqu'elle tombe sur une poudrière, par exemple, il est bien rare qu'un épouvantable désastre n'en soit la suite. C'est également le feu du ciel, qui, en 1822, incendia la superbe flèche pyramidale de la cathédrale de Rouen. Le gaz d'éclairage qui circule dans des conduites enfouies sous terre a été fréquemment enflammé par le tonnerre ainsi que cela eut lieu à Paris pendant l'orage de juillet 1866.

Un autre effet physique du tonnerre, effet inexplicable jusqu'à présent, mais constaté dans bien des circonstances, affirmé par des témoignages très-nombreux et très-dignes de foi, c'est l'impression de certains objets que laisse l'étincelle électrique sur les corps qu'elle frappe.

M. Raspail raconte que la foudre frappa un peuplier sur lequel un enfant était monté pour s'emparer d'un nid d'oiseau. Quand on releva le corps de ce petit malheureux

jeté à terre par la commotion, on s'aperçut qu'il portait, marqué sur la poitrine, et comme si on l'avait décalqué avec soin, l'image du peuplier sur un rameau duquel on distinguait le nid convoité.

En 1836, on remarqua sur le cadavre d'un homme foudroyé, plusieurs taches rondes dont le nombre et la grandeur correspondaient au nombre et aux dimensions des pièces de monnaie retrouvées dans la ceinture de la victime.

Quelles sont les causes de ces effets ? La science reste muette, elle les constate, mais n'est pas encore parvenue à les expliquer.

Comme l'étincelle électrique, la foudre transforme en ozone l'oxygène des couches d'air qu'elle traverse et l'odeur sulfureuse qui caractérise la formation de ce corps particulier est parfois si forte qu'elle peut déterminer une asphyxie momentanée. A Genève, sur le quai, une sentinelle faillit tomber dans le lac, suffoquée qu'elle fut par l'odeur de soufre enflammé qui suivit un coup de foudre.

L'explosion de la foudre détermine également la combinaison intime des deux gaz constitutifs de l'air, l'oxygène et l'azote et les transforme en ce composé liquide, de couleur généralement jaunâtre que les arts emploient sous le nom d'eau forte; mais que les chimistes appellent acide azotique ou nitrique.

On sait aussi avec quelle rapidité se gâtent en temps d'orage le lait, la bière, le bouillon, les viandes; mais il est probable que dans ces cas de décomposition l'action du fluide électrique est beaucoup aidée par celle de la chaleur.

Les tubes de foudre appelés *fulgurites* sont également dus à des effets chimiques de l'électricité.

Lorsque la foudre frappe directement en rase campagne, mais principalement sur les lieux élevés, un sol sablonneux au dessous duquel se trouvent une nappe d'eau et des matières qui l'attirent comme des filons métalliques ou bien quand de l'objet foudroyé, elle s'élançait, elle rebondit, — qu'on nous permette cette expression —, sur la terre, elle fond les matières qu'elle traverse avant de se disperser dans le réservoir commun: sa route est marquée

par un ou plusieurs tubes de substances qu'elle a fondues combinées entre elles pour les vitrifier, c'est-à-dire les transformer en verre.

Ces vitrifications, assez communes sur les montagnes, ont reçu les noms de *pierres de foudre*, *tubes de foudre*, *fulgurites*.

Connues, étudiées et décrites depuis longtemps par les auteurs chinois, en particulier par un empereur très-instruit appelé Kang-Hi, les tubes de foudre furent découverts en Europe dans l'année 1711 par le pasteur protestant Hermann, de Mossel, en Silésie. Les premiers échantillons qu'il recueillit sont encore conservés dans la galerie minéralogique de Dresde.

Les dimensions des fulgurites sont très-variables; quelquefois la vitrification est superficielle, le tube est unique, presque vertical; dans d'autres circonstances, il se ramifie en deux ou plusieurs branches partant d'un même sommet et s'écartant ensuite les unes des autres. Le diamètre du tube varie entre quatre ou cinq millimètres et douze ou quinze centimètres; sa profondeur de quelques centimètres à dix ou douze mètres. La paroi intérieure est un verre parfait plus ou moins lisse assez dur pour rayer le verre produit par l'industrie et faire feu au choc du briquet. Quant à la paroi extérieure sa nature, sa couleur et son aspect varient selon les matières terreuses au sein desquelles la fulgurite a pris naissance. En général elle est rugueuse, friable, de nuance jaune terreux.

La foudre étourdit ou tue les hommes et les animaux qui se trouvent sur son passage lorsqu'elle éclate. Dans ces circonstances, il arrive souvent que les victimes gardent pendant quelques temps la position qu'elles avaient au moment du foudroiement, et, bien que ne présentant aucune lésion apparente, leur corps tombe promptement en décomposition. Ce fait tient à ce que la décharge électrique désorganise le système nerveux, brise toutes les vésicules destinées à contenir les parties liquides du corps.

Si la personne foudroyée n'est pas atteinte mortellement, il est bien rare qu'elle ne se ressente en rien du coup de foudre : souvent ses membres sont paralysés, ou bien elle

perd le sens de la vue et de l'ouïe. Il est arrivé cependant que l'explosion de la foudre a rendu la vue des aveugles, l'ouïe à des sourds. Un acteur anglais recouvra l'usage de l'œil droit, dont il était privé depuis nombre d'années, après avoir été renversé par un coup de tonnerre; dans une circonstance semblable un jeune allemand fut instantanément guéri d'une surdité absolue; une vieille femme paralysée, hors d'état de faire un pas sans le secours de ses béquilles, fut saisie d'une telle épouvante en entendant le fracas du tonnerre tombé chez elle, qu'elle se précipita à genoux, se releva, alla au devant de son frère et reconnut enfin avec une joie facile à comprendre que le tonnerre avait été pour elle le meilleur des médecins et le plus efficace des médicaments.

En présence de ces exemples choisis parmi des milliers d'autres, ne nous est-il pas permis d'espérer qu'un jour verra où la cure au tonnerre prendra place à côté de la cure à l'eau ou hydrothérapie ?

C'est un fait reconnu que la foudre, lorsqu'elle frappe un objet matériel, ne cause de dégâts qu'à sa rentrée et à sa sortie de cet objet. Le même phénomène se reproduit quand l'étincelle électrique éclate entre un nuage orageux et des êtres vivants. Ainsi, c'est très-fréquemment qu'un individu foudroyé présente sur une partie du corps une petite ouverture à laquelle en correspond une semblable dans une autre région. C'est ce qui fut remarqué sur le cadavre de l'infortuné Richmann et ce qui l'a été également sur le corps du capitaine Lacroix, du 11<sup>e</sup> bataillon de chasseurs à pied, foudroyé dans sa tente au Camp de Châlons le 7 mai 1869. Parfois il arrive que la foudre tue le premier et le dernier des êtres vivants qui occupent les extrémités d'une file et respecte les autres. Le 2 août 1785, à Rambouillet, l'étincelle électrique ayant pénétré dans une écurie où se trouvaient trente-deux chevaux, tua seulement le premier et le dernier de la file.

Les objets foudroyés ou le corps des personnes tuées par l'étincelle électrique deviennent quelquefois eux-mêmes le siège de phénomènes foudroyants d'une remarquable intensité.

En 1854, un homme tomba frappé d'un coup de foudre

dans une rue avoisinant le jardin des Plantes de Paris. Lorsque deux soldats touchèrent pour le relever le corps resté quelque temps exposé à une pluie battante, ils reçurent tous deux une violente commotion.

Le 8 septembre 1858, en Dalmatie, le tonnerre renversa un poteau de télégraphe. Deux hommes qui vinrent pour réparer le dégât reçurent d'abord une légère secousse suivie d'une plus forte qui les terrassa et causa la mort de l'un d'eux. Au moment où il se relevait le survivant toucha le coude d'un ouvrier accouru à son secours, celui-ci reçut également une commotion, fut terrassé et son bras présenta une trace de brûlure. Dans ces diverses circonstances les corps et les objets foudroyés avaient conservé le fluide électrique en quantité assez grande pour produire à leur tour des effets intenses de foudroiement direct.

Le danger d'être foudroyé est-il un danger sérieux, véritable ? La statistique se charge de répondre à cette question.

M. le docteur Budin a transmis il y a quelques années à l'Académie des sciences une note sur les accidents causés par la foudre.

Il en résulte qu'en France, de 1835 à 1863, 2,238 personnes ont été tuées raide par le tonnerre. Si à ce nombre on ajoute celui des personnes blessées, on arrive au chiffre de 6,714, soit une moyenne 230 accidents par an.

Le sexe masculin paraît plus exposé que le sexe féminin, puisque sur 880 cas de foudroiement observés de 1854 à 1863, 233 femmesseulement ont été atteintes. Cette immunité relative est due, pense-t-on, à l'habitude qu'on beaucoup de femmes de porter des vêtements de soie, substance isolante, comme on le sait.

Sur les 6,714 victimes de l'étincelle électrique, on en compte près de 1,700 qui ont été tuées ou blessées parce que, pendant l'orage, elles s'étaient réfugiées sous les arbres.

Enfin on a remarqué que les cas de foudroiements sont beaucoup plus fréquents dans les pays de montagnes que dans ceux de plaines ; et que sous ce rapport les départements les plus exposés sont ceux de la Lozère, de la Haute-Loire, des Hautes-Alpes, ceux qui le sont moins, la Seine et le Calvados.

Bien que les exemples de personnes foudroyées dans leurs habitations ou en plein air soient assez communs, Arago estime que dans les grandes villes les risques d'être tué par le tonnerre sont bien moins à craindre que ceux d'être assommé par la chute d'un ouvrier couvreur ou par celle d'une persienne.

Le danger devient plus sérieux si l'on se trouve à portée d'un corps bon conducteur mais ne communiquant pas directement avec le sol comme la tige d'un paratonnerre qui serait interrompue, un clocher pointu non muni d'un appareil préservateur, les grands arbres isolés de la plaine. Une multitude d'accidents prouvent en effet combien il est imprudent de se placer à l'abri sous un arbre isolé, plus exposé aux coups de foudre en raison de sa cime dominante et de son feuillage humide. Pour la même raison, on doit éviter, lorsqu'on se trouve en forêt, de chercher un refuge contre la pluie sous les arbres dominant les massifs isolés, occupant le milieu d'un rond-point, car le fluide les frappe de préférence aux autres comme il est facile de s'en rendre compte par le nombre des arbres fendus, mutilés, écorcés en spirale que l'on rencontre assez fréquemment pendant une promenade sous bois. Mais le voisinage que l'on doit fuir avant tout si l'on se trouve en rase campagne, c'est celui des rails de chemin de fer, des clôtures métalliques, des fils télégraphiques et en général des masses métalliques d'un certain développement. En 1846, un piéton cheminant le long des rails du chemin de fer d'Arles à Avignon ; en 1847, un aiguilleur du Vésinet, en mai 1866, un cantonnier, furent, le premier, tué, les autres seulement renversés et contusionnés par la foudre qui frappa les rails. En 1869, le frère Aloysius, trappiste de l'abbaye de Scourmont, en Belgique, qui s'était agenouillé entre la faucheuse mécanique qu'il conduisait et une clôture en fil de fer, fut tué par un coup de foudre, probablement attiré par la masse métallique assez considérable de la faucheuse et du treillage.

L'eau n'est pas un obstacle au foudroiement non plus qu'une épaisseur plus ou moins grande de sol terrestre.

On cite en effet de nombreux cas de poissons foudroyés au sein des rivières et des lacs où ils vivaient inconscients



de tous dangers : le 17 septembre 1772, le tonnerre tombé dans le Doubs tua un grand nombre de poissons qui vinrent flotter le ventre en l'air à la surface de l'eau.

Il en est de même pour les mines souterraines. Plus d'une fois, les mineurs occupés dans les galeries à arracher au roc ses richesses métalliques ont ressenti une violente commotion ou même sont morts frappés par la foudre d'un orage dont ils ne soupçonnaient pas l'existence. Bien qu'à chaque menace d'orage, la reine Marie de Médicis, femme de Henri IV et mère de Louis XIII, se réfugiait dans une cave profonde et solidement voûtée, elle courait tout autant de risques que si elle fut restée tranquille dans son palais des Tuileries à contempler l'orage.

De ce qui précède, il ressort qu'on n'est jamais bien certain de ne pas recevoir l'intempestive visite de la foudre ; toutefois il est quelques précautions que l'on doit prendre si l'on ne veut pas s'exposer à des risques inutiles. Ainsi, on conseille à une personne craintive, enfermée dans un appartement, de s'éloigner des cheminées, des glaces, des lustres en métal, objets qui peuvent solliciter en quelque sorte le fluide électrique. En rase campagne, il faut fuir les arbres solitaires, surtout les peupliers : le mieux, si on le peut, est de se tenir à une certaine distance de deux ou trois arbres. A cause de leurs cimes dominantes, ces arbres seront frappés par la foudre de préférence aux objets moins élevés, pour lesquels ils rempliront ainsi l'office de paratonnerre.

Ce que nous venons de dire s'applique à tous les arbres sans distinction d'essence, même aux arbres résineux, sapins, pins, mélèzes, cèdres, auxquels on a longtemps attribué, mais à tort, une action isolante et préservatrice.

Il est également peu prudent, pense-t-on, de courir en rase campagne pendant un orage à cause des courants d'air que la course détermine et qui ne paraissent pas être sans influence sur la direction des coups de foudre. Un de nos amis voyageant en train de grande vitesse pendant un violent orage, vit tout à coup une lueur intense, entendit un éclat formidable et en même temps se sentit violemment repoussé d'une extrémité à l'autre du compartiment qu'il occupait seul. Revenu de son saisissement, il s'aper-

cut que la foudre avait brisé la portière du wagon en plusieurs morceaux et s'était frayé un chemin dans le plancher où se remarquait un trou béant, pour aller se perdre dans le sol par l'intermédiaire des roues et des rails de fer. C'est encore à cause de cette action directrice des courants d'air que l'on conseille de fermer les fenêtres des appartements lorsqu'il éclaire et qu'il tonne.

Bien que depuis plus d'un siècle, on cherche à le détruire, le préjugé qui attribue aux cloches bénites, sonnant à toute volée, la propriété d'éloigner les orages, persiste encore dans beaucoup de pays. Il n'est pas de pratique plus dangereuse pour le sonneur, car la position dominante d'un clocher, sa toiture, généralement pointue, la grande masse de métal constituant la cloche, attirent fréquemment les coups de foudre ; la corde de chanvre souvent humide qui sert à la mettre en branle, joue un rôle absolument identique à celui de la tige de fer interrompue, d'où la foudre s'élança pour tuer le professeur Richmann. L'exemple le plus remarquable que puisse citer au sujet au danger que présente la sonnerie des cloches en temps orageux est cité par Arago, dans sa notice sur le tonnerre.

Pendant le grand orage qui éclata sur la Bretagne dans la nuit du 15 au 16 avril 1718, la foudre tombée sur trente églises construites entre Landernau et Saint-Pol de Léon, en frappa vingt-quatre dans lesquelles on sonnait les cloches à toute volée ; elle épargna les six autres dont les sonneries avaient été laissées au repos.

## CHAPITRE V

### LES MOYENS DE DÉFENSE

Comment les anciens prétendirent se mettre à l'abri des coups de foudre — Effet de l'artillerie. — Invention du paratonnerre. — Premier paratonnerre établi à Philadelphie. — Accueil fait au paratonnerre en Angleterre et en France. — Les paratonnerres terminés en boule et les paratonnerres pointus — Procès de Saint-Omer. — Adoption générale du paratonnerre. — Construction et établissement du paratonnerre. — La tige. — Le conducteur. — Le puits. — Action protectrice du paratonnerre. — Paratonnerres des constructions en fer. — Paratonnerres des poudrières. — Paratonnerres des navires. — Exemple de l'efficacité du paratonnerre. — Faits accidentels de préservation : le temple de Jérusalem, le palais de Yédo, les tours de porcelaines chinoises, les pagodes hindoues.

Exposé aux coups si terribles et si capricieux de la foudre, l'homme chercha de tout temps à s'en préserver. Les anciens eurent recours à diverses pratiques religieuses, le moyen-âge et aux oraisons, au son des cloches, les modernes aux salves d'artillerie et enfin au paratonnerre.

Les amateurs de ce que l'on appelle le *vieux-neuf*, qui tournent retournent les bibliothèques pour essayer de démontrer que toutes les découvertes contemporaines existaient au moins en germe chez les anciens, nous apprenent que les Étrusques croyaient se garantir de la foudre en entourant leurs habitations de vignes blanches. Dans la même intention les Grecs plantaient près de leurs temples des massifs de lauriers et les Hindous des plantes grasses de diverses natures. Les Romains les imitaient ; et chaque fois qu'il entendait tonner, l'empereur Tibère, de sinistre mémoire, se couronnait de lauriers. Pline rapporte que, de son temps, les personnes craintives

couvraient leurs maisons de peaux de bœufs, les seuls animaux, pensait-on, que la foudre ne frappe jamais.

De son côté, l'historien Hérodote prétend qu'au moment des orages, les cavaliers thraces lançaient des flèches contre les nuages afin de les décharger de leurs foudres. D'après César, les Éduens et les Tolosains, ancêtres des Toulousains, plantaient en terre leurs épées, la pointe dirigée en l'air ; d'autres peuplades gauloises allumaient de grands feux et se couchaient auprès ; enfin, s'il faut en croire quelques écrivains, le savant Gerbert, devenu pape sous le nom de Sylvestre II, aurait imaginé de prévenir les coups de foudre en faisant planter dans le sol de longs poteaux surmontés d'un fer de lance aigu.

Quelques-uns de ces derniers moyens préservateurs étaient basés sur des faits observés ou connus par tradition ; et si le récit des historiens est vrai, on peut considérer les flèches des Thraces, les épées des Gaulois et les perches de Gerbert comme autant de précurseurs du paratonnerre de Franklin.

Longtemps on a cru que les décharges de l'artillerie pouvaient disperser les nuées orageuses chargées de fluide électrique et empêcher ainsi la formation des orages.

Par des observations minutieuses faites pendant les exercices à feu de Vincennes, Arago s'est assuré que les détonations de l'artillerie sembleraient au contraire déterminer l'amoncellement des nuées. Du reste on a pu faire la remarque que les batailles livrées durant l'été sont presque toujours suivies d'orages. On en eut de nombreux exemples durant la grande guerre civile des États-Unis. La bataille de Solférino, livrée le 24 juin 1859, commença à quatre heures du matin et pendant toute la journée six cents pièces de canon tonnèrent à peu près sans discontinuer. Si le bruit de l'artillerie avait eu l'effet qu'on est porté à lui attribuer, nul doute qu'un tel vacarme eût dû rendre au ciel sa plus pure sérénité. Bien loin de là. A cinq heures du soir, alors que l'issue de la lutte se décidait en faveur de nos soldats, un orage éclata et d'une violence telle que, malgré l'acharnement du combat, il fallut des deux côtés suspendre les opérations militaires.

Le véritable, et jusqu'à présent l'unique appareil qui peut nous préserver des décharges fulgurantes, est le résultat de la démonstration expérimentale que firent Dalibard, Franklin et de Romas de l'identité de la foudre et du fluide électrique. Dès que, par ses propres expériences et par celles de ses confrères d'Europe, Benjamin Franklin se fut assuré de la justesse des principes pressentis en 1752, son esprit positif et pratique s'occupa d'en tirer une application utile. Dès l'année 1760, il élevait sur le faite de la maison d'un M. West, négociant à Philadelphie, un paratonnerre formé d'une tige de fer amincie à son extrémité supérieure et communiquant par le moyen d'une autre tige avec une tringle métallique descendant jusqu'au sol dans lequel elle s'implantait profondément. Le hasard voulut qu'à peine établi, ce paratonnerre fût frappé de la foudre : la pointe se trouva fondue, la tige qui en joignait le pied au conducteur réduite d'un tiers, mais il n'en résulta aucun dommage pour la maison.

D'après les premiers résultats constatés, on pourrait croire que le paratonnerre se vit adopté sinon avec enthousiasme du moins sans résistance. Bien loin de là. Tandis que les Américains accueillaient chaudement l'invention de leur compatriote, on la repoussait en Angleterre et en France.

L'opposition de l'Angleterre avait un caractère tout politique. Aux yeux de Georges III dont le mauvais gouvernement avait amené la guerre entre les Colonies de l'Amérique du Nord et l'Angleterre, leur mère-patrie, une invention capitale venant d'un rebelle heureux, comme les courtisans affectait d'appeler Benjamin Franklin, ne pouvait plaire au monarque anglais. Cependant comment après les expériences de Dalibard et des physiciens européens, universellement connues et répétées, nier le pouvoir d'une tige pointue sur les nuages orageux ; comment échapper à l'évidence lorsque journellement arrivaient d'Amérique des preuves sans nombre de l'action protectrice des paratonnerres ? Il se trouva des savants qui prirent un biais et prétendirent que loin de détourner le danger, les paratonnerres à tiges pointues devaient au contraire l'augmenter ; par conséquent si l'on voulait conserver la tige élevée,

il fallait de toute nécessité la terminer par une boule au lieu d'une pointe. Pour donner à cette idée la consécration officielle, Georges III fit élever sur son palais de Whitehall, un paratonnerre ainsi transformé.

La lutte entre les pointes et les boules dura jusqu'au jour où Beccaria, célèbre physicien italien, élevant sur sa maison deux paratonnerres l'un à tige terminée en boule, l'autre à tige amincie et pointue, eut démontré que, sous l'influence d'un même nuage orageux, le premier appareil ne donnait aucun indice d'électricité, tandis que les phénomènes d'attraction, de répulsion et d'étincelles se manifestaient avec une grande intensité sur le second.

En France, l'opposition vint de l'abbé Nollet, à qui vingt-cinq ans de pratique de la science électrologique assuraient une grande autorité sur le monde savant. L'abbé Nollet prétendit que les barres métalliques pointues attiraient le tonnerre : il fallait donc les proscrire avec soin du sommet des édifices, dans toutes les arêtes supérieures, les toitures, les parties saillantes devaient se terminer en surfaces arrondies, si on voulait les mettre à l'abri des coups de foudre.

On en revient bientôt à des idées plus justes sur les effets réels des paratonnerres, mais la multitude considéra longtemps ces appareils comme éminemment propres à attirer le feu du ciel. Selon l'idée générale, c'était en quelque sorte manquer de confiance en Dieu, le défier, l'insulter, que de ne pas s'abandonner à sa seule volonté. On oubliait trop vite alors ce proverbe si sage : Aide-toi, le ciel t'aidera.

En 1783, un habitant de Saint-Omer, M. de Boisvallée, fit dresser sur sa maison un paratonnerre en forme d'épée dont la pointe semblait menacer le ciel. La foule s'émut, cria au blasphème, au sacrilège, on menaça de faire un mauvais parti au téméraire innovateur, si bien que pour calmer l'émeute la municipalité se décida à prescrire à M. de Boisvallée d'abattre son appareil. Ce dernier s'y refusa formellement et fit saisir de la question le tribunal d'Arras. Le 31 mars 1783, était rendu un jugement qui annulait l'arrêté de la municipalité de Saint-Omer, reconnaissant le droit qu'avait toute personne de se garantir des

ravages de la foudre, au moyen d'un paratonnerre. Le procès de M. de Boisvallée, ou plutôt celui du paratonnerre venait d'être gagné à cause de son bon droit sans doute, mais grâce aussi à la plaidoierie pleine d'érudition et d'esprit d'un avocat obscur alors, le jeune Maximilien Robespierre.

De ce moment l'invention de Franklin se répandit dans toute l'Europe. Dans toutes les grandes cités, les monuments, les édifices publics et particuliers furent surmontés de paratonnerres. Le premier qu'avaient vu les Parisiens avait été élevé à Passy au faite de l'hôtel de Valentinois, habité par Franklin pendant son séjour en France pour la négociation du célèbre traité de 1783. Ce paratonnerre resta longtemps sans rivaux. Puis vinrent le paratonnerre de l'hôtel de Charost, haut de dix-huit mètres, celui du couvent des Augustines élevé sous la direction de l'abbé Bertholon, éminent professeur de physique qui contribua puissamment à faire connaître et répandre en France la belle découverte américaine.

Des édifices terrestres, les paratonnerres passèrent à bord des navires. Devançant toutes les autres nations européennes, la république de Venise les avait adoptés dès 1778 pour ses bâtiments et ses poudrières. En France, le physicien Leroy, chargé d'installer des appareils préservateurs de la foudre sur les navires et les magasins de la marine royale, adopta comme conducteur du fluide des chaînes de cuivre descendant des mâts dans la mer. Avant de partir pour leur voyage autour du monde, les deux navires la *Boussole* et l'*Astrolabe* que devait monter l'infortuné la Peyrouse furent armés de paratonnerres du système Leroy.

En Prusse, Frédéric II, après avoir pris l'avis de l'Académie des sciences de Berlin, autorisa ses sujets à hérissier leurs demeures d'autant de paratonnerres en boule et en pointe qu'ils le voudraient, mais personnellement peu partisans de ces appareils, il ne voulut jamais permettre qu'on en éleva sur les palais royaux.

A la frayeur première mêlée de quelque peu de superstition avait succédé un engouement extrême. Chacun voulut posséder son appareil préservateur du feu céleste. On

convint que pour se garantir du danger d'être foudroyée, une personne marchant en rase campagne pendant un orage devait tirer l'épée et la tenir la pointe en l'air. On imagina des parapluies à manche de verre et surmontés d'une petite tige d'acier mise en communication avec le sol par l'intermédiaire d'une chaînette métallique. Les chapeaux de femme furent également armés d'un petit paratonnerre ayant pour conducteur une ganse en fil d'argent descendant le long des jupes pour venir traîner sur les talons.

Ces inventions et d'autres plus ou moins bizarres et puérides n'eurent qu'un court instant de faveur.

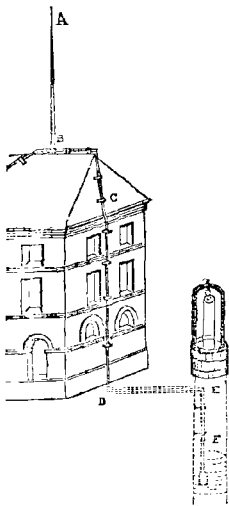


Fig. 24. Le paratonnerre.

Le paratonnerre est un appareil destiné à préserver nos édifices publics ou particuliers des coups et des ravages de la foudre. Son action protectrice s'exerce de deux manières : 1° en attirant à lui, à cause de sa position élevée, les coups de la foudre qui se porte de préférence sur les corps bons conducteurs dominant les autres et en parfaite communication avec le sol ; 2° en prévenant ces coups de foudre par la neutralisation du nuage orageux. En effet, ce nuage en passant au-dessus du paratonnerre décompose par influence le fluide neutre du métal et repousse dans le sol, par l'intermédiaire du conducteur, le fluide de même nom que le sien. Le fluide resté à la surface de l'appareil s'écoule à son tour par la pointe pour aller se combiner avec l'électricité du nuage et reformer ainsi lentement, graduellement, sans production d'étincelle, le fluide neutre.

Le paratonnerre se compose de deux parties : la tige et le conducteur.

La tige est cette haute barre de fer que nous voyons se dresser au point culminant des édifices ; sa hauteur



varie entre cinq et dix mètres et son épaisseur à sa base entre six et dix centimètres. A l'extrémité de la tige quelquefois forgée d'une seule pièce, mais ordinairement composée de plusieurs fragments qui s'emboîtent les uns dans les autres, est vissée une pointe de cuivre rouge ou de platine.

Le conducteur est une barre de fer de moindre section, qui, soudée au pied de la tige, descend le long de l'édifice, en suit tous les contours sans jamais les toucher, et pénètre profondément dans le sol.

On préfère souvent aux barres rigides des cordes tressées en fil de fer.

L'extrémité inférieure du conducteur pénètre dans le sol et va plonger au fond d'un puits ou d'une citerne creusé assez profondément pour conserver en toute saison une hauteur minimum de cinquante centimètres d'eau. Cette partie du conducteur est la plus importante à surveiller, car c'est elle qui assure la rapide dispersion du fluide électrique dans les couches terrestres. Elle doit donc être l'objet d'un examen fréquemment renouvelé pour s'assurer qu'elle plonge toujours dans l'eau, et, lorsqu'elle est en fer, que la rouille ne la détruit pas.

Le paratonnerre vertical, tel que nous venons de le décrire, est celui que l'on emploie le plus ordinairement pour préserver les édifices. On a également eu recours pendant quelques temps à des paratonnerres inclinés, implantés aux angles des bâtiments, mais leur peu d'efficacité les a fait abandonner.

On admet que l'action protectrice d'un paratonnerre s'étend sur une espace circulaire dont le rayon serait double de la hauteur de la tige. Ainsi par exemple, une maison ayant vingt mètres de longueur sur autant de largeur est suffisamment mise à l'abri des coups de foudre par un paratonnerre de cinq à six mètres. Lorsque l'espace à protéger est considérable on a recours à plusieurs paratonnerres implantés de distance à distance. Quelquefois deux ou plusieurs paratonnerres empruntent le même conducteur pour la diffusion de leur fluide dans le même puits.

Pour les édifices en fer, comme pour ceux dans la

construction desquels entrent des charpentes de fer, des colonnes de fonte, des toitures de plomb, de zinc, en un mot de grandes masses métalliques exerçant une action très-marquée sur le fluide des nuages orageux, les paratonnerres sont généralement mis par l'intermédiaire de la tige conductrice en relation directe et solide avec ces amas de métal. C'est ce qui a lieu pour les halles, les marchés, les gares de chemins de fer et pour la plupart des édifices modernes tant publics que particuliers. Les paratonnerres des bâtiments neufs du Louvre, par exemple, communiquent tous avec une tige de fer qui suit toute la ligne supérieure des toits et à laquelle des tiges secondaires relient les grandes pièces apparentes ou invisibles. De la tige principale descendent de distance en distance des conducteurs dont l'extrémité inférieure plonge dans les puits creusés plus profondément que le niveau des plus basses eaux de la Seine.

Cependant plusieurs physiiciens pensent que ce mode d'union des masses métalliques avec le paratonnerre est plus dangereuse qu'efficace ; la répartition du fluide électrique sur une grande étendue pouvant déterminer ce que l'on appelle des *décharges latérales*, c'est-à-dire des décharges entre les pièces métalliques libres ou noyées dans la maçonnerie et les objets placés à l'intérieur ou à proximité des constructions. Ils préfèrent par conséquent s'en tenir à l'ancien mode de complet isolement de l'appareil préservateur.

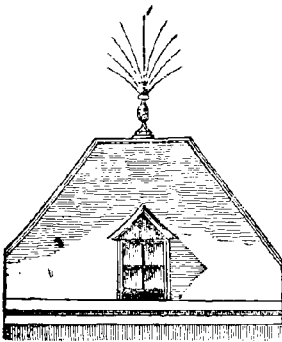


Fig. 25. Parafoudre Perrot.

D'un autre côté, il résulte d'observations récentes que plus les pointes sont effilées, plus en même temps leur nombre est grand, plus aussi est facile l'écoulement du fluide électrique dans le sol ; c'est pourquoi M. Perrot propose d'adopter comme plus efficace un parafoudre à tiges multiples partant d'une base unique, s'inclinant dans

diverses directions et formant une couronne de conducteurs intéchis de plusieurs mètres de longueur.

Personne n'ignore que si la foudre vient à frapper une poudrière, magasin qui renferme souvent plusieurs centaines de mille kilogrammes de matières explosives, un désastre épouvantable en est la suite. L'un des derniers et aussi des plus terribles que l'on ait eu à déplorer survint le 6 novembre 1856, dans l'île de Rhodes. Pendant un violent orage, la foudre pénétra dans l'antique église de Saint-Jean, transformée en mosquée, et dont les caveaux servaient de poudrière. Le vieil édifice, que ne protégeait aucun paratonnerre, fut lancé dans l'espace et la moitié de la ville renversée par l'explosion ou écrasée sous les débris.

C'est pour rendre aussi rare que possible les accidents de ce genre que les paratonnerres élevés sur les fabriques de poudre et les poudrières le sont dans les meilleures conditions possibles. La tige est très-forte, très-haute, parfaitement isolée du bâtiment, et le conducteur, toujours formé par une corde de fils de cuivre, métal meilleur conducteur que le fer, s'éloigne des murailles pour aller plonger dans un puits profond, creusé à plusieurs mètres de distance et constamment rempli d'eau.

Les navires, d'autant plus exposés aux coups de foudre que leur mâture est plus élevée, sont également munis de paratonnerres ; tige de quelques décimètres implantée au sommet de chacun des mâts. Cette tige communique soit avec une corde métallique se confondant avec les autres cordages et dont au moment de l'orage on lance à la mer l'extrémité libre, soit, ce qui est préférable, avec une lame de cuivre incrustée dans toute la longueur des mâts. La partie inférieure de ces bandes est soudée à une plaque de cuivre fixée sur ce que l'on appelle la carlingue, pièce de bois qui forme à l'intérieur du navire une espèce de contrequille, et cette plaque est elle-même mise en communication avec l'eau de mer au moyen de trois forts boulons de cuivre qui traversent la carlingue et la quille. Ce dernier système a été appelé du nom de son inventeur, le *paratonnerre Harris*.

L'expérience est venue plus d'une fois démontrer

l'efficacité des paratonnerres pour la sûreté des bâtiments. Pendant un violent orage qui éclata sur Southampton dans le courant du mois d'août 1863, la foudre frappa neuf fois les paratonnerres de divers navires ancrés dans le port sans causer d'autres dommages que la fusion partielle des appareils ou des chaînes conductrices ; une seule fois, elle fendit un mât, démolit une partie du pont et faillit incendier un bâtiment danois dépourvu de paratonnerre.

Les paratonnerres ont-ils une action préservatrice réellement efficace ? On en a longtemps douté, mais aujourd'hui, il n'est plus permis de supposer le contraire, car une multitude d'édifices, que la foudre frappait fréquemment et endommageait presque toujours avant qu'ils fussent munis d'appareils préservateurs, n'ont plus éprouvé depuis, par la même cause, que des dégâts sans importance. Ainsi la belle tour de la cathédrale de Sienna, le fameux clocher pyramidal de Saint Marc de Venise, la haute flèche ou Munster de Strasbourg, bien d'autres dont la liste serait interminable pour la réparation desquels on dépensait chaque année des sommes considérables, sont-ils maintenant à l'abri des ravages de la foudre. En Carinthie existe une église située sur une montagne. Cet édifice était autrefois si souvent frappé de la foudre, que l'été on s'abstenait d'y célébrer les offices. On aura une idée du danger que couraient les fidèles en pensant que pendant un même orage, le tonnerre frappa jusqu'à dix fois le clocher. Démolie à deux reprises différentes par le feu du ciel, cette église fut reconstruite de nouveau en 1783 et armée d'un paratonnerre. Depuis cette époque aucun accident n'a plus été signalé.

Nous ne pousserons pas plus loin les exemples, nous bornant à faire remarquer combien est grand dans les temps passés le nombre des édifices, surtout des clochers d'églises, renversés ou incendiés par la foudre et combien au contraire est rare aujourd'hui ce genre de catastrophe. Ajoutons seulement, comme preuve de l'action active des paratonnerres, que parfois quand la nuit est obscure et le temps orageux, on voit à la pointe des tiges de fer voltiger des aigrettes lumineuses, qui paraissent, disparaissent,

persistent pendant quelque temps. Ces aigrettes sont produites par le dégagement de l'une des électricités du paratonnerre qui s'échappe par la pointe pour aller se combiner avec le fluide de nom contraire du nuage, et former ainsi, sans jet subit de lumière, comme sans explosion, l'électricité neutre.

Comme nous l'avons dit plus haut, jusqu'à la fin du dix-huitième siècle, on ne connut aucun moyen préservateur certain à opposer aux ravages de la foudre ; mais il est un fait constant et bien reconnu, c'est que beaucoup de monuments de l'antiquité et ceux de quelques peuples asiatiques, n'ont jamais été frappés de la foudre ou du moins n'en ont pas éprouvé de dommages considérables : tels sont parmi les plus connus, le temple de Jérusalem, le palais impérial de Yédo, capitale du Japon, la fameuse tour de porcelaine de Nanking, en Chine et les pagodes ou temples de l'Inde.

La toiture en plomb du temple de Jérusalem était hérissée d'une forêt de pointes dorées communiquant par l'intermédiaire de feuilles de plomb avec les conduites également en métal destinées à l'écoulement des eaux, dans des citernes creusées au flanc du mont Moria. Selon l'historien Josèphe, ces flèches avaient pour objet d'empêcher les oiseaux de se reposer sur le toit ; elles constituaient donc, et cela sans que les Juifs s'en doutassent le moins du monde, de véritables paratonnerres : elles représentaient les tiges, tandis que les lames du toit, les tuyaux d'écoulement, et les citernes toujours pleines d'eau servaient de conducteurs et de puits de diffusion du fluide.

Quant à la tour de porcelaine, bâtie il y a plus de mille ans, il n'entre dans sa construction aucune masse métallique, seulement des flèches de bronze, élevées au sommet et à tous les angles saillants et relevés de l'édifice sont toutes réunies entre elles par des chaînes qui du faite tombent jusqu'au sol. Il en est à peu près de même pour le palais impérial de Yédo et pour les temples de l'Hindoustan : malgré leur ancienneté ces édifices n'ont jamais été gravement atteints par la foudre ; l'ensemble de pointes, de sonnettes, de chaînes employées comme motifs de décoration remplit parfaitement le rôle de paratonnerres sans le savoir.

## CHAPITRE VI

### LES PHÉNOMÈNES NATURELS

**Phénomènes météorologiques ayant pour causes l'électricité atmosphérique. — Les feux Saint-Elme. — Idée superstitieuse attachée à leur apparition. — Ouragans lumineux de la mer des Indes et du golfe du Mexique. — Aurore boréale. — Les trombes. — Trombes d'air ou terrestres. — Trombe de Monville — Trombe d'eau. — La grêle. Sa nature. — Paragrêles proposés par F. Arago. — Paragrêles naturels. — Utilité des orages.**

Outre les phénomènes qui constituent l'orage, l'électricité atmosphérique joue encore un rôle important dans la manifestation de ces divers météores que l'on appelle *les feux St-Elme, l'aurore boréale, les trombes et la grêle.*

Dans les temps orageux, il n'est pas rare de voir apparaître au sommet des objets terrestres élevés et pointus, des flammes voltigeantes, des aigrettes lumineuses qui persistent pendant un temps assez long, augmentent d'éclat à mesure que croît la violence du vent et que tombe la pluie. C'est ainsi que vers la fin de l'orage qui éclata sur Paris le 16 juillet 1866, on vit des gerbes bleuâtres paraître et disparaître tour à tour au sommet des flèches de Notre-Dame et de la sainte-Chapelle sans qu'il y eût production d'éclairs ou coups de foudre. Ces apparitions de flammes sont beaucoup plus fréquentes sur mer que sur terre. Il n'est pas rare en effet d'apercevoir au sommet des mâts, à l'extrémité des vergues, ces feux inoffensifs ne laissant, lorsqu'ils ont disparu, aucune trace de leur passage.

Les anciens avaient donné à ce météore les noms de Castor et de Pollux, et considéraient leur apparition comme un présage heureux pour ceux qui en étaient favorisés. Les flammes de nature électrique, que les Grecs aperçurent

dans la mâture de vaisseaux de Lysandre, avant la bataille d'Oegos-Potamos, celles qui vinrent voltiger sur les piques des légionnaires de César, pendant son expédition d'Afrique, après la bataille de Pharsale, présageaient, au dire des augures de l'époque, le triomphe de Sparte sur Athènes et l'établissement de l'empire romain. Quand le fameux Bélisaire partit de Constantinople pour la guerre contre les Vandales, des flammes parurent au dessus des lances des soldats de sa garde. Ce phénomène salué comme un présage de victoire, ne contribua pas peu à enflammer l'ardeur des troupes et à assurer le succès qui d'abord avait paru des plus problématiques.

Considérant de leur côté les flammes de Castor et Pollux, comme un signe manifeste de la protection de Saint-Elme, les marins du moyen âge leur donnèrent le nom de ce saint, et, de même que leurs confrères de l'antiquité, les regardèrent comme des signes d'une navigation heureuse. Lorsque Christophe Colomb allait à la recherche du monde nouveau qu'il avait deviné, les feux Saint-Elme parurent au grand mât de sa caravelle ; l'équipage découragé se reprit alors à espérer, et sentit s'affermir sa confiance dans le chef de l'expédition.

De nos jours, le feu Saint-Elme est considéré comme un indice de la cessation de l'orage. C'est en effet à une action d'influence sur les objets terrestres des nuages surbaissés et chargés de fluide électrique, qu'est due la manifestation de ce curieux météore : au lieu de se recomposer violemment, avec explosion, l'électricité de ces nuages se combine lentement avec le fluide de nom contraire du sol ou des eaux marines par l'intermédiaire des objets terrestres, de préférence ceux qui offrent des aspérités et des pointes, et qui, dans ce cas, remplissent le rôle des paratonnerres destinés à protéger les édifices.

Un fait curieux que présente le météore appelé feu Saint-Elme, c'est que si une personne touche cette mystérieuse flamme qui brille sans brûler, elle la voit s'attacher ses doigts, à sa main, sortir de ses cheveux sans qu'il en résulte ni secousse, ni commotion.

Pendant ces épouvantables ouragans, que l'on appelle *cyclones tornados* etc., qui sont si communs dans l'Océan

Indien et dans le golfe du Mexique, on voit d'abord s'avancer un banc de nuages de peu d'étendue, qui s'augmente, grandit, couvre bientôt tout le ciel. La pluie tombe alors par torrents, les éclairs déchirent les nues avec une telle rapidité, une telle continuité qu'on croirait assister à l'incendie du firmament. Chose curieuse, lorsqu'un navire se trouve occuper le centre de la tourmente, qu'il en est enveloppé, la pluie continue, mais les décharges électriques cessent tout à coup. Seulement on entend dans la mâture un sourd craquement qui se répète par intervalle, un bruissement continu analogue à celui de la vapeur s'échappant d'un tuyau, et, si le phénomène se manifeste pendant la nuit, les mâts, les vergues, toutes les parties pointues du navire s'illuminent de feux Saint-Elme.

Un remarquable phénomène, de même origine que le feu Saint-Elme, est l'*aurore polaire*, appelée aussi *aurore boréale* ou *aurore australe*.

Nous sommes rarement témoins dans nos pays d'une apparition de ce météore qui se manifeste à nos yeux sous l'apparence d'un incendie lointain, à cause de ses masses vaporeuses colorées en rouge vif, en violet clair, en bleu pâle, mais il est beaucoup plus fréquent dans des régions polaires au-dessus desquelles il se montre dans tout son éclat et toute sa grandeur.

Des rayons lumineux apparaissent à l'extrémité de l'horizon ; ils semblent émerger du sein de la mer ; ils grandissent, augmentent d'éclat ; leur nombre s'accroît d'instant en instant, tous convergent vers le même point du ciel, celui qui correspond au pôle terrestre. Ces rayons forment bientôt un arc immense, sillonné de stries noires ; par fois cet arc se détache de terre, flotte dans l'espace, se replie sur lui-même en courbes gracieuses comme un vaste rideau lumineux. Dans ses évolutions, il s'arrondit, forme un cercle que l'on appelle la *couronne boréale*, puis enfin les couleurs s'affaiblissent, les rayons s'éteignent et tout rentre dans la nuit.

On sait que les régions polaires sont plongées dans l'obscurité pendant une partie de leur hiver ; durant plusieurs mois, le soleil n'apparaît à l'horizon que pour disparaître aussitôt. En venant à des intervalles assez



rapprochés rompre la monotonie de cette longue nuit, les aurores boréales constituent en quelque sorte le soleil hivernal des contrées polaires.

Les trombes ont également pour cause l'électricité atmosphérique.

Ces météores sont de deux sortes : *les trombes de terre*, appelées aussi *trombe d'air*, et celles qui, apparaissant sur la mer ou les grands lacs, ont reçu le nom de *trombes d'eau*. Dans la mer des Indes, ces dernières sont encore appelées *typhons*.

Les premiers tourbillons de vapeurs épaisses animés d'un double mouvement giratoire et de transport, produisent un bruit assourdissant et se meuvent assez lentement pour qu'il soit possible de les suivre à pied. Une particularité qui démontre que la formation de ces trombes est due à des effets d'attraction mutuelles des deux électricités atmosphérique et terrestre, c'est qu'au moment où elles prennent naissance toute la puissance électrique des nuages semble se concentrer en elles, car les éclairs et les tonnerres cessent, le fluide des nuées se combinant avec celui du sol par l'intermédiaire de la colonne d'air. Cette concentration de quantités énormes de fluide électrique sur un seul point détermine des effets extraordinaires : brisement d'arbres, dispersion et transport au loin d'objets d'une pesanteur extrême.

L'une des trombes terrestres dont le souvenir s'est gardé dans notre pays est celle qui, le 19 août 1845, ravagea le vallon de Monville, non loin de Rouen. En quelques secondes le terrible météore brisa à leur base tous les arbres d'un petit bois et sous la forme d'un immense cône noir, semblable au panache de fumée d'un bateau à vapeur, s'abattit sur trois vastes filatures. Malgré la solide construction des bâtiments, la trombe en souleva les toits, renversa les murs, en dispersa les briques, tordit toutes les grosses pièces de métal et lança de volumineux débris jusqu'à vingt-cinq et trente kilomètres. Les quelques ouvriers qui survécurent à cette épouvantable catastrophe, et les témoins, qui, des hauteurs voisines, assistèrent au désastre, racontèrent qu'ils avaient vu des éclairs intenses enve-

lopper de feu et de fumée les trois bâtiments détruits, et cependant il n'y eut pas d'incendie.

Quand sur merse forme une trombe, on voit se détacher de la masse nuageuse un flocon de vapeurs qui s'arrondit, s'allonge en cône renversé, descend comme attiré par les eaux. Celles-ci bouillonnent, tournent avec rapidité et, par

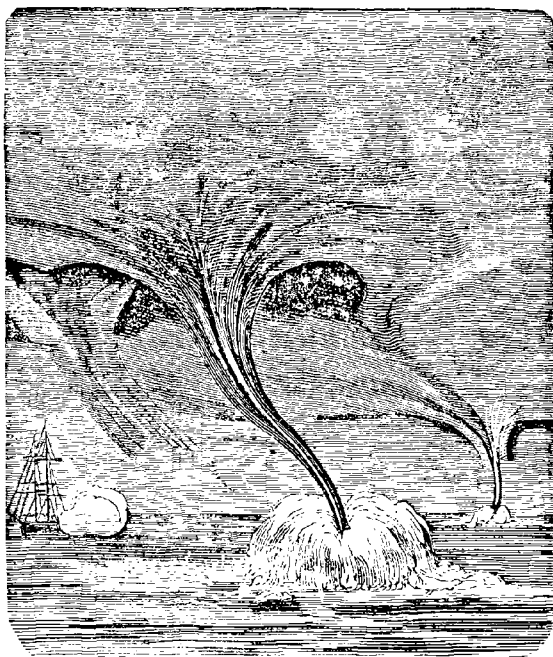


Fig. 26. Une trombe en mer.

suite de ce mouvement giratoire, s'élèvent en cône droit dont la pointe ne tarde pas à rejoindre le sommet du cône d'air pour constituer une colonne immense et continue de la mer aux nuées. Ces trombes circulent sur les eaux en tournoyant pendant quelque temps ; elles font entendre un bruissement particulier souvent très-fort ; de leurs flancs s'échappent des lueurs fulgurales, puis elles diminuent

de volume et finissent par se résoudre en pluie. Les navires évitent autant que possible la rencontre des trombes, mais s'ils sont pourvus d'artillerie, ils ne se détournent pas de leur route et lancent dans la colonne liquide quelques boulets qui la rompent et la font se dissiper en pluie torrentielle.

Les grêlons constituent un noyau neigeux qu'entourent plusieurs couches concentriques de glace. Ils ont une origine évidemment électrique puisqu'ils ne tombent jamais que par des temps orageux, mais malgré des théories nombreuses, autant qu'ingénieuses, on ignore comment se forment et quelle puissance soulent dans les airs ces masses d'eau solidifiées dont le volume atteint parfois la grosseur d'un œuf de poule.

Volta supposait que les grêlons se trouvent placés entre deux couches de nuages électrisés différemment et qu'attirés par l'un, ils sont repoussés par l'autre. Aujourd'hui, faute de mieux, on pense que la formation de la grêle, ainsi que sa suspension dans l'air, ont pour cause des courants d'air froids qui montent de la terre vers les nuages et donnent naissance à de violents mouvements giratoires analogues à ceux qui produisent les trombes. Toujours est-il que les grêlons exécutent au sein de l'atmosphère certains mouvements dénoncés par le bruit sinistre qui parfois accompagne l'ascension au dessus de nos têtes de ces nuages à grêle reconnaissables à leur peu d'élévation, à leur teinte d'un gris-uniforme.

Arago avait remarqué que l'électricité a une influence manifeste sur la formation des grêlons, et que les orages à grêle sont d'autant plus désastreux au-dessus d'une contrée que moins nombreux sont les arbres isolés ou les massifs forestiers. Aux effets funestes et déjà si nombreux de déboisement, viendrait donc s'ajouter encore celui de favoriser l'accumulation de nuages à grêle. Dans le but de remplacer les arbres absents, le célèbre astronome avait proposé l'adoption de ce qu'il appelait des *paragrêles*.

Ces appareils devaient consister en ballons captifs soutenus en l'air par le gaz hydrogène comme ceux que l'on enlève dans les fêtes publiques ; ils devaient être armés de tiges de fer communiquant avec le sol par l'intermédiaire

de fils de cuivre enroulés autour de la corde de retenue. Malheureusement le faible rayon d'action de ces paragrêles, la somme énorme qu'aurait nécessité leur établissement et leur entretien en nombre suffisant pour espérer un effet utile, rend peu pratique l'idée d'Arago.

Les meilleurs paragrêles sont donc encore les arbres isolés ou réunis en massif, car il semble qu'entr'autre destination, la nature leur ait assigné celle de servir de paratonnerres naturels pour la décharge lente et continue des nuages orageux.

Jusqu'à présent nous n'avons encore parlé que des effets funestes ou dangereux des orages. L'étincelle électrique ne serait-elle donc qu'un météore destiné à rappeler à l'homme sa faiblesse, sa fragilité, à lui montrer par intervalles quelles forces terribles cache la nature ?

Non, car pour n'être pas apparente, l'incontestable utilité des orages n'en existe pas moins. Ces violentes tourmentes, ces rapides courants d'air qui courbent les arbres, font gémir leurs branches et leur feuillage, ces décharges fulgurantes qui déchirent les nuages, tout cet ensemble de phénomènes purifie l'air, chasse au loin et même détruit les miasmes putrides et morbides, rende à l'atmosphère sa pureté et sa fraîcheur.

Combien de fois, à la suite d'une longue série de jours enflammés, n'avons-nous pas soupiré après l'orage bienfaisant et réparateur ; alors que le tonnerre grondait au dessus de nos têtes, quel bien être se glissait en nous, quelle vie nouvelle circulait dans nos veines en même temps qu'un sang purifié et rajeuni.

On a tout lieu de croire que la diminution de la quantité d'ozone existant dans l'atmosphère est une des causes qui favorise la propagation de certaines maladies, notamment du choléra. En déterminant la formation d'une quantité considérable d'ozone, les orages doivent donc être considérés comme des dérivatifs énergiques des épidémies. Les historiens rapportent que c'est à la suite d'un long orage que la ville de Milan fut délivrée de cette terrible épidémie qui, sous le nom de *peste noire*, ravagea l'Europe en 1431.

## CHAPITRE VII

### LA BOUSSOLE

**L'aimant et le magnétisme.** — Ce que c'est que l'aimant. — Origine de son nom. — Effets de l'aimant sur le fer et ses dérivés. — Aimants naturels. — Aimants artificiels. — Pôles des aimants. — La boussole. — Premières boussoles en usage chez les navigateurs. — La boîte. — L'aiguille. — La rose des vents. — Boussole marine ou compas de mer. — Son mode de suspension à bord des navires. — Comment on se dirige à l'aide de la boussole. — Déclinaison de la boussole. — Inclinaison de la boussole. — Influence de la foudre sur la boussole. — Aimantation du fer par la foudre.

L'aimant est une substance lourde ; de couleur noirâtre, brillante, qui possède la propriété d'attirer le fer. C'est un minéral que les chimistes appelle *oxyde de fer*, c'est-à-dire une combinaison, une liaison intime entre le gaz oxygène et le métal que tout le monde connaît. C'est principalement en Suède que l'on trouve des mines d'aimant exploitées pour en extraire le métal si estimé sous le nom de fer de Suède et que les Anglais réservent à la fabrication des rasoirs et des autres lames coupantes dont l'excellente qualité a fait la fortune de la ville de Sheffield.

Le nom d'*aimant*, donné à la substance dont nous nous occupons, viendrait, selon les uns, du mot grec *adamas* diamant, attribué à ce minéral à cause de sa dureté excessive ; mais on croit plus généralement que cette appellation serait dérivée du nom latin de la pierre d'aimant provenant lui-même de *Magnès*, nom d'un berger du mont Ida qui, ayant enfoncé en terre son bâton ferré, le sentit retenu par une force invisible. Surpris de ce fait bizarre, Magnès creusa le sol et découvrit la pierre d'aimant. Cette anecdote touchant la découverte de l'aimant nous est racontée par Pline, de son côté le poète

Lucreèce nous apprend que si les Grecs donnaient à l'aimant le nom de pierre magnétique, c'est qu'on le trouvait dans les environs de Magnésie, ville de Lydie, d'où encore cette appellation de pierre de Lydie par les vieux auteurs.

Longtemps on crut que le fer seul était attiré par l'aimant ; aujourd'hui, d'après les recherches et les expériences de Coulomb, physicien célèbre, on admet que l'action de l'aimant est due à un fluide analogue à l'électricité et qu'elle s'exerce sur tous les corps, de même que sur le fer, mais à un degré bien moins sensible.

Le fluide de l'aimant a reçu le nom de *magnétisme* et les phénomènes auxquels il donne naissance sont des *phénomènes magnétiques*.

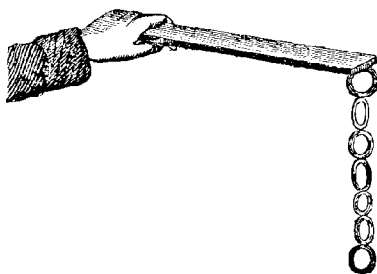


Fig. 27. Aimantation par influence.

Le magnétisme de l'aimant se transmet très-facilement au fer et lui communique ses propriétés d'attirer et de retenir les objets également en fer.

Si, par exemple, nous touchons avec un aimant une petite clef en fer, elle reste suspendue à la pierre et cette clef venant à toucher à un clou de fer ou tout autre objet de même métal, celui-ci s'y attache et, à son tour, acquiert le pouvoir d'attirer et de retenir à lui d'autres objets en fer. On peut ainsi former une chaîne au moyen d'une série d'objets semblables ou divers retenus les uns aux autres sans l'intervention d'aucune force apparente.

Le fer ordinaire n'acquiert la force magnétique qu'au seul instant de son contact avec l'aimant, mais l'acier le con-

serve un temps indéfini si on le frotte plusieurs fois, et toujours dans le même sens avec une pierre d'aimant. Un barreau d'acier ainsi traité constitue ce que l'on appelle un *aimant artificiel*. Pour toutes les expériences dans lesquelles doit intervenir l'aimant, on les préfère aux *aimants naturels* à cause de leur plus grande facilité de maniement et de leur force magnétique plus intense.

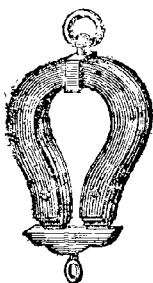


Fig. 28. Aimant en fer à cheval.

Les deux extrémités de ce barreau jouissant au même degré du pouvoir d'attirer et de retenir le fer, on recourbe souvent les aimants artificiels de manière à leur donner la forme d'un fer à cheval. La totalité de la force attractive se trouve ainsi utilisée.

On s'assure des propriétés identiques du barreau magnétique avec l'aimant naturel en plongeant celui-ci dans une boîte pleine de clous ; ces clous s'attachent avec force à l'aimant artificiel, se groupent, se suspendent les uns aux autres, forment un fouillis, un enchevêtrement extraordinaire qui se prolonge en chaîne, en faisceau sur une longueur assez considérable dans le cas où les dimensions du barreau sont un peu fortes.

La forme de barre ordinairement donnée aux aimants artificiels rend sensible l'existence de deux pôles magnétiques à l'extrémité desquels le fluide s'accumule, s'amasse comme l'électricité sur les corps ellipsoïdes.

En effet, tenant le barreau aimanté par le milieu, on le plonge dans une boîte remplie de limaille de fer. Celle-ci se masse en faisceaux d'autant plus épais qu'ils se rapprochent davantage des extrémités ; dans la partie centrale du barreau, il ne s'attache que très-peu de limaille, mais sur la ligne de milieu absolu, aucune influence magnétique ne se manifeste. On voit alors que, nulle sur la ligne centrale ou médiane, la puissance magnétique croît de cette ligne aux extrémités où elle acquiert son maximum de puissance et d'effet.

Quand on suspend par son centre un petit barreau ai-

manté, on remarque qu'il oscille quelques instants, puis prend une certaine direction qui est toujours la même, quels que soient les efforts pour l'obliger à en garder une autre : toujours lorsqu'il est libre, le barreau se dirige dans la direction des deux pôles de la terre, le pôle nord ou boréal et le pôle sud ou austral. D'un autre côté rapprochant l'un de l'autre deux barreaux ainsi suspendus, et dont les pôles ont été marqués d'avance suivant la direction prise par chaque aiguille isolée, on s'aperçoit que le pôle boréal de l'une est repoussé par le pôle du même nom de l'autre et attiré par le pôle austral, tout comme l'électricité résineuse se repousse elle-même, mais attire le fluide vitré.

Ces phénomènes d'attraction et de répulsion magnétique ont fait admettre l'existence de deux fluides magnétiques, comme on avait admis celle de deux fluides électriques, et la terre se comportant dans la manifestation de ces phénomènes comme un immense aimant dont le maximum d'intensité serait l'un au pôle nord, l'autre au pôle sud, on a donné à ces agents les noms de *fluide magnétique boréal* et *fluide magnétique austral*.

Enfin d'après ce que nous avons dit plus haut, que deux pôles de même nom se repoussent tandis que deux pôles de noms contraires s'attirent, le pôle de l'aiguille aimantée qui se dirige vers le pôle boréal de la terre, est le pôle austral, tandis que c'est le pôle boréal qui se tourne et indique le pôle sud du globe terrestre.

Les effets d'attraction et de répulsion magnétiques ont reçu quelques applications curieuses. Ainsi, présentant un barreau aimanté à un poisson de fer blanc peint dont la bouche est terminée par un très-petit aimant, on voit ce poisson se rapprocher ou fuir selon le pôle sous l'influence duquel il est placé. Si on dissimule l'aimant dans un morceau de pain, l'illusion est complète ; le poisson se met à le suivre, la main qui tient ce pain, tourne sur lui-même, change de direction comme le ferait un animal vivant lancé à la poursuite d'une proie.

L'une des plus belles applications qui aient été faites des propriétés de l'aiguille aimantée de prendre, quand elle est abandonnée à elle-même, une direction constante,



c'est la boussole, qui sert de guide aux navigateurs en quête de leur route sur l'immense Océan.

La boussole, dont le nom vient du bas latin *bussola* ou *buxola*, qui veut dire petite boîte, paraît avoir été connue des Chinois plus de mille années avant notre ère. On raconte qu'un souverain de ce pays put, sans jamais s'égarer, conduire ses armées à travers des contrées inexplorées et pousser ses conquêtes vers le sud, grâce à un génie qui lui indiquait constamment l'exacte direction du midi. Ce génie sagace n'était autre que l'aiguille aimantée...

Quant à l'introduction de cet instrument en Europe, on croit qu'elle est due au célèbre voyageur vénitien Marco-Polo, qui parcourut une partie de l'Asie à la fin du treizième siècle.

Cependant un siècle avant le voyage de Marco-Polo, le poète Guillaume de Provins parlait dans ses vers de la *marnière* ou *amanière* comme servant aux navigateurs à se diriger sur les mers, et les marins de la Méditerranée connaissaient sous le nom de *grenouille* ou *calamite* une boussole grossière consistant en une aiguille aimantée soutenue par un morceau de liège flottant sur l'eau.

L'usage de la boussole, telle que nous la connaissons aujourd'hui, ne se répandit que dans les premières années du quatorzième siècle, quand un physicien italien Flavio Gioja, d'Amalfi, eut trouvé le moyen de suspendre l'aiguille par son centre sur la pointe d'un pivot fixe, autour duquel elle peut tourner librement. Cet important perfectionnement fit que la boussole put satisfaire à tous les besoins de la navigation et que, dès lors, les marins ne craignirent plus de s'éloigner des côtes. Sûrs désormais de retrouver leur route malgré les brouillards et la nuit, les Dieppois découvrirent les Canaries, abordèrent les premiers en Amérique ; Christophe Colomb fit connaître l'existence d'un nouveau monde et Vasco de Gama contournant l'Afrique montra au commerce la route maritime des Indes Orientales.

Telle qu'elle est actuellement, la boussole se compose de deux parties, la boîte et l'aiguille.

La boîte, de forme cylindrique, est en cuivre, ce métal n'ayant aucune influence sensible sur la

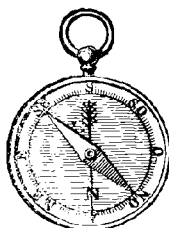


Fig. 29. Boussole ordinaire.

direction de l'aiguille aimantée.

L'aiguille est une lame d'acier pointue à ses deux extrémités ou pôles, lesquels se distinguent l'un de l'autre par leur couleur, gris clair d'un côté, bleu de l'autre. Ces couleurs s'obtiennent en faisant réchauffer les aiguilles d'acier jusqu'à ce qu'elles aient contracté une belle teinte bleue que l'on conserve sur une moitié de l'aiguille, mais

que la lime et le polissoir font disparaître sur l'autre.

Une chape, faisant corps avec l'aiguille, sert à poser celle-ci sur une pointe d'acier qui s'élève au dessus et au centre d'un cadran sur lequel est gravée une étoile à trente-deux pointes appelée *rose des vents*. Le rumb indique les diverses directions des courants d'air lorsqu'on a déterminé d'une manière exacte la position de l'un des points cardinaux.

Pour se servir de la boussole, on la pose sur une surface horizontale; en observant la direction que prend l'aiguille, et en tournant la boîte, on amène sous celles des branches marquées comme étant le pôle austral, la pointe *N* ou *nord* de l'étoile tracée sur le cadran. La direction du nord étant connue, celle des autres points cardinaux se détermine facilement, puisque si l'on a le nord devant soi, le sud se trouve derrière, le levant est à droite et le couchant à gauche. Du reste, la direction de ces points cardinaux est, comme celle du nord, indiquée par les pointes de la rose des vents qui se distinguent les unes des autres par les lettres S. (sud), O. (ouest), E. (est), puis NO, NE, SO, SE, pour nord-ouest, nord-est, sud-ouest, sud-est, etc.

La boussole marine, également appelée *compas de mer*, *compas de variation* ou simplement *compas*, diffère de la boussole ordinaire par la suspension de sa boîte et par la disposition de la rose des vents.

La nécessité de soustraire le compas à l'influence des mouvements du navire, le fait suspendre selon le système dit *de Cardan*. La boîte est soutenue au quart de sa hauteur par deux pivots qui font corps avec elle et dont

les têtes s'engagent dans la paroi d'une couronne ou manchon de cuivre. Celui-ci est supporté par deux tourillons *D, u* disposés dans une direction perpendiculaire à celle des pivots de suspension de la boîte et pouvant osciller librement dans les trous d'un appareil de support 3. Ce mode de suspension a l'avantage de conserver à la boussole marine l'horizontalité nécessaire à son bon fonctionnement.

Supposons en effet le navire animé de ce mouvement de bascule de l'avant à l'arrière que l'on appelle le *tangage* ; la boîte, si elle était fixée au support, suivrait ce mouvement ; mais, d'un côté, comme lestée par une rondelle de plomb reposant sur sa paroi inférieure, la boîte tend à re-

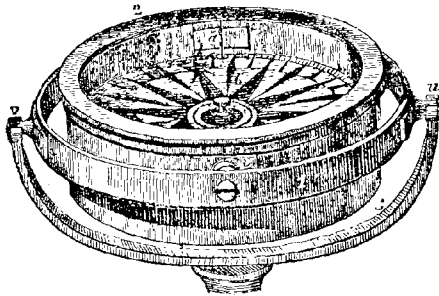


FIG. 30. Compas de marine, suspension de Cardan.

prendre d'elle-même son équilibre, son horizontalité, que de l'autre, la couronne qui la supporte est très-mobile autour de ses pointes de suspension *D, u*, cette pièce entraînée par le poids de la boîte, obéit à son impulsion, bascule sur ses pointes comme le fléau d'une balance sur sa chape ou plan d'appui, et selon une direction contraire à celle que le tangage imprime au bâtiment.

Les mêmes causes agissent sur les tourillons qui soutiennent la boîte à l'intérieur de la couronne et produisent les mêmes effets quand le navire est soumis au mouvement de *roulis*, c'est-à-dire oscille non plus de bout en bout, mais d'un bord à l'autre.

Quant à l'aiguille du compas de mer, elle fait corps

avec la rose des vents imprimée sur papier mince et collée sur un cadran de mica et de talc, matières minérales feuilletées et très-légères.

En obéissant à l'action magnétique, l'aiguille entraîne avec elle le cadran sur lequel le nord, au lieu d'être indiqué par la lettre N, l'est ordinairement par une fleur de lys, emblème traditionnel depuis très-longtemps adopté.

Au fond de la boîte est tracée la *ligne de foi* qui indique le sens, la direction de la quille du bâtiment.

A bord des navires, la boussole est suspendue dans l'*habitacle*, petite niche spéciale destinée à abriter l'instrument contre la pluie et la chute des objets extérieurs. Lorsque le timonier chargé de la manœuvre du gouvernail reçoit du capitaine ou du pilote, l'ordre de suivre une certaine direction, celle du nord-ouest par exemple, il pousse ou tire à lui la barre du gouvernail jusqu'au moment où il s'aperçoit que, par suite des mouvements à droite ou à gauche du navire, la pointe nord-ouest de la rose des vents rencontre la ligne de foi. Il continue à faire mouvoir le gouvernail d'un côté ou de l'autre suivant que le point désigné du compas s'écartant de la ligne de foi indique une variation dans la route suivie.

La direction que prend l'aiguille aimantée n'est pas exactement celle du nord au sud, mais elle fait avec le méridien terrestre, (cercle qui joint les deux pôles en coupant perpendiculairement l'équateur), un angle que l'on appelle la *déclinaison de l'aiguille aimantée*. Cet angle est variable dans son ouverture comme dans sa direction. Avant l'année 1663, l'aiguille aimantée au lieu d'indiquer le nord véritable, déclinait vers l'est. Après être revenue sur ses pas, elle a décliné vers l'ouest, et aujourd'hui sa déclinaison est de 18 degrés vers ce point cardinal, autrement dit, la direction du nord véritable est un peu plus à gauche que le point de l'horizon indiqué comme tel par la boussole. C'est Christophe Colomb qui, le premier, observa ce phénomène lors de son voyage à la recherche d'un nouveau monde.

Un autre fait curieux que présente l'aiguille magnétique, c'est que si on fait traverser son milieu par un axe et qu'on la suspende entre deux plans d'appui légèrement espacés,

elle ne garde pas la position horizontale, bien que les branches soient d'égale longueur et de même poids, mais s'incline fortement. Au lieu de rester en équilibre suivant la ligne A'B', elle pivote sur son axe et se renverse en formant avec l'horizon un certain angle comme si la branche inférieure était plus lourde que la branche correspondante. A cause de l'action qu'exercent les pôles terrestres sur ceux de l'aiguille magnétique, cette inclinaison, augmente à mesure qu'on s'éloigne de l'équateur: à Paris, elle est de 70 degrés, mais si jamais on parvient au pôle sud ou au pôle nord, l'aiguille devra prendre au dessus de ces points, une direction complètement verticale. A l'équateur, également

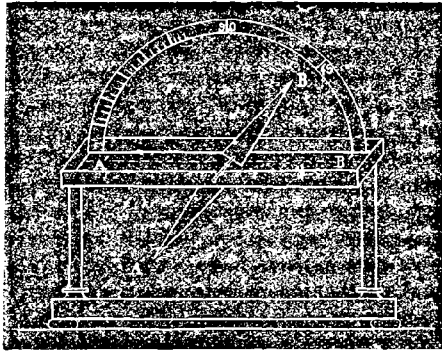


Fig. 31. Boussole d'inclinaison.

distant des deux pôles terrestres, l'aiguille conserve sa position horizontale. Une remarque à faire, c'est que dans l'hémisphère sud de notre globe, c'est le pôle boréal de la boussole qui s'incline vers le sol, tandis que dans l'hémisphère opposé, celui que nous habitons, c'est le pôle austral qui occupe la position inférieure.

La découverte de l'inclinaison de l'aiguille aimantée est due à un constructeur d'instruments de marine, Normann de Londres qui, en 1576, remarqua que pour maintenir la parfaite horizontalité de la boussole, il faut ajouter un petit contrepoids à la partie qui se dirige vers le sud ou diminuer à la lime le poids de l'autre partie.

Un phénomène assez fréquemment observé, c'est que si

la foudre vient à frapper un objet placé dans le voisinage d'une boussole, ou cette boussole elle-même, l'action magnétique de l'instrument se trouve annulée, ou bien la direction des pôles est changée, si bien que la pointe qui se dirigeait vers le nord se retourne, se renverse, indique le sud et vice versâ. Cet accident, qui parfois se produit sans qu'on puisse s'en douter, a été la cause de bien des sinistres maritimes ; il est probable que beaucoup de navires dont on n'a jamais eu nouvelles ont été, par suite d'erreurs de direction résultant du reversement des pôles de leurs boussoles, se briser sur des écueils qu'ils croyaient laisser bien loin derrière eux.

On cite à ce sujet l'exemple de deux bâtiments anglais naviguant de conserve pour se rendre aux Barbades. A la suite d'un orage, l'un d'eux, qui avait été frappé de la foudre, vira d'abord comme s'il voulait revenir sur ses pas et reprendre la route de l'Angleterre. S'étant informé du motif d'une telle détermination, le capitaine de l'autre navire apprit, non sans surprise, que son collègue croyait suivre la bonne route et de son côté s'étonnait de ne pas voir imiter sa manœuvre par son compagnon de voyage. Vérification faite des boussoles, il fut reconnu que toutes celles du navire foudroyé indiquaient une route contraire à la véritable : les pôles des boussoles étant reaversés, le sud était passé au nord et le nord au sud.

Si la foudre désaimante les aiguilles des boussoles, en revanche elle peut communiquer au fer et à ses dérivés les propriétés magnétiques, c'est-à-dire que des objets en fer étant frappés de la foudre, ou se trouvant dans le voisinage d'une décharge fulgurante, ont pu, comme les aimants artificiels et naturels, attirer et retenir les objets en fer, fonte ou acier.

Le tonnerre étant tombé dans la boutique d'un cordonnier allemand, raconte Arago, y aimanta si bien tous les outils qu'il devint absolument impossible au pauvre artisan de s'en servir et qu'il dut s'en défaire. Il fut de même chez un coutelier de Wackefield (Angleterre), la foudre brisa une caisse, dispersa les couteaux qu'elle renfermait et quand on les réunit de nouveau on s'aperçut qu'ils avaient tous été transformés en aimant.

## CHAPITRE VIII

### LA PILE ÉLECTRIQUE

**La Pile de Volta.** — Observations de Galvani sur des grenouilles mortes. — Explication des secousses éprouvées par ces animaux. — Supposition d'un fluide vital. — Volta combat les idées de Galvani — Lutte scientifique entre les deux savants. — Manifestation de l'électricité quand deux corps sont mis en présence. — Invention de la Pile. — Pile à colonne. — Pôles, électrodes, courants de la Pile. — Tension et quantité de fluide. — Effets de décomposition de la Pile. — Effets sur les animaux morts. — Le pendu Clysdale. — Pile de Daniell. — Pile de Bunsen. — Pile de Marié-Davy. — Pile de Grenet. — Courants thermo-électriques. — Pile thermo-électrique de Mure et Clamond.

L'invention du paratonnerre est le couronnement des études électrologiques du dix-huitième siècle ; c'est le résultat, en quelque sorte final, de toutes les recherches faites jusqu'alors. Avec le dix-neuvième allait s'ouvrir une ère de découvertes bien autrement merveilleuses, source de bien-être pour l'humanité, de progrès pour la civilisation. Elles eurent comme point de départ un incident en apparence des plus insignifiants.

Le médecin Aloysius Galvani, professeur d'anatomie à l'Université de Bologne, venait de dépouiller une grenouille dont il voulait étudier le système nerveux, et de la déposer sur la table d'une machine électrique, quand un de ses élèves tournant le plateau s'aperçut qu'à chaque étincelle tirée des conducteurs, la grenouille morte s'agitait, tressaillait, sursautait comme si elle eût été vivante. Il y avait dans ce fait une reproduction en petit du phénomène particulier que nous avons appelé le choc en retour.

Depuis plusieurs années déjà, Galvani recherchait quelle influence exerçait l'électricité sur l'organisme animal, lorsqu'il voulut se rendre compte des phénomènes qui se pro-

duiraient si, au lieu d'être influencée par l'électricité de la machine, la grenouille l'était par le fluide atmosphérique. Prenant un de ces animaux, il trancha d'un coup de ciseau tout l'avant-corps, dépouilla rapidement de leur peau les cuisses et les reins, et à l'aide d'un crochet de cuivre, suspendit le reptile ainsi préparé à la balustrade en fer d'un balcon. Rien ne se manifesta d'abord, mais le vent étant venu à souffler, imprima à la grenouille un mouvement saccadé de balancement, et Galvani s'aperçut qu'une secousse fébrile agitait ce débris d'animal toutes les fois qu'il venait à toucher l'un des barreaux de fer.

Galvani expliqua ces secousses par la décomposition et la recombinaison d'un fluide particulier, analogue à l'électricité, qu'il supposait exister dans la grenouille et auquel il donna le nom de *fluide vital*. Selon sa théorie, le corps des animaux est une bouteille de Leyde : dans les muscles existe un fluide, dans les nerfs un autre, et ces deux fluides se combinent pour former le fluide vital neutre quand ils sont mis en relation directe par l'intermédiaire d'un corps quelconque ; dans le cas particulier de la grenouille en expérience, il pensait que les barreaux de fer du balcon avaient joué le même rôle que l'arc exciteur dans les décharges des batteries de Leyde.

Les idées et les explications de Galvani furent acceptées pendant quelque temps, mais bientôt un professeur de physique de l'Université de Pavie, Alexandre Volta, d'abord partisan zélé de Galvani, répudia complètement sa théorie pour en adopter une nouvelle et alors s'engagea entre les deux professeurs une lutte mémorable qui dura sept ans et partagea le monde scientifique en deux camps, les *voltaïstes* et les *galvanistes*.

Tandis qu'en sa qualité de médecin, Galvani s'était plutôt occupé de la grenouille, Volta, comme physicien, prêta plus d'attention à l'action des métaux mis en contact avec le corps de l'animal, et formula l'opinion que les contractions observées étaient dues, non à l'influence d'un fluide vital particulier, mais à une manifestation électrique déterminée par le seul contact des deux métaux, le fer du balcon et le cuivre du crochet.

Pour soutenir ses idées, Galvani répéta ses expériences



en posant la grenouille sur un disque isolant de résine, en rapprochant les nerfs des jambes de ceux des reins, sans toucher l'animal autrement qu'avec une baguette de verre. Il obtint ainsi des contractions.

Volta répliqua en soutenant qu'il y avait production d'électricité, non-seulement par le contact de deux métaux, mais aussi par celui de deux substances hétérogènes, c'est-à-dire de nature différente.

Loin de se tenir pour battu, Galvani riposta en posant, l'une à côté de l'autre, sur le plateau de résine, deux gre-

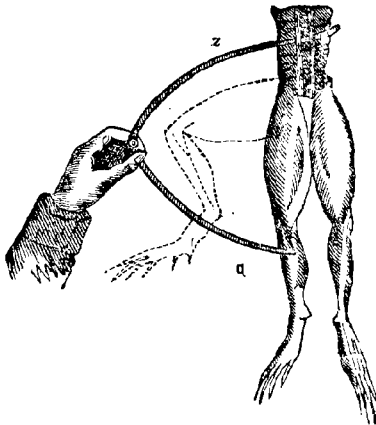


Fig. 32. Expérience de Galvani

nouilles préparées comme nous l'avons dit plus haut, puis mettant en contact une cuisse de la première avec une cuisse de la seconde : les deux substances en contact n'étaient plus des métaux, n'étaient plus hétérogènes, mais leur nature était la même, néanmoins, Galvani obtint encore des contractions.

Malgré cette démonstration en apparence victorieuse, Volta soutint sa théorie que le contact des deux corps différents engendre l'électricité, et, par une longue série d'observations, ayant été amené à remarquer que l'intensité électrique croît rapidement lorsqu'on interpose un

corps humide entre deux plaques de métal, une rondelle de drap mouillé par exemple entre une plaque de zinc et une de cuivre, il inventa un appareil électro-moteur, nouvelle source d'électricité, qui vint donner une forme visible à ses idées, les matérialisa pour ainsi dire et décida de la victoire en sa faveur.

Cependant Volta et Galvani se trompaient tous deux, car les progrès de la chimie et de la physique ont fait reconnaître que ce n'est ni le fluide vital de la grenouille, ni le contact seul de deux métaux qui engendre l'électricité, mais l'action chimique, c'est à-dire la propriété décomposante, mordante si l'on veut, qui se produit quand on met certains liquides en contact avec les métaux ; l'eau salée, par exemple avec le cuivre, l'eau mélangée d'eau forte ou de vinaigre avec le zinc ou le fer.

Ainsi plongeant dans un bain d'eau salée une rondelle de zinc, on constate qu'il y a production et dégagement d'électricité, et on a remarqué dans ce cas, que le métal donne des signes d'électricité négative tandis que l'eau est électrisée positivement.

Dans le même bain d'eau salée, nous laissons la rondelle de zinc, mais nous plongeons une lame de cuivre : chacun des deux métaux prend une électricité différente. Enfin lorsque par l'intermédiaire d'un fil de cuivre soudé à la plaque de même métal, nous touchons la rondelle de zinc, il se produit une action électrique, non pas immobile comme celle des machines à plateau de verre, qui ne s'accumule pas comme elle sur des conducteurs métalliques, mais qui circule, qui va continuellement d'un métal à l'autre ; c'est ce que l'on appelle *courant électrique*.

Ces principes que nous venons d'exposer conduisirent Volta à imaginer l'appareil appelé par lui *électro-moteur*, mais généralement désigné aujourd'hui sous le nom de *pile de Volta*.

Tel qu'il l'imagina en 1800, l'électro-moteur, source puissante d'électricité dynamique, se compose d'un pied de bois dans lequel sont implantés trois colonnes de verre. Entre ces colonnes sont disposées en partant de la base : un disque de zinc, une rondelle de drap imbibée d'eau salée, une rondelle de cuivre, puis la série recom-

mence par une rondelle de zinc pesant sur le cuivre, une de drap, et ainsi de suite jusqu'à ce que le sommet de l'appareil soit atteint. C'est à cause de cet empilement les uns sur les autres de toutes les rondelles le composant, que l'instrument a reçu le nom de *pile*, qu'il a conservé depuis, bien que les dispositions données aux appareils destinés à produire l'électricité par les actions chimiques aient été profondément modifiées.

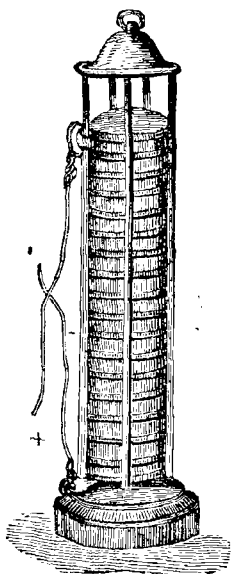


Fig. 33. La pile de Volta.

L'observation des phénomènes qui ont lieu dans un appareil, préparé comme nous venons de le voir, démontre que la partie médiane de cette colonne est à l'état neutre et que chaque moitié est électrisée, l'une positivement, l'autre négativement. En outre la *tension du fluide*, ainsi appelle-t-on l'effort que fait l'électricité pour se dégager, croît du milieu de la colonne vers les extrémités.

Les deux électricités s'accumulent, la positive sur le métal que l'eau acidulée n'attaque pas, sur le cuivre dans la pile à colonne ; la négative sur le zinc, métal transformé par l'acide. C'est par suite de cette accumulation de fluide à la base et au sommet de l'appareil que ces extrémités ont reçu, l'une, le nom de *pôle positif*, l'autre, celui de *pôle négatif*. Mais comme les deux métaux, le zinc et le cuivre, sont employés dans la plupart des piles, on désigne quelquefois pour la commodité des explications les pôles positif et négatif par les appellations de *pôle zinc* et de *pôle cuivre*.

Ces pôles se raccordent l'un à l'autre par des fils métalliques, ordinairement des fils de cuivre, que l'on appelle *électrodes* ou *réophores* et qui constituent en quelque sorte le prolongement des pôles.

Le nom de *courant* est donné à la recomposition continue du fluide neutre dans l'intérieur de la pile, recomposition qui ne commence qu'au moment où les deux réophores sont reliés l'un à l'autre ; elle se continue tout le temps que cette liaison persiste et cesse dès qu'elle est rompue.

La *tension* d'une pile est la tendance, la force de l'électricité à se dégager, l'effort qu'elle fait pour vaincre la résistance qui s'oppose à son mouvement de circulation d'un pôle à l'autre par la voie des électrodes. Cette tension est d'autant plus forte que plus grand est le nombre des couples zinc et cuivre.

La *quantité* de fluide que peut dégager la pile pendant un temps donné est en rapport avec la surface de chacun des couples métalliques et aussi avec la conductibilité plus ou moins parfaite du liquide interposé : c'est-à-dire qu'elle croît avec les dimensions des lames de métal et avec l'acidité de l'eau. Ces deux effets de tension et de quantité ne doivent donc jamais se confondre. Grand nombre des couples, forte tension ; grande surface des couples, quantité plus considérable de fluide dégagé.

Dès son apparition, la pile inventée par Volta se vit chaudement accueillie du monde savant. Si à cette époque les esprits éminents qui composaient l'Académie des sciences ne purent entrevoir l'immense avenir réservé à la découverte du professeur de Pavie, les applications fécondes qu'elle recevrait un jour, ils en comprirent du moins l'importance scientifique et Volta mandé à Paris par Bonaparte, alors premier Consul, reçut la médaille d'or de l'Institut. Plus tard quand Napoléon eut rétabli la noblesse, il créa Volta comte et sénateur du royaume d'Italie.

Cependant dès son origine, on reconnut à la disposition imaginée par Volta un grave inconvénient. Lorsqu'on formait la colonne par un très-grand nombre de couples, le poids de ceux-ci surchargeait les rondelles de drap humide, les pressait et en faisait sortir le liquide, de telle sorte qu'à peine monté, l'appareil était hors d'état de fonctionner. Pour obvier à ce vice capital un physicien anglais, du nom de Cruikshand, imagina de disposer les couples cuivre et zinc dans une position verticale à l'in-

térieur d'une auge en bois et de remplacer les rondelles de drap mouillé par de l'eau acidulée versée dans les intervalles séparant les plaques métalliques. Ainsi modifiée, la pile fut en état de fonctionner quel que fût le nombre des couples et servit à une foule d'expériences, de recherches, de découvertes demeurées célèbres aussi bien dans l'histoire de l'électricité que dans celle de la Chimie moderne.

Déjà Volta avait démontré la complète identité du fluide de la pile appelé de son nom *fluide voltaïque* et souvent aussi *fluide galvanique*, avec l'électricité des machines, et le premier, il avait opéré la décomposition de l'eau en deux éléments, les gaz oxygène et hydrogène.

En 1802, l'expérimentateur Peppys se servant d'une pile de grande dimension, démontra que le courant voltaïque

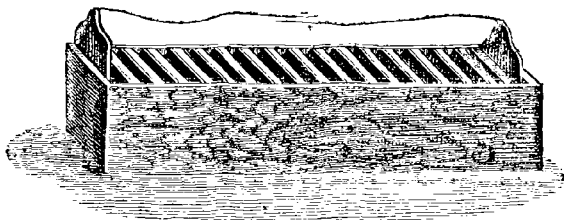


Fig. 34. Pile à auges.

produit une chaleur assez intense pour faire rougir, fondre et volatiliser les fils métalliques. Humphry Davy s'assura que beaucoup de substances considérées jusqu'alors comme des corps simples ou élémentaires, notamment la potasse et la soude, n'étaient que des composés de divers autres corps et découvrit ainsi plusieurs métaux jusqu'alors inconnus. Bientôt les simples expériences de laboratoire ne suffirent plus aux expérimentateurs ; mis en possession d'une puissante source électrique, ils voulurent étudier l'organisme humain.

Les premières recherches furent faites à Turin sur les cadavres de trois suppliciés. En touchant avec les réophores d'une pile divers points du système nerveux, on reconnut que sous l'action du courant, le cœur se contractait plus d'une demi-heure encore après la mort et que

les membres s'agitaient comme si le corps eût été en vie.

Mais la plus célèbre de toutes les expériences physiologiques tentées à l'origine de la pile de Volta, fut opérée le 4 novembre 1818, à Glasgow, par les docteurs Hure et Marchal sur le corps d'un assassin nommé Clysdale. Au moment de son supplice cet individu, âgé de trente ans, était robuste, en bonne santé, il présentait toutes les garanties d'une constitution parfaite. Après plus d'une heure de suspension au gibet, le corps, froid et inerte, fut déposé sur la table de l'amphithéâtre et soumis à l'action d'une pile à auge de 270 couples. L'un des électrodes fut mis en communication avec la moëlle épinière et, selon les parties du corps touchées avec l'électrode opposé, un frisson convulsif agitait le cadavre, les jambes se détendaient; d'un coup violent, l'une d'elles faillit même renverser l'aide qui voulait la retenir, les points crispés s'ouvrirent, se fermèrent, et les doigts s'agitèrent avec l'agilité de ceux d'un pianiste ou d'un violoniste. Tous les phénomènes mécaniques de la respiration se trouvèrent reproduits: soulèvement et abaissement de la poitrine, dilatation et contraction de l'abdomen; quand l'électrode libre fut appliqué sur une petite incision faite au dessous du sourcil, la scène devint étrange: sur la face morte du criminel, se peignirent tous les sentiments de la rage, du désespoir, de l'angoisse; ses yeux s'ouvrirent, roulèrent dans leurs orbitres, parfois un hideux sourire se dessinait sur les lèvres et presque aussitôt se trouvait remplacé par une grimace épouvantable. Enfin pendant un moment le cadavre, à demi levé sur son séant, sembla si complètement revenu à la vie, que les assistants terrifiés s'enfuirent au dehors; il y en eut qui tombèrent évanouis et pendant bien longtemps leur sommeil se trouva obsédé par d'effroyables cauchemars.

La pile qui servit dans les circonstances dont nous venons de parler et à l'aide de laquelle Davy fit les découvertes qui ont immortalisé son nom était la pile à auge de Cruikshand. On en construisit de très-grandes. Celle que Napoléon donna à l'école polytechnique comptait six cents éléments ou couples. La pile que la nation anglaise offrit par souscription à Davy en comptait deux mille; enfin celle

d'un riche anglais, simple amateur de science, M. Children, était assez forte pour fondre et volatiliser des fils épais de platine et liquéfier la poussière de diamant.

Cependant le maniement de la pile à auge n'était guère commode ; pour en obtenir un effet électrique un peu intense il fallait multiplier d'une manière exagérée le nombre des éléments et le développement des plaques de zinc. En essayant de modifier cet appareil, divers physiiciens furent conduits à imaginer des piles que l'on a appelées à deux liquides, dont la production électrique est à la fois plus constante, plus durable et plus intense. Il ne peut entrer dans notre cadre de décrire la totalité de ces appareils, nous nous bornerons à ceux qui sont le plus généralement employés.

La pile de Daniell est ainsi nommée du chimiste anglais qui l'imagina en 1837. Depuis, ces dispositions ont beaucoup varié.

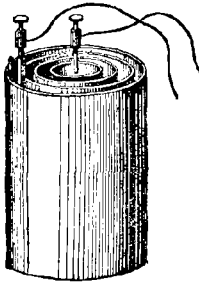


Fig. 35. Pile de Daniell.

Dans un vase extérieur en verre ou en grès, est un cylindre de zinc qui entoure sans le toucher un vase en terre poreuse dans l'intérieur duquel pénètre un fil de cuivre. Le vase extérieur est rempli d'eau légèrement additionnée d'acide sulfurique, le vase en terre poreuse ou terre de pipe, d'une dissolution de sulfate de cuivre, beau sel bleu que l'on appelle quelquefois *vitriol bleu*. Comme la dissolution s'affaiblit assez rapidement durant le fonctionnement de l'appareil, on soude au fil de cuivre une petite grille de même métal sur laquelle sont déposés des cristaux de sulfate de cuivre destinés à remplacer le sel de la dissolution au fur et à mesure de sa disparition.

L'élément de Daniell reste inerte tant que les deux électrodes ne communiquent pas ensemble, mais dès qu'ils viennent à se toucher, l'action chimique commence et se continue pendant toute la durée du contact. Elle a pour résultat de transformer le zinc en sulfate de zinc et de ré-

duire en cuivre pur, le sulfate de cuivre de la dissolution. Pendant cette espèce de chassé-croisé entre les deux métaux, on constate, comme dans la pile de Volta, que le zinc, métal attaqué, s'électrise négativement, l'eau acidulée positivement ; et que le fluide positif de cette dernière se rend, s'accumule sur le cuivre qui s'électrise ainsi positivement. Le même phénomène a lieu dans les piles de Bunsen, de Marié Davy et de Grenet dont nous allons parler.

La pile inventée par le chimiste allemand Bunsen, professeur à l'Université de Heidelberg, et modifiée par le physicien français Archereau, est formée d'un premier vase de verre ou de grès B, d'un cylindre en zinc Z, d'un

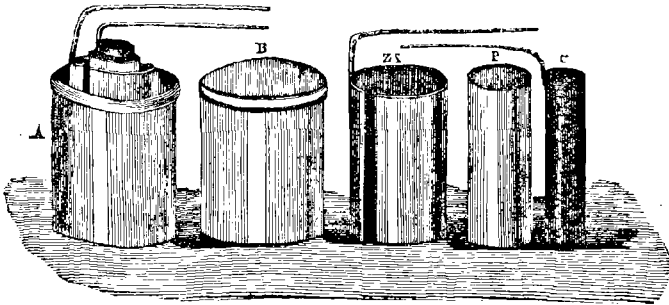


Fig. 36. Pile de Bunsen et ses parties constituantes.

vase poreux en terre de pipe P et d'une baguette de charbon moulu C. Cette dernière est préparée en calcinant dans un moule de tôle un mélange de coke et de charbon de terre finement pulvérisé et fortement tassé ; souvent on la taille dans les masses charbonneuses, dures et compactes, qui s'accumulent à la partie supérieure des cylindres ou cornues de fonte dans lesquelles on distille la houille pour en extraire le gaz d'éclairage.

Les quatre pièces sont disposées dans l'ordre suivant ; le cylindre de zinc est placé dans le bocal de verre et le vase poreux contenant le charbon prend place à l'intérieur du cylindre de zinc. Pour charger cet ensemble qui prend le nom d'*élément*, on verse dans le vase poreux de l'acide



nitrique ou eau-forte et dans le vase extérieur de l'eau ordinaire additionnée d'acide sulfurique. Comme la pile de Daniell, la pile de Bunsen n'entre en activité qu'au moment où sont réunis par leurs électrodes les pôles positif ou charbon, et négatif ou zinc.

La pile de M. Marié Davy se compose comme les deux précédentes d'un vase extérieur en verre dans lequel est un cylindre de zinc puis un vase poreux et dans celui-ci une baguette de charbon dur. Jusqu'à présent la disposition est semblable à celle de l'élément de Bunsen, mais les deux appareils diffèrent l'un de l'autre par le mode de chargement. Ayant versé dans le vase extérieur de l'eau

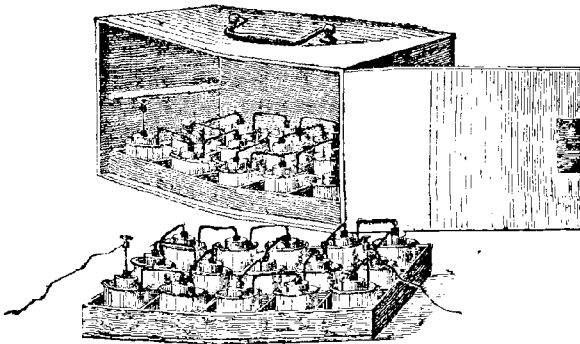


Fig. 37. Pile de Marié Davy à courant continu.

pure ou légèrement salée, on remplit le vase poreux, non d'acide azotique, mais d'une bouillie très-claire de sulfate de mercure. Quand l'action chimique se produit le chassé-croisé que nous avons signalé entre le cuivre et le zinc de la pile de Daniell a lieu, dans la pile Marié Davy, entre le zinc et le sel de mercure. Le zinc se transforme en sulfate de zinc, sel blanc appelé dans le commerce vitriol blanc, et le mercure revivifié tombe et s'amasse au fond du vase poreux.

Le zinc, avons-nous dit, n'est attaqué dans les appareils précédemment décrits qu'au moment du contact des deux pôles par l'intermédiaire des électrodes. Le fait n'est vrai

que si le métal est absolument pur, mais comme le zinc du commerce est toujours mélangé avec divers composés, il s'ensuit que l'action corrodante se produit dès que l'eau acidulée est introduite dans le vase extérieur. De là une dépense inutile et même une perte de force. Pour obvier à cet inconvénient, on *amalgamé* le zinc des piles, c'est-à-dire qu'après l'avoir bien nettoyé on le frotte avec du mercure ou bien on le plonge dans une dissolution de sel mercuriel. Il se produit dans ce dernier cas un échange : une très-petite partie de zinc remplace dans le sel dissous une portion du mercure qui se dépose sur le cylindre de zinc. L'amalgame forme une espèce d'enveloppe, qui s'oppose à l'action de l'eau acidulée lorsque la pile est au repos, mais ne nuit en rien à la force de décomposition et à l'intensité du courant, dès que les électrodes viennent à se toucher.

Les appareils de Daniell, de Bunsen, de Marié Davy tels que nous les avons décrits constituent ce que l'on appelle un *couple* ou *élément* ; leur dimension, déterminée par celle du vase extérieur, est variable, mais le modèle le plus généralement employé est celui dont la capacité mesure environ un litre.

Rarement on n'emploie qu'un seul couple, mais en forme la pile en réunissant comme dans l'appareil de Volta un nombre plus ou moins grand d'éléments. Dans ce cas, l'ensemble est disposé de telle manière que l'électrode cuivre ou charbon du premier élément se rattache à l'électrode zinc du second ; l'électrode cuivre ou charbon de celui-ci à l'électrode zinc du troisième et ainsi de suite quel que soit le nombre des éléments, dix, vingt, cent, mille, toujours le pôle négatif de l'un se rattache au pôle positif du suivant. Il se trouve alors que le pôle zinc du premier élément est libre, ainsi que le pôle cuivre ou charbon du dernier. C'est à ces deux pôles extrêmes, devenus les deux pôles de la pile, que s'accumule toute l'électricité produite, et comme cela a lieu pour un seul élément, l'action décomposante ne commence, si les zincs ont été préalablement frottés de mercure, qu'après la mise en communication du pôle négatif du premier élément avec le pôle positif du dernier.

Chacune de ces trois piles a des qualités qui lui sont propres.

Ainsi la pile de Daniell ne produit qu'un courant d'une faible intensité, mais son action est régulière et se prolonge pendant plusieurs semaines sans qu'il soit besoin de nettoyer et de recharger les éléments.

La pile de Marié Davy donne naissance à un courant un peu plus énergique, puisque trente-huit de ses couples équivalent comme effet électrique à soixante couples de Daniell. Le dégagement du fluide est également plus durable : si l'on prend la simple précaution de remplacer de temps en temps dans les vases extérieurs l'eau qui s'évapore, l'élément de Marié Davy peut fonctionner sans interruption pendant trois ou quatre mois.

A cause de la constance de leurs effets, les piles de Daniell et de Marié Davy sont employées toutes les fois que l'on veut avoir à sa disposition une force plutôt continue qu'énergique, pour la mise en activité des télégraphes, des sonneries et des horloges électriques.

Avec la pile de Bunsen, le courant est plus puissant, mais il s'affaiblit assez vite et finit même par s'éteindre tout-à-fait après quelques heures d'activité.

En outre cet appareil répand des vapeurs nitreuses, malsaines à respirer. Cependant malgré ces graves défauts, la pile de Bunsen est employée toutes les fois qu'on a besoin d'un courant énergique pour lequel ni la constance, ni la durée ne sont absolument nécessaires, lorsque, par exemple, on veut produire des effets de lumière, de chaleur, et pour les opérations de la métallurgie chimique.

On fait encore usage depuis quelques années d'une pile à un seul liquide, inventée par M. Grenet.

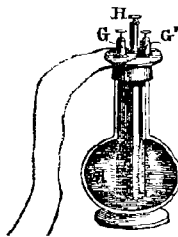


Fig. 58. Pile Grenet.

Ce générateur d'électricité qui a l'avantage d'être toujours prêt à fonctionner, n'émet aucune vapeur désagréable ou dangereuse à respirer, peut être employé partout sans crainte pour les meubles et les vêtements. Il se compose d'un ballon de

verre à col très-large dans lequel plonge un couple formé d'une lame de zinc H placée entre deux plaques de charbon de cornue GG'. Le liquide excitateur est une solution dans l'eau du sel chimique appelé bichromate de potasse.

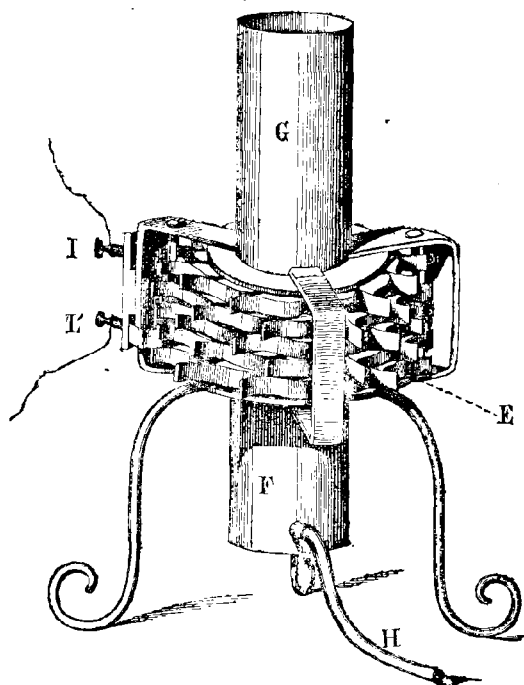


Fig. 39. Pile thermo-électrique de More et Clamond, construite par M. Garde.

Lorsque cette pile doit rester au repos on soulève la plaque de zinc au moyen d'une tige de cuivre H jusqu'à ce qu'elle soit tout-à-fait sortie du liquide. Dans le cas contraire, cette tige, qui glisse à frottement dans le couvercle, est abaissée, le zinc plonge alors dans la dissolution et dès que sont réunis les électrodes fixés dans les petites bornes G et G' communiquant l'une avec les plaques de

charbon, l'autre avec la tête de la tige mobile, le courant électrique se produit.

Les piles dont nous venons de parler sont basées sur le dégagement de fluide électrique que produisent les actions chimiques ; il en est d'autres donc la construction repose sur ce principe énoncé par Volta, qu'il y a production de fluide électrique quand on chauffe inégalement les deux extrémités d'un même barreau de métal et sur la remarque que fit, en 1821, un professeur de physique prussien, Seebeck : que le mouvement imprimé par la chaleur à l'intérieur d'un circuit métallique formé de deux métaux donne naissance à un courant dit thermo-électrique c'est-à-dire né sous l'influence de la chaleur.

Plusieurs savants, entr'autres MM. Pouillet, Becquerel, Magnus, ont imaginé des dispositions de piles destinées à recueillir les courants thermo-électriques, mais à part leur prix très-élevé, ces appareils ne produisent que des courants tantôt trop faibles en tension, tantôt insuffisants en quantité. MM. Mure et Clamond sont les inventeurs d'une nouvelle pile thermo-électrique qu'ils font construire par un artiste habile, M. Gaiffe.

Chaque élément ou couple de ce nouveau générateur d'électricité est formé d'un morceau de galène ou sulfure de plomb — minéral dont on extrait le plomb — et d'un morceau de fer ; ces corps séparés et isolés l'un de l'autre par une lame de mica ou d'amiante. Un nombre plus ou moins grand de ces couples réunis en couronne comme le montre la figure et supporté par trois pieds de fer constitue la pile qu'un fourneau F chauffe intérieurement. La pièce G est le tuyau destiné à activer le tirage ; le tube H en caoutchouc amène le gaz, si c'est au gaz que l'on veut faire fonctionner la pile et les courants nés dans la masse de la galène d'une part, du fer, de l'autre, se rendent aux bornes I et I' auxquelles s'attachent les réopbores. Dans cet appareil, le fer constitue le pôle positif, tandis que la galène est le pôle négatif.

## CHAPITRE IX

### ÉLECTRO-MAGNÉTISME

Découverte d'Ørsted. — Influence du courant de la pile sur la boussole. — Aimantation temporaire du fer par le courant voltaïque: — Construction et forme des électro-aimants.

En parlant de la boussole, nous avons vu que la direction de ses pôles peut être changée par l'explosion de la foudre qui parfois aussi communique la propriété magnétique aux pièces d'acier se trouvant soit sur son passage, soit dans son voisinage, au moment où elle éclate.

Ces bizarres phénomènes, dont la manifestation indique l'existence de nombreux points de contact entre l'électricité et le magnétisme, ne paraissent pas avoir beaucoup

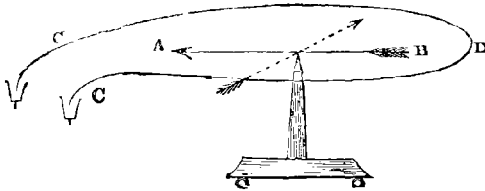


Fig. 40. Déviation de la boussole sous l'influence d'un courant électrique.

occupé l'esprit des physiciens du dix-huitième siècle. Ce n'est qu'en 1820, pendant son cours à l'Université de Copenhague, qu'Ørsted, professeur de physique danois, s'aperçut que l'aiguille d'une boussole placée dans le voisinage d'une pile en activité, se mettait en mouvement chaque fois que les deux électrodes se rejoignaient. Surpris de ce fait tout nouveau pour lui et l'ayant étudié avec soin, Ørsted reconnut que si le courant électrique d'une pile passe au dessus ou au dessous d'une aiguille aimant-

tée AB mobile sur un pivot, cette aiguille cesse d'obéir à l'influence magnétique du globe terrestre pour se mettre en croix avec le fil des électrodes, par suite avec le courant de la pile ; elle se dirige suivant le sens indiqué par la flèche pointillée.

La découverte d'Ørsted était capitale, car elle venait de jeter les bases de cette branche nouvelle de la science électrologique que l'on désigne par le nom d'*électro-magnétisme*.

Quelques mois plus tard les observations du professeur

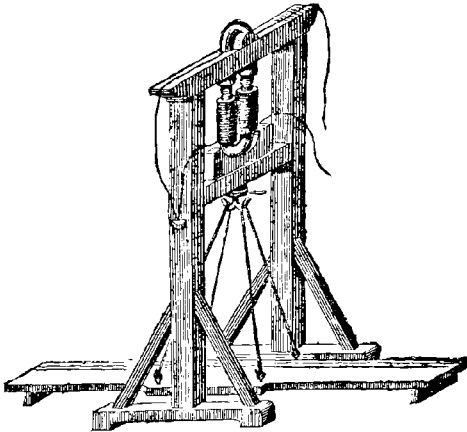


Fig. 41. Electro-aimant de la Sorbonne avec son appareil de suspension.

de Copenhague se trouvaient complétées par celles d'Arago.

Lorsqu'un fil de cuivre s'enroule un grand nombre de fois sur un morceau de fer et que les extrémités de ce fil se rattachent, l'une, au pôle positif d'une pile en activité, l'autre, au pôle négatif, le morceau de fer se transforme en aimant qui attire et retient les objets en fer, acier ou fonte avec une force souvent considérable. Mais dès que s'interrompt le passage du courant dans le fil, les propriétés magnétiques du fer s'éteignent immédiatement, le mé-

tal redevient inerte et laisse retomber les masses métalliques qu'il attirait et retenait.

Ce passage de l'état d'aimant à l'état ordinaire ou neutre est tellement rapide, tellement instantané, qu'il est impossible de distinguer un intervalle entre l'instant où le fil de cuivre enveloppant le fer est mis en contact avec l'électrode et celui pendant lequel l'aimantation se déclare.

Comme les aimants naturels, les aimants temporaires ou électro-aimants ont deux pôles et peuvent être recourbés en forme de fer à cheval afin d'utiliser la totalité de leur force. Leur puissance est variable selon l'intensité du courant, le nombre de spires ou tours du fil de cuivre sur le morceau de fer et le volume de celui-ci ; elle peut croître presque indéfiniment, puisqu'il suffit pour cela d'augmenter les dimensions du fer, la longueur du fil et la force du courant. Un électro-aimant construit pour le cabinet de physique de la Sorbonne peut soulever jusqu'à deux mille cinq cents kilogrammes.

La forme des électro-aimant varie suivant leur destination, ceux des télégraphes, des sonneries et des moteurs électriques, sont généralement constitués par deux bobines ou barreaux cylindriques de fer, réunis par une plaque de même métal. Cette disposition est la plus commode pour l'interposition de cet organe au milieu des divers mécanismes qu'il est appelé à faire mouvoir.



## CHAPITRE X

### LE TÉLÉGRAPHE

**Coup-d'œil en arrière. — Télégraphe d'Amontons. — Télégraphe de Chappe. — Son histoire. — Sa construction. — Ses dispositions. — Vitesse de l'agent électrique. — Comparaison avec d'autres vitesses connues. — Essais de télégraphie électrique par Cavendish et Graham, par Lesage, Reiset, Ampère. — Observations de M. Steinheil — Rôle et jeu de l'électro-aimant dans un télégraphe. — Samuel Morse et ses travaux. — Le télégraphe en Angleterre et en France.**

De tous temps les hommes recherchèrent un moyen rapide de connaître les événements importants qui se passaient au loin. C'est ainsi que durant dix ans, Clytemnestre attendit les feux qui, allumés de monts en monts, devaient lui annoncer la chute de Troie et le triomphe d'Agamemnon.

Chez nos aïeux les Gaulois, les faits importants se transmettaient à distance par l'organe de jeunes gens doués d'une voix éclatante et d'une solide poitrine. Les paroles qu'ils avaient lancé dans diverses directions se transmettaient de bouche en bouche, si bien que trois jours suffirent pour que l'appel aux armes qu'adressa Vercingétorix à toutes les tribus gauloises parvint des forêts de l'Auvergne sur les bords du Rhin, les côtes de l'Océan, au fond de la sauvage Armorique.

Au moyen âge des feux allumés sur les hauts coteaux signalaient au loin l'approche des Normands.

Jusque-là rien ne rappelle de près ou de loin nos divers systèmes télégraphiques modernes. Ce n'est qu'en 1782 qu'un moine de l'abbaye de Citeaux, Dom Gauthey, proposa de se servir de tuyaux cylindriques pour la transmission rapide des nouvelles. Il avait remarqué que le son, qui s'affaiblit rapidement lorsqu'il traverse l'atmosphère, se pro-

page dans les tubes à de très-grandes distances et sans rien perdre de son intensité: le *tictac* d'une montre à peine perçu à quelques décimètres de l'oreille, s'entend parfaitement à l'extrémité opposée d'un tube de vingt ou trente mètres de longueur.

Dom Gauthey fit, par ordre de Louis XVI, des essais dans l'une des conduites d'eau longue de 800 mètres, de la pompe à feu de Chaillot. Ces expériences eurent un plein succès ; malheureusement la gravité des événements politiques les firent trop tôt oublier.

Quelques années plus tard, Guillaume Amontons, membre de l'Académie des sciences, proposa de corres-

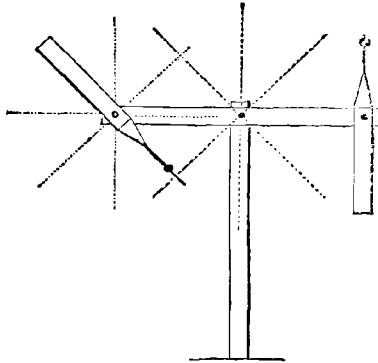


Fig. 42. Mouvements du télégraphe Chappe

pondre avec des points éloignés au moyen de signaux conventionnels que des observateurs guetteraient avec une longue-vue. C'était en germe l'idée du télégraphe aérien que nous avons possédé un demi-siècle; il en fut des idées d'Amontons comme de celles de Dom Gauthey, elles n'aboutirent à rien. On les prenait, nous dit Fontenelle, pour des jeux d'esprit.

Amontons n'avait précédé que de très-peu le véritable inventeur du système télégraphique aérien, l'abbé Claude Chappe, né en 1763 à Brulon, dans le département de la Sarthe. Placé par un oncle au séminaire d'Angers, Claude voulut communiquer avec ses deux frères qui achevaient

leurs études dans un collège laïque distant d'une demi-lieue. La nécessité le rendant ingénieux lui fit trouver une combinaison de signaux obtenus au moyen d'une règle de bois qui pouvait pivoter sur son milieu à l'extrémité d'une autre règle fixe et horizontale.

Le souvenir de ces tentatives d'écolier fit plus tard concevoir à Claude Chappe, ordonné prêtre, la possibilité d'en tirer parti dans un but utile. Il étudia, perfectionna sa machine, à laquelle il donna le nom de *télégraphe*, de deux mots grecs, signifiant *écrire de loin* et, en 1792, présenta sa découverte à l'Assemblée législative.

L'accueil favorable fait à l'appareil Chappe, n'empêcha pas le peuple, qui prenait les mouvements bizarres de cette machine pour des signes de correspondance avec les membres de la famille royale, alors prisonnière au Temple, de mettre en pièces les mécaniques et de brûler le poste télégraphique établi à Belleville, dans le parc du représentant Saint-Fargeau. A ces traverses vint s'ajouter le manque de ressources, si bien que la première ligne des postes télégraphiques entre Paris et la frontière du Nord ne put être établie qu'en 1793. Pour son début le télégraphe aérien annonça aux Représentants, réunis en séance, la prise de Condé sur les Autrichiens. Immédiatement l'Assemblée enthousiasmée fit répondre par la même voie : « *L'Armée du Nord a bien mérité de la patrie* » et décréta que Condé changerait son nom pour celui de *Nord-libre*. La séance n'était pas encore terminée que le télégraphe annonçait l'arrivée à destination de la déclaration et du décret.

Le mécanisme de la télégraphie aérienne se trouvait installé à l'intérieur et au-dessus des postes ou stations, distants les uns des autres d'environ onze ou douze kilomètres et généralement au sommet des tours d'églises, de vieux châteaux, ou bien d'édifices spéciaux construits sur des lieux élevés d'où l'on pouvait dominer une vaste étendue de pays. Cependant, malgré cette élévation, il n'aurait guère été possible d'apercevoir les signaux, si les employés ou stationnaires n'avaient été munis de longues-vues disposées à demeure dans la direction des différents postes télégraphiques. L'espace séparant deux points éloignés entre lesquels devaient s'échanger les correspondances, se

trouvait ainsi partagé en un nombre plus ou moins grand de sections par des postes qui s'observaient mutuellement.

L'appareil de correspondance, tel que le conçut Claude Chappe et tel qu'il fut exécuté sous sa direction par le célèbre horloger Bréguet, se composait de trois pièces peintes en noir : la principale, le *régulateur*, était mobile au sommet d'un mât s'élevant au-dessus de la construction ; deux pièces secondaires, les *ailes*, s'articu-

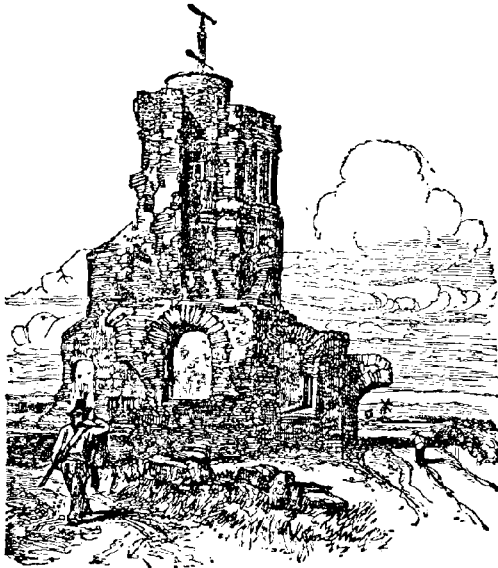


Fig. 43. Le télégraphe aérien.

laient au sommet du régulateur ; des contre-poids, soutenus par des tiges assez minces pour qu'il n'y eût aucune crainte de les confondre avec la partie plus large des ailes, équilibraient celles-ci et rendaient leur manœuvre plus facile.

A ce mécanisme en correspondait un plus petit placé à l'intérieur du bâtiment, sous les yeux et à portée de la main du stationnaire. Lorsque cet employé faisait mouvoir

le petit télégraphe intérieur, un système de cordes et de poulies transmettait le même mouvement au régulateur et aux ailes du télégraphe extérieur. Ces signaux se trouvaient ainsi reproduits de station en station depuis le point d'envoi de la dépêche jusqu'à celui d'arrivée.

Malgré son vice capital de ne pouvoir fonctionner ni la nuit, ni pendant les jours de brouillard, l'appareil de Chappe régna sans rival pendant plus de cinquante ans; peut-être se serait-il perfectionné au point de pouvoir fonctionner même durant la nuit, si le télégraphe électrique, que rien n'arrête, n'était venu le supplanter.

À l'origine du nouveau système, Paris se trouvait en relation télégraphique avec vingt-neuf villes de l'intérieur par l'intermédiaire d'un réseau de cinq mille kilomètres pourvu de 534 stations.

Depuis plus de deux siècles que les physiciens cherchent à calculer la vitesse du fluide électrique, ils n'ont pu encore s'accorder; cependant on considère comme le plus près de la vérité, le chiffre de *soixante-dix mille kilomètres* donné comme étant l'espace que franchit l'étincelle électrique en une seconde de temps. Si nous comparons cette vitesse avec d'autres connues, nous pourrions peut-être mieux l'apprécier.

En une seconde, le son parcourt 340 mètres; par conséquent une note de musique mettrait plus de trente heures à faire le tour de la terre si aucun obstacle ne l'égarait en route. Il faudrait à un boulet, toujours animé de la vitesse qu'il possède au sortir du canon, un jour entier pour franchir le même espace; et treize jours à une locomotive de train impérial parcourant cent kilomètres à l'heure. Eh bien ! par l'électricité le même espace serait dévoré en une demi-seconde de temps, puisque la terre n'a que quarante mille kilomètres de tour.

Pour se rendre de notre globe au soleil, le fluide électrique mettrait huit minutes, tandis que pour accomplir le même trajet, il faudrait neuf ans au boulet de canon, plus de deux siècles à la locomotive, et bien près de deux mille

quatre cents ans à un homme marchant d'un pas accéléré toujours égal et jamais faiblissant.

Dès 1760, un professeur genevois, Louis Lesage, imagina de faire correspondre deux stations éloignées au moyen de vingt-quatre fils métalliques correspondant à vingt-quatre pendules électriques désignés chacun par une lettre de l'alphabet. Lorsqu'à la station d'envoi on touchait avec un bâton de résine électrisé le fil correspondant à la lettre A, l'électricité, se répandant sur ce fil, venait attirer puis repousser la balle de sureau du premier pendule. Pour transmettre le mot oui, par exemple, il suffisait de toucher l'extrémité du quinzième fil, puis celle du vingt et unième, enfin celle du neuvième pour que les pendules O, U, I, se missent successivement en mouvement.

Un autre physicien allemand, Reiset, proposa de remplacer par autant de carreaux étincelants les vingt-quatre pendules de Lesage : de cette modification devait résulter selon lui, une plus grande facilité d'observation. De son côté un français nommé Lomond simplifia le mécanisme de Lesage et de Reiset en joignant les deux stations par un seul fil. Les indications se distinguaient les unes des autres par le nombre des répulsions et des attractions. Ainsi une seule attraction figurait la lettre A, deux, la lettre B ; trois la lettre C, et ainsi de suite.

Justes en principes, les idées de Lesage, de Reiset, de Lomond, n'étaient guère praticables à cause de la difficulté de lancer, sans rien en perdre, sur un fil très-long la faible quantité de fluide produite par un bâton de résine ou une machine à plateau de verre.

Après les découvertes de Volta et d'OErsted, Ampère, savant physicien français, proposa d'attribuer à chacune des lettres de l'alphabet une aiguille aimantée tournant librement sur un pivot au bureau d'arrivée. Selon celle de ces aiguilles qu'influencait un courant voltaïque envoyé du bureau expéditeur de la dépêche, selon aussi l'ordre dans lequel avait lieu ces mouvements, on formait les mots, puis les phrases.

Bon nombre d'essais dans la voie qu'indiquait Ampère furent tentés en France, en Allemagne, en Angleterre, jusqu'à celui qu'exécuta en 1837 M. Steinhel, physicien de

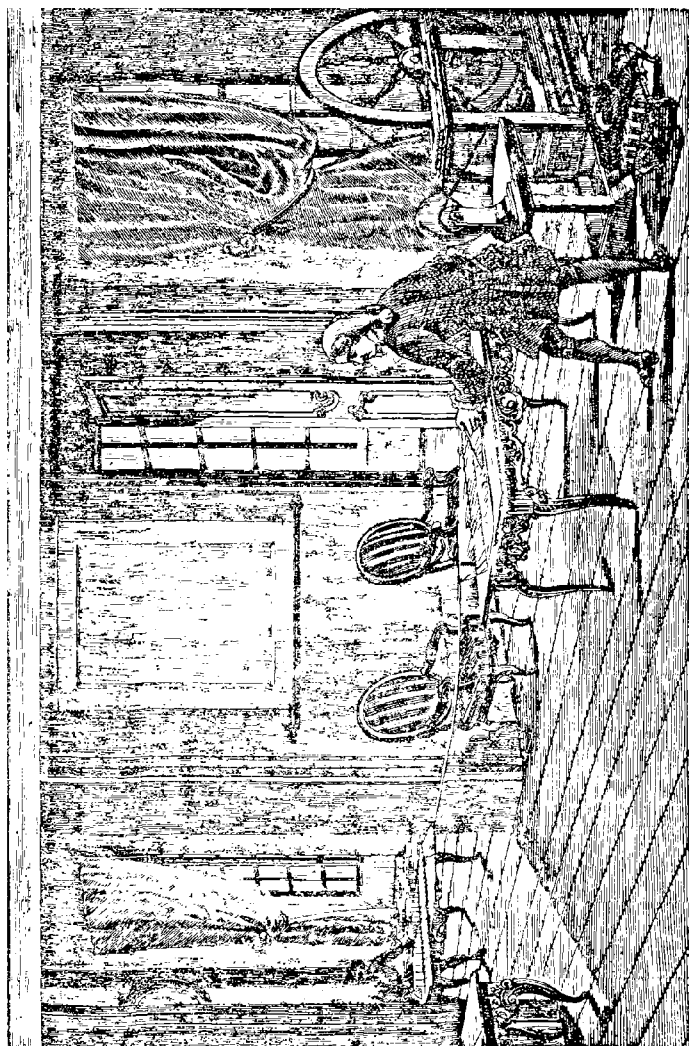


Fig. 44. Première expérience de télégraphie électrique de Lesage.





Munich, et duquel il ressortit ce fait important, qu'il n'est nul besoin pour la transmission à distance du courant voltaïque de faire usage d'un double conducteur. Jusque-là, on avait cru nécessaire de faire communiquer les bureaux expéditeurs et récepteur au moyen de deux fils se rattachant, l'un, au pôle négatif de la pile, l'autre au pôle positif. M. Steinheil remarqua que le fil de retour est inutile, attendu que si on le supprime, la terre le remplace pour ramener à la pile le courant qui en est sorti. Le système de correspondance proposé par Ampère aurait sans doute eu quelques chances de succès, si la découverte de l'aimantation temporaire du fer n'était venue fournir un élément nouveau aux essais de télégraphie électrique.

L'instantanéité avec laquelle un électro-aimant subit l'influence du courant voltaïque, et son retour rapide à l'état neutre aussitôt que cette influence cesse de se faire sentir ; tels sont les faits sur lesquels reposent la plupart des télégraphes actuellement en usage.

Le premier appareil télégraphique construit d'après le principe de l'aimantation temporaire du fer, est dû à Samuel Morse, artiste américain, que plusieurs œuvres remarquables avaient fait connaître en Amérique et en Angleterre. C'est pendant un voyage fait en 1832 à bord du *Sully*, que l'esprit inventif de Morse imagina les principales dispositions de l'appareil qui porte son nom. « Commandant, avait dit Morse au capitaine William Penn, lorsque mon télégraphe sera adopté du monde entier, souvenez-vous qu'il a été inventé à bord du *Sully*, le 13 octobre 1832. »

Cinq ans plus tard, Morse, qui avait eu à lutter contre de graves obstacles, entre autres le manque d'argent, exécutait sous les yeux des commissaires du gouvernement américain des expériences qui ne laissèrent aucun doute sur l'excellence de son système ; en 1843, il obtenait du Congrès des États-Unis une somme de trente mille dollars, plus de cent cinquante mille francs, pour la construction d'une ligne d'essai.

En même temps que Morse en Amérique, M. Wheatstone, en Angleterre, imaginait un système télégraphique reposant sur la déviation d'une aiguille magnétique in-

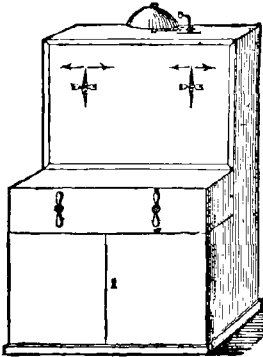


Fig. 45. Télégraphe de Wheatstone.

fluencée par le passage d'un courant voltaïque : c'était la réalisation de l'idée émise par Ampère. En 1844, un premier appareil de ce genre commença à fonctionner sur le chemin de fer de Londres à Liverpool.

En France, où le gouvernement possédait le monopole des transmissions télégraphiques, MM. Foy et Bréguet construisirent un appareil destiné à reproduire les mêmes signaux que le télégraphe aérien. On voulait ainsi ne rien changer au catalogue des signaux en usage et pouvoir conserver plus facilement le secret des dépêches.

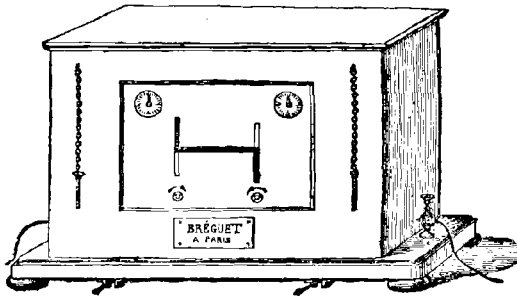


Fig. 46. Télégraphe à signaux de Bréguet

Un crédit de 240,000 francs, ouvert par les Chambres, servit à établir entre Paris et Rouen le premier télégraphe électrique français qui fut inauguré le 18 mai 1845.

En 1854, on abandonna le télégraphe à signaux pour adopter celui de Morse d'un fonctionnement plus rapide, plus commode et qui permet de conserver un double des dépêches transmises.

## CHAPITRE XI

### LA LIGNE TÉLÉGRAPHIQUE

**Parties essentielles.** — La pile — Les conducteurs. — Fils aériens. Poteaux, clochettes et crics tenseurs. — Fils souterrains employés pour la traversée des villes. — Réseau parisien. Les appareils. — Manipulateur et récepteur du télégraphe à cadran. — Manipulateur et récepteur du télégraphe de Morse. — Alphabet du télégraphe de Morse. — Impression des signes conventionnels. — Télégraphe de M. Hughes, — Télégraphe Brémond. — Télégraphe de l'abbé Caselli. — Télégraphe Meyer. — Appareils accessoires. — Le commutateur. — Le galvanomètre. — Le relais. — La sonnerie. — Le parafoudre. — Envoi d'une dépêche par le télégraphe électrique.

Toute ligne télégraphique électrique de n'importe quel système se compose dans ses parties essentielles :

D'une source d'électricité, la pile ;

D'un fil conducteur ;

D'un appareil manipulateur pour transmettre les dépêches ;

D'un appareil récepteur pour les recevoir.

La première condition à remplir par une pile destinée au service télégraphique c'est la constance et la régularité, aussi préfère-t-on pour cet emploi les piles de Daniell ou de Marié Davy à la pile beaucoup plus énergique de Bunsen.

En France, la pile de Daniell est surtout en usage pour les télégraphes des chemins de fer, et la pile de Marié Davy pour les appareils du service télégraphique appartenant à l'État.

Les conducteurs des lignes télégraphiques sont des fils métalliques à la surface desquels circule le courant électrique envoyé du point de départ ou bureau expéditeur de la dépêche à celui d'arrivée ou bureau récepteur.

Ces conducteurs sont aériens, souterrains ou sous-marins.

Le mode actuel de disposition des lignes aériennes est dû à M. Jacobi, physicien russe. Dédaigneusement accueillie, des membres d'une commission chargée par l'empereur Nicolas des études préliminaires pour l'établissement d'une ligne télégraphique de St-Petersbourg à la résidence impériale de Péterhoff, l'idée de Jacobi ne s'en est pas moins répandue dans le monde entier.

Le meilleur conducteur de l'électricité est le cuivre, mais à cause du prix élevé de métal, de son manque de ténacité, on lui préfère, pour les lignes aériennes, des fils de fer zingué d'un diamètre de trois ou quatre millimètres.

Pour zinguer le fer, on le décape, autrement dit, on nettoie parfaitement sa surface en le plongeant dans de l'eau forte additionnée d'eau ordinaire, puis on le plonge dans un bain de zinc fondu ; la légère couche de zinc qui se dépose sur le fil y reste adhérente, lui forme une espèce de gaine qui s'oppose au contact du fer et de l'air humide et empêche ainsi la formation de la rouille. Les fils sont supportés en l'air par de forts poteaux en bois de pin ou de sapin que l'on a injectés de composés chimiques ayant pour effet d'empêcher ou plutôt de retarder cette décomposition que l'on appelle la *pourriture du bois*. La durée de ces poteaux ainsi préparés peut se prolonger pendant plus de vingt ans.

En France les supports, dont la hauteur varie entre six et dix mètres, sont espacés de cinquante à soixante mètres dans les circonstances ordinaires, mais dès qu'il s'agit de traverser une route, un vallon, un cours d'eau, cet espacement augmente et en même temps la force des poteaux, que viennent étayer des perches implantées obliquement pour que leur effort contrebalance celui qu'exerce en sens contraire le poids des fils de fer.

Sur les poteaux sont fixés au moyen de vis un nombre variable de cloches de suspension, appareils ordinairement en porcelaine, destinés à assurer le complet isolement des fils. Si en effet ceux-ci touchaient le bois ou si les crochets les soutenant s'implantaient directement dans les poteaux, le fluide électrique, au lieu de suivre la route métallique qu'on lui impose, se perdrait dans le sol par l'inter-

médiaire du bois, assez bon conducteur de l'électricité.

La forme de ces cloches est très-variable. Souvent ce sont des anneaux fermés ou entr'ouverts; quelquefois elles ressemblent à un champignon, à un godet de quinquet, mais la disposition ordinairement préférée en France ressemble à un œuf coupé en deux : au milieu de la partie plane de cette cloche est implanté un crochet de fer. Grâce à la position renversée de cet appareil, l'eau ne s'y accumule jamais, glisse sur la convexité supérieure, et de la sorte l'isolement complet du fil conducteur est assuré.

Ayant été solidement attaché au point de départ, le fil est déroulé, soulevé et placé dans le crochet, puis tendu par l'intermédiaire d'un jeu de poulies. La tension doit être convenablement calculée : si elle est trop faible, le

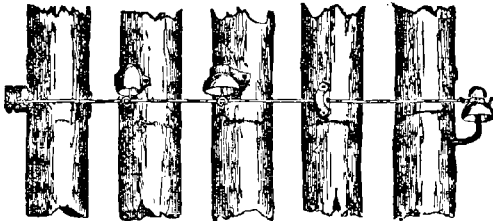


Fig. 47. Cloches, anneaux et poulies pour les fils télégraphiques.

fil flottant sous l'action du vent, risque d'aller toucher les poteaux ou les autres conducteurs; trop forte, la tension peut déterminer la rupture du fil ou si celui-ci résiste, son effort compromet la solidité des poteaux. En général, on exerce pour tendre le fil télégraphique un effort équivalent à celui d'un poids de soixante-quinze kilogrammes qui serait suspendu à l'extrémité de ce fil.

La tension est maintenu au moyen d'un mécanisme appelé *crie tenseur* formé par un petit rouleau de fer dont l'axe s'engage dans les trous opposés d'une espèce de fourchette plate en tôle. Ce rouleau peut tourner sur son axe dans un sens, mais non dans l'autre, car un dé clic s'engageant dans les dentelures d'une roue à rochet, l'empêche de revenir sur lui-même. L'extrémité du fil passe

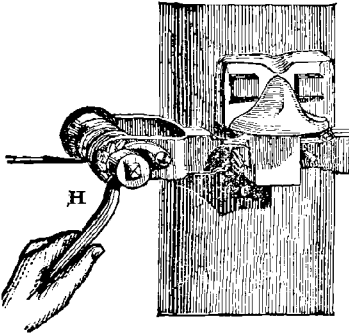


Fig. 48. Cric tenseur.

dans un trou dont est percé le rouleau et, à l'aide de la clef H, instrument qui s'emboîte exactement dans la tête carrée du rouleau, un ouvrier fait tourner celui-ci de plusieurs tours. Le fil suit le mouvement, s'enroule, sa longueur diminue, il tire sur le cylindre pour le faire tourner dans un sens opposé à celui que lui imprime la clef, mais,

comme le déclic retient la roue à crochet et par elle le rouleau dont elle fait partie, le fil reste forcément tendu.

Les crics tenseurs, doubles comme le montre la figure, sont suspendus et isolés au moyen de fortes cloches en porcelaine disposées sur la ligne conductrice de demi-kilomètres en demi-kilomètres.

Le mode de suspension des fils au moyen de poteaux ne peut guère être employé qu'en rase campagne ; lorsque les fils traversent une ville, les cloches sont fixées sur des planchettes soutenues elles-mêmes par des poteaux implantés dans les murailles des édifices publics ou particuliers. Sur les chemins de fer, quand la voie pénètre dans un souterrain ou tunnel, il est nécessaire de soustraire les fils à l'influence de l'air toujours humide de ces endroits et par suite très-favorable à la déperdition du fluide. Dans ce but on enveloppe les conducteurs de gutta-percha, gomme végétale analogue au caoutchouc, et tantôt on les dispose sur les crochets de cloche éloignées des murailles, tantôt on les réunit tous ensemble en un faisceau que l'on renferme à l'intérieur d'une rigole ménagée dans l'épaisseur des voûtes ou des murailles.

Aucun système n'est préférable à celui des lignes aériennes, mais plusieurs motifs ont obligé d'y renoncer pour la traversée des grands centres de population par les conducteurs télégraphiques ; le principal et le plus sérieux

est qu'en cas de crise politique, même de simple émotion populaire, les fils suspendus sur des poteaux ou attachés à des potences sont trop facilement à la merci du premier-venu. On préfère donc avoir recours aux lignes souterraines.

Au lieu de n'être qu'un simple fil de fer, le conducteur souterrain employé à Paris est formé de sept fils fins de cuivre tordus ensemble, recouverts de quatre couches successives de gutta-percha alternant avec des couches d'une composition particulière, d'invention anglaise, appelée la *composition Chatterton*. Autour du conducteur ainsi préparé, s'enroule une ficelle fine et goudronnée, et l'espèce de corde ou câble destinée à devenir la ligne télégraphique est enfermée dans une série de tuyaux en fonte dont les joints sont soudés au plomb. Des ouvertures ou *fenêtres* ménagées de distance en distance, permettent de vérifier l'état du câble et au besoin de le réparer. Ces fenêtres s'ouvrent et se ferment au moyen de manchon ou fragment de tuyau glissant sur la conduite protectrice.

A Paris, chaque conduite renferme une douzaine de câbles, ayant tous leur point de départ au bureau central des lignes télégraphiques, rue de Grenelle. Ceux de ces câbles qui sont destinés à se relier aux lignes de la rive droite traversent la Seine, suivent le quai, et, arrivés à la rue Royale, pénètrent dans le grand égout collecteur d'où une partie se ramifie dans les divers quartiers de la capitale. Une ligne principale continue de suivre le grand collecteur pour venir à la sortie d'Asnières rejoindre les lignes aériennes qui desservent les provinces.

Sur la rive gauche, un second réseau traverse tous les quartiers compris entre le bureau central et la barrière du Maine, s'engage dans les Catacombes pour envoyer des embranchements sur les divers bureaux télégraphiques de la ville, et divers faisceaux qui vont se relier aux lignes provinciales ou étrangères. A Londres, des compagnies sont propriétaires de câbles contenant cinquante fils loués à des particuliers pour une somme annuelle, ce qui permet aux grands industriels d'être en continuelles relations avec leurs bureaux, leurs usines, les docks, la Bourse, etc. Les principaux journaux y ont chacun à leur disposition plusieurs lignes télégraphiques qui

communiquent avec celles de l'étranger et de l'intérieur.

Le mécanisme servant dans le télégraphe électrique à tirer parti de la force de l'électro-aimant se compose 1° d'un appareil *manipulateur* destiné à envoyer le courant de cette station à la station d'arrivée, 2° l'appareil *récepteur* qui reçoit le courant et par suite la dépêche ; 3° de divers appareils secondaires tels que parafoudres, sonneries, relais, etc.

Beaucoup de systèmes ont été préconisés, mis en essai, sont même employés journellement, mais nous nous contenterons de décrire et nous nous efforcerons de faire comprendre le jeu de deux seulement de ces appareils ; le télégraphe de *Bréguet* dit *télégraphe à lettres* ou à *cadran* employé pour le service des chemins de fer et le *télégraphe américain* de *Samuel Morse* adopté par presque toutes les nations européennes.

Le télégraphe à cadran a été imaginé par M. Bréguet, horloger français.

L'appareil manipulateur de ce télégraphe se compose d'un cadran portant indiqué sur son pourtour la série complète des lettres de l'alphabet et celle des vingt-cinq premiers nombres. Deux signes tracés entre l'a et le z, les chiffres 1 et 25, indiquent la séparation des mots.

Une échancrure du cadran correspond à chacune de ces lettres et une manivelle à poignée, tournant sur un pivot qui occupe le point central de ce cadran, porte une dent destinée à entrer dans ces échancrures et à y rester implantée pendant un temps plus ou moins long. Derrière le cadran à lettres et monté sur le même axe que la manivelle est une roue à gorge sinueuse R formée de treize parties saillantes et de treize parties rentrantes. La tête d'un petit levier, oscillant sur un axe C, s'engage dans cette gorge dont elle suit toutes les sinuosités, tandis que son extrémité opposée vient tour à tour s'appuyer sur deux pointes métalliques dont l'une est en communication avec la pile électrique, l'autre avec un appareil récepteur. Le levier est en relation directe avec la ligne de fils conducteurs par l'intermédiaire de la roue sinucuse et par cette ligne avec l'appareil récepteur de la station d'arrivée.

Ceci posé, voyons comment fonctionne le manipulateur



pour faire passer ou pour interrompre le courant. La manivelle étant au point de repos, la croix, auquel correspond une saillie de la roue à gorge, le levier ne touche pas le pôle de la pile ; mais, si on tourne cette manivelle pour l'amener sur la lettre A, le levier monte sur une saillie, bascule autour de son axe C et son extrémité inférieure vient toucher la pointe V à laquelle se rattache l'électrode de la pile. Le courant passe alors pour aller à l'autre extrémité de la ligne aimanter la bobine de l'appareil récepteur.

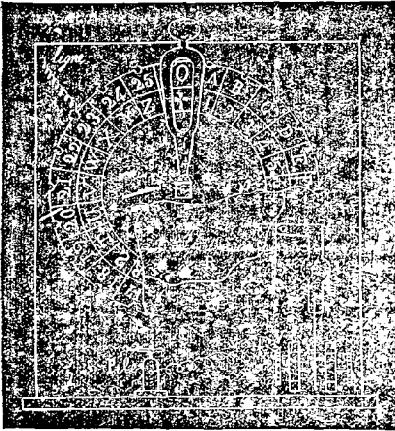


Fig. 49 Manipulateur du télégraphe a cadran.

Continuant le mouvement et amenant la manivelle en face de la lettre B, le levier descend dans un creux de la ligne sinucuse ; le courant ne passe plus, la bobine du récepteur cesse d'être aimantée. On voit donc que pour la moitié des lettres, le jeu de la manivelle ouvre le circuit, tandis que pour l'autre moitié, elle le ferme.

A première vue, le récepteur du télégraphe des chemins de fer est une caisse carrée dont un côté est occupé par un cadran sur lequel sont tracés, comme sur celui du manipulateur, l'alphabet complet, la série des nombres de 1 à 25 et les deux signes servant à indiquer la séparation des mots et des nombres. Lorsque l'appareil est au repos, c'est sur ces signes qu'est ramenée la pointe de l'aiguille.

Ce télégraphe est une véritable horloge dans laquelle une roue dentée A, sollicitée par un mouvement d'horlogerie caché par la plaque de cuivre X, tournerait continuellement si une petite tige ne l'arrêtait en heurtant les dents.

Cette roue A est double, c'est-à-dire composée d'un premier disque denté derrière lequel en est un autre semblable, et dont les dents correspondent aux intervalles libres du premier.

L'appareil étant au repos, la tige *g* met obstacle au mouvement de la roue à rochet ; mais si le courant passe dans la double bobine EE cachée par son *contact*, celui-ci est attiré et la tige D qui fait corps avec lui appuie sur l'une des branches de la fourchette *c*. Cette dernière ne

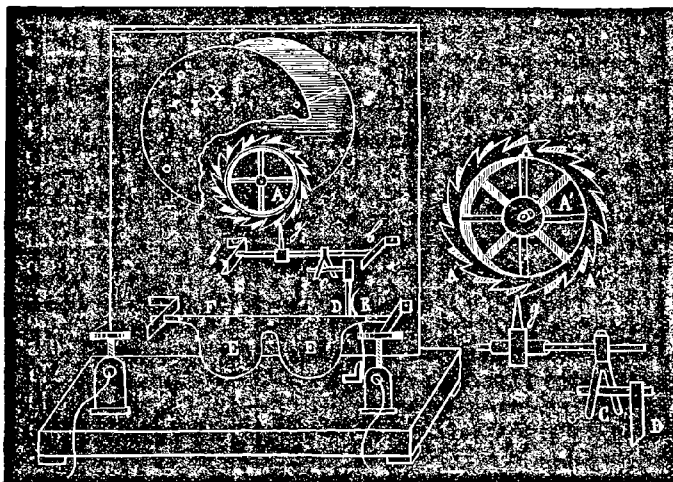


Fig. 50. Récepteur du télégraphe à cadran. — Détails du mécanisme.

forme qu'un tout avec l'axe *bb* et la pièce *g*, si bien que par l'oscillation imprimée à la fourchette, cette pièce *g* cesse d'appuyer sur l'une des dents de la roue A qui tourne alors sous l'impulsion des ressorts du mouvement d'horlogerie.

La double roue à rochet est disposée de telle sorte que la pointe *g* en dégageant la dent de l'un des disques en rencontre une du second disque, contre laquelle elle bute : le mouvement s'arrête de nouveau. A son tour, cette dent se trouve dégagee quand le courant électrique cesse de

circuler dans le fil de la bobine, que le ressort antagoniste R peut alors agir pour repousser le *contact* et ramener la tige *g* à sa position première.

Ainsi donc les dents de l'une des roues sont rendues libres quand l'électro-aimant attire le contact F, celles de la seconde ne le sont qu'au moment où l'électricité cessant d'aimanter la bobine, c'est le ressort antagoniste qui fonctionne.

Ce mouvement alternatif de rapprochement et d'écart de contact fait tourner le couple de roues A qui entraîne l'aiguille montée sur son axe. Cette aiguille, à chaque déplacement de la tige *g* parcourt sur le cadran l'intervalle d'une lettre.

Chacune des roues formant le couple denté porte treize échancrures, ce qui en tout fait 26 dents, dont vingt-cinq correspondent à chacune des lettres de l'alphabet et la 26<sup>e</sup> au signe final indiqué par une croix.

Le manipulateur du télégraphe de Morse se compose d'une table sur laquelle une pièce D soutient un levier oscillant AB appelé *clef*

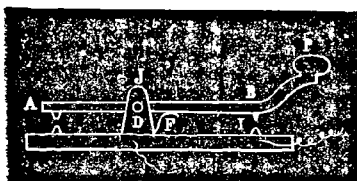


Fig. 51. Manipulateur du télégraphe Morse.

Tandis que l'un des pôles de la pile est mis en relation directe avec le sol, l'autre correspond avec le bouton métallique M fixé sur la tablette. Juste au dessus de ce bouton est une pointe en cuivre N fai-

sant corps avec le levier oscillant AB.

Quand l'appareil doit rester au repos, un ressort F maintient le levier relevé et la pointe E se trouve par conséquent séparée du noyau M.

Vers le centre de la tablette est une pièce de support DJ en communication constante avec la ligne conductrice et que traverse l'axe autour duquel pivote la pièce AB. Si l'on veut faire passer le courant de la pile dans le fil conducteur, il suffit d'appuyer sur le bouton P; alors le levier AB s'abaisse, la pointe B touche le noyau I et le fluide provenant de la pile passe par le bouton, le levier,

l'axe de ce dernier pour entrer dans la ligne, la parcourir et se rendre à l'appareil récepteur. Aussitôt que l'on cesse d'appuyer sur le bouton, l'action du ressort antagoniste F relève le levier AB, le contact cesse entre la pointe et le noyau et par suite le passage du courant sur le conducteur se trouve interrompu.

Le récepteur du télégraphe de Morse est formé d'un électro-aimant vertical B, dont l'armature de fer O est fixée à une tige ECF rigide et horizontale qui oscille librement, comme le fléau d'une balance, autour de l'axe D soutenu par une pièce de support.

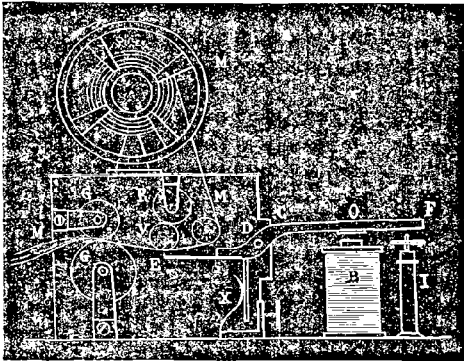


Fig. 52. Récepteur du télégraphe Morse.

A l'extrémité de la tige est un poinçon ou crayon E destiné à marquer des caractères sur une bande de papier MM qui s'enroule à la surface d'un rouleau et glisse entre les deux cylindres GG qu'un mécanisme d'horlogerie met en mouvement. L'électro-aimant B étant en communication avec le fil conducteur et par lui avec la pile du bureau expéditeur, la pièce de fer CF attirée, oscille autour du pivot D et le poinçon E appuie sur la bande de papier ; tout ce mouvement se produit quand la pointe B du manipulateur touche le noyau I.

Dès que cesse le passage du courant, c'est-à-dire quand on cesse de peser sur le bouton P du manipulateur, un

ressort X agit sur le prolongement de la pièce DF qui oscille en sens contraire de son précédent mouvement; l'armature FE se relève et le poinçon E cesse d'appuyer sur la bande de papier. Comme on le voit, le ressort agit en sens inverse du courant; celui-ci attire le contact CF pour l'abaisser et relever le poinçon, le ressort relève le contact et abaisse le poinçon.

La bande du papier, animée d'un mouvement continu rigoureusement uniforme, reçoit l'empreinte du poinçon et, selon le temps que dure le contact de celui-ci, les caractères tracés sont différents. Si le courant de la pile est lancé, puis interrompu subitement, le poinçon s'abaisse et aussitôt se relève en laissant tracé sur la bande de papier un simple point; si, au contraire, le courant continue de passer pendant un certain intervalle de temps, une seconde par exemple, ce n'est plus un point, mais un trait que laisse la pointe E. C'est sur la combinaison des points et des traits de longueur variable qu'est basé l'alphabet conventionnel du système télégraphique de Morse.

Voici du reste cet alphabet.

. —	a	— . —	k	. . —	u	;- — — —	1
— . . .	b	. — . . .	l	. . . —	v	. . — — —	2
— . — .	c	— — —	m	— . . . —	x	. . . — —	3
— . . .	d	— .	n	— . — —	y	. . . . —	4
. . . .	e	— — —	o	— — . . .	z	. . . . .	5
. . . .	f	. — — .	p	. . . . .	é	— . . . .	6
— — .	g	— — . —	q	. — —	w	— — . . .	7
. . . .	h	. . .	r	— — — —	ch	— — — . .	8
. .	i	. . .	s			— — — — .	9
. — — —	j	—	t			— — — — —	0

Fig. 53. Alphabet Morse.

Dans les premiers appareils de ce système, les traits et les points se trouvaient formés par une pointe d'acier laissant pendant son passage, une trace en creux d'un côté du papier, en saillie de l'autre; une espèce de gaufrage qui, pour être suffisamment apparent, exigeait l'emploi d'un courant énergique. Tel qu'il a été modifié par un constructeur français, M. Digney, et tel qu'il fonctionne aujourd'hui, le récepteur de Morse trace les dépêches en

caractères bleus. Pour obtenir ce résultat, la jante d'une mollette ou rouleau V se charge d'encre grasse bleue, par son frottement contre une autre mollette R recouverte d'un morceau de drap imbibé de cette encre. Lorsque la

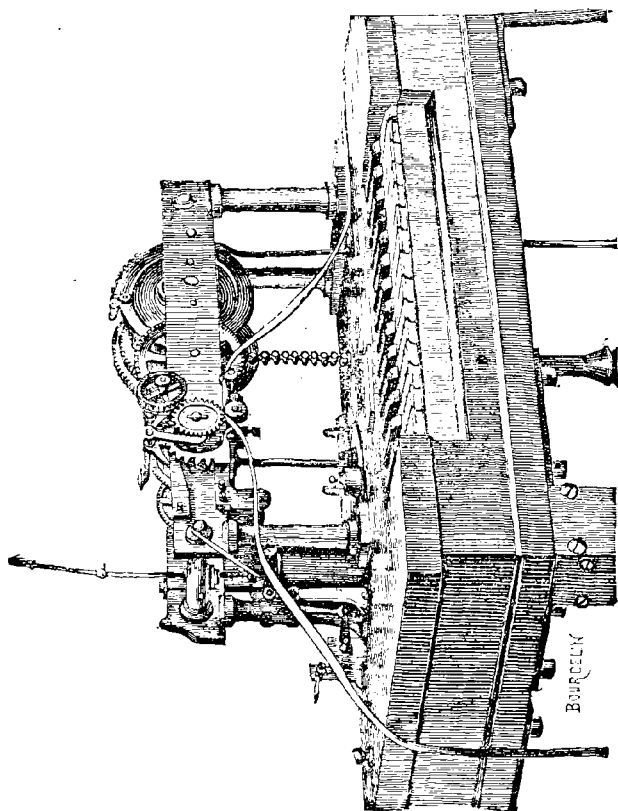


Fig. 54. Télégraphe imprimant de Hughes.

pointe du récepteur se relève, elle presse la bande de papier sur la mollette V, et suivant le temps pendant lequel a lieu le contact, un point ou un trait se trouve marqués.

Le télégraphe à cadran, est préféré avous-nous dit, par les administrations de chemins de fer à cause de la sim-

plicité de son maniement. Pour le service de l'État, le télégraphe de Morse est le plus fréquemment employé, mais on se sert également de mécanismes nouveaux dus à M. Hugues, à l'abbé Caselli et à M. Meyer.

Le télégraphe de M. Hugues, est extrêmement compliqué, mais il présente l'avantage d'écrire les dépêches en caractères ordinaires d'imprimerie, ce qui supprime le travail de traduction.

L'appareil manipulateur de ce télégraphe a la forme d'un clavier de piano: quand on abaisse l'une des touches, la lettre qui lui correspond dans le récepteur et qui est gravée en relief sur une roue, s'imprime à la surface d'une bande de papier animée, comme celle du télégraphe de Morse, d'un mouvement déroulant continu et uniforme. Il suffit lorsque la dépêche est transmise de couper la bande de papier sur laquelle elle est imprimée et de la mettre sous enveloppe à l'adresse du destinataire.

Le télégraphe de Caselli, d'un jeu mécanique tout différent de celui de Hugues, transmet les dépêches non plus seulement en caractères ordinaires d'impression, mais en écriture manuscrite reproduisant à l'arrivée un fac-simile de la dépêche écrite au départ.

Pour obtenir ce résultat, la dépêche est tracée à l'aide d'une encre grasse isolante sur une feuille de papier métallisé ou mieux sur une plaque très-mince d'argent et le fac-simile se reproduit sur un papier ordinaire imprégné d'une solution de sel chimique appelé cyano-ferrure de potassium, non pas en traits continus, mais par une série de petits traits excessivement rapprochés les uns des autres et d'une nuance bleu-foncé. Pour noircir les caractères, la dépêche est trempée pendant un instant dans un mélange très-faible d'acide nitrique et d'acide pyrogallique.

Telle est la perfection de reproduction de l'appareil Caselli qu'on peut, par son intermédiaire, transmettre à distance non-seulement une signature, mais de la musique, un plan, un dessin assez compliqué. C'est à cause de cette possibilité de reproduire à un bout de la ligne, le dessin tracé à l'autre, que le télégraphe dont nous parlons a reçu le nom de *pantélégraphe*.

Le télégraphe de Caselli est peut-être appelé à dispa-

raître devant un autre appareil donnant les mêmes résultats, c'est-à-dire reproduisant l'écriture manuscrite, mais

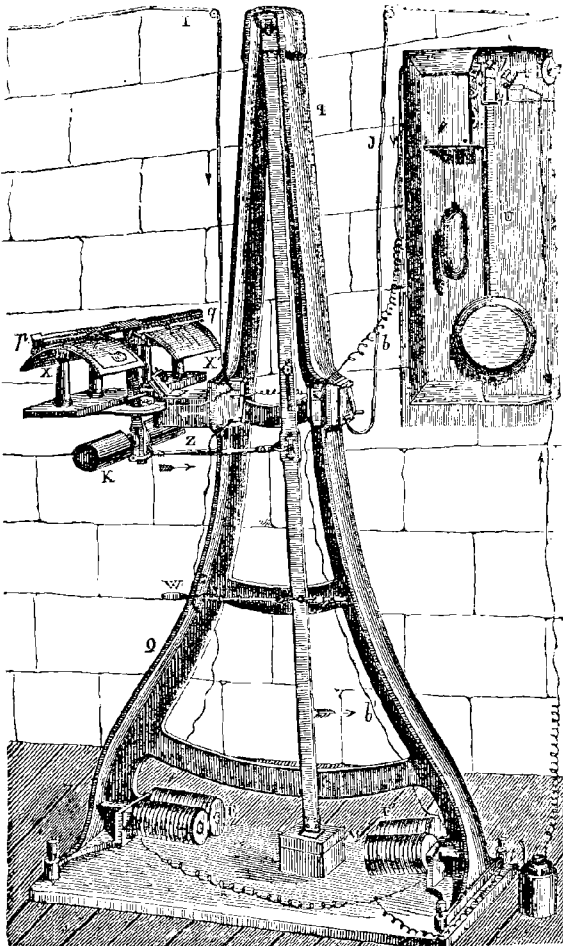


Fig. 55. Pantélographe Caselli.

d'une manière plus parfaite encore et par la mise en jeu d'un mécanisme plus simple, moins délicat et par consé-



quent moins sujet aux dérangements. Cet appareil est le *télégraphe Meyer*, ainsi appelé du nom de l'employé du service télégraphique français qui l'a inventé.

Un autre système de télégraphe imprimeur, construit par M. Loiseau fils, est dû à M. Rémond. Les dispositions et le fonctionnement du manipulateur O sont les mêmes que pour le manipulateur du télégraphe à cadran des chemins de fer.

Le récepteur est une roue A portant gravées sur sa tranche la série des lettres de l'alphabet, celle des chiffres arabes, et enfin la série des signes de ponctuation. Ces caractères sont encrés par leur pression contre la molette F préalablement imbibée d'encre grasse.



Fig. 56. Spécimen de dépêche obtenue par le pantélégraphe Caselli.

Lorsqu'il s'agit de transmettre une dépêche; le courant, envoyé du manipulateur dans le récepteur par le jeu de la manette O, vient animer l'électro-aimant du récepteur. Celui-ci attire son armature et il se produit un *tictac* résultant du choc de celle-ci contre les pôles de la double bobine. Le bruit cesse lorsque s'interrompt le passage du courant, c'est-à-dire quand la manette du manipulateur est arrêtée dans l'encoche correspondant à chacune des lettres. Au moment où cesse le bruit, le stationnaire appuie sur le levier M qui presse la bande de papier contre la roue A, et la lettre, qui se trouve occuper le point le plus bas de cette roue, s'imprime sur la bande de papier que le poids P fait avancer de l'espace nécessaire pour qu'il n'y

ait aucune confusion entre les lettres successivement imprimées.

Avant de commencer à faire fonctionner un appareil télégraphique, il faut envoyer le courant dans la ligne, être certain que l'intensité de ce courant est suffisante, qu'aucune perte ne se produit sur tout son parcours, et que l'employé de l'appareil récepteur se trouve à son poste pour recevoir la dépêche. Le commutateur met en relation

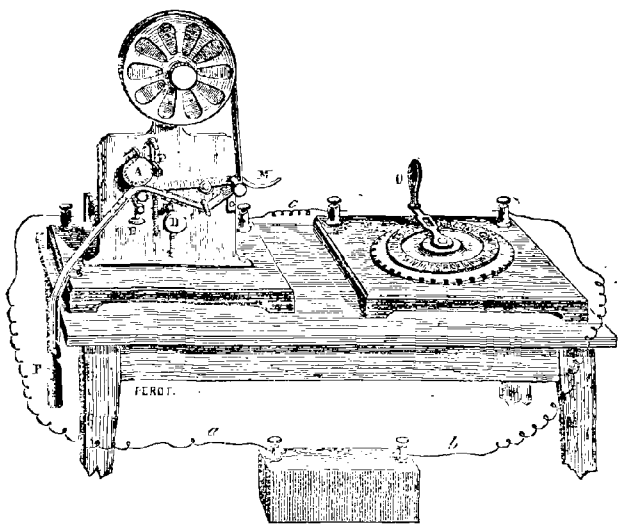


Fig. 57. Télégraphe imprimeur Rémond.

la source électrique avec le conducteur, le galvanomètre mesure la force du courant électrique, le relai donne le moyen de le renforcer en cas de besoin et l'appareil de sonnerie appelle l'attention de l'employé stationnaire.

Le commutateur que l'on peut voir à l'extrême droite de notre vue d'ensemble, fig. 62, est un petit appareil qui sert à établir la communication des divers mécanismes avec la pile, ou à diriger à volonté le courant qui provient

du bureau expéditeur au bureau récepteur sur les sonneries et les appareils télégraphiques.

Il consiste en une lame de cuivre terminée d'un côté par une poignée ou manette en ivoire, de l'autre, par une partie aplatie, une sorte de pied quadrangulaire. La borne de cuivre tourne horizontalement sur un pivot central mis en relation constante avec la ligne conductrice. Le tout est disposé sur un socle, à la surface duquel sont fixées des lames métalliques supportant des bornes auxquelles se rattachent les fils de la pile, du manipulateur, du récepteur et de la sonnerie.

S'il s'agit de recevoir une dépêche, le pied de la manette est amené sur la borne communiquant avec le fil du récepteur : dans ce cas, le fluide provenant de la station lointaine vient animer l'électro-aimant du récepteur en passant par la ligne, le pivot et le pied de la manette, enfin par la borne du socle.

Au lieu de recevoir une dépêche, doit-on au contraire en transmettre une, le pied s'appuie sur celles des bornes de cuivre servant de base à la borne à laquelle se rattachent l'électrode libre de la pile, l'autre électrode étant, comme nous l'avons déjà dit, en relation constante avec le sol. Le courant suit alors l'électrode libre, passe par la borne, le pied et le pivot de la manette, la ligne conductrice, pour aller à la station d'arrivée mettre en jeu la sonnerie, puis le récepteur.

Enfin, si le courant ne doit pas circuler sur le conducteur, l'extrémité de la manette est ramenée sur une borne d'ivoire : on dit alors que le *circuit est fermé*.

Le commutateur sert donc tantôt à ouvrir le circuit, ce qui a lieu dans le cas d'envoi d'une dépêche, tantôt à diriger le courant de la ligne sur la sonnerie pour prévenir le bureau expéditeur, puis sur le récepteur quand le signal est donné de la mise en jeu du manipulateur.

Le *galvanomètre* est une aiguille aimantée, suspendue par son centre à l'extrémité d'un fil fin ou posée en équilibre parfait sur un pivot pointu, à l'intérieur d'un cadre de carton mince constituant une espèce d'anneau qui l'entoure de tous côtés.

Sur ce cadre s'enroule un fil très-fin, très-long, recou-

vert de soie sur toute son étendue et dont les extrémités aboutissent à deux bornes auxquelles viennent également se rattacher les électrodes des piles dont on veut mesurer l'intensité électrique.

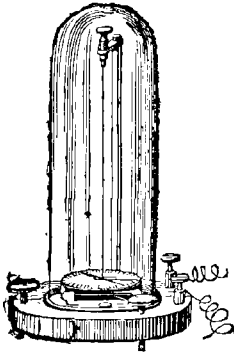


Fig. 58. Galvanomètre.

Nous avons vu qu'un courant qui circule sur un fil autour d'une aiguille aimantée tend à faire dévier celle-ci de sa position normale, et que cette déviation est d'autant plus prononcée que plus intense est le courant. Le grand nombre de tours qu'exécute le fil fin autour du cadre, augmente, multiplie l'action du courant sur l'aiguille d'où le nom de *multiplicateur* donné à l'ensemble du cadre de bois et du fil de cuivre.

Par conséquent pour se rendre compte de la force d'une pile en activité, il suffit de mettre ses électrodes en rapport avec les bornes du galvanomètre. Le fluide circulant dans le fil fin fait dévier l'aiguille, l'oblige à parcourir sur un cadran un certain nombre de divisions ou de degrés. Selon l'écart observé, et connaissant d'avance le point du cadran que doit atteindre l'aiguille pour que le courant suffise à la mise en jeu des appareils, on peut facilement se rendre compte s'il convient d'augmenter ou de diminuer le nombre des éléments.

Une foule de causes, telles que la pluie, le choc accidentel des fils par des branches d'arbres, peuvent affaiblir le courant pendant son trajet sur le conducteur ; cet affaiblissement est parfois assez marqué pour nuire au jeu du mécanisme récepteur, par suite de l'insuffisance d'aimantation des bobines.

On remédie à ce grave inconvénient en interposant sur certains points de la ligne télégraphique, des *relais*, appareils destinés à jouer sur le conducteur électrique, le rôle du cheval de renfort sur une route montueuse : en effet, le relai renforce le courant provenant du bureau expédi-

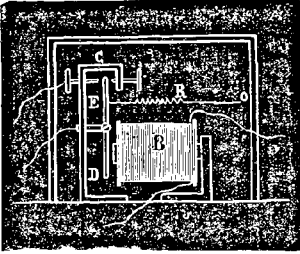


Fig. 59. Relais du télégraphe Morse.

teur par le courant d'une pile de station intermédiaire.

Ce renfort est déterminé par le jeu d'un électro-aimant B dont le fil communique avec celui de la ligne. Dès que le courant passe dans celle-ci, l'armature CD de l'électro-aimant, en relation constante avec l'un des pôles d'une pile

locale, est attirée ; son extrémité supérieure C vient toucher une pointe métallique reliée à l'autre pôle de la pile locale. Le courant de cette pile passe alors dans la ligne par la voie que lui ouvrent la pointe C, l'armature CD et enfin l'électro-aimant lui-même. Son action s'ajoute à celle du courant provenant du bureau expéditeur pour aimanter les bobines du bureau récepteur. Dès que le jeu du manipulateur détermine une interruption, un ressort antagoniste R ramène l'armature à sa position première, de telle sorte que la même interruption se reproduit sur la ligné conductrice et par suite dans l'appareil récepteur.

Bien des systèmes de sonnerie ont été inventés, mais le

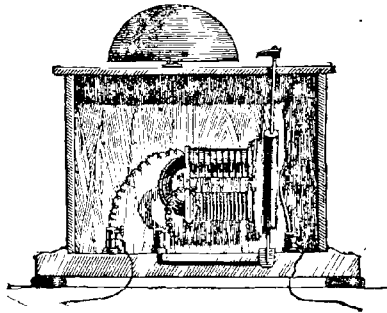


Fig. 60 Sonnerie électrique.

plus simple et le plus répandu est le système *trembleur* ou de Neef, du nom de son inventeur.

Dans une boîte est un électro-aimant dont l'armature se prolonge pour former le manche d'un petit marteau frappant sur un timbre.

L'armature, dont la position au repos est d'être appuyée sur une tige élastique, est en relation, d'une part avec la ligne et par suite la pile du barreau expéditeur, de l'autre, avec une lame de cuivre, faisant corps avec une borne, à laquelle se rattache une extrémité du fil de la bobine ; l'extrémité opposée est en relation avec le sol.

Lorsque l'employé du bureau expéditeur veut prévenir son collègue du bureau récepteur qu'il va lui envoyer une dépêche, il dirige le courant de la pile sur le conducteur. L'électricité arrive dans la sonnerie, passe par le fil conducteur, la tige, la lame, la borne pour arriver enfin dans le fil de l'électro-aimant. Celui-ci attire l'armature et le marteau frappe un coup sur le timbre. Mais alors la communication entre la pile et l'armature se trouve rompue, le courant ne passe plus, la bobine cesse d'être aimantée, l'armature revient à sa position de repos. De nouveau, le passage du courant s'opère, l'armature s'élance vers l'électro-aimant, le marteau frappe le timbre et retombe en arrière. Il se produit ainsi une série rapide d'attraction et de chutes, pendant laquelle le marteau animé, d'une espèce de tremblement, ne cesse de faire résonner le timbre.

Lorsque le temps est à l'orage, l'électricité voltaïque qui parcourt le fil conducteur semble s'assimiler une certaine quantité de fluide atmosphérique quelle entraîne avec elle dans le poste télégraphique, ou bien encore la foudre, en frappant la ligne, la suit comme une chaîne de paratonnerre. C'est alors que peuvent être fondus et volatilisés les fils de cuivre des électro-aimants, brisés les appareils, dispersés leurs débris, et même foudroyés les préposés à leur fonctionnement. Souvent aussi pendant les orages et sans qu'aucun accident en résulte, les sonneries tintent d'elles-mêmes, les appareils télégraphiques fonctionnent à l'aventure ; aussi pour se mettre à l'abri des accidents probables, cesse-t-on, en temps d'orage violent sur le parcours de la ligne, l'échange des dépêches, en rompant la communication des appareils avec les conducteurs alors *mis à terre*, c'est-à-dire en relation directe avec le sol

pour que l'électricité atmosphérique puisse s'y neutraliser.

Mais si la nécessité du service ne permet pas d'interrompre la transmission des dépêches, ou si l'orage n'est pas menaçant, on a recours à des appareils spéciaux appelés *parafoudres* qui, jusqu'à un certain point, préservent le poste des décharges fulgurantes.

Le parafoudre le plus communément employé est dû à M. Bréguet.

Sur une tablette de bois sont deux bornes et reliées ensemble par un fil très-fin, enfermé dans un tube de verre. A l'une des bornes se rattache le fil de la ligne, à l'autre celui qui se rend aux appareils. Si aucune influence orageuse ne se fait sentir, le fluide émané de la pile passe par la première borne, suit le fil fin et par ce fil se rend à l'ap-

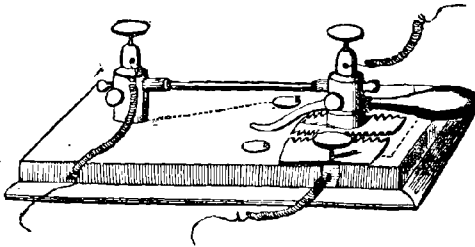


Fig. 61 Parafoudre.

pareil récepteur. La seconde borne est montée sur une plaque de cuivre dentelée, appelée *peigne* devant laquelle, et à une petite distance, en est une autre semblable mise en relation directe avec le sol au moyen d'un fil de cuivre. Si, en temps d'orage, l'électricité atmosphérique circule dans le fil, elle arrive aux plaques dentelées et s'écoule par les pointes des peignes. L'électricité dynamique ou voltaïque sur laquelle ces pointes sont sans action, suit le fil fin pour se rendre aux appareils. Dans le cas où l'accumulation de fluide atmosphérique deviendrait considérable et la voie d'écoulement des pointes insuffisante, elle suivrait aussi le fil fin, mais alors le briserait ou le fondrait si bien que par le fait de la foudre elle-même, les commu-

nications entre la ligne et le poste se trouveraient coupées et tout danger écarté.

L'orage étant passé, on remplace dans le tube de verre le fil fin brisé, la transmission des dépêches recommence.

Nous connaissons maintenant les divers appareils et mécanismes mis en jeu sur une ligne de télégraphie électrique, voyons quelle série d'opérations est nécessaire pour assurer la transmission et la réception des dépêches.

Nous supposons la dépêche partant de Paris à destination de Rouen.

Chaque bureau ou poste est muni d'une pile, d'un galvanomètre, d'un commutateur, d'un appareil manipulateur, d'un appareil récepteur et d'une sonnerie.

L'employé de Paris commence par vérifier la force du courant, en examinant son influence sur l'aiguille du galvanomètre, et, saisissant la poignée du commutateur, il lance le courant dans la ligne.

Ce courant arrive dans la sonnerie de Rouen, la fait tinter, puis un instant après l'employé de Paris interrompt la communication de la pile avec la ligne, pour laisser celle-ci à la disposition de son collègue de Rouen. A son tour, l'employé de Rouen met la pile de son bureau en relation avec le fil conducteur pour envoyer le courant dans la sonnerie qui ne vibre qu'un instant car immédiatement la communication entre la pile de Rouen et la ligne est rompue, le conducteur est remis à la disposition de Paris et en même temps en relation avec le récepteur de Rouen par l'intermédiaire du commutateur de ce poste.

Prévenu par la vibration de son timbre qu'à Rouen on est disposé à recevoir sa dépêche, le stationnaire de Paris, remet par l'intermédiaire du commutateur, la pile en relation avec la ligne, fait fonctionner le manipulateur dont les signaux reproduits par le récepteur de Rouen, se tracent sur la bande de papier déroulée.

La transmission terminée, Paris rompt le circuit de communication de la pile avec la ligne qu'il met en relation avec sa sonnerie, car, à l'état de repos, c'est toujours avec les sonneries qu'est relié le conducteur métallique.

Les opérations sont les mêmes si Rouen veut adresser une dépêche à Paris. Il envoie le courant qui fait vibrer



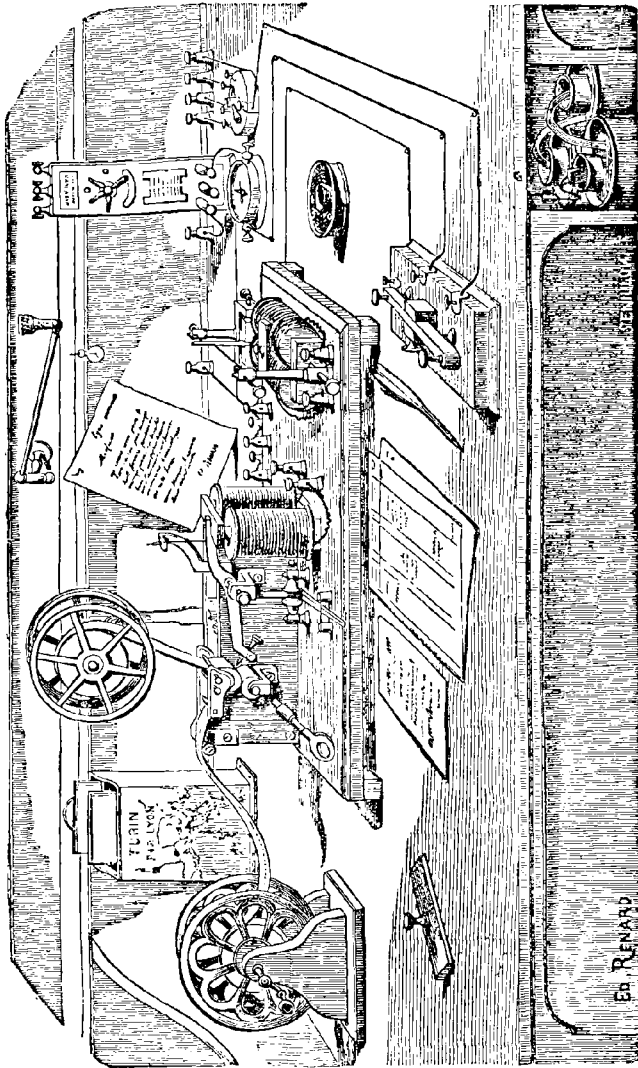


Fig. 63. Vue d'ensemble d'un poste télégraphique d'après le système Morse



la sonnerie, reçoit également un coup de timbre lui signifiant que tout est prêt, fait mouvoir son manipulateur et par celui-ci le récepteur de Paris, puis remet la ligne en relation avec le timbre.

De la sorte, chaque bureau devient à son gré expéditeur et récepteur, se trouve toujours prêt à fonctionner, constamment en situation de prévenir son correspondant lorsqu'il doit adresser une dépêche et de s'assurer, si le stationnaire chargé de la recevoir est présent à son poste.

## CHAPITRE XII

### TÉLÉGRAPHES SOUS-MARINS.

Premiers essais dans l'Hindoustan. — La gutta-percha. — Lignes de Calais à Douvres. — Câbles entre l'Europe et l'Amérique. — Plateau télégraphique. — Pose du premier, du second et du troisième câble. — Câble français. — Construction et pose des conducteurs sous-marins. — Galvanomètre de Thompson. — Le télégraphe de guerre. — Premiers essais pendant la campagne d'Italie, en 1859. — Le télégraphe en France. — La station centrale. — Les piles. Les salles des appareils. — Étendue et coût du réseau français. — Utilité et usages de la télégraphie.

Presqu'à l'origine de la télégraphie électrique, on pensa que l'eau, pas plus que l'air et la terre, ne s'opposerait à la transmission du fluide sur un fil convenablement isolé ; et dès l'année 1839 un officier anglais de l'armée des Indes, exécutait un premier essai, en immergeant dans la rivière l'Hoogly, un des affluents du Gange, un fil recouvert de caoutchouc ; il réussit ainsi à transmettre quelques signaux d'une rive à l'autre. Des expériences identiques faites dans le port de New-York, par Samuel Morse, présentèrent des résultats également favorables. Mais si les substances dont on se servit pour envelopper le conducteur n'étaient pas attaquées par l'eau douce des rivières, elles étaient bien vite altérées par l'eau de mer, aussi les premières lignes télégraphiques que l'on immergea dans les golfes et les détroits furent-elles promptement hors de service. La télégraphie sous-marine semblait condamnée à périr dès sa naissance, lorsqu'en 1849, on découvrit dans les îles de Bornéo, de Java, de Ceylan, un arbre sécrétant une gomme particulière que l'on a appelée *gutta-percha*. Analogue au caoutchouc, cette substance est à peu près inal-

térable par l'eau de mer, en outre elle est un des meilleurs corps isolants du fluide électrique.

Dès que l'on fut en possession de la précieuse substance, on reprit les tentatives de télégraphie à travers les mers. En 1849, un industriel, M. Jacob Brett, obtint des gouvernements français et anglais l'autorisation d'établir une ligne télégraphique entre Douvres et Calais. Le 25 août 1850, un fil conducteur revêtu d'une gaine de gutta-percha et enfermé dans une corde de chanvre reposait au fond du Pas-de-Calais. Les signaux passèrent d'abord librement, rapidement même, et on s'applaudissait même du succès de l'entreprise, lorsque quelques heures après le courant cessait de circuler ; le câble s'était rompu. Cet échec découragea les promoteurs de l'entreprise, mais une nouvelle compagnie se constitua, fabriqua un nouveau câble plus solide et après quelques accidents bien vite réparés, Douvres et Calais, la côte anglaise et la côte française, se trouvèrent reliés par un conducteur télégraphique. Un an après, les deux stations intermédiaires par lesquelles les dépêches de la ligne aérienne passaient sur la ligne sous-marine furent supprimées, Londres et Paris purent communiquer directement.

Le succès du télégraphe anglo-français encouragea d'autres entreprises, bientôt des télégraphes sous-marins relièrent l'Angleterre à ses satellites, l'Irlande et l'Écosse, puis la Belgique et la Hollande. Nous ne pouvons citer toutes les lignes établies, rappelons seulement que, durant la guerre d'Orient, un télégraphe sous-marin long de 845 kilomètres reliait la ville turque de Varna au camp des alliés devant Sébastopol. Posé le 15 avril 1855, ce câble fonctionna sans interruption jusqu'à la fin de la guerre.

Le succès rend hardi aussi bien qu'ambitieux. La réussite des câbles électriques européens fit entrevoir à un ingénieur anglais, M. Osborne, et à un très-riche capitaliste américain, M. Cyrus Field, la possibilité de tendre entre l'ancien monde et le nouveau, un conducteur immergé au sein de l'Océan. Avant tout, il s'agissait de connaître la nature du fond sur lequel reposerait le futur câble, et, en 1854, M. Maury, directeur de l'observatoire national des États-Unis, publia le compte-rendu des son-

dages exécutés par lui entre l'Irlande et Terre-Neuve, les points européens et américains les plus rapprochés l'un de l'autre. Il avait reconnu qu'à peu de distance de l'Irlande, on trouve le fond à environ mille mètres, puis à deux cents kilomètres plus loin, ce fond s'abaisse à trois mille mètres pour varier jusqu'à l'île de Terre-Neuve entre ce chiffre et quatre mille cent trente mètres. Bien que par ces variations de profondeur, ce fond ne présente rien de la régularité de ce que l'on appelle communément un plateau, l'espace sondé par le commandant Maury a reçu le nom de *plateau télégraphique* parce que nulle part sur son parcours les déclivités de terrains ne sont brusques, mais elles s'étendent en pentes douces, dépourvues de rochers et sont formées de sable fin auquel se mêlent des débris de coquillages.

Le trajet à suivre bien déterminé, les difficultés politiques et financières aplanies, on s'occupa de la confection d'un câble long de quatre mille kilomètres pesant 634 kilogrammes et coûtant 630 fr. par kilomètre. En 1858, ce câble divisé en deux portions fut embarqué, à bord du vaisseau de guerre anglais l'*Agamemnon* et de la frégate américaine le *Niagara*. En s'éloignant l'un de l'autre, les deux bâtiments déroulèrent le câble, mais trois fois une rupture les obligea à revenir sur leurs pas pour recommencer le déroulement, et ce ne fut qu'après un premier abandon suivi d'une tentative nouvelle que les deux mondes, l'ancien et le nouveau furent unis par un fil télégraphique. A Londres, comme à New-York, il y eut alors une explosion d'enthousiasme. Malheureusement la joie dura peu, quelques jours après son inauguration, le câble restait muet, il s'était rompu sur un point inconnu.

Ce coûteux échec découragea toute entreprise nouvelle durant près de sept ans. Ce n'est qu'au mois de juillet 1865 qu'un nouveau câble fut embarqué à bord du *Great Eastern*, superbe navire à vapeur, cinq fois plus vaste que les plus grands vaisseaux de guerre, et que l'on tenta de nouveau la pose d'un conducteur télégraphique entre Valentia, sur la côte d'Irlande et l'île de Terre-Neuve. Tout marchait à souhait quand une violente tempête vint assaillir le *Great-Eastern* et rompre le câble qui tomba au fond de

lamer. Les tentatives pour le repêcher n'ayant amené aucun résultat, force fut au bâtiment de revenir en Angleterre.

L'année suivante, nouvelle tentative avec un câble plus léger et en même temps plus solide. Cette fois le Great-Eastern, secondé par le beau temps, put accomplir sa mission sans le moindre accident et déposer au fond de l'Océan le câble qui depuis n'a cessé de fonctionner. En outre, le Great Eastern réussit cette fois à retrouver et à relever le conducteur abandonné l'année précédente ; l'opération de déroulement fut reprise et se termina par une réussite complète, si bien qu'aujourd'hui deux câbles électriques unissent l'Angleterre et l'Amérique. Tout récemment un câble semblable, également embar-

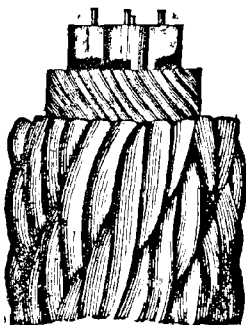


Fig. 63. Structure d'un câble sous-marin.

qué à bord du Great-Eastern, a été posé entre Brest et la côte américaine.

Les conducteurs sous-marins sont formés d'un fil central composé de plusieurs fils fins de cuivre tordus ensemble et constituant ce que l'on appelle un *toron*. Par cette disposition si l'un des fils vient à se rompre, le courant ne cesse pas de circuler et les communications courent moins de risque d'être interrompues. Ce toron central est d'abord revêtu d'une couche de *composition Chatterton*, mélange intime de gutta-percha, de goudron, de sciure de bois et de résine, dont la propriété est d'adhérer au fil de cuivre, ce qui n'a pas lieu avec la gutta-percha ou le caoutchouc

employés seuls. La première couche est suivie de plusieurs autres de la même nature qui alternent avec des couches de gutta-percha pure. Ce revêtement isolant est à peu près inaltérable à l'eau de mer, mais il manque de force et par conséquent se trouve exposé à tous les accidents qui peuvent résulter des chocs, du frottement de la tension ; pour le défendre contre ces causes de destruction, il est enveloppé dans une corde de chanvre fortement tordue et par dessus cette espèce de matelas s'enroule une garniture de fils d'acier destinée à donner à l'ensemble une résistance considérable.

Immergé en pleine mer à de très-grandes profondeurs, et reposant sur un fond sableux, à l'abri des violents mouvements qui agitent la surface des eaux, le câble sous-marin ne court aucun risque. Sur les côtes il en est autrement : les ancres des navires peuvent l'accrocher, l'endommager, le rompre, les pointes des rochers le coupent et l'usent comme on en a eu des exemples assez nombreux, surtout dans la Méditerranée. C'est pour cela que la portion qui se raccorde à la terre ferme, qui *atterrit*, pour nous servir de l'expression consacrée, est beaucoup plus forte, beaucoup mieux défendue, enfermée dans plusieurs doubles cordes de chanvre et de fils de fer, et même contenue dans des tuyaux de fonte ou de plomb qui se prolongent fort avant dans la mer. En outre des bouées et des corps flottants surmontés de petits drapeaux indiquent les points de passage de la ligne sous-marine.

Les appareils de pose des câbles sous-marins ont beaucoup varié. Pour les faibles parcours, on se contente d'enrouler le câble sur un énorme tambour disposé sur le pont ou dans la cale du bâtiment, il se dévide au fur et à mesure du mouvement de marche en avant. A bord du *Great Eastern*, les câbles, disposés dans trois vastes puits ménagés à l'intérieur du navire, se déroulaient, passaient sur une suite de tambours, de cylindres, de roues à gorge destinés à le guider, à modérer au besoin sa vitesse et pour l'empêcher de s'échauffer, ce qui aurait pu endommager la couche isolante, des ouvriers l'arrosaient constamment d'eau de mer.

Les câbles qui unissent l'Europe et l'Amérique ne



fonctionnent pas par les courants voltaïques comme les lignes aériennes, mais à cause de la plus grande rapidité de transmission de l'électricité d'induction, on se sert de la machine de Clarke dans laquelle le courant est produit par le rapide passage de bobines de fer devant des aimants

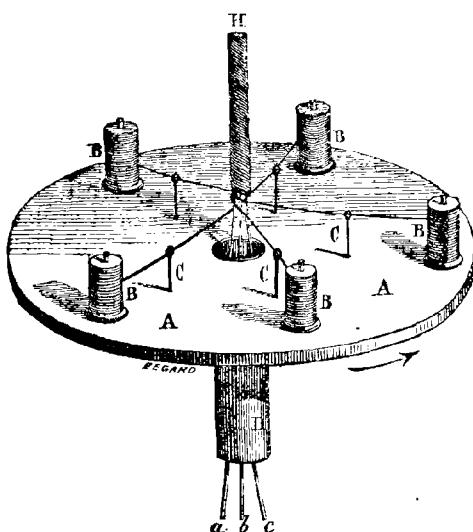


Fig. 64. Bobine servant à la construction des câbles sous-marins.

A, plateau qu'une machine à vapeur fait tourner sur lui-même et qui porte des bobines de bois.

B, B, B, B, sur lesquelles sont enroulés les fils d'acier destinés à former l'enveloppe extérieure.

Ces bobines tournent sur elles-mêmes par suite de la rotation du plateau, mais en sens inverse de celui-ci. Les fils d'acier se dévident pour aller s'enrouler sur les trois fils de cuivre *a b c*, recouverts d'enrouit isolant et d'une première enveloppe de chanvre.

H, est le câble achevé.

puissants. D'un autre côté, comme dans l'intérêt de la conservation du câble, il est de toute nécessité de n'employer que des courants très-faibles, l'appareil récepteur est un galvanomètre de Thompson. Cet instrument, aiguille aimantée très-légère et très-mobile sur un pivot, porte à l'une de ses extrémités un petit miroir argenté

dans lequel le rayon lumineux d'une lampe se trouve réfléchi et projeté sur un écran. A chaque oscillation à droite ou à gauche de l'aiguille, le rayon de lumière se déplace, oscille sur l'écran à gauche ou à droite de la verticale et ses mouvements sont d'autant plus amplifiés, agrandis, que l'écran est plus éloigné. Nous donnerons une idée de ce jeu de lumière en le comparant à celui que produit un rayon de soleil réfléchi dans une glace posée sur les crochets d'un commissionnaire. Les mouvements de la glace sont presque insensibles et cependant la clarté qu'elle projette sur les murs voltige à droite et à gauche en décrivant de très-grands cercles. La moindre oscillation qu'imprime le courant venu d'Amérique à l'aiguille du galvanomètre de Valentia ou de Brest projette sur l'écran son reflet lumineux parfaitement visible pour le stationnaire qui, placé dans une chambre obscure, l'observe attentivement.

Quant à l'alphabet, il est conventionnel comme celui du télégraphe de Morse et se trouve basé sur le nombre d'oscillations qu'exécute l'aiguille aimantée dans un sens ou dans l'autre, ainsi une oscillation à droite signifie par exemple, la lettre A, une à gauche la lettre B; deux à droite C, une à droite puis une à gauche D et ainsi de suite, pour le reste de l'alphabet comme pour les chiffres.

La transmission rapide et certaine de leurs ordres a toujours été l'une des principales préoccupations des commandants d'armée, aussi est-il tout naturel que dans les guerres contemporaines on ait songé à faire du télégraphe électrique le lien de communication des différents corps militaires, l'estafette invisible de la pensée directrice, en un mot l'aide de camp principal des généraux.

La première application du télégraphe électrique aux opérations militaires a été faite par les Français en 1859, pendant la rapide campagne d'Italie. Une escouade d'employés télégraphistes précédait l'armée, portant avec elle les instruments et tous leurs accessoires enfermés dans une boîte que l'on attachait sur le dos comme un havresac. Quant aux poteaux ils étaient transportés sur des charrettes requises pour la circonstance. Plus d'une fois les rapports des commandants de divisions ou de brigades

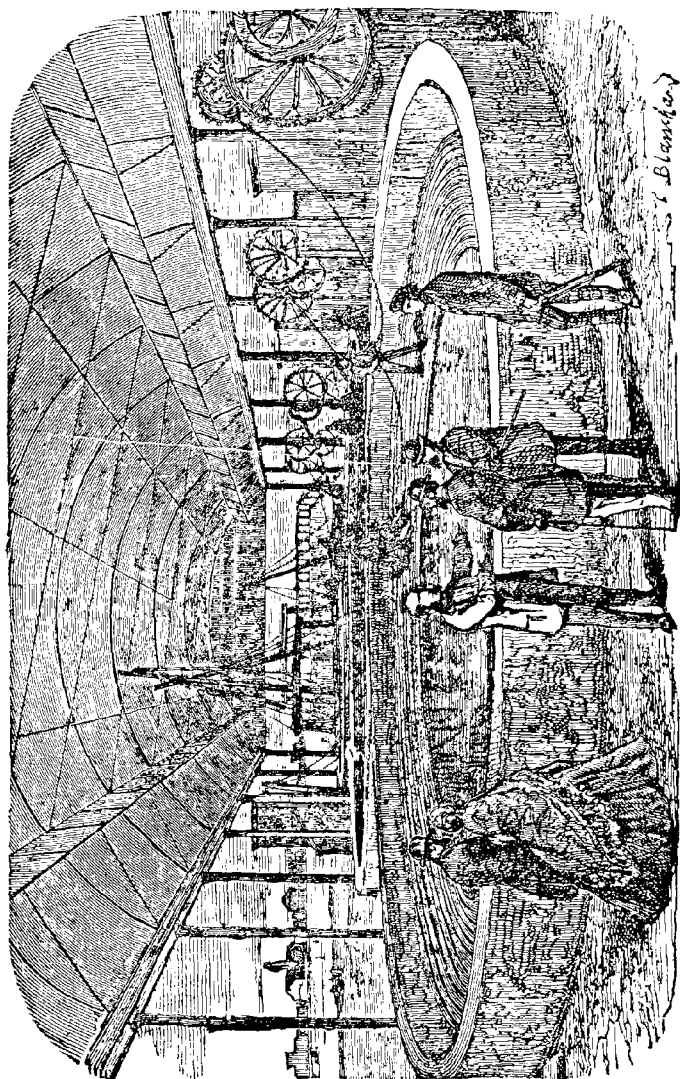


Fig. 6. Emmagasiner d'un cable sous marin en attendant l'immersion.



eurent à louer l'énergie et la vigueur de nos courriers télégraphistes qui, précédant l'avant-garde elle-même, n'attendent pas toujours pour s'installer dans une ville que l'ennemi en fut sorti.

Les Prussiens employèrent également le télégraphe électrique pour relier leurs différents corps d'armée pendant leur campagne de 1866 contre l'Autriche et la Confédération germanique.

Tout l'ensemble du système télégraphique prussien se trouvait porté par deux fourgons dont l'un contenait les batteries, les mécanismes manipulateurs et récepteurs et servait de cabinet au télégraphiste ; l'autre transportait les perches, les fils et les outils nécessaires. Le lieu de campement du quartier général étant connu, on faisait partir du dernier poste permanent un fil supporté par des poteaux et courant par la voie la plus courte jusqu'au futur bivouac du général, qu'accompagnait toujours le premier chariot. Dès son établissement, le camp se trouvait ainsi en communication directe avec Berlin d'une part et les diverses armées de l'autre.

En France, l'administration de la guerre a perfectionné et simplifié le système prussien. Les piles, les appareils sont contenus dans un fourgon fermé semblable à celui qui sert au transport des blessés ou des malades. Sur le devant est un coupé, servant de cabinet à l'opérateur et dans ce cabinet se rattache un fil porté par un cylindre et qui se déroule ou s'enroule suivant les mouvements de progression ou de recul du fourgon. Lorsque la ligne doit être à peu près permanente, qu'elle doit par exemple unir une place fortifiée à un point central d'opérations et ne pas se trouver trop exposée aux incursions de l'ennemi, les fils sont supportés par des poteaux que l'on plante au fur et à mesure de la marche en avant, mais lorsque ces conducteurs doivent seulement servir de traits d'union entre différents corps d'armée manœuvrant devant des adversaires, ils sont enveloppés de gutta-percha, revêtus d'une solide armure de chanvre et de fils d'acier comme les câbles sous marins, et s'enroulent sur le cylindre d'un petit chariot que deux hommes peuvent facilement entraîner. Le fil de ce chariot se rattache par une extrémité à

un bureau-fourgon du quartier général et par l'autre à un bureau semblable de corps d'armée, ou aux petits appareils télégraphiques que portent sur leur dos des soldats spéciaux attachés à chaque division, brigade ou régiment.

En Angleterre et en Amérique, les télégraphes électriques appartiennent à des particuliers et, dès l'origine, ils ont été mis à la disposition de toute personne, qui, moyennant paiement, désirent envoyer une dépêche. En France, l'État s'est réservé l'exploitation des lignes électriques, sauf cependant celle des chemins de fer et c'est seulement à partir du 1<sup>er</sup> mars 1851 que le télégraphe a été mis à la disposition du public. D'abord extrêmement restreint, le nombre des bureaux s'accroît tous les jours, et cependant il est encore bien insuffisant pour satisfaire à tous les besoins.

La station centrale, le point de départ, le cœur du réseau télégraphique français, est établie rue de Grenelle dans les anciens bâtiments du Ministère de l'Intérieur.

Au rez-de-chaussée, sont les piles disposées sur de grandes tables à double étage et sur plusieurs rangées de tablettes soutenues le long des murs par des potences de fer. Le nombre des éléments en activité n'est jamais moindre de quatre mille à quatre mille cinq cents.

Au dessus des tables et à portée des tablettes se trouve une tringle communiquant avec le sol et à laquelle se raccorde le fil d'un des pôles de chaque pile.

Les autres fils se rendent dans une chambre spéciale, où, tendus verticalement le long des murs, ils portent chacun une petite plaque d'ivoire indiquant le lieu de destination du courant. Ils montent ensuite au premier étage dans les salles des instruments, serpentent sous le parquet pour venir aboutir à l'appareil qu'ils doivent mettre en jeu.

Dans l'une des salles sont disposés sur une table à la suite les uns des autres les appareils destinés à la correspondance intérieure de Paris ; dans les suivantes, ceux des lignes de province ; puis viennent enfin les instruments attachés aux lignes étrangères. Devant chacun des appareils est assis un employé qui tantôt reçoit, tantôt expédie les dépêches. Cette profession d'employé de télé-

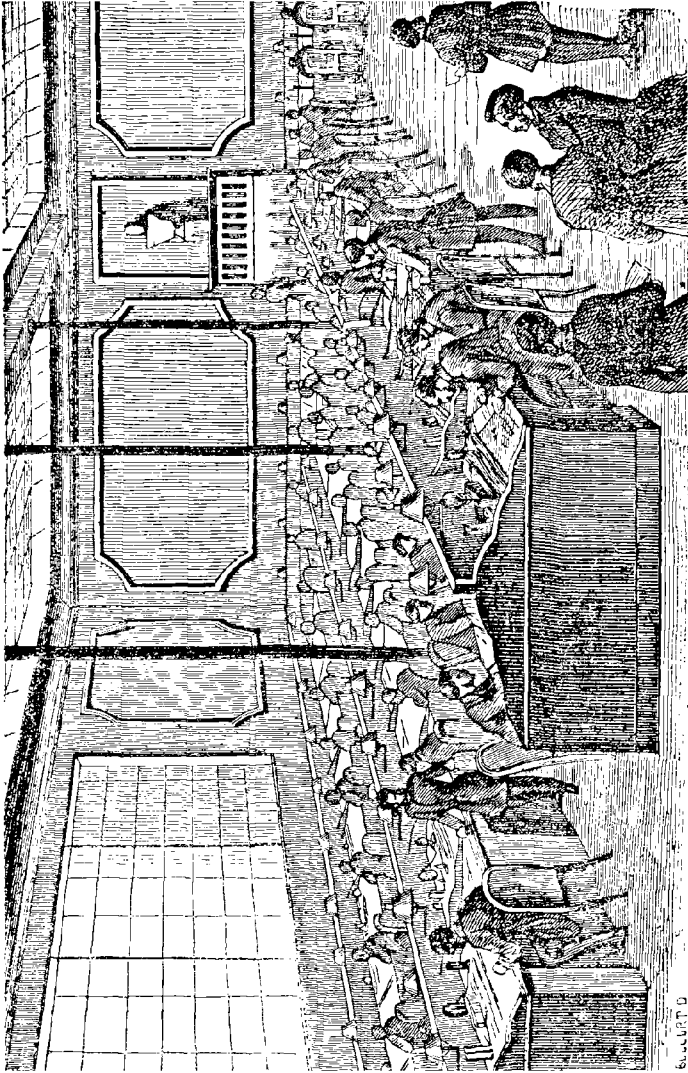


Fig. 66. Bureau central des lignes télégraphiques à Paris.





graphe n'est pas difficile, n'exige pas un extrême développement intellectuel, mais elle est assez pénible et demande une attention constamment soutenue.

Environ cent trente lignes conductrices font correspondre la station centrale avec les provinces et les divers quartiers de Paris. Quant aux pays étrangers, ils se relient à la Capitale française au moyen de soixante-douze fils.

Depuis 1851, le nombre des dépêches télégraphiques expédiées n'a pas cessé de suivre une proportion croissante extrêmement rapide, puisque de 9,014 en 1851, ce nombre passait à 48,000 en 1852, à 36,000 en 1856 et enfin à 3,213,995 en 1867. Fixé d'abord à un chiffre proportionnel à la distance à parcourir, le prix des dépêches a été abaissé à deux francs pour les dépêches échangées entre deux départements, à cinquante centimes pour celles expédiées d'un quartier de Paris à l'autre ; au moment où nous écrivons ces lignes le prix des dépêches vient encore d'être diminué. Malgré cet abaissement de tarif, la recette qui en 1851 avait été d'un peu moins de cent mille francs, s'est élevée en 1867, à près de neuf millions et demi. Quant aux dépenses de premier établissement des lignes télégraphiques françaises, elles ont absorbé plus de vingt-cinq millions de francs pour un réseau de 37,151 kilomètres établissant une correspondance permanente entre 1486 stations.

Nous n'avons sans doute pas besoin d'insister longuement pour faire comprendre l'utilité incontestable de la télégraphie électrique, sa supériorité sur tous les anciens moyens de signaux et de transmission de dépêches.

Sans le télégraphe électrique, qui a paru presque en même temps que les chemins de fer, le mouvement févreux de ces lignes, surtout aux abords des grandes villes, serait absolument impossible. Lui seul permet en effet d'expédier sans crainte ces longs convois se suivant à quelques kilomètres de distance, de les lancer à toute vitesse, de se rendre compte de leur marche, de connaître les incidents qui peuvent entraver la circulation, d'indiquer sur quel point de la voie ferrée doivent être expédiés les ouvriers, les machines de renfort, les secours de toute nature.

Dans les bâtiments de la bibliothèque de Berlin, un télégraphe électrique met en rapports constants les logements des conservateurs et des employés avec des postes de pompiers, si bien qu'en cas d'incendie tout le monde peut se trouver instantanément sur pied.

Dans l'ordre judiciaire, le télégraphe a bien souvent mis la justice en mesure de devancer le criminel et plus d'une fois l'assassin ou le voleur, monté en wagon dans l'espérance de fuir en pays étranger, s'est vu accueilli et reçu à la frontière par la figure, jamais aimable dans ce cas, des agents de police.

Un autre genre de service rendu par le télégraphe électrique et que l'on n'aurait guère pu demander aux systèmes anciens, c'est la connaissance du temps qu'il fait dans des localités éloignées, connaissance permettant de prévoir les phénomènes atmosphériques dont la marche est régulière, notamment celle des tempêtes. Les ouragans parcourent l'atmosphère à raison de vingt ou vingt-cinq lieues à l'heure, il est donc facile d'annoncer par le télégraphe leur arrivée sur certains points, de constater la ligne qu'ils suivent, de calculer le temps qu'ils mettront à franchir des espaces connus et de prendre en temps utile les précautions nécessaires pour prévenir les désastres. C'est ainsi que la terrible tempête qui, en novembre 1854, éclata sur la mer Noire, pendant la guerre de Crimée et causa la perte d'un grand nombre de navires, entr'autres du vaisseau de ligne le *Henri IV*, fut annoncé une journée à peu près avant son arrivée sur les côtes de Provence. Quand les *tornades* parcourent le golfe du Mexique, les navires de New-York, en partance pour cette destination, sont prévenus vingt-quatre heures à l'avance par la voie des télégraphes électriques.

Le télégraphe permet également d'annoncer les crues d'un fleuve sur les différents points qu'il traverse. En 1867, l'administration prévenue des crues subites de l'Allier et de la Loire put faire consolider à temps les levées ou digues de Tours, de Blois, d'Angers particulièrement menacées.

Dans plusieurs circonstances, le télégraphe a servi d'intermédiaire pour l'envoi de consultations médicales ;

quelques excentriques américains s'en sont servis pour jouer une partie d'échecs dont les joueurs occupaient chacun une ville différente ; sur certains chemins de fer français, les voyageurs reçoivent par le télégraphe la carte des buffets et peuvent d'avance, par la même voie, arrêter le menu de leur dîner. La télégraphie électrique est si complètement entrée dans nos habitudes qu'il est difficile de faire comprendre à nos jeunes contemporains comment leurs pères et leurs grands pères ont pu s'en passer.

La pêche du hareng est l'une des principales industries de la Norvège ; une grande partie de la population compte sur les ressources qu'elle procure pour subsister durant la mauvaise saison. Tous les ans, à peu près à la même époque, ces poissons pénètrent en troupes immenses dans les bords ou baies de la Norvège, mais tantôt dans l'une, tantôt dans l'autre et dès qu'ils ont déposé leurs œufs et leur frai, ils regagnent la pleine mer. Souvent il arrive que les harengs se rassemblent là où nul pêcheur les attendait et font absolument défaut dans les localités où avaient été réunies les flottilles de pêche. Pour ne pas laisser la fortune, l'existence des riverains à la merci des caprices du hareng, le gouvernement norvégien a établi le long de la côte, sur une étendue de deux cents kilomètres, un télégraphe se reliant par des lignes secondaires aux divers ports et villages du littoral. Dès que les bancs de poissons paraissent au large, ce que dénonce l'agitation de la mer, le télégraphe prévient les populations et les pêcheurs mettent à la voile pour la localité indiquée comme lieux de refuge des harengs.

En France, une ligne télégraphique établie dans un intérêt militaire et maritime relie ensemble tous les points du littoral océanique et méditerranéen ; en temps de guerre, ce télégraphe doit signaler l'apparition de bâtiments suspects, indique sur quelles parties du rivage il convient de diriger les secours afin de s'opposer à un débarquement. En temps de paix, cette ligne est en relation avec les postes *électro-sémaphoriques* comportant un télégraphe électrique à cadran semblable à celui des chemins de fer et un *sémaphore*, appareil analogue à l'ancien télégraphe aérien et composé d'un mât vertical sur le-

quel trois branches peuvent prendre six positions différentes et former un grand nombre de signaux à chacun desquels est attachée une signification spéciale. Ce sémaphore correspond avec les bâtiments en pleine mer et ses signes traduits et transmis par le télégraphe permettent de faire connaître aux intéressés le nom du navire en vue et les nouvelles qu'il apporte. C'est ainsi qu'au Havre on signale plus de vingt-quatre heures à l'avance l'arrivée des grands paquebots transatlantiques revenant d'Amérique. Le sémaphore transmet également aux bâtiments sur rade les indications météorologiques qui peuvent leur être utiles.

Comme exemple de la vitesse de transmission des dépêches télégraphiques, des télégrammes, selon le mot qui commence à s'introduire dans la langue française, nous dirons qu'en 1801, la Bourse de Londres ne connut la mort de l'Empereur de Russie, Paul 1<sup>er</sup>, que vingt et un jours après l'événement, tandis que l'annonce de la fin de l'Empereur Nicolas en 1855, lui parvint en quatre heures.

Avant l'établissement du câble sous-marin, le discours prononcé par la Reine d'Angleterre à l'ouverture du Parlement et le message annuel du Président des États-Unis ne parvenaient en Amérique ou en Europe qu'une dizaine de jours après avoir été prononcés, aujourd'hui quelques heures suffisent pour leur transmission.

Il en est de même pour le discours de l'Empereur des Français, connu dans toutes les villes principales de provinces, trois ou quatre heures au plus après l'ouverture du Corps législatif.

Tandis qu'en 1830, il fallut huit jours aux Parisiens pour connaître la prise d'Alger, en 1855, ils apprirent la chute de Sébastopol, treize-heures après le triomphe.

Enfin, avant 1865, les Anglais se trouvaient heureux d'avoir des nouvelles des Indes en vingt-cinq jours seulement au lieu de cinq mois qu'il fallait au commencement du siècle. Aujourd'hui grâce au télégraphe indien, terrestre et sous-marin, ils en ont toutes les dix heures.

## CHAPITRE XIII

### LA MÉCANIQUE ÉLECTRIQUE OU L'ÉLECTRICITÉ MÉCANICIENNE

**Moteurs électriques.** — Moteur de M. Froment. Vices de ces engins. — Le tambour électrique. — Les orgues électriques. — Le frein Achard. — Pendules électriques. — Transmission de l'heure d'une seule horloge à plusieurs cadrans. — Horloge de M. Froment animée par l'électricité seule. — Sonneries électriques. — Tableau indicateur. — Sonneries d'alarmes pour les bâtiments. — Thermomètre moniteur des incendies. — Sonneries pour chapelles funéraires.

Nous avons vu que si le courant d'une forte pile parcourant le fil de cuivre enroulé autour d'un barreau de fer de grande dimension, il aimante ce barreau et l'action magnétique devient assez intense pour soulever et retenir un poids considérable ; elle dure tout le temps que circule le courant, s'éteint dès que cesse son passage. C'est de ce fait d'aimantation subite et de subit retour à l'inertie qu'on a essayé de tirer partie pour la construction de machines motrices destinées à donner le mouvement à des métiers, à des scies, à des pompes, à des roues de bateaux.

En principe dans toutes les machines de ce genre un ou plusieurs électro-aimants très-puissants attirent une armature de fer, et lorsque celle-ci arrive à une très-petite distance des bobines, le passage du courant est interrompu pour être dirigé sur une autre série de bobines qui, à leur tour, attirent l'armature de fer. Il se produit ainsi soit un mouvement circulaire analogue à celui d'un moulin à eau, soit un mouvement de va et vient semblable à la course du piston d'une machine à vapeur.

L'exigüité de notre cadre ne nous permet pas de décrire

la multitude de combinaisons mécaniques auxquelles on a eu recours pour mettre à profit la force attractive des électro-aimants

On crut un instant à la possibilité de remplacer la force de la vapeur par le travail de l'électricité, ainsi, en 1834, M. Jacobi de St-Petersbourg, employait un moteur électrique à faire mouvoir les roues à palettes d'une chaloupe naviguant sur la Néva et portant douze personnes; en Amérique, on fit grand bruit vers 1854, d'une machine mise en marche par l'électricité et devant, au dire de M. Page, son inventeur, faire mouvoir des presses d'imprimerie; au Conservatoire des arts et métiers de Paris, est déposé un moteur électrique que son constructeur destinait aux petits ateliers.

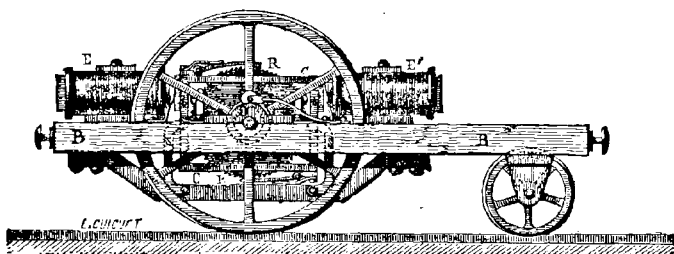


Fig. 67. Chariot électrique de Galle.

L'appareil que représente la gravure est un petit chariot mis en mouvement par la force attractive de deux électro-aimants. Les deux armatures montées à demeure sur un cadre *Cc*, articulé pour se mouvoir de droite à gauche et réciproquement, sont successivement attirées par les doubles bobines *EE'* qui leur font face. Le mouvement de va et vient du cadre se transforme en mouvement circulaire et continu par l'intermédiaire de deux cliquets *R* et *R'* qui s'engrènent l'un au-dessus, l'autre au-dessous d'une roue à rochet. Cette dernière fait corps avec l'arbre moteur aux extrémités duquel sont montées les grandes roues motrices. Les cliquets *R* et *R'* sont disposés de telle sorte que l'un et l'autre font tourner la roue à rochet dans le même sens.

Le courant provenant de la pile est renvoyé alternativement d'une paire de bobines dans l'autre par le jeu d'un commutateur que la machine fait mouvoir elle-même.

Ce petit appareil, extrêmement ingénieux, n'est pas présenté par son constructeur, M. Gaiffe, comme une solution du problème de l'application de l'agent électrique à la mise en mouvement des moteurs mécaniques, c'est un appareil de démonstration destiné aux cabinets de physique.

Aucune tentative d'application de l'électricité comme force motrice n'a donné de résultats satisfaisants et la cause principale de l'échec des divers inventeurs est le peu de force obtenu eu égard à la dépense effectuée. L'électricité telle que nous la produisons aujourd'hui dans nos piles, est trop coûteuse pour que l'on puisse lui confier, comme à la vapeur, le soin d'animer les machines de nos ateliers. En effet, pendant l'Exposition universelle de 1867, on a constaté que si une machine à vapeur de la force d'un cheval exige une dépense de charbon variant entre un et deux francs pour dix heures de travail, la pile faisant mouvoir, pendant le même temps, un moteur électrique d'égale force, consomme en zinc et en acide une valeur de trente ou quarante francs pour le moins. Jusqu'à présent on ne peut donc guère songer à employer industriellement la force attractive des électro-aimants si ce n'est pour la mise en jeu de petits mécanismes tels que jouets d'enfants, machines à coudre, dévidoirs, etc.

Dans les ateliers d'instruments de précision de M. Froment, un moteur électrique fait fonctionner des machines à tracer des divisions sur des règles, des cadrans, des cercles. Ce moteur donne une idée de ce que l'on pourrait obtenir de la docilité de l'agent électrique s'il était possible de le produire à bas prix.

L'appareil est disposé de telle sorte qu'il n'est nul besoin du secours de l'ouvrier pour le mettre en marche, le surveiller ou l'arrêter. D'elle-même, l'électricité l'anime lorsqu'en marquant l'heure fixée pour le commencement du travail, l'aiguille d'une pendule décroche un petit levier. Le moteur accomplit silencieusement sa tâche, puis celle-ci terminée, le dérangement d'un autre levier fait cesser le mouvement et tout rentre dans le repos.

Le fameux tambour, qui émerveille les amateurs de physique amusante, est une espèce de moteur électrique. Ce tambour est suspendu au plafond de la salle par plusieurs ficelles minces sur deux desquelles s'enroulent des fils d'archal communiquant avec un électro-aimant renfermé entre les deux peaux d'âne. L'un de ces fils est en relation constante avec l'un des électrodes d'une pile, l'autre ne s'y rattaché que si une personne, invisible au spectateur, fait mouvoir un commutateur analogue à celui des télégraphes.

Lorsque cette personne envoie le courant dans l'électro-aimant, le contact est attiré et les baguettes qui le prolongent viennent frapper la peau du tambour ; aussitôt que le courant cesse de circuler, un ressort antagoniste ramène en arrière le contact et par suite les baguettes. Avec un peu d'habitude, il devient facile de faire mouvoir le commutateur de telle sorte que le jeu des baguettes soit tantôt lent et cadencé, tantôt extrêmement rapide et produise les différentes batteries du tambour, la charge, le rappel, les roulements, etc.

Dans les orgues d'église, l'abaissement des touches d'ivoire et d'ébène du clavier a pour but d'ouvrir des soupapes qui permettent à l'air comprimé dans des caisses à soufflets de pénétrer à l'intérieur des divers tuyaux pour les faire vibrer et produire des sons. Le mécanisme de transmission du mouvement des touches du clavier aux soupapes est très-compiqué, très-délicat et par suite sujet à des dérangements fréquents. Pour remédier à ces inconvénients, on a eu recours à l'électricité vivifiant des électro-aimants qui ouvrent ou ferment des soupapes, système nouveau, dû à M. Peschard, de Caen, et qui a été employé pour la première fois en grand, dans les belles orgues de l'Église Saint-Augustin, à Paris. Au lieu d'agir sur des leviers, les touches de cet orgue établissent, lorsqu'on les abaisse, la communication entre une pile et des électro-aimants; l'armature de ceux-ci est attirée, agit sur le levier de la soupape pour l'ouvrir et laisser pénétrer l'air dans le tuyau; cette soupape se referme dès que la touche n'étant plus pressée se relève et que par conséquent le circuit voltaïque est rompu.



On a tiré parti de la force attractive des électro-aimants pour mettre en jeu les freins de chemins de fer, appareils destinés, non à arrêter subitement les convois lancés à toute vitesse, mais à amortir cette vitesse, par une vigoureuse pression exercée contre les roues afin de les empêcher de tourner. Dans les systèmes ordinaires, on fait jouer les freins au moyen de vis, de roues à engrenages exigeant de la part du garde-frein une grande dépense de force musculaire. Un ingénieur, M. Achard, a imaginé un système dans lequel ce sont des électro-aimants parcourus par le courant d'une pile qui déterminent la mise en action des freins et ceux-ci sont mis à la disposition du mécanicien debout sur la plate-forme de la locomotive. Au lieu de barre de fer, de levier qu'il faut tourner avec effort et qui nécessitent la présence sur un train de plusieurs garde-freins, le mécanicien n'a qu'à appuyer sur un bouton pour que les électro-aimants agissent et enrayent les roues. La rapidité de jeu de ce mécanisme permet d'amortir la vitesse des wagons pour les arrêter alors qu'on n'est plus qu'à deux cents mètres du point d'arrivée.

Quelle parfaite que soit la fabrication des horloges, il est à peu près impossible d'obtenir une absolue régularité de marche, toujours quelque défaut inconnu, quelque circonstance ignorée retarde ou accélère les mouvements des différents organes.

Pour obtenir l'uniformité dans les indications horaires d'une ville ou d'un grand établissement, il faudrait pouvoir soumettre toutes les horloges à un mécanisme unique. Ce problème, en apparence insoluble, absurde même au premier abord, l'électricité s'est chargée de le résoudre de deux manières différentes.

Ou elle transmet à plusieurs cadrans l'heure d'une horloge régulatrice, ou bien, supprimant les ressorts et les poids, elle fait mouvoir directement le balancier et par suite les aiguilles.

Dans le premier cas, l'horloge régulatrice est en rapport, d'une part, avec une pile, de l'autre avec un fil conducteur qui se rattache aux divers cadrans. A chacune de ses oscillations, le balancier de l'horloge fait mouvoir un petit mécanisme qui ouvre ou ferme le circuit au fluide voltaïque.

Lancé sur la ligne, le courant suit le fil conducteur pour aller aimanter les bobines des cadrans éloignés, et, dans leurs mouvements alternatifs de va et vient, les contacts de ceux-ci agissent sur un mécanisme destiné à faire avancer les aiguilles. Comme la transmission de l'agent électrique est instantanée, le même mouvement d'aiguilles a lieu au

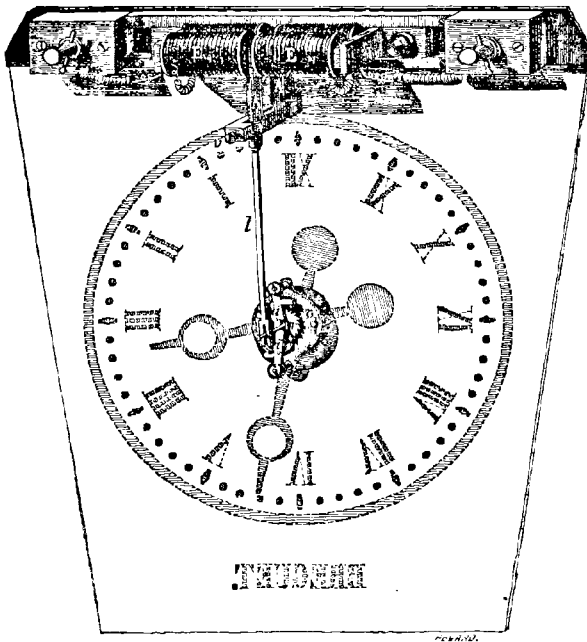


Fig. 68. Horloge électrique de Bréguet

même instant sur tous les cadrans commandé par l'horloge régulatrice : quels que soient leur éloignement et leur nombre, l'heure marquée par tous est absolument la même.

La transmission de l'heure d'une horloge unique à plusieurs cadrans est surtout utile aux chemins de fer. Sur les diverses lignes françaises, l'horloge centrale de la gare de Paris, réglée sur celle de l'Observatoire, envoie l'heure

à tous les cadrans des gares principales et intermédiaires. A Gand, des cadrans indicateurs recevant une impulsion unique, ont été disposés sur l'une des faces des lanternes à gaz. A Lyon et à Marseille, des horloges semblables ont fonctionné et fonctionnent encore en partie. A Beauvais, dans le séminaire, trente-deux cadrans, répartis dans les divers bâtiments, marchent ainsi à l'unisson ; en outre, le matin à cinq heures moins quatre ou cinq minutes, l'électricité se charge de réveiller toute la communauté par la mise en branle d'un bruyant carillon. A Paris, en dehors des gares de chemin de fer, les horloges électriques ne sont en usage qu'au bureau central de télégraphie, où, depuis 1859, fonctionnent dix cadrans électriques construits par M. Bréguet.

Dans les pendules ordinaires, la marche des aiguilles est réglée par les oscillations du balancier, qu'entretient l'action de poids ou de ressorts restituant incessamment au balancier la force perdue par la résistance que l'air oppose à sa course et par le flottement des divers rouages.

Dans les horloges purement électriques, l'action des poids et des ressorts est remplacée par celle du fluide voltaïque.

Plusieurs systèmes d'horloges de ce genre ont figuré dans les expositions, une entr'autres imaginée par le célèbre Robert Houdin, mais la plus ingénieuse de toutes celles existant actuellement est sans contredit la pendule électrique de M. Froment ; elle n'a jamais besoin d'être remontée, fonctionne sans interruption, comme sans variation tout le temps que la pile est en activité. En entretenant ou renouvelant celle-ci lorsqu'elle commence à s'épuiser, le balancier peut osciller pendant des années et même des siècles. Au Palais du Champ de Mars, en 1867, était exposée une horloge qui marche depuis vingt ans sans avoir jamais subi le moindre temps d'arrêt.

L'établissement de sonnettes d'appel dans un appartement est souvent assez difficile : il faut percer les murs, faire usage de mécanismes apparents qui nuisent à l'effet décoratif ; les fils s'allongent l'été, se raccourcissent l'hiver, se rouillent pendant les temps humides et finissent toujours par se briser. Avec les timbres que fait vibrer le courant

voltaïque, ces inconvénients disparaissent, les fils conducteurs passent d'un étage à l'autre, circulent dans une longue série de chambres, sans qu'il soit nécessaire de percer les murailles autrement que d'un trou imperceptible.

L'appareil de sonnerie généralement employé n'est autre que le système à trembleur de Neef, en usage dans les postes télégraphiques et que l'on fait tinter en appuyant sur un bouton d'appel. Ce bouton établit la communication entre l'un des électrodes de la pile et l'une des extrémités du fil qui recouvre la bobine du trembleur : l'autre extrémité est en relation constante avec la source électrique.

Dans les hôtels meublés, les sonneries électriques se distinguent les unes des autres au moyen d'un tableau indicateur qui fait connaître de quel étage et de quelle chambre provient l'appel.

Ce tableau est une boîte percée sur l'un de ses côtés d'un nombre d'ouvertures oblongues et verticales égal à celui des chambres et portant les mêmes numéros. Chaque fois que la sonnerie est mise en jeu, une plaque de métal sort d'une ouverture et indique ainsi d'où et de qui provient l'appel.

Une seule pile et un seul timbre suffisent pour l'entretien d'une sonnerie quelles que soient les ramifications du conducteur ; seulement chaque bouton et chaque plaque indicatrice a ses fils particuliers en relation, d'une part, avec les électrodes de la pile, de l'autre, avec le trembleur.

La figure suivante donne une idée de la marche du courant dans une sonnerie électrique.

Le voyageur de la chambre n° 4, par exemple, veut appeler le domestique de l'hôtel. Il presse le bouton placé à portée de sa main; le courant part de la pile P, suit le fil, passe par le bouton du n° 4, pour venir selon la direction indiquée par la flèche décrocher dans le tableau indicateur, la plaque portant le numéro 4 de l'appareil de signal et de celui-ci continue son chemin pour arriver au timbre, qu'il fait vibrer. Il rentre enfin dans la pile par le fil de retour.

Une application curieuse des sonneries électriques a été

faite par M. Sortais, de Lisieux ; elle a pour but de dénoncer l'envahissement par l'eau de mer de la cale ou fond des navires. S'il se forme une voie d'eau, le liquide, pressant sur une membrane élastique, détermine le contact de deux pièces métalliques qui font communiquer une pile avec des appareils de sonnerie installés dans les cabines du commandant, du second, du timonnier et par ses vibrations incessantes les prévient du péril qui les menace.

Les incendies seraient beaucoup plus rares et les pertes qu'ils causent chaque année se réduiraient dans une no-

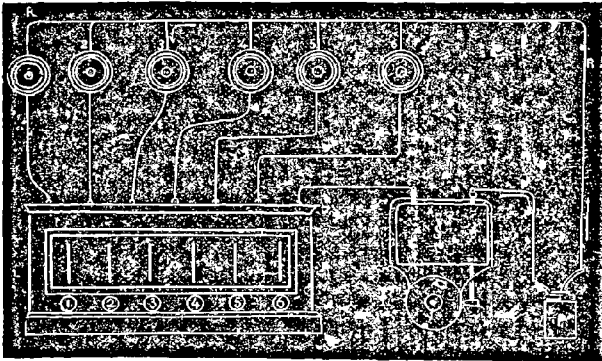


Fig. 69. Marche du courant dans une sonnerie électrique.

table proportion si l'on disposait partout le *thermomètre moniteur des incendies*. Cet instrument est un thermomètre ordinaire à mercure dont la partie renflée inférieure est mise en relation constante avec une pile par un fil de platine qui traverse le verre et plonge dans le mercure. Par l'ouverture supérieure ouverte du tube, pénètre à l'intérieur un autre fil de platine qui, d'une part, s'arrête au point que la température du milieu environnant ne doit pas dépasser, 40 degrés, par exemple, et de l'autre se rattache à l'extrémité du fil de l'électro-aimant d'une sonnerie électrique. L'autre extrémité de ce dernier fil est en

communication avec la pile. Lorsque la température est inférieure à 40 degrés, le mercure ne touche pas la pointe du fil supérieur, mais si, en montant, il vient à l'effleurer, le courant électrique passe par le fil inférieur, le mercure, le fil supérieur pour aller animer l'électro-aimant, et la sonnerie se met à tinter. Ce thermomètre est très-utilement employé là où sont à craindre les incendies par suite de fermentation ou de dégagement de vapeurs inflammables dans les magasins à fourrages, les dépôts d'alcool, de pétroles, les coulisses des théâtres, etc.

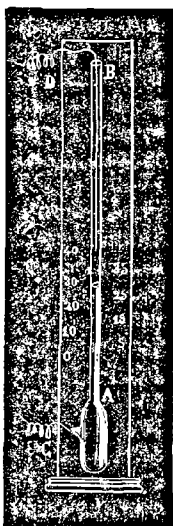


Fig. 70.  
Thermomètre moni-  
teur des incendies.

On a également proposé, — et on a même appliqué dans le cimetière de Menton, petit cité de la principauté de Monaco, — d'employer les sonneries électriques pour prévenir le danger des inhumations précipitées. Des fils conducteurs se rattachent aux membres et aux différentes parties du corps de la personne décédée si bien qu'au moindre mouvement de celle-ci, ces fils établissent la communication entre une pile et une sonnerie qui ne cesse de tinter et prévient ainsi les gardiens du cimetière.

## CHAPITRE XIV

### TRANSFORMATION DU MOUVEMENT EN ÉLECTRICITÉ

**Courants induits et machines d'induction.** — Expérience de Michel Faraday. — Machines de Pixii et de Clarke. — Machines de Nollet ou de l'Alliance. — Machines de Ladd, de Wildd, de Siemens.

Lorsqu'un barreau d'acier aimanté est introduit dans un tube de carton mince, à l'extérieur duquel s'enroule un fil très-fin et très-long recouvert de soie, un courant particulier se produit dans le fil de cuivre ; il est instantané, cesse immédiatement après l'introduction du barreau d'acier dans l'étui, se manifeste de nouveau au moment de son retrait. Ces courants, découverts en 1830 par un illustre physicien anglais, Michel Faraday, sont appelés *courants d'induction* ou *courants induits* ; par leurs effets ils participent beaucoup plus de la nature de l'électricité statique des machines et de la bouteille de Leyde, que du fluide engendré par les actions chimiques dans l'appareil de Volta.

Presque à l'origine de la découverte de ces courants, de ce mode nouveau des manifestations de l'agent électrique, deux constructeurs d'instrument de précision, Pixii et Clarke, construisirent chacun une machine ayant pour objet de produire l'électricité d'induction et permettant de la recueillir afin d'en tirer parti.

Ces machines ont été remplacées depuis par l'appareil connu sous le nom de *machine magnéto-électrique de la compagnie l'Alliance*, dont la première idée appartient à M. Nollet, professeur de physique à l'École militaire de Bruxelles, et descendant du célèbre abbé Nollet.

Cet appareil, perfectionné et simplifié par un ingénieur,

M. Berlioz, transforme en courants électriques, semblables par quelques-uns de leurs effets à ceux provenant de la pile, le magnétisme permanent d'aimants artificiels. Il se compose d'un bâtis octogonal supportant, sur chacun de ses côtés, une rangée de forts aimants artificiels en forme de fers à cheval, dont les pôles convergent tous vers le centre de l'appareil occupé par un axe sur lequel sont fixées quatre séries de seize doubles bobines recouvertes

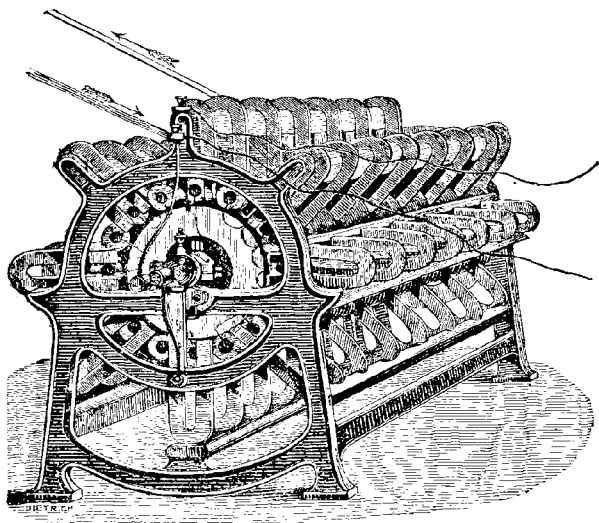


Fig. 71. Machine de l'Alliance.

de fil de cuivre enveloppé de soie. En dehors de ce cylindre, à l'extrémité de l'axe porteur des bobines et faisant corps avec lui, est une poulie recevant d'une machine à vapeur un mouvement très-rapide de rotation. Chaque fois que, par suite de ce mouvement, les bobines passent devant les aimants, il y a production d'un courant électrique très-intense et, comme tous les fils des bobines se relient les uns aux autres, ne font pour ainsi dire qu'un seul conducteur, les courants nés sur chaque branche de



fer se réunissent pour venir s'accumuler à la surface de conducteurs communs qui recueillent l'un, le fluide positif, l'autre le fluide négatif. A ces conducteurs se rattachent deux gros fils de cuivre qui forment les *électrodes* de la machine.

L'appareil de Nollet n'est pas le seul qui soit basé sur le principe que nous avons indiqué plus haut, mais à l'Exposition de 1867, MM. Siemens, Wild et Ladd exposaient des machines puissantes dans lesquelles le courant se trouvait résulter du rapide passage d'aimants ou d'électro-aimants devant des bobines de fer recouvertes de fils de cuivre. Tandis que le phare électrique français recevait sa lumière d'une machine de l'Alliance, celle du phare électrique anglais provenait d'une machine de Ladd.

Le courant produit par les appareils dynamo-électriques ou appareils par lesquels le mouvement mécanique se trouve transformé en électricité égale en intensité celui des plus fortes piles. Il peut en effet fondre et volatiliser les fils métalliques d'une certaine force, il émet une lumière très-vive si on le dirige sur deux pointes de charbon et peut servir à décomposer les corps. C'est ainsi qu'à son origine la machine de Nollet servit à extraire de l'eau le gaz hydrogène que l'on voulait appliquer à l'éclairage en remplacement du gaz de houille. Si cette tentative n'obtint de résultats satisfaisants qu'au seul point de vue scientifique, le succès est resté complet dans les ateliers électro-métallurgiques où cet appareil remplace avantageusement les piles pour la décomposition des bains d'or, d'argent ou de cuivre.

## CHAPITRE XV

### LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE

**Lumière électrique. — Production de la lumière. — Lampe électrique. — Puissance de la lumière. — Effets physiologiques. — Coup de soleil électrique. — Arc voltaïque. — Régulateur de la lumière électrique. — Applications de la lumière électrique. — Éclairage du microscope. — Travaux exécutés de nuit à la lumière électrique. — L'étincelle électrique au théâtre. — Éclairage des phares. — Éclairage des bâtiments. — Abordages en mer. — Le rayon électrique en pleine mer. — Lumière électrique à la guerre.**

Nous avons vu que l'étincelle tirée des conducteurs d'une machine de Ramsden est douée d'un éclat extrêmement vif, mais très-fugitif.

Lorsqu'on rapproche l'un de l'autre les électrodes d'une pile, la même étincelle reparaît, mais également passagère, également instantanée. En unissant les électrodes à deux minces baguettes de charbon dur, compactes comme celui qui sert à constituer le pôle négatif de la pile de Bunsen, ces étincelles se manifestent sans discontinuité et produisent une lumière comparable à celle du soleil, l'œil ne peut en soutenir l'éclat.

C'est à Londres, en 1801, que fut faite pour la première fois, par Humphry Davy, cette belle expérience de production continue de la lumière électrique au moyen de la pile.

Pour la renouveler, on se sert dans les cabinets de physique d'une lampe électrique à colonne de verre isolante. A la partie supérieure est une poignée A à laquelle se rattache une tringle porte-crayon traversée par une tige en relation avec l'un des pôles de la pile électrique. A la partie inférieure un système semblable de porte-

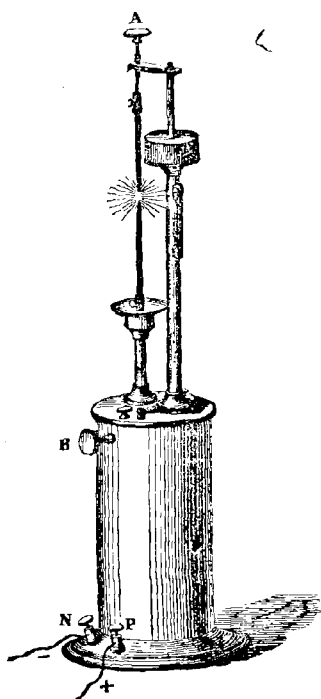


Fig. 72. Lampe électrique de Gaiffe. maux d'yeux très-douloureux. Avec cinq ou six cents

couples, la figure peut être brûlée, tuméfiée ; de violentes douleurs névralgiques sont presque toujours la suite de ce *coup de soleil* artificiel.



Fig. 75. L'arc voltaïque

La lumière apparaît entre les charbons lorsque les pointes de ceux-ci sont très-rapprochées l'une de l'autre, sans cependant se toucher. Si l'on augmente l'écartement, la lumière n'émane plus d'un seul point, d'une espèce d'étoile rayonnante, elle diminue d'éclat, s'amincit, se courbe, pour former ce que l'on appelle l'*arc voltaïque*.

L'un des charbons, celui qui communique le pôle po-

crayon et de tringle conductrice communique avec l'autre pôle. Aussitôt que le courant circule et qu'au moyen de la poignée A, on a suffisamment rapproché le charbon supérieur du charbon inférieur, l'étincelle jaillit.

La puissance de la lumière ainsi produite est considérable puisque l'on a calculé que le point lumineux provenant d'une pile de quarante-huit éléments de Bunsen, émet autant de clarté que six cents bougies. En outre, par quelques-unes de ses propriétés, l'étincelle électrique continue se rapproche de la lumière solaire. M. Despretz, physicien français, a constaté que la lumière provenant d'une pile de cent éléments de grandeur ordinaire peut blesser la vue et occasionner des

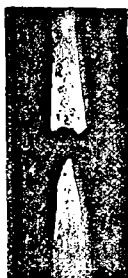


Fig. 74. Les deux charbons d'une lampe électrique.

sitif, — ordinairement le charbon inférieur — se creuse pendant sa combustion, tandis que le négatif augmente de volume et la chaleur développée est assez intense avec une pile de vingt-cinq éléments de Bunsen pour fondre les pièces de monnaie déposées sur le charbon creux, volatiliser les fils métalliques, brûler le diamant, et déterminer la fusion et la transformation en verre des terres et des sables qui supportent, sans se fondre ou se décomposer, les plus hautes températures produites par les moyens ordinaires de l'industrie.

L'allongement d'un charbon, le raccourcissement de l'autre, tendent à changer à tout instant la position du point lumineux, inconvénient grave si l'on veut tirer un parti utile de la lumière électrique. Dans le but d'y remédier, on a imaginé des appareils appelés *régulateurs*, dont le but est d'une part, de rapprocher ou d'éloigner les charbons au fur et à mesure de leur combustion afin de maintenir entre eux un écart constant; de l'autre, de conserver au foyer lumineux une hauteur invariable.

De tous les régulateurs employés, le plus parfait est dû à M. Foucault. Les charbons montés sur des tiges métalliques à crémaillère avancent ou reculent selon que le courant de la pile traversant un électro-aimant, attire ou laisse reposer un contact de fer doux. Les oscillations de ce contact rendent libre ou arrêtent le mouvement d'un mécanisme d'horlogerie assez compliqué, mais cependant très-solide, qui assure la constance d'éclat et de hauteur de l'arc voltaïque, et, dans le cas de rupture d'un charbon, fait que le tronçon de celui-ci s'élançe immédiatement jusqu'au point voulu pour que la lumière reparaisse.

De nombreux essais ont été tentés pour appliquer à l'éclairage public ou particulier la lumière provenant d'une source électrique, pile ou machine d'induction. Mais outre que cette lumière blesse la vue, son pouvoir éclairant n'est nullement en rapport avec son éclat, elle projette un rayon lumineux à une très-grande distance et cependant laisse plongés dans une obscurité profonde les

objets placés dans son voisinage; elle est difficile à diviser, de telle sorte de chaque jet lumineux exige sa pile ou sa machine d'induction spéciales; enfin, loin d'être immobile, elle est sujette à des augmentations, à des diminutions d'éclat très-fatigantes pour les yeux.

Dans les cabinets de physique, la lumière électrique est employée pour l'éclairage du microscope photo-électrique, appareil composé d'un microscope ordinaire ajusté sur la paroi d'une caisse renfermant la lampe électrique. La lumière, concentrée par un réflecteur, traverse les len-

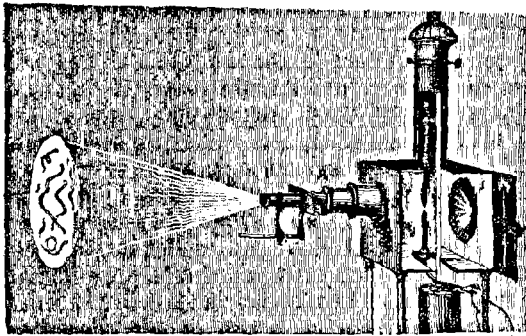


Fig. 75. Microscope photo-électrique.

tilles de verre pour éclairer l'objet dont l'image se projette agrandie sur un écran placé à distance.

Les tentatives pour faire servir la lumière électrique à l'éclairage des travaux de nuit ont donné des résultats assez satisfaisants. C'est ainsi que les travaux du pont Notre Dame, à Paris, que ceux des docks Napoléon, du Nouveau-Louvre, du fameux pont de Kehl, du palais du Champ de Mars, en 1867, ont été poursuivis durant la nuit, grâce à la clarté projetée par les lampes électriques.

Quant à l'éclairage des rues et des promenades publiques, nous avons dit plus haut quels obstacles s'y sont opposés jusqu'à ce jour.

Le vrai triomphe du foyer électrique est au théâtre, à l'Opéra notamment, où la lumière émane d'une pile de quarante à cinquante éléments de Bunsen.

Les rayons lumineux projetés par une ou plusieurs lampes sont concentrés par un réflecteur et dirigés sur le personnage à éclairer. Celui-ci est alors enveloppé de clarté, toute sa personne resplendit, ses vêtements sont éblouissants, et son visage paraît transparent ; si les autres acteurs restent plongés dans une obscurité relative, l'effet est saisissant. C'est ainsi que dans l'opéra de Moïse, le législateur ne se meut que baigné par une auréole lumineuse, que dans le *Prophète*, l'incendie du palais de Munster emprunte à l'étincelle électrique une splendeur qui en fait un effet de décoration théâtrale justement célèbre, que dans *Robert le Diable*, le ballet des nones du couvent ruiné de sainte Rosalie paraît si fantastique, si réellement infernal. C'est, croyons-nous, dans la féerie du *Sac à malices*, en 1850, que la lumière électrique parut pour la première fois sur un théâtre.

Lorsqu'il s'agit de produire des effets de coloration intense, on fait traverser au rayon de la lampe électrique des verres teintés ; si l'on veut rendre lumineuses et diversément colorées les eaux d'une fontaine jaillissante, la lampe disposée sous le réservoir à fond de glace qui contient ces eaux traverse la masse liquide, l'éclaire ainsi que l'espace qu'elle doit parcourir en montant et retombant : chaque particule du jet s'imprègne de clarté et réfléchit toutes les couleurs de l'arc-en-ciel.

L'une des applications les plus heureuses de la lumière électrique est celle qui a pour objet l'éclairage des phares et celui des navires.

Seuls en France jusqu'à présent, les deux phares jumeaux de la Hève, près du Havre, sont éclairés à la lumière électrique. Une machine de la compagnie l'Alliance, mise en marche par un moteur à vapeur, est abritée par un petit bâtiment construit au pied des tours. Le fluide monte sur des fils conducteurs jusqu'à la lanterne et l'étincelle jaillit entre les pointes de charbon d'une lampe électrique munie de son régulateur. L'intensité de la lumière produite croît dans d'énormes proportions puisque la

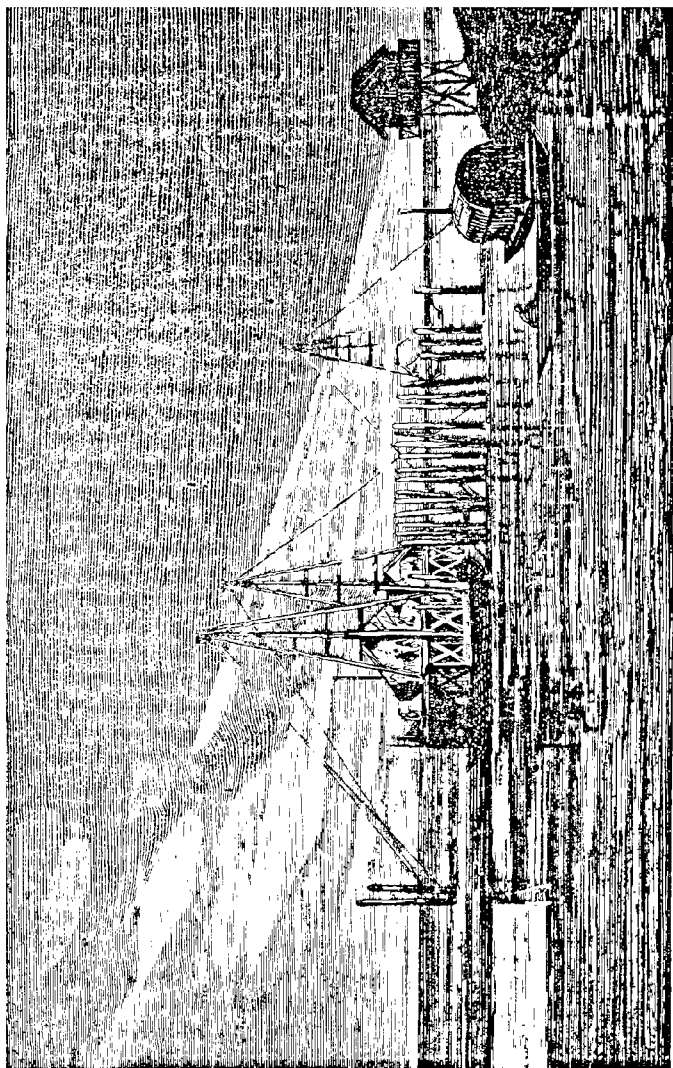


Fig. 76. Travaux du pont de Kehl exécutés la nuit avec le secours de la lumière électrique.





lampe à huile, qui fournissait une clarté égale à celle de 184 bougies, se trouve remplacée par un foyer lumineux équivalant à plus de mille bougies. La portée n'est presque pas augmentée, mais à cause de son intensité supérieure, le faisceau éclairant perce plus facilement les brumes et les brouillards, ce que peuvent rarement faire les rayons lumineux émanés des lampes à huile.

L'Océan est bien vaste et pourtant les collisions en mer sont beaucoup plus fréquentes qu'on le croit communément. Que de navires dont on n'a plus jamais entendu parler, qui ont dû leur perte totale à des abordages en pleine mer. Sans remonter bien loin, nous rappellerons le steamer *Lyonnais* coulé bas à la suite d'un abordage avec la goëlette américaine *Juanita* ; le *Finistère* sombrant en vue des jetées du Havre après avoir été entr'ouvert par un brick, et plus récemment le *Prince Pierre* et l'*Abatucci* : le premier, coupé en deux par le *Latouche-Tréville* ; le second défoncé par un navire norvégien.

La cause principale de ces rencontres, de ces funestes collisions, est l'insuffisance d'éclat des fanaux ordinaires alimentés d'huile que, durant la nuit, doivent allumer les navires. Dans les parages fréquentés, aux abords des rades et des ports, les bâtiments sont nombreux, et si leurs fanaux n'ont pas assez de puissance pour être aperçus d'un peu loin, les dangers de collisions deviennent très-sérieux.

C'est dans le but de diminuer ce genre de sinistres maritimes que des essais d'application de la lumière électrique à l'éclairage des bâtiments furent faits en 1867, à bord du *Prince Jérôme*, yacht à vapeur du Prince Napoléon. Ces expériences réussirent parfaitement et aussitôt des fanaux électriques furent installés à bord du *Saint-Laurent*, magnifique paquebot de la compagnie transatlantique attaché à la ligne du Havre à New-York.

A bord de ce dernier bâtiment, un appareil de la compagnie l'Alliance, mise en mouvement par la même machine qui fait mouvoir les roues, émet une lumière équivalente à celle de 1200 bougies. Projetée au loin par l'intermédiaire de réflecteurs, elle illumine la route du steamer, lui trace sa voie sur un espace de plusieurs kilomètres, lui permet d'apercevoir de loin les moindres obstacles à

sa marche, fait en quelque sorte le plein jour devant lui ; ni le vent, ni les violents mouvements de roulis et de tan-

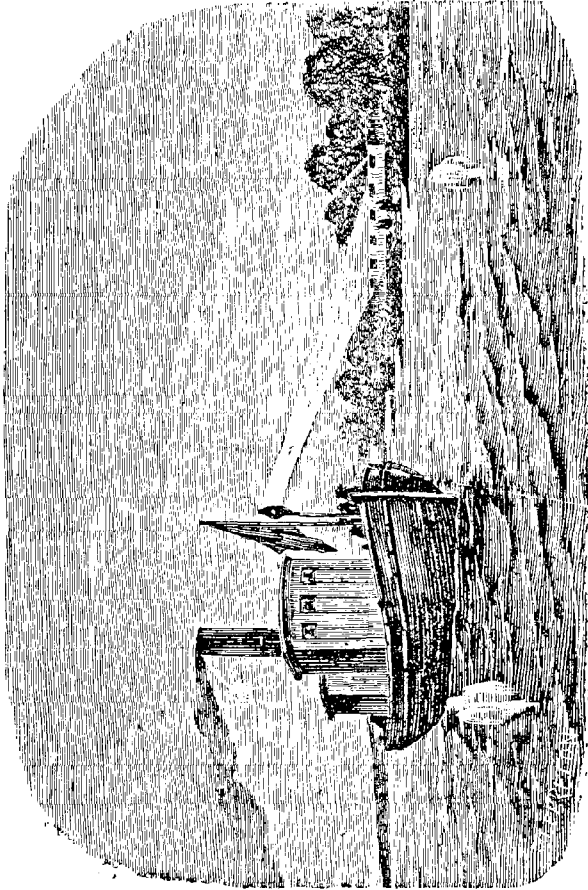


Fig. 77. Reconnaissance des rives du Potomac, la nuit, à l'aide de la lumière électrique, pendant la guerre d'Amérique.

gage ne peuvent l'éteindre ou même la faire varier. On comprend donc qu'un bâtiment ainsi éclairé puisse long-

temps d'avance modifier sa route pour éviter un écueil ou une collision. Les expériences faites à diverses reprises ont démontré qu'un faisceau de lumière électrique dirigé d'un navire sur un autre éclaire assez vivement ce dernier pour qu'à deux ou trois kilomètres de distance, on puisse lire son nom et distinguer les couleurs de son pavillon.

Une particularité curieuse de la lumière électrique employée à la mer, c'est que le rayon n'est pas visible pendant son trajet, il ne le devient qu'au moment où un obstacle quelconque, bâtiment, roche ou côte, vient à l'arrêter. Si, à terre, le faisceau de lumière envoyé au loin laisse derrière lui une traînée lumineuse que l'on ne saurait mieux comparer qu'à la queue d'une comète, cela tient à ce que la multitude de corpuscules poussiéreux répandus dans l'atmosphère, se trouvent illuminés sur l'entier parcours du rayon, tandis qu'au-dessus de l'Océan, ces corpuscules n'existant pas, rien ne peut trahir la marche, la direction du rayon réfléchi par le réflecteur d'une lampe électrique ou autre. Il en résulte qu'un navire peut rester invisible tout en envoyant à une grande distance un rayon de lumière qui lui permet de fouiller l'horizon et d'examiner ce qui se passe à la surface de l'Océan.

Ce jet de brillante lumière peut également servir à aveugler momentanément un adversaire. On raconte que, pendant la guerre d'Amérique, les artilleurs fédéraux assiégeant Charleston dirigeaient subitement un rayon électrique sur le point qu'ils voulaient frapper, tiraient le coup de canon, puis tout rentrait dans l'obscurité. Mais, dira-t-on, cet éclair subit devait servir aussi bien les assiégés que les assiégeants. Non, parce que les premiers éblouis, aveuglés par la vivacité du jet lumineux, ne pouvaient ni pointer leurs pièces, ni viser leurs ennemis. Du reste, on a calculé que le rayon électrique peut à cinq cents mètres de distance, rendre toute manœuvre impossible à ceux qu'il éblouit ; à sept cents mètres, il ne leur est pas facile de viser, et à mille mètres la lumière les incommode suffisamment pour détruire la justesse du tir.

## CHAPITRE XVI

### LE CHIMISTE ET L'ÉLECTRICITÉ

**Galvanoplastie ou électro-métallurgie.** — Fait sur lequel elle est basée. — Travaux de Jacobi. — Appareil simple. — Appareil composé. — Cuves. — Moulage. — Métallisation. — Mise au bain. — Moulage des bas-reliefs. — Moulage des statues. — Procédé Lenoir. — La colonne Trajane et les groupes de l'Opéra. — Doublage des coquilles. — Mise en couleur. — Planches de cuivre galvanique pour les graveurs. — Reproduction des gravures. — Clichés en cuivre tirés des gravures sur bois. — Gravure électro-chimique. — Procédé Coblenz. — Procédé Duloz. — Impression naturelle. — Galvanoplastie en or et en argent.

Un sel chimique dissous dans l'eau, le sulfate de cuivre, par exemple, combinaison intime de l'acide sulfurique ou huile de vitriol avec le cuivre, et traversé par un courant électrique se décompose, c'est-à-dire que l'acide et le métal se séparent, pour se rendre, le premier, au pôle positif de la pile, le second au pôle négatif. Les molécules, ou particules extrêmement petites de ce dernier, se réunissent, se soudent les unes aux autres, et forment bientôt une masse compacte de métal absolument pur : de cuivre quand c'est un sel de cuivre que l'on soumet à l'action de la pile, d'or et d'argent, lorsque les sels décomposés sont des sels d'or et d'argent.

C'est sur ce fait qu'est basée la *galvanoplastie*, art de modeler les métaux au moyen du fluide voltaïque, et que l'on appelle aussi *électro-chimie*, à cause de l'action chimique qu'exerce le fluide électrique.

Dès l'origine de la découverte de la pile, Brugnatelli, élève de Volta, avait constaté le phénomène de décomposition que nous avons essayé de faire comprendre, mais c'est surtout à M. Jacobi, le physicien russe dont nous avons déjà eu l'occasion de parler, que sont dues les ob-

servations fondamentales qui ont donné naissance à l'électro-métallurgie. Dans un élément de Daniell en activité, M. Jacobi remarqua que le métal extrait du sulfate de cuivre par le courant électrique se déposait sur la plaque négative de cet élément, s'y accumulait, en masse compacte, s'y moulait jusqu'à en reproduire les moindres éraillures, le plus petits défauts de relief.

M. Jacobi étudia le phénomène, s'en rendit compte, parvint à le reproduire à volonté et, à diverses reprises, mit sous les yeux des membres de l'académie de Saint-Petersbourg, des reproductions de planches gravées obtenues au moyen de l'électricité.

Devenue aujourd'hui une grande industrie, la galvanoplastie se divise en deux branches principales : l'une a pour objet la reproduction en métal des travaux de la sculpture, de la ciselure et de la gravure ; l'autre s'occupe du revêtement de certains métaux par d'autres plus précieux ou moins altérables à l'air.

Le cuivre est le métal presque uniquement employé pour les travaux galvanoplastiques de la première branche, l'or, l'argent, le cuivre, pour ceux de la seconde et, selon le but que l'on se propose, les opérations varient comme aussi se modifient les appareils.

Deux sortes d'appareils sont en usage dans les ateliers électro-métallurgiques de la première branche : l'appareil simple et l'appareil composé.

L'appareil simple est un large bocal en verre ou en grès contenant une dissolution de sulfate de cuivre dans laquelle plonge un vase poreux en terre de pipe contenant de l'eau et un cylindre de zinc. Sur ce cylindre repose un croisillon de cuivre dont les branches sont réunies par un cercle de même métal auquel on suspend les objets à reproduire.

Comme nous le voyons, l'appareil simple n'est pas autre chose qu'un grand élément de Daniell renversé : le zinc au lieu d'entourer le vase poreux y est contenu et le fil de cuivre se trouve remplacé par l'objet à cuivrer, autrement dit, le pôle positif se trouve constitué par le zinc comme dans l'élément ordinaire, mais le pôle négatif, au lieu de l'être par un fil de cuivre, est formé par l'objet sus-

pendu à l'électrode zinc. L'appareil simple, tel que nous venons de le décrire, ne peut servir que pour la reproduction ou le cuivrage d'objets de petites dimensions : médailles, monnaies, camées ; quand il s'agit de plus grandes pièces, le vase de verre est remplacé par des cuves en bois enduites intérieurement d'une couche épaisse de cire ou de gutta-percha. Au centre de cette cuve, et rangés côte à côte, sont les vases poreux dont tous les cylindres de zinc se rattachent à une longue tige de cuivre qui s'appuie sur les bords opposés. Deux

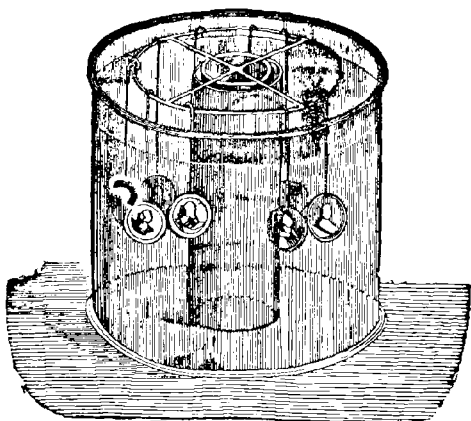


Fig. 78 Appareil simple pour la galvanoplastie.

autres tringles placées l'une à droite, l'autre à gauche de la rangée de vases poreux, servent à suspendre les pièces à cuivrer; elles s'appuient également sur les bords opposés de la cuve, sont mises en relation avec la tige du milieu par l'intermédiaire d'une bande de cuivre qui s'étend sur tout le plat-bord de la caisse de bois. Enfin plusieurs petits récipients, dont le fond est percé de trous, contiennent les cristaux de cuivre destinés à entretenir la force de la dissolution que l'action du courant tend à éclaircir, à appauvrir, qui, sans cette précaution, redeviendrait bien vite de l'eau ordinaire.

On donne quelquefois à la cuve la forme circulaire, et dans ce cas les vases poreux sont disposés sur la circonférence, leurs zincs se relient par une tige circulaire et le sujet à cuivrer est suspendu au point de rencontre de deux tringles disposées en croix et s'appuyant sur les rebords de la cuve. On voit des appareils de ce genre dans l'usine électro-métallurgique d'Autenil dont nous aurons à parler plus tard.

L'appareil composé comprend deux parties distinctes: la

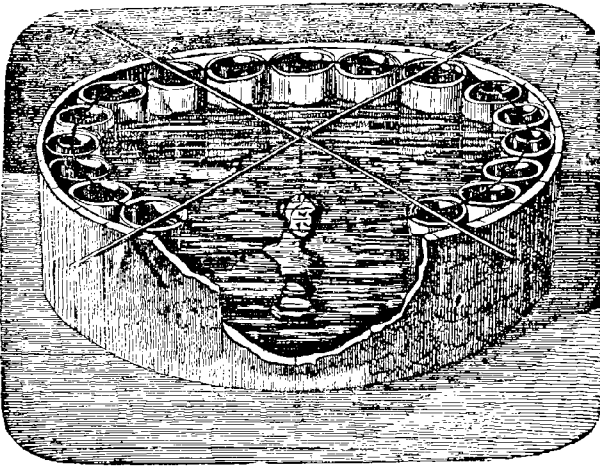


Fig. 79. Cuve à reproduire les objets en ronde bosse.

cuve contenant la dissolution et la pile électrique devant fournir le courant.

La cuve est construite comme celle de l'appareil simple; c'est une grande et forte caisse en bois revêtue intérieurement de cire ou de gutta-percha.

La pile généralement employée est celle de Bunsen dont les électrodes se relient à deux tringles de laiton reposant sur les bords de la cuve. A celle de ces tringles qui se rattachent au pôle négatif ou zinc, on suspend l'objet à

cuivrer, à l'autre tringle correspondant au pôle positif ou charbon, une plaque de cuivre. Cette dernière que l'on appelle *anode soluble*, est destinée à remplacer dans le bain le métal qui se décompose au pôle positif.

Rendu libre par l'effet du courant, l'acide sulfurique de la dissolution de cuivre se porte sur la plaque anode, la

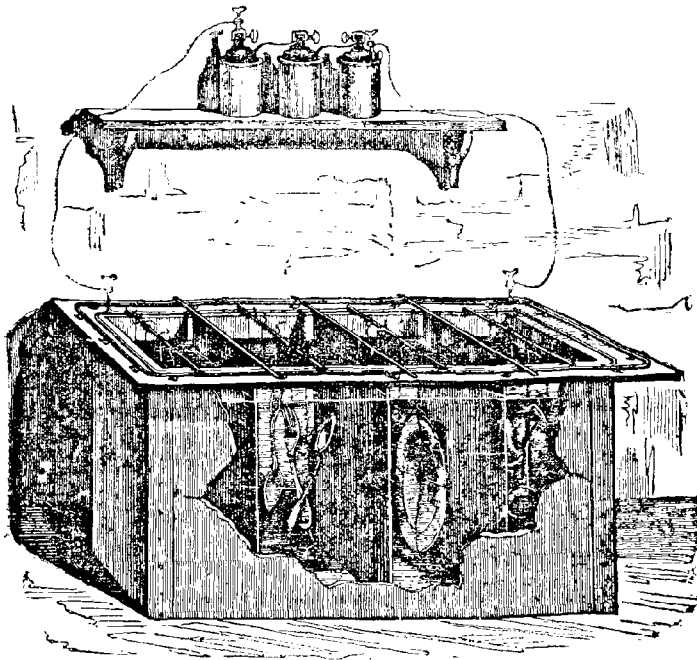


Fig. 80. Appareil composé pour la galvanoplastie.

rouge, la corrode, s'unit avec elle pour former une nouvelle quantité de sulfate de cuivre qui se dissout dans l'eau au fur et à mesure de sa formation et prend la place du sel décomposé. De la sorte, le degré de force ou de concentration du liquide cuivreux est maintenu constamment égal.

L'objet, médaille, bas-relief, statuette que l'on veut re-



produire en cuivre est, avons-nous dit, suspendu dans le bain à la tige métallique qui correspond avec le zinc de l'appareil simple ou le pôle zinc de l'appareil composé.

Lorsque cet objet est en métal et qu'il s'agit d'en obtenir une contre-épreuve, l'opération ne présente aucune difficulté. Mais là n'est pas le cas général des opérations galvanoplastiques ; le plus souvent on veut obtenir la copie absolument identique à l'original, d'une œuvre quelconque qu'il serait ou impossible ou imprudent de plonger dans le bain. Il faut alors mouler cet objet et c'est en se déposant à l'intérieur de ce moule en creux que le cuivre formera une copie en relief de l'œuvre originale.

Les moules destinés aux opérations galvanoplastiques furent d'abord formés de plâtre, de cire, de gélatine, mais aujourd'hui on donne la préférence à la gutta-percha qui, aux propriétés que nous lui connaissons déjà, joint celle d'être éminemment plastique lorsqu'on la chauffe à soixante ou soixante-dix degrés.

*Le moulage à la gutta-percha s'opère par le pétrissage ou par la presse.*

Dans le premier cas, la matière chauffée au degré convenable dans un four ou par son immersion dans de l'eau chaude, est déposée sur l'objet à mouler, puis avec les doigts préalablement huilés, on la pétrit, on la force d'entrer dans les moindres creux du sujet. Ce mode d'opérer convient pour les objets qui ne peuvent sans dommage subir l'action trop énergique d'une presse.

Pour le moulage à la presse, principalement réservé à la reproduction des surfaces planes, telles que les médailles ou les planches gravées, on dispose l'objet à l'intérieur d'un cadre creux en fer placé au-dessous de la plate-forme d'une vis de pression.

La gutta-percha, déposée chaude à l'intérieur du cadre de fer, est fortement comprimée entre la plate-forme que le mouvement de la vis force de s'abaisser, et l'objet sur lequel elle se moule en reproduisant avec une finesse extraordinaire les moindres creux comme les plus fins reliefs.

La contre-épreuve ou moule ainsi obtenue n'est pas conductrice de l'électricité, il faut donc lui communiquer

cette propriété faute de laquelle non-seulement le cuivre de la dissolution ne se déposerait pas, mais l'appareil lui-même serait hors d'état de fonctionner.

Pour métalliser la surface qui doit recevoir le dépôt, on y étend à l'aide d'un pinceau une couche très-légère de plombagine — mine de crayon pulvérisée — que l'on frotte ensuite avec une brosse douce.

Ainsi préparé et ainsi métallisé, le moule est suspendu dans le bain comme nous l'avons indiqué plus haut. Le courant électrique décompose alors le sulfate de cuivre ; d'une part, l'acide sulfurique va se combiner avec le zinc, si l'on se sert de l'appareil simple, avec le cuivre de l'anode soluble si l'on opère au moyen de l'appareil composé ; de l'autre, le métal rendu libre va par grains infiniment petits se déposer sur le moule. Au bout d'un temps plus ou moins long, cette poussière cuivreuse forme un dépôt adhérent, solide, homogène, une plaque de cuivre enfin qui, reproduisant en relief toutes les parties creuses du moule, en creux toutes les parties en relief, se trouve être par conséquent la copie exacte de la médaille ou du bas-relief dont on voulait obtenir un fac-simile.

Quand il s'agit de mouler des médailles ou des bas-reliefs, l'opération ne présente aucune difficulté sérieuse ; il n'en est plus de même si l'on veut reproduire par la galvanoplastie des objets dits en ronde-bosse, tels que les bustes et les statues.

Deux manières de procéder sont alors en usage.

Par la première, le buste est moulé à l'aide de gutta-percha pétrie, puis le moule est divisé en deux moitiés dont on plombagine l'intérieur et que l'on soumet séparément au cuivrage dans la cuve galvanoplastique.

L'épaisseur du dépôt reconnue suffisante, on retire les épreuves du bain, puis on les dépouille de leur enveloppe de gutta-percha et on les réunit par une soudure, de manière à former le buste complet.

Les statuettes sont traitées de la même manière, mais lorsqu'elles présentent des parties se détachant complètement des autres, comme les bras et les jambes, les ornements accessoires, on moule séparément chacune des parties que l'on soumet séparément aussi en cuivrage,

puis de tous ces fragments réunis, soudés ensemble, on forme le sujet.

Le second mode de procéder pour la reproduction des statues en cuivre galvanique est dû à M. Lenoir, il permet d'obtenir d'une seule pièce les sujets de grande dimension et s'il ne supprime pas toutes les soudures, du

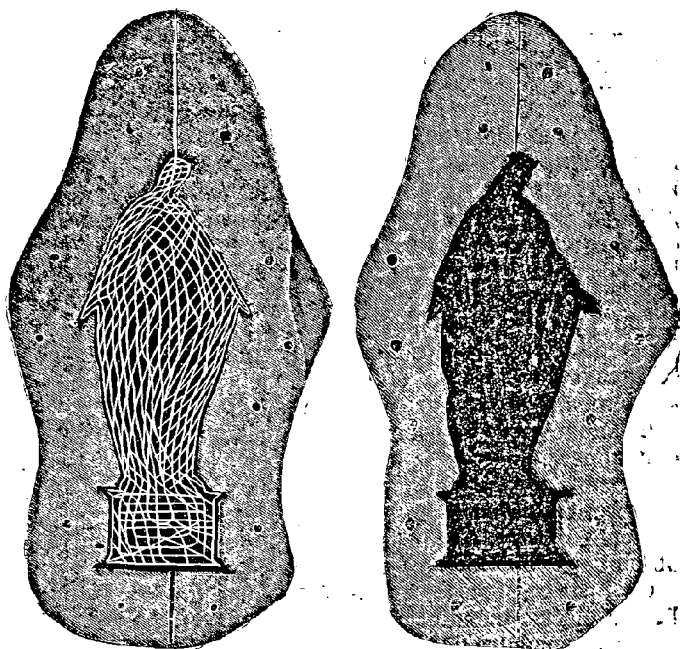


Fig. 81. Moulage par le procédé Lenoir

moins en diminue-t-il beaucoup le nombre. La statue de plâtre à transformer en statue de cuivre est moulée par un pétrissage de gutta-percha, puis l'enveloppe ayant été divisée en plusieurs fragments, l'épreuve en plâtre est extraite de cette espèce de gaine dont on métallise l'intérieur par une friction de plombagine. Les fragments de nouveau rassemblés, solidement maintenus par des

soudures de gutta-percha, forment un bloc noirâtre au centre duquel est le creux, le vide laissé par la statue. Si l'on soumettait ainsi ce moule intérieur à l'action du bain électro-chimique, le courant ne se porterait pas dans les parties éloignées ou très-rentrantes, le métal se déposerait sur certaines places, mais manquerait sur beaucoup d'autres, si bien que l'opération terminée, les extrémités des bras et des jambes, par exemple, présenteraient de grandes lacunes ou même manqueraient totalement.

Pour prévenir des accidents de ce genre, il faut que le courant circule dans toute l'étendue du bain que renferme le moule et exerce son action décomposant dans toutes les directions. Dans ce but on ébauche avec des fils de plomb une carcasse reproduisant à peu près tous les contours du modèle et on l'introduit dans le moule avant la réunion des fragments. Cette carcasse, qui doit suivre tous les contours intérieurs sans jamais les toucher sur aucun point, conduit le courant électrique, le disperse jusque dans les moindres recoins pour que partout s'exerce sa force décomposante et que le métal se dépose d'une manière uniforme sur toute la surface plombaginée.

Le moule garni de sa carcasse est plongé dans la cuve d'un appareil composé ; la surface plombaginée et les fils de plomb sont mis en rapport avec le pôle négatif de la pile. Après plusieurs jours, le moule est retiré du bain, démonté, et à l'intérieur on trouve une statue de cuivre absolument identique à l'original en plâtre.

C'est par ce procédé qu'ont été reproduits en cuivre l'usine électro-métallurgique de M. Oudry, à Auteuil, les épreuves en plâtre des bas-reliefs de la célèbre colonne Trajane encore debout sur l'une des places publiques de Rome ; ces bas-reliefs en cuivre sont aujourd'hui exposés dans une des galeries du Louvre.

L'épaisseur du dépôt de cuivre dépend surtout de la durée de l'immersion ; pour les grandes pièces comme les bas-reliefs de la colonne Trajane, cette épaisseur est de deux ou trois millimètres ; pour les statues de l'Opéra, de cinq ; mais quand cette épaisseur ne présente pas une résistance suffisante, on double la *coquille*,

— ainsi nomme-t-on l'épreuve retirée du moule — d'un métal qui lui donne toute la solidité nécessaire.

Dans ce but la coquille, garnie d'un rebord d'argile ou de plâtre forme une espèce d'auge aplatie que l'on remplit d'un mélange de soudure jaune et de borax, dont on détermine la fusion par la projection d'un fort jet de gaz allumé. La soudure fondue coule dans tous les creux de l'épreuve et la rend aussi solide que si elle était massive. C'est par ce procédé que sont fabriqués ces ornements de cuivre qu'emploie l'ébénisterie pour l'ornement des meubles riches, genre Boule, Pompadour, Louis XVI etc., ornements dont les moules ont souvent été pris sur des bronzes anciens conservés dans les musées.

Qu'elles soient obtenues d'une seule pièce ou par fragments, les épreuves en cuivre sorties de la cuve, sont d'une couleur rose-clair assez agréable, mais peu persistante, car les influences atmosphériques la ternissent assez promptement.

Pour donner à l'objet une teinte uniforme et durable, il faut, selon l'expression consacrée, *le mettre en couleur*, résultat qu'on obtient en frottant la surface avec une des compositions chimiques variables selon l'effet qu'on veut obtenir.

L'une des applications les plus utiles et en même temps les plus fécondes en résultats, de la galvanoplastie est celle qui se rapporte aux divers travaux du graveur.

Par la galvanoplastie, on peut en effet :

1° Fabriquer des planches de cuivre à l'usage des graveurs ;

2° Reproduire, multiplier les planches ou les bois gravés ;

3° Graver au moyen du courant électrique lui-même.

Le métal des planches de cuivre à graver que l'on trouve dans le commerce n'est pas tout à fait pur, il s'y rencontre des impuretés, des traces de métaux étrangers, qui peuvent gêner l'action du burin, et, si la gravure est exécutée à l'eau forte, modifier les effets que voulait obtenir l'artiste.

On obtient une plaque de ce genre, formée de métal absolument pur, en suspendant à la tringle négative d'une

cuve galvanoplastique, une plaque de cuivre ordinaire bien plane et bien polie sur laquelle se forme un dépôt de cuivre que l'on sépare lorsque son épaisseur paraît suffisante.

La reproduction des planches métalliques gravées s'opère de deux manières. Ou bien à l'aide de la gutta-percha on en tire un moule, une empreinte, que l'on recouvre de plombagine et que l'on plonge dans le bain de sulfate de cuivre pour obtenir une planche parfaitement identique à l'original, ou la plaque de métal gravée en creux est elle-même plongée dans la cuve électro-chimique.

Dans ce dernier cas, le cuivre se dépose dans les moindres creux de la plaque et forme ainsi une reproduction en relief de la planche originale. L'opération achevée, on détache à la lime les bourrelets cuivreux qui, agglomérés sur les bords, réunissent en une seule les deux planches que l'on disjoint par un léger effort. Les planches gravées qui servent à l'impression des timbres-postes, des billets de banque, des cartes à jouer sont multipliées par les procédés que nous venons d'indiquer.

La reproduction des bois gravés s'opère différemment. Étant donnée une gravure sur bois, on en prend une empreinte au moyen de la gutta-percha ou d'un mélange durci de cire, de colophane et de térébenthine, puis le moule enduit de plombagine est immergé dans le bain de sulfate de cuivre. Après quelques heures, le dépôt métallique ayant acquis une certaine épaisseur constitue un cliché que son manque de résistance ne permet pas d'employer tel qu'il sort du bain. Pour lui donner la solidité nécessaire, la coquille entourée de baguettes de fer, forme un châssis creux à l'intérieur duquel on coule un alliage de plomb et d'antimoine, le même qui sert à la fonte des caractères d'imprimerie. Un coup de presse fait sortir du châssis le métal excédant en même temps qu'il redresse le cliché, si la chaleur l'a fait se déformer.

Le mélange étant refroidi, soit naturellement, soit par une injection d'eau froide, on en rogne les bavures à l'aide d'une scie circulaire que l'ouvrier fait marcher avec le pied ; on lui donne l'épaisseur voulue, le dresse au moyen d'un tour et d'un rabot mécaniques ; enfin ces multiples

opérations terminées, la coquille doublée de métal est clouée sur une planchette de bois de chêne qui l'élève à la hauteur des caractères typographiques : elle est alors prête à passer sous la presse en même temps que le texte imprimé.

La gravure électrique permet de reproduire par des traits en relief sur une plaque de métal, les traits à l'encre ou au crayon d'un dessin sur papier ou sur pierre. Bon nombre de procédés sont actuellement en usage, et



Fig. 82. Gravure par procédé électrique.

l'un d'eux, le procédé Coblenz, présente des résultats assez remarquables.

Lorsque l'artiste a livré une épreuve sur papier de Chine, de son dessin à la plume ou au crayon, cette épreuve est reportée sur une plaque de zinc unie et polie que l'on plonge dans un bain faible d'eau forte (acide nitrique). Là seulement où l'encre du dessin a couvert le métal, celui-ci est respecté par l'acide et quand la planche a été lavée, les traits noirs sont marqués par des reliefs de zinc brillant, tandis que les vides ou blancs sont en zinc creux et mat. La plaque est alors trempée dans un vernis

qui s'attache aux seules parties creuses du métal et non aux parties polies, puis soumise dans la cuve électro-chimique à l'action du courant de la pile. Le cuivre se dépose sur les seuls traits en zinc nu et ne peut prendre sur les parties creuses que le vernis isolé.

Après un temps assez court, la planche métallique est retirée, lavée, débarrassée du vernis et une dernière fois immergée dans une double solution de sulfate de fer et de sulfate de cuivre laquelle, n'ayant aucune action sur le cuivre pur n'attaque et ne corrode que le zinc nu formant les blancs.

Ces derniers se creusent davantage et le relief des traits nécessaire à la netteté de la gravure, s'accroît d'autant plus que dure plus longtemps l'immersion de la planche.

Un mode d'impression particulier dû à la galvanoplastie est venu dans ces dernières années rendre de grands services à l'étude de l'histoire naturelle et aussi à la reproduction des dessins de broderie. Ce procédé, inventé en Autriche, consiste à soumettre une feuille d'arbre, une pièce de dentelle, une étoffe brodée à une forte pression entre une feuille de plomb et un cylindre d'acier. Par l'effet de la pesée de ce dernier, l'objet se trouve imprimé, incrusté en quelque sorte dans la feuille de plomb, métal assez mou, comme on le sait. Cette lame, soumise au bain électro-chimique, se recouvre d'un dépôt de cuivre reproduisant en relief les parties creuses laissées par l'empreinte de l'objet original. Séparée du plomb, consolidée et montée sur une planchette de bois, l'épreuve de cuivre constitue un cliché galvanoplastique tout-à-fait identique à celui que l'on obtient par le moulage des bois gravés.

Ce n'est pas seulement avec le cuivre que l'on peut modeler des objets d'art, il est aussi facile de déposer sur des moules de gutta-percha métallisés d'avance, des couches épaisses d'or et d'argent. Les opérations sont absolument les mêmes, mais on fait exclusivement usage dans ce cas de l'appareil composé et la cuve contient, comme bain métallique, des solutions diverses parmi lesquelles dominant, selon le cas, le chlorure d'or ou le nitrate d'argent; quant aux anodes, ils sont formés d'une plaque d'or ou d'une plaque d'argent.



C'est par ce procédé de galvanoplastie en or et en argent que sont fabriqués ces merveilleuses coupes, ces plateaux, ces coffrets, ces sujets magnifiques que l'on donne ordi-

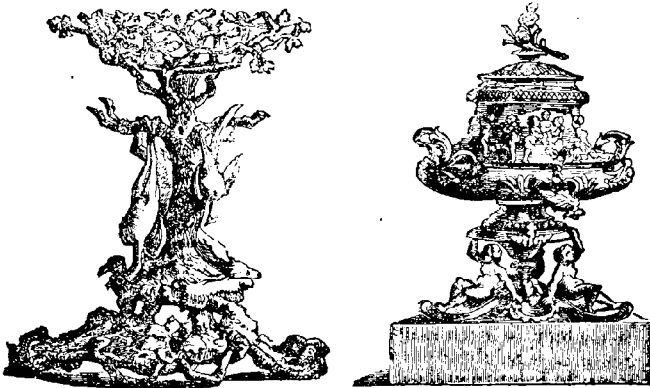


Fig. 83. Objets d'art en galvanoplastie.

nairement en prix dans les courses de chevaux ; les vases sacrés, les ornements d'église, les châsses des saints, et bon nombre de bijoux modelés sur des modèles anciens.

## CHAPITRE XVII

### DORURE ET ARGENTURE ÉLECTRIQUES

Dorure et argenture voltaïques. — Anciens procédés de dorure. — Leurs dangers. — Découverte du dépôt électrique de l'argent et de l'or par MM. de la Rive, Elkington, et de Ruoltz. — Préparation des pièces à dorer ou à argeuter. — Appareil à dorer. — Bain d'or. — Argenture. — Anciens procédés. — Appareil à argeuter. — Bain d'argent. — Argenture des couverts. — Détermination du poids de l'argent déposé. — Opérations finales. — Gratte-bossage. — Mise en couleur. — Brunissage. — Applications de la dorure et de l'argenture. — Salubrité des nouveaux procédés. — L'église de Saint-Isaac de Saint-Petersbourg. — Mouvement de l'industrie de la dorure et de l'argenture. — Dépôt d'autres métaux. — Platinage. — Cuifrage des candélabres et fontaines de la ville de Paris. — Usine de M. Oudry, à Auteuil.

De même que l'on peut faire déposer du cuivre à la surface d'un moule recouvert de plombagine, on peut, par l'intervention du courant électrique, recouvrir un métal quelconque d'une couche d'or et d'argent.

Un mot d'abord sur les anciens procédés de dorure.

La profession de doreur sur métaux était autrefois l'une des plus insalubres et même des plus meurtrières connues. Le seul procédé usité consistait à faire dissoudre l'or dans le mercure, à étendre cet amalgame en pâte sur la pièce à dorer, puis à soumettre celle-ci à une chaleur suffisante pour vaporiser le mercure. L'or restait sur la pièce en pellicule mate et terne que l'on polissait au brunissoir.

L'opération était donc assez simple, malheureusement les vapeurs de mercure, répandues dans les ateliers altéraient gravement la santé des ouvriers; presque tous atteints de la maladie appelée *tremblement mercuriel* succombaient dans un âge peu avancé. Un ouvrier doreur

courait plus de risques dans son atelier qu'un soldat sur le champ de bataille.

Jusqu'en 1840, plusieurs palliatifs avaient été imaginés, mais sans grand succès, pour assainir la profession de doreur sur métaux, lorsque les travaux des physiciens et des chimistes vinrent enfin mettre à la disposition de l'industrie, des procédés nouveaux complètement inoffensifs et en même temps plus économiques.

Dès 1825 à 1840, M. de la Rive, chimiste de Genève, était parvenu à dorer plusieurs métaux, en faisant intervenir le courant électrique dans des bains d'or ; mais, intéressant au point de vue scientifique, le résultat était sans valeur sous le rapport industriel, attendu que les pièces à dorer se corrodaient et se déformaient après quelques instants d'immersion.

Le procédé réellement pratique fut découvert, simultanément, en France, par un jeune homme de 29 ans, le comte Henri de Ruolz qu'un revers de fortune avait forcé d'abandonner la carrière musicale pour se livrer tout entier à la chimie industrielle ; en Angleterre par le chimiste Wright et les frères Elkington, riches fabricants d'argenterie plaquée à Birmingham.

M. Christophe, à qui M. de Ruolz avait cédé ses brevets, se préparait à les exploiter industriellement, lorsque les frères Elkington qui, de leur côté, avaient fait breveter en France leur découverte s'y opposèrent judiciairement. Un procès long et ruineux allait s'engager, lorsque les adversaires eurent la sagesse de s'unir au lieu de plaider. Dès ce jour l'importante industrie de l'orfèvrerie galvanique était fondée ; elle allait faire disparaître la mortelle dorure au mercure.

Avant d'être soumis à l'action du courant électrique, les objets en métal, à dorer et à argenter doivent être *recuits, dérochés et décapés*.

Le recuit consiste à faire chauffer les objets pour détruire les substances organiques, notamment les graisses, qui peuvent s'y être attachées pendant les premières manipulations.

À la suite de cette cuisson, la pièce métallique s'est couverte d'une couche d'oxyde, pellicule légère qui résulte

de l'union intime du métal avec l'oxygène de l'air et pourrait mettre obstacle à l'adhérence de la couche d'or ou d'argent. Le dérochage, qui doit faire disparaître cet oxyde, consiste à plonger pendant un temps plus ou moins long, la pièce métallique dans de l'eau additionnée d'un dixième de son poids d'acide sulfurique.

Le recuit et le dérochage terminés, on procède au décapage, opération complétant les deux autres.

Les pièces suspendues à des crochets de verre, à des anneaux ouverts en fil de cuivre, ou bien disposés dans des espèces de petits paniers en toile métallique, des godets en porcelaine ou en verre percés de trous et ressemblant à des passoires, sont plongés dans un bain d'eau forte puis lavés à grande eau claire; immergés de nouveau pendant un temps très-court dans un second bain d'eau forte mélangée d'acide sulfurique, elles sont encore une fois lavées avec soin dans de l'eau courante. Ainsi préparées, les pièces sont devenues brillantes, claires, sans la moindre apparence de tache ni d'oxyde.

Immédiatement après leur lavage, celles qui doivent être dorées sont plongées pendant quelques minutes dans un dernier bain, au sein duquel leur surface se charge d'une très-légère couche de mercure destiné à augmenter l'adhérence des deux métaux.

L'appareil à dorer n'est autre que l'appareil composé dont nous avons déjà parlé: une cuve en bois doublée de gutta-percha supporte à sa partie supérieure deux tringles de laiton se rattachant aux électrodes d'une pile de Bunsen. Elle contient le bain d'or formé par la dissolution dans l'eau du sel ou composé chimique appelé *cyanure de potassium*; puis dans ce mélange on fait dissoudre un autre sel, le *cyanure d'or*, combinaison du gaz cyanogène avec l'or.

L'objet à dorer est suspendu à la tringle positive, tandis qu'à la tringle opposée est un anode soluble formé par une lame d'or.

Le courant traversant la dissolution décompose le cyanure d'or en gaz cyanogène et en or. Le métal va se déposer particule par particule sur l'objet à dorer, s'y unit intimement et après quelque temps forme sur toute sa

surface une couche dont l'épaisseur varie suivant la durée de l'opération. Le cyanogène mis en liberté se porte sur l'anode d'or, l'attaque, le ronge, s'y unit intimement pour constituer une nouvelle quantité de cyanure d'or qui remplace dans la dissolution, celui qu'a fait disparaître l'action du courant.

A cause de son mode particulier de fabrication, l'argenterie s'appelait autrefois *plaqué*. Un lingot d'argent était soudé dans toute son étendue sur un lingot de cuivre, puis ces deux métaux intimement unis passaient ensemble entre les cylindres d'un laminoir qui aplatissait le lingot, lui donnait la forme d'une plaque de cuivre d'un côté, d'argent de l'autre, quelquefois de cuivre entre deux faces d'argent. Ces plaques servaient à la fabrication des ustensiles et des objets d'orfèvrerie soumis au contrôle de l'État.

L'argenterie légère s'obtenait par la friction de l'objet avec un mélange de chlorure d'argent et de sel marin. Ce procédé et celui de fabrication du *plaqué* ont à peu près complètement disparu devant l'argenterie par la pile.

Comme les objets à dorer, ceux qui doivent être argentés subissent les opérations préliminaires de recuit, du dérochage et du décapage.

La cuve semblable à celle des bains de cuivre et d'or, dans laquelle ils sont plongés, renferme un bain de cyanure de potassium et de cyanure d'argent, enfin l'anode soluble suspendue à la tringle positive est une lame d'argent.

Comme le bain d'argent s'appauvrit plus vite dans ses parties supérieures, on retourne de temps en temps les pièces immergées pour assurer le dépôt uniforme du métal, ou mieux, on agite continuellement le cadre de suspension. A Paris, dans l'usine de M. Christoffe, le cadre est animé d'un mouvement continu de va et vient, par le jeu d'un petit mécanisme que fait mouvoir la machine à vapeur de l'établissement.

Il est très-important au point de vue du prix de vente de se rendre compte de la quantité d'or ou d'argent déposée sur une pièce quelconque; pour cela, il suffit de peser l'ob-

jet avant son immersion dans la cuve, puis de nouveau lorsqu'il est complètement terminé: la différence de poids indique la quantité de métal précieux déposé. Pour les objets d'usage usuel et de grand débit, les couverts d'argent notamment, qui doivent recevoir une couche invariable, il est nécessaire de déterminer d'une manière exacte le

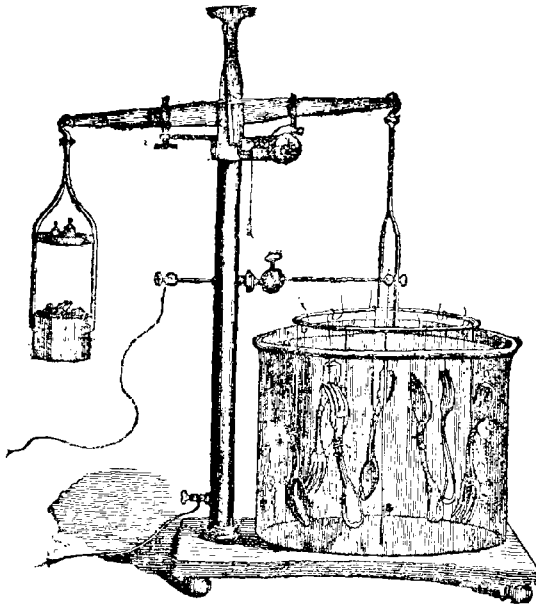


Fig. 84. Cuve à balance pour l'argenture des couverts.

moment où l'enveloppe d'argent atteint la limite de poids fixée. On obtient ce résultat en suspendant le cadre qui supporte les couverts au dessous du bassin d'une balance et plaçant dans le bassin opposé le poids représentant la quantité d'argent qui devra recouvrir les pièces.

A mesure que le métal précieux se dépose au pôle négatif, l'équilibre de la balance se rétablit peu à peu et après

quatre ou cinq heures, le fléau ayant repris sa parfaite horizontalité, on arrête l'opération.

Loin d'avoir au sortir des cuves cette apparence brillante et chatoyante que l'on recherche dans les métaux nobles, les pièces dorées et argentées sont mates, rugueuses et ternes; il faut, par le poli et le brunissage, leur rendre cet éclat qui leur manque.

La première opération appelée *gratte-bossage* a pour but de faire disparaître les rugosités, les points en saillie, les raies qui sillonnent les couches d'or et d'argent; elle s'exécute à la main à l'aide d'une brosse ou pinceau en fil de laiton que l'ouvrier fait aller et venir sur la pièce qu'arrose un filet d'eau gommeuse. Long et minutieux, le gratte-bossage à la main est nécessaire pour le traitement des sujets fouillés à nombreuses saillies, à ciselures tourmentées.

Quant à ceux qui sont unis, comme les plats et les couverts, le gratte-bosse est un rouleau ou mandrin portant implantés sur sa circonférence des faisceaux de fils de laiton; il est monté sur un tour qui lui imprime une vitesse de cinq à six cents tours par minute.

La pièce gratte-bossée est *mise en couleur*, c'est-à-dire enduite d'une bouillie claire appelée *or moulu*, mélange qui ne contient pas la moindre parcelle d'or, mais se compose de sel marin, d'alun, de nitre et d'autres produits chimiques; elle est ensuite chauffée jusqu'au moment où cette bouillie forme une espèce de croûte sèche et noirâtre que l'on fait disparaître par une immersion dans l'eau légèrement additionnée d'acide sulfurique. Enfin lavée à grande eau, séchée dans la sciure de bois chaude, la pièce a contracté une belle couleur jaune mat.

Pour la terminer il ne reste plus qu'à la soumettre au brunissage opération finale, consistant à polir la surface d'or ou d'argent par une friction vigoureuse au moyen de pierres dures ou de pointes d'acier enchâssées dans des manches de bois.

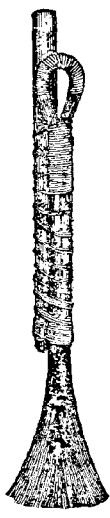


Fig. 85.  
Gratte-bosse.

Ainsi gratte-bossée, mise en couleur, brunie, la pièce revêtue de sa riche enveloppe jaune ou blanche est achevée et livrable au commerce.

Depuis son origine, la dorure et l'argenture ont reçu une foule d'applications : les couverts argentés ont remplacé presque partout ces affreux ustensiles en plomb, en fer battu, en composition, les seuls que connussent autrefois les ménages peu aisés ; l'art de l'orfèvrerie a trouvé dans ce mode de dorure et d'argenture des ressources toutes nouvelles, qui ont permis de créer des chefs-d'œuvres tel que ce merveilleux surtout de table qu'on admirait à l'exposition universelle de 1867 et que l'on peut voir encore exposé sur les dressoirs de l'hôtel-de-ville de Paris. On en est arrivé à recouvrir d'une couche d'argent et d'or les tissus les plus fins, les feuilles, les fleurs les plus délicates, des corbeilles qui semblent tressées en fil d'argent et or et qui le sont en osier fin, que l'on a plombaginé, soumis au bain de cuivre puis doré et argenté par l'électricité.

En déterminant le dépôt d'une couche d'argent sur une lame de verre, un savant de grand mérite, M. Foucault, est parvenu à fabriquer des miroirs plans, ou courbes qui ne le cèdent en rien, à ceux d'argent ou d'acier poli pour les instruments astronomiques ; du reste, il est permis d'espérer que bientôt les glaces étamées au mercure, feront place aux glaces platinées ou argentées dans la cuve électro-chimique.

Comme nous l'avons dit en commençant, la découverte de MM. de la Rive, Ruolz, Elkington, a été pour l'industrie de la dorure sur métaux un immense service rendu. Un fait fera toucher du doigt la différence, au point de vue sanitaire, des deux procédés. En 1837, on résolut de dorer par la méthode au mercure, la coupole extérieure de l'église St-Isaac de St-Petersbourg. Lorsque l'opération fut terminée, plusieurs ouvriers étaient morts empoisonnés par les vapeurs mercurielles, et deux cents autres, atteints de maladies incurables, durent être recueillis par le gouvernement dans un hôpital spécial. Dix ans après, en 1848, l'intérieur de la même coupole put être recouvert, au moyen de la pile, de deux cent quarante kilogrammes



d'or, sans qu'aucun accident n'en résultât pour la santé des ouvriers.

Quant au développement extraordinaire de l'orfèvrerie qu'on appelle, tantôt orfèvrerie Christoffe, orfèvrerie Ruolz, argenture galvanique ou voltaïque, quelques chiffres en feront saisir l'importance.

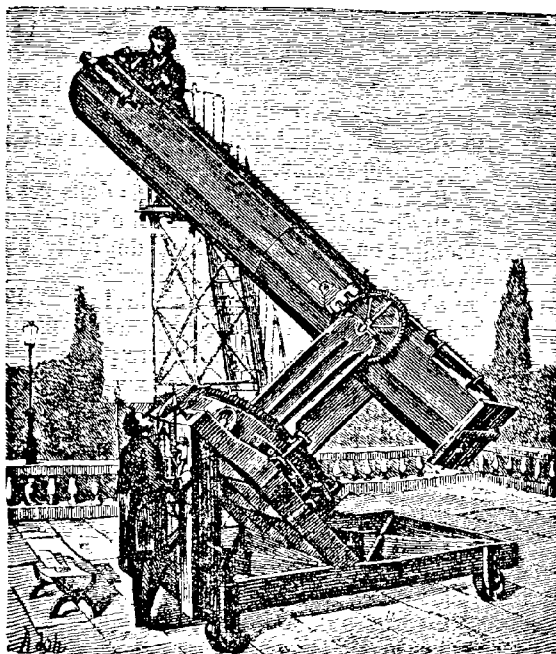


Fig. 86. Télioscope à miroir de verre argenté.

De 1842 à 1860, dans l'usine de M. Christoffe, on a argenté cinq millions six cent mille couverts au moyen de 33,600 kilogrammes d'argent ; et à raison de 6 grammes par couvert (cuiller et fourchette réunies). Pendant le même laps de temps la totalité des pièces argentées a absorbé 67,000 kilogrammes d'argent et déterminé un mouvement d'affaires de cent sept millions.

Comme l'argent et l'or, le platine se dépose sur certains métaux, le cuivre surtout, auquel il communique un ton d'acier clair, d'un éclat plus doux que celui de l'argent et se mariant très-heureusement avec les meubles de bois foncé, chêne ou ébène.

On peut également faire déposer par le fluide électrique de zinc sur du fer, de l'étain sur du cuivre, mais surtout ce dernier métal à la surface de tous les autres. Les fils d'archal laitonisés, que l'on trouve dans le commerce et que la passementerie fausse emploie en grande quantité, sont recouverts d'une couche de laiton par l'action du courant voltaïque circulant dans une solution de sel de cuivre mélangé de sel de zinc.

Une industrie galvanoplastique, ayant pris dans ces dernières années une grande extension est celle qui a pour objet le revêtement en cuivre des objets de fonte et de fer que l'on veut préserver de la rouille.

L'opération n'est pas aussi simple qu'elle le paraît au premier abord, car la fonte et le fer ne peuvent être immergés dans les bains galvaniques sans être profondément corrodés.

M. Oudry, propriétaire de l'usine électro-métallurgique d'Auteuil, a trouvé le moyen de surmonter cette difficulté en recouvrant les pièces à cuivrer d'un vernis dont la propriété est de préserver le métal et en même temps de retenir le cuivre qu'on y dépose par la voie électrique. Revêtues de trois couches de vernis préservateur, que l'on a rendu bon conducteur de l'électricité en le frottant de plombagine, comme les moules en gutta-percha, les pièces à cuivrer, candélabres ou vasques de fontaines, sont immergés dans de grandes cuves arrondies, enfoncées dans le sol et dont les douves sont maintenues par de forts cercles de fer. A l'intérieur trois rangs de grands vases poreux contenant les cylindres de zinc laissent libres entre eux des intervalles entre lesquels sont suspendues les pièces à cuivrer. Après quatre jours d'immersion en été, six en hiver, le dépôt a acquis l'épaisseur voulue d'un millimètre, les divers fragments sont retirés des cuves et mis en couleur, opération qui transforme la nuance rose du cuivre au sortir du bain, en une couleur bronzée plus so-

lide et en même temps plus agréable à l'œil. Pour cela, les pièces étant disposées avec soin sont frottées avec un mélange de sel ammoniac et d'acétate de cuivre ou vert de gris.

C'est par le procédé que nous venons de décrire, que l'usine d'Auteuil a cuivré les candélabres de la ville de Paris, les poteaux indicateurs du Bois de Boulogne, les colonnes rostrales de la place de la Concorde, les fontaines des Champs-Élysées du square Louvois.

C'est également en les enveloppant au préalable de son vernis protecteur que M. Oudry propose de revêtir d'une épaisse couche de cuivre les plaques de blindage en fer destinées à former la cuirasse des bâtiments de guerre et les clous de fer employés dans la construction des navires.

## CHAPITRE XVIII

### L'ÉLECTRICITÉ DISSIMULÉE

**Bobine de Rumkorff. — Fait sur lequel repose sa construction. — Disposition de la bobine de Rumkorff. — Hélices inductrice et induite. — Interrupteur. — Condensateur. — Commutateur. — Aspect de l'étincelle à l'air libre et dans le vide. — Tubes de Geissler. — Stratification de la lumière. — Utilisation de l'étincelle de la bobine de Rumkorff. — Tirage des grandes mines. — Fusée de Stateham. — Cherbourg. — La Tour Malakoff. — Défense des ports. — Machine à air dilaté. — Le Grisou. — Spirales de platine. — Emploi des tubes de Geissler comme lampes pour les mineurs. — Lampe sous-marine.**

Comme l'introduction et le retrait d'un aimant artificiel à l'intérieur d'une bobine creuse font naître des courants électriques sur le fil qui s'enroule à sa surface extérieure, une hélice de fils de cuivre, dont les extrémités aboutissent à une pile en activité, donne naissance à des courants identiques au moment de son entrée dans la même bobine et aussi à l'instant de sa sortie.

C'est sur ce phénomène qu'est basée la construction de la bobine de Rumkorff, puissant appareil producteur de courants électriques, dont l'invention a valu à son auteur un grand prix de cinquante mille francs décerné, en 1865, par l'Académie des Sciences.

Cet appareil est formé d'un cylindre de carton mince avec rebord en cristal ou en bois vernis à la gomme-laque sur lequel s'enroule un fil de cuivre un peu gros recouvert de soie et dont les extrémités se relieut à deux petites bornes métalliques auxquels viennent également s'attacher les électrodes d'une pile. Sur ce premier fil, s'enroule, en formant plusieurs milliers de tours, un fil plus fin de même métal, également recouvert de soie ; ses ex-

trémities aboutissent à des boutons que supportent deux colonnes de verre.

L'hélice constituée par le gros fil est *l'hélice inductrice* que parcourt le courant voltaïque, tandis que celle formée par le fil fin est *l'hélice induite* au sein de laquelle naît le courant d'induction.

A l'intérieur de la bobine de carton, est un faisceau de fils de fer destiné à augmenter l'action du courant induit par ses transformations rapides et successives de fer neutre en aimant, d'aimant en fer neutre.

Comme le courant ne prend naissance dans le fil fin

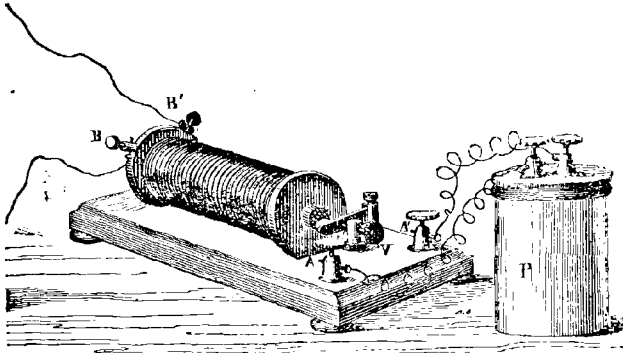


Fig. 87. Petite bobine de Ruhmkorff.

qu'au seul instant de la mise en communication et de la rupture de cette communication du gros fil avec les électrodes de la pile, il est nécessaire d'établir et de rompre le circuit d'une manière aussi régulière que rapide.

Dans ce but, les faisceaux de fils de fer disposés à l'intérieur de la bobine la dépassent de quelques centimètres. En face est une borne V en relation avec l'un des pôles de la pile par l'intermédiaire d'une lame de cuivre qui l'unit à la borne A. Entre la borne V et la tête du faisceau de fil de fer, oscille un petit marteau de fer dont le manche, formé d'une lame élastique en cuivre, est

ajusté dans la rainure d'une pièce à laquelle se rattache l'une des extrémités du gros fil de la bobine.

Lorsque le marteau est au repos, il touche la pointe de vis de la borne V, le courant passe alors dans le fil inducteur par la voie que lui ouvre la borne A', le marteau, son manche et la borne V. Comme résultat de ce passage, non-seulement un courant naît dans le fil fin, mais le faisceau de fils de fer s'aimante et la tête du faisceau de fils de fer attire à elle le marteau, si bien que par suite de la séparation du marteau et de la borne V, le circuit se trouve rompu. Le faisceau redevenu inerte, le marteau se détache, revient toucher la pointe de la borne V et le courant passe de nouveau. Le va et vient de cet organe se continue tant que les électrodes de la pile communiquent avec la bobine ; ce mouvement s'opère très-vite et à chaque ouverture, comme à chaque fermeture du circuit, se développe dans le fil induit une action électrique qui devient sensiblement continue lorsque sont très-rapides les oscillations du marteau ou *interrupteur*, analogue, comme on le voit, aux oscillations du marteau des sonneries électriques.

Ajoutons, pour compléter la description de l'appareil que nous avons essayé de faire connaître, qu'on augmente l'intensité du courant induit en disposant à l'intérieur de la planchette qui soutient tout l'ensemble de la bobine et de ces accessoires un *condensateur*, feuille d'étain de très-grande surface collée sur les deux côtés d'une bande de taffetas gommé et mise en relation avec les bornes par lesquelles entre et sort le courant de la pile.

Un autre organe est le *commutateur*, rouleau mi-partie cuivre et ivoire, tournant sur un axe, qui sert à ouvrir ou à fermer le passage au fluide provenant de la source électrique.

Lorsque la pointe recourbée d'une lame de cuivre en relation avec l'un des électrodes de la pile touche la partie métallique, le courant circule dans le fil inducteur, mais, si par suite du mouvement tournant du rouleau, la pointe de cette lame repose sur la partie non conductrice, en ivoire, le courant ne pouvant plus passer, laisse la bobine inerte.

Les fils de l'hélice induite viennent aboutir sur deux colonnes de verre. Aux têtes de cuivre de ces colonnes s'adaptent de plus gros fils qui servent d'électrodes à l'appareil et lorsqu'on rapproche leurs extrémités, apparaît une vive étincelle en tous points semblable à celle de la machine de Ramsden.

Lorsqu'elle éclate à l'air libre entre les électrodes de la bobine, cette étincelle est longue, sinueuse, brillante, fait entendre un fort crépitement, décompose l'air qu'elle traverse comme le fait la foudre et donne naissance sur son passage à une certaine quantité d'ozone que décele son odeur caractéristique.

L'étendue de cette étincelle augmente naturellement selon les dimensions de la bobine : dans les grands appareils, la longueur du trait de feu peut aller jusqu'à cinquante centimètres et jusqu'à cinq et six mètres si on la fait éclater entre des grains de limaille ou poussière métallique agglutinée au moyen de gomme-laque sur une lame de verre ou une bande de papier. Dans ce cas, elle offre l'aspect d'un éclair sinueux dont l'éclat et le bruit rappellent sans peine les explosions de la foudre.

Leurs armatures mises en relation avec les électrodes d'une bobine de Rumkorff, les grandes batteries de Leyde se chargent en quelques instants. Lorsque les boules d'un excitateur touchent à la fois le bouton de l'armature intérieure, et l'armature extérieure, il se produit une détonation comparable à celle d'un fort coup de pistolet ; et, au lieu de tracer dans l'air un zig-zag plus ou moins brisé, l'étincelle éclate sous une forme courte, ramassée ; sa lumière, au lieu d'être bleuâtre ou violacée, est blanche et comme concentrée en une masse épaisse : elle a tout à fait l'apparence d'un *éclair en boule*.

Les effets calorifiques et mécaniques du courant induit de la bobine sont tout à fait identiques à ceux des machines produisant l'électricité statique. Des fils métalliques rougissent, fondent, se volatilisent presque instantanément ; un morceau de verre très-épais est traversé de part en part. Le physicien Robin est parvenu à percer par l'étincelle d'une bobine d'induction un bloc cubique de verre de six à huit centimètres d'épaisseur.

Sur l'organisme animal, les effets du courant induit sont extrêmement énergiques : l'étincelle des grandes bobines peut foudroyer des chevaux, des taureaux, déterminer sur les vaisseaux sanguins des déchirements analogues à ceux que produisent les coups de foudre. Aussi est-ce avec les plus grandes précautions et par l'intermédiaire de baguettes de verre qu'il convient de manier les fils d'une bobine d'induction en activité.

Quant aux effets lumineux des courants induits, ils sont extrêmement curieux.

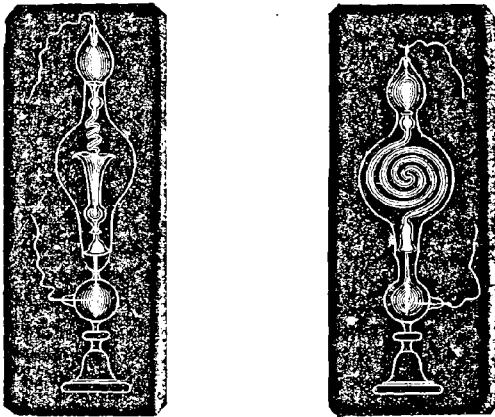


Fig. 88. Tubes de Geissler.

A l'air libre, l'étincelle est sinuose, bleuâtre, mais lorsqu'on la fait paraître à l'intérieur d'un globe ou ballon de cristal dont on a enlevé l'air, entre deux boules de cuivre distantes l'une de l'autre de quelques centimètres, elle se manifeste sous la forme d'une belle traînée lumineuse continue, à peu près immobile. Cette traînée est rouge vif, du côté du pôle positif ; moins intense, et de couleur violette au pôle négatif.

Si, avant de faire le vide dans le ballon, on y introduit des vapeurs d'essence de térébenthine, d'esprit de vin, du gaz hydrogène, etc., la couleur et l'aspect de l'étincelle



se modifient complètement. Au lieu d'être composée de deux couches lumineuses, la lumière présente des stries ou séries de tranches alternativement brillantes et obscures : ce phénomène a reçu le nom de *stratification de la lumière électrique*.

On obtient de très jolis effets de stratification dans les tubes inventés par un verrier de Bonn (Prusse rhénane) et appelés de son nom *tubes de Geissler*.

Les extrémités de ces tubes que l'on ferme à la lampe d'émailleur après en avoir extrait l'air, les vapeurs ou les gaz qui les remplissaient, sont traversés chacun par un petit fil de platine que l'on met en communication, l'un, avec l'électrode positif d'une bobine d'induction, l'autre,

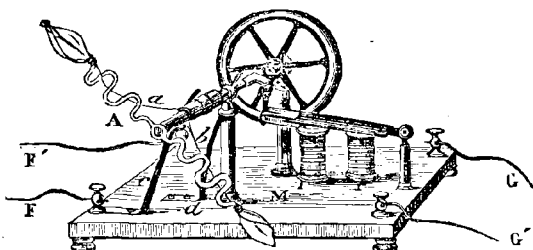


Fig. 89. | Moteur Loiseau mettant en mouvement un tube de Geissler.

avec l'électrode négatif. Dès que cette communication est établie, l'étincelle jaillit entre les extrémités des fils de platine.

On donne aux tubes de Geissler, les disposition les plus bizarres et les plus tourmentées, toutes les formes auxquelles le verre en fusion se prête complaisamment : on les contourne en couronnes, en spirales, on en compose des lettres, des chiffres entrelacés, des mots, des phrases qui apparaissent diversement colorés lorsque l'étincelle les traverse. En enfermant dans un tube de Geissler, une petite coupe moulée avec un verre particulier, le verre d'urane, une belle traînée, de lumière verte descend au fond de ce vase, en même temps que de ses bords

jaillissent des reflets violacés. Si on monte un de ces tubes sur l'arbre d'un petit moteur électrique tel qu'en construit M. Loiseau fils, on obtient des effets multiples dont les effets varient suivant la forme des tubes, une espèce de soleil tournant à reflets changeants.

L'électricité de la bobine d'induction a été utilisée pour déterminer l'explosion des mines, pour mettre en jeu une machine motrice particulière, dite à *air dilaté* ; on a proposé de s'en servir pour l'éclairage des mines et des travaux sous-marins, pour prévenir les explosions du feu grisou dans les houillères, pour allumer à la fois et instantanément un grand nombre de becs de gaz.

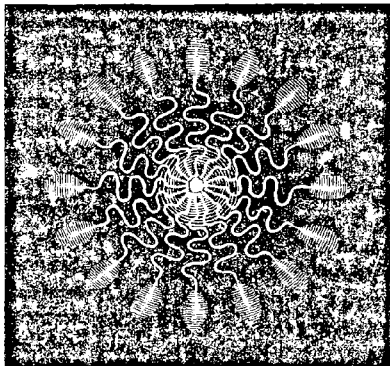


Fig. 90. Tube de Geissler en mouvement.

Rien n'est plus dangereux que le tirage des grandes mines, opération qui consiste à enflammer la poudre dont l'explosion doit briser et désagréger les roches. Avec l'inflammation à distance au moyen de l'étincelle d'une bobine de Rumkorff, au lieu de ces longues mèches tressées que l'on emploie ordinairement, les accidents ne sont pas à craindre et l'on peut faire partir des mines chargées de plusieurs milliers de kilogrammes de poudre.

Au sein du banc de roche que l'on veut diviser, on creuse une cavité appelée *fourneau de mine* que l'on remplit de poudre et, dans l'un des sacs ou l'une des boîtes contenant la matière explosive, est disposée une fusée par-

ticulière, dite *fusée de Stateham*. Ce petit appareil se compose de deux fils de cuivre A et B recouverts de gutta-

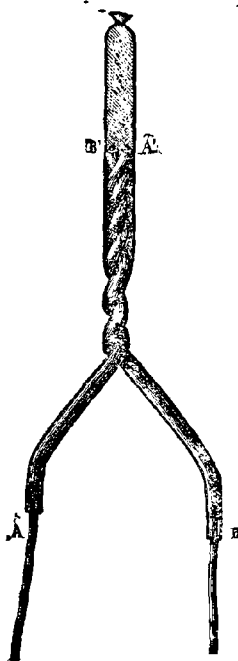


Fig. 91. Fusée Stateham.

percha et tordus ensemble. Les deux extrémités nues de ces fils ne se touchent pas, mais sont enfermées dans un bloc de gutta-percha ayant déjà servi d'enveloppe à un fil de cuivre et conservant encore à sa surface quelques parcelles de ce métal. Chacun des fils de cuivre communique avec la bobine au moyen de longs conducteurs auxquels ils se rattachent et, dans la petite cavité est déposé un peu de poudre très-inflammable, le fulminate de mercure.

Lorsque passant par les conducteurs, les courants induits, positif, d'une part, négatif de l'autre pénètrent dans la fusée, les étincelles jaillissent entre les extrémités libres des fils et les particules de métal existant à la surface de la gutta-percha. Le fulminate qui forme l'amorce prend feu, détonne, enflamme la poudre dont l'explosion ébranle, soulève, brise les roches.

C'est au moyen de mines de ce genre contenant plusieurs milliers de kilogrammes de poudre qu'a été creusé en plein granit, dans le port militaire de Cherbourg, le vaste bassin Napoléon III ; que pendant la guerre de Chine, un jeune lieutenant de vaisseau, M. Trèves, fit sauter les forts et les estacades qui défendaient l'entrée de la rivière Pei-Ho ; qu'au mont Cenis, le roi Victor Emmanuel et le Prince Napoléon firent sauter les premières mines du fameux tunnel, long de douze à treize milles mètres, sous lequel se souderont un jour les chemins de fer italiens à nos voies ferrées.

Prévoyant une défaite prochaine, les Russes avaient miné le bastion devenu célèbre sous le nom de Tour Malakoff. Le 8 septembre 1855, après la prise de la place un sapeur français, parcourant les casemates abandonnées, se prit les jambes dans un fil de cuivre revêtu de caoutchouc et de chanvre. A tout hasard, il trancha d'un coup de hache le malencontreux obstacle. Sans cette découverte providentielle, il suffisait aux Russes de toucher le commutateur d'une bobine de Runkorff pour mettre le feu à quarante mille kilogrammes de poudre et ensevelir sous les ruines du bastion tout un corps de l'armée française.

Ce que les Russes ont essayé de faire à Sébastopol a été imité d'une manière beaucoup plus complète pour interdire à une flotte ennemie l'entrée de l'Escaut et défendre les approches de la nouvelle citadelle d'Anvers. Des torpilles ou bombes explosibles par elles-mêmes, sont disposées sur divers points du lit de la rivière et reliées à une bobine de Runkorff par des conducteurs métalliques enveloppés de gutta-percha.

Dans l'une des casemates ou salles voutées d'un fort, par une ouverture annulaire que ferme une lentille de verre, l'image complète de l'espace semé de torpilles, vient frapper un prisme de cristal qui la renvoie perpendiculairement sur un plan horizontal. Ce plan, est la reproduction exacte de l'emplacement à défendre, il porte, indiqués par des points numérotés, les endroits où sont fixés les torpilles. Un bâtiment ennemi vient-il à pénétrer dans cette partie de la rivière que son image, transmise par la lentille et le prisme, paraît marcher sur le plan horizontal, si bien qu'au moment où cette image passe au dessus d'un point numéroté, il suffit de toucher sur un clavier la touche portant la même indication pour envoyer dans la torpille correspondante le courant de la bobine de Runkorff qui enflamme la poudre et fait éclater la torpille.

La bobine d'induction est l'un des organes essentiels de la machine motrice appelée *moteur Lenoir* ou *machine à air dilaté*.

Par son aspect extérieur, ce mécanisme offre beaucoup d'analogie avec le moteur à vapeur de la forme dite hori-

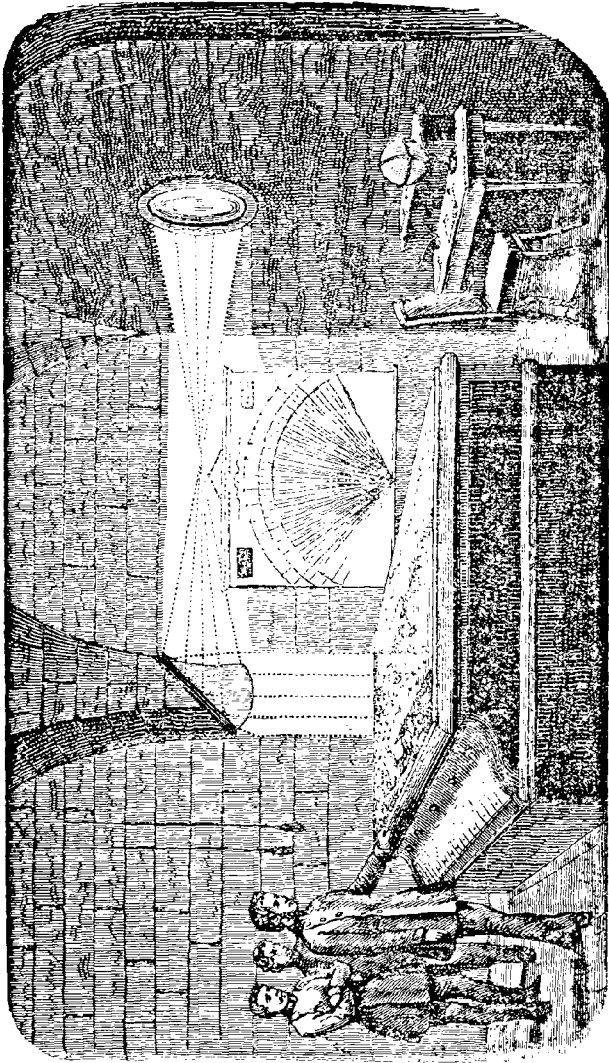


Fig. 92 Défense des ports par l'électricité,



horizontale, seulement dans le cylindre couché sur le bâtis, ce n'est pas de la vapeur d'eau qui pousse en avant ou en arrière le piston, mais un mélange enflammé d'air et de gaz d'éclairage.

L'introduction de ce mélange à l'intérieur du cylindre, tantôt devant, tantôt derrière le piston, s'effectue par le jeu d'un *distributeur* ou *tiroir* que, d'elle-même, la machine fait ouvrir ou fermer. Le mélange ainsi introduit, un commutateur également mis en jeu par l'arbre moteur de la machine, établit le contact entre une extrémité du

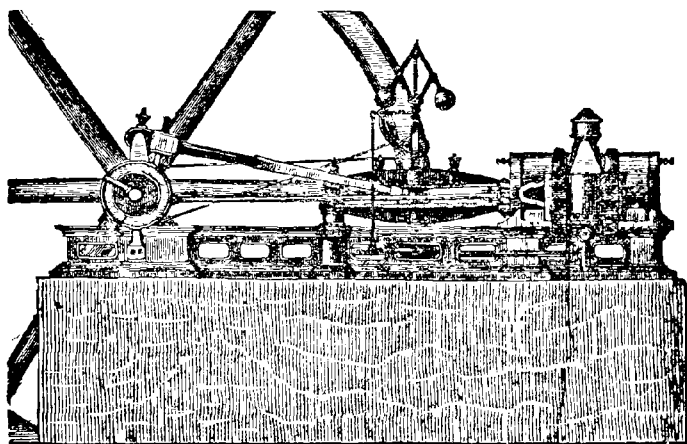


Fig. 93. Moteur Lenoir

gros fil de la bobine de Rumkorff et l'électrode d'une pile. Alors éclate dans le cylindre entre deux conducteurs de platine, une étincelle électrique qui enflamme le gaz d'éclairage. Cette inflammation détermine une combinaison chimique de l'hydrogène carboné avec une partie de l'air renfermé dans le cylindre, combinaison dont le résultat est la formation d'une petite quantité d'eau ; par suite de l'élevation de température, l'air resté en dehors de la réaction s'échauffe, augmente subitement de volume, se dilate pendant que, de son côté, l'eau formée est ins-

tantanément réduite en vapeur. Cette dilatation de l'air à cette vaporisation de l'eau donnent naissance à une force élastique qui agit comme un ressort pour pousser le piston en avant, ainsi que le fait dans le cylindre d'une machine

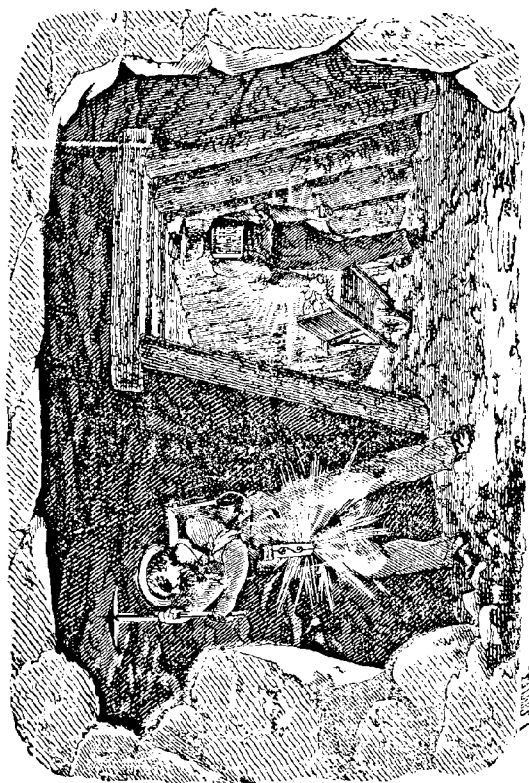


Fig. 94. Éclairage des mines au moyen de la lampe Gaiffe.

à vapeur la force expansive de la vapeur d'eau. Le même jeu se répète sur l'autre face du piston : introduction, puis inflammation du mélange gazeux déterminant une dilatation de l'air qui repousse le piston en arrière.

Le mouvement de va et vient se transmet par l'intermé-



diaire de la tige, du bras ou bielle, de la manivelle de l'arbre ou essieu portant la grande roue appelée volant et les poulies de transmission.

L'ingénieuse machine Lenoir a remplacé dans beaucoup d'ateliers la machine à vapeur. A Paris on s'en sert

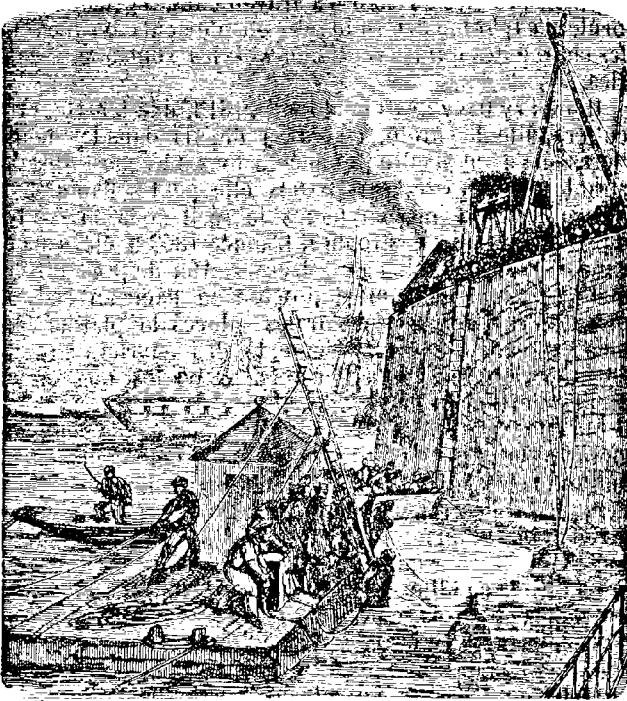


Fig. 95. Expérience d'éclairage électrique sous-marin.

principalement sur les chantiers de construction pour mettre en jeu les grues et les chèvres destinées à lever les matériaux à différentes hauteurs.

On donne le nom de *grisou* au mélange de l'air atmosphérique avec le gaz hydrogène carboné — gaz de même

nature que notre gaz d'éclairage — qui s'échappe des veines de houille fraîchement entamées et en vertu de sa pesanteur moins grande que celle de l'air, s'accumule à la partie supérieure des galeries de mine.

Si, par une cause fortuite, on vient à l'enflammer, ce mélange détourne avec une violence extraordinaire et l'explosion lance au loin les travailleurs, la flamme les brûle, l'explosion détermine des éboulements ou renverse les charpentes qui servent à étayer les voûtes des galeries.

Humphry Davy avait imaginé en 1815, une lampe particulière, dite de sûreté, en usage depuis dans les houillères, mais qui n'offre pas encore toutes les garanties désirables de sécurité, car parfois elle peut enflammer le grisou, et de temps en temps le récit nous arrive-t-il d'épouvantables catastrophes. L'année 1869 a été sous ce rapport l'une des plus désastreuses. Afin de prévenir ces malheurs, on a récemment proposé de fixer au ciel ou plafond des galeries des spirales minces de platine que tous les matins avant la descente des ouvriers sur les chantiers, on ferait chauffer à blanc en les mettant en communication au moyen de fils conducteurs avec une bobine de Rumkoff. Cette spirale incandescente enflammeraient la faible quantité de mélange détonnant accumulé dans les galeries ; l'explosion aurait lieu, les chantiers étant déserts, et comme elle serait renouvelée tous les matins, la quantité de grisou ne serait jamais assez considérable pour que l'ébranlement produit puisse compromettre la solidité des boissages servant à étançonner les voûtes et parois souterraines.

Dans quelques mines de houille, on a essayé de remplacer la lampe à huile et à toile métallique de Davy par un tube de Geissler. Le mineur porte sur son dos une boîte renfermant une petite bobine d'induction et sa pile.

Les fils conducteurs, revêtus de caoutchouc ou de gutta-percha, aboutissent aux fils de platine d'un tube Geissler contourné un grand nombre de fois sur lui-même et qu'enveloppe pour le protéger un tube plus gros en verre épais. Lorsque le courant pénètre dans ce

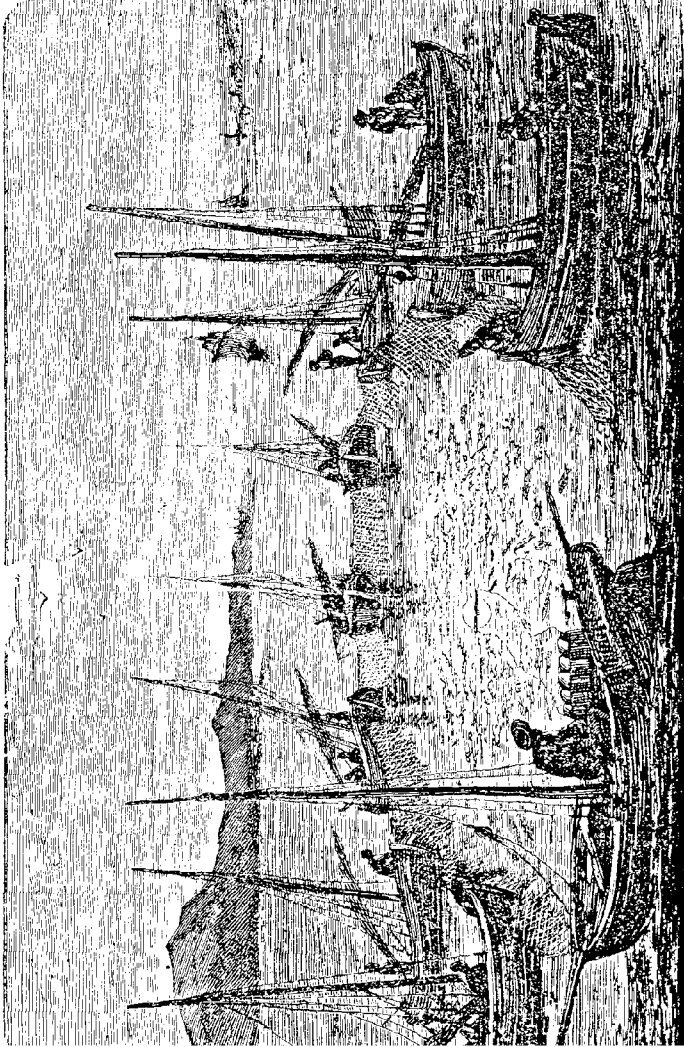


Fig. 96. Pêche, à la lumière électrique.



tube, il se produit une gerbe dont l'intensité lumineuse est assez forte pour permettre à l'ouvrier de vaquer à son travail et si, par accident, la double enveloppe de verre vient à se briser, cette lampe s'éteint d'elle-même et ne peut par conséquent enflammer le grisou.

On s'est également servi de lampes-tubes de Geissler comme lampe sous-marine et des plongeurs munis d'appareils de ce genre que parcouraient des courants d'induction, ont pu examiner et réparer de nuit dans le port du Havre, le doublage en cuivre d'un navire en partance.

La lumière émanant d'un tube de Geissler en activité a été employée avec un grand succès pour la pêche des morues, des harengs, des merlans, des raies et de plusieurs autres espèces de poissons. Attirés par la clarté de cette lampe comme les insectes voltigeants le sont par la flamme d'une bougie, ces malheureux animaux devenaient facilement la proie des pêcheurs : ils jetaient leurs filets au milieu de la masse grouillante et les relevaient aussi chargés que ceux de St-Pierre pêchant dans le lac de Génésareth, pour obéir à l'ordre de Jésus.

## CHAPITRE XIX

### L'ÉLECTRICITÉ-GUÉRISSEUR

Électricité médicale. — Emploi des machines, des piles, puis des bobines d'induction comme moyens curatifs de certaines affections. — Bain électrique. — Cautérisation électrique.

Les curieux effets de l'électricité sur l'organisme humain, effets dont la foudre nous présente des effets bizarres, mais terribles, donnèrent aux anciens physiciens l'idée d'utiliser les décharges de la machine de Ramsden ou de la bouteille de Leyde pour le traitement de plusieurs affections malades. Actuellement on se sert des piles à courants continus et des appareils producteurs de courants d'induction.

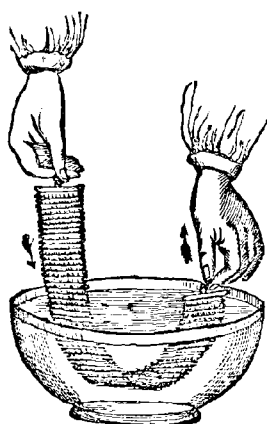


Fig. 97. Chaîne de Pulvermacher.

Parmi les piles employées, nous citerons celle de *Pulvermacher*, dont les éléments, formés de fils de cuivre et de zinc enroulés côte à côte sur des morceaux de bois, se relient les uns aux autres de ma-

nière à former une espèce de chaîne.

Une autre pile, d'invention récente et beaucoup plus énergique dans ses effets, est celle qu'a imaginée M. Gaiffe, qui, depuis longtemps, s'occupe tout spécialement des appareils ayant pour objet d'appliquer l'électricité à la thérapeutique.

A l'intérieur d'une caisse est renfermé un nombre plus ou moins grand d'éléments d'une pile particulière inventée par M. Varen de la Rue, et dont le positif est formé

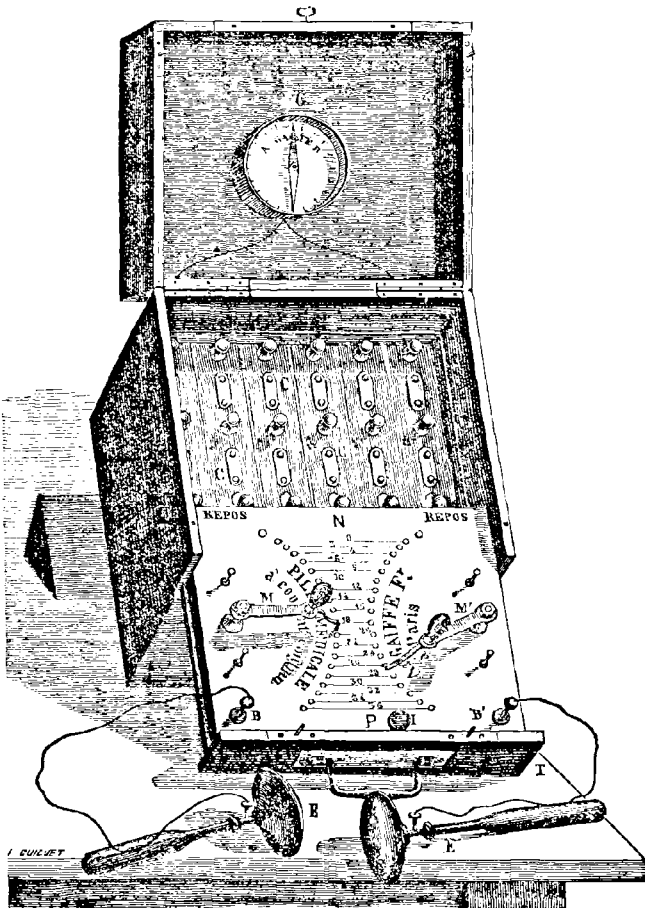


Fig. 98. Pile médicale.

par un sel d'argent, qui joue dans cette pile le rôle du sel de mercure dans l'élément de Marié Davy. Les petits cercles

blancs sont des goupilles de cuivre sur lesquelles viennent se reposer l'extrémité des manettes M et M' en relation avec les bornes B et B' auxquelles se rattachent les réophores terminées par les poignées EE'. Selon les goupilles sur lesquelles s'arrêtent les manettes, varie le nombre d'éléments mis en jeu et par suite la force du courant. Ce nombre est la différence entre les deux chiffres marqués. Ainsi la position de la manette M posée sur la goupille dix-huit et celle de la manette M' sur la goupille vingt-

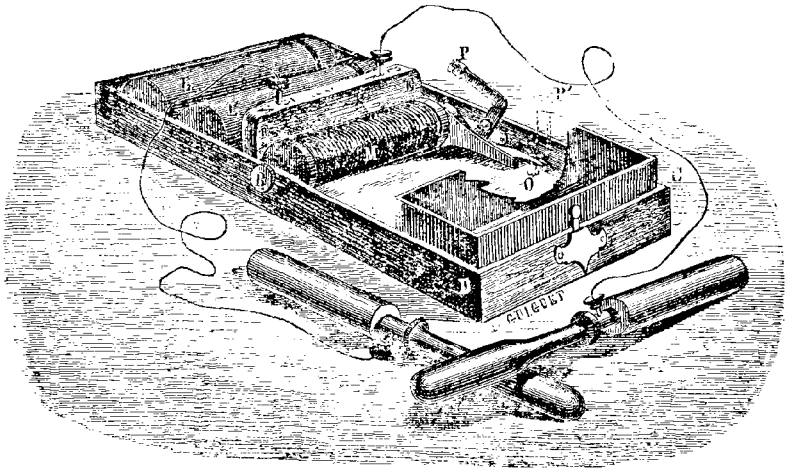


Fig. 99. Appareil dit torpille.

six, indiquent que l'on fait usage du courant produit par huit éléments.

Dans le couvercle de la boîte est une boussole destinée à indiquer tout à la fois et le passage du courant et son intensité.

Lorsque le médecin applique les pièces EE' sur les parties malades du corps d'une personne, ces parties sont soumises à l'influence du courant continu qui se dégage de la pile. Mais si l'on vient à presser sur le bouton I, puisqu'aussitôt on l'abandonne à lui-même pour le presser



de nouveau de manière à lui imprimer un mouvement rapide de va et vient, l'instrument se transforme en appareil à secousses dont les effets sont analogues à ceux des appareils d'induction. Enfin lorsque la pile ne doit plus fonctionner, les extrémités des manettes sont ramenées sur les deux *repos* marqués dans les coins supérieurs de la planchette.

Les appareils disposés pour l'application des courants d'induction à la médecine sont très-nombreux.

Il y a quelques années lorsqu'on voulait recourir au courant continu pour le traitement de certaines affections, il fallait se servir de la pile lourde et encombrante de Reimack que deux hommes transportaient sur un brancard ou une espèce de brouette. L'embaras causé par la mise en action d'une telle machine faisait rejeter par beaucoup de praticiens le mode de traitement par l'électricité voltaïque. Avec la pile que nous venons de décrire, de très-faible volume et de poids restreint, appareil portatif dans toute la rigoureuse acception du mot, le médecin peut sans difficulté aucune transporter lui-même son appareil chez ses clients et le mettre en jeu sans manipulations préalables.

MM. le docteur Duchenne (de Boulogne), Breton, Rumkorff et plusieurs autres constructeurs ont imaginé diverses dispositions de bobines qui permettent de graduer la force du courant selon les affections malades et la constitution des sujets traités, d'en être parfaitement et à tous moments le maître. L'un de ces appareils, celui de M. Gaiße, est disposé dans une boîte plate oblongue qu'une traverse saillante EF, divise en deux sections. Dans l'une, celle du fond, sont deux éléments de pile LL', dans l'autre une bobine d'induction M. Lorsque le courant de la pile passe dans le gros fil de la bobine, il se produit le même jeu que dans l'appareil de Rumkorff, c'est-à-dire qu'un marteau de fer ou interrupteur réglé par le levier P se rapproche et s'éloigne successivement du faisceau de fils de fer de la bobine, par suite un courant intermittent naît dans le fil fin qui recouvre celle-ci.

Ce courant arrive aux bornes fixées sur la traverse EF auxquelles se rattachent les réophores que terminent deux

pièces à manches isolants destinées à être tenues par les mains du malade ou appliquées sur les parties à traiter. Enfin, pour varier l'intensité du courant selon les nécessités de la médication, il suffit de tirer plus ou moins le bouton graduateur.

Concurremment avec la pile et les bobines d'induction, on se sert d'appareils basés sur l'électro-magnétisme.

Dans une boîte est une double bobine recouverte de fil de cuivre tournant sur elle-même, par le jeu d'une manivelle et l'intermédiaire d'une roue à engrenage, devant les pôles d'un fort aimant artificiel dont les extrémités sont également enveloppées par les spires d'un fil de cuivre très-long, très-fin, recouvert de fil de soie. Cette

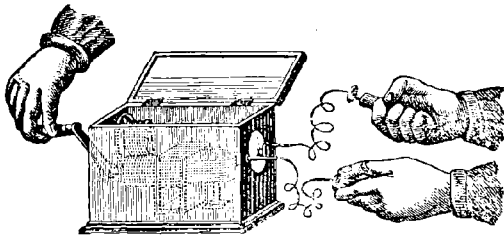


Fig. 100. Appareil électro-magnétique construit par M. Gaiffe.

petite machine électro-magnétique portable, due encore à M. Gaiffe, est une combinaison des appareils plus anciens de Gixii et du professeur américain Page; elle donne des secousses fébriles qui peuvent devenir insupportables si elles se prolongent trop longtemps.

Les courants électriques, qu'ils proviennent des piles ou des appareils d'induction, doivent être employés avec beaucoup de précautions et de circonspection; ils sont reconnus efficaces pour le traitement des paralysies locales qui amènent la surdité, l'affaiblissement de la vue, la perte de l'usage d'un ou plusieurs membres, et pour le soulagement des personnes atteintes d'affections rhumatismales ou de douleurs névralgiques.

L'emploi de l'électricité donne encore d'excellents résultats dans les cas de sommeil léthargique prolongé et surtout quand le chloroforme ou l'éther administrés à un malade l'ont en quelque sorte asphyxié. Des expériences très-intéressantes ont démontré que des animaux restés inertes, insensibles à la suite de l'inhalation des vapeurs de chloroforme sont revenus à la vie, plusieurs heures après leur mort apparente.

L'eau acidulée ou salée se laisse facilement traverser



Fig. 101. Bain électrique.

par le fluide électrique : elle constitue un corps bon conducteur. En faisant communiquer d'une part, un bain d'eau salée, dans lequel plonge le corps de la personne à électriser, avec une plaque de cuivre terminant l'électrode d'une bobine d'induction, de l'autre faisant tremper la main de cette personne dans un bassin ou une cuvette contenant également de l'eau salée au sein de laquelle est immergé le second électrode de la bobine, le courant électrique circule d'un pôle à l'autre en passant par l'eau.

Il imprègne pour ainsi dire celle-ci et par conséquent enveloppe le corps baigné, y pénètre par tous les points de sa surface. Tel est le bain électrique que l'on peut restreindre à la seule partie du corps qu'il est nécessaire d'y soumettre.

Les préparatifs de la cautérisation où carbonisation au fer chauffé à blanc des parties du corps atteinte d'affections gangréneuses, mordues par des animaux venimeux, ne peuvent qu'effrayer et démoraliser le patient. La seule pensée du fer rouge appliqué sur les chairs nues glace d'effroi les plus courageux.

Toujours complaisante, l'électricité de la pile nous donne le moyen de supprimer ces préparatifs dont la vue et l'appréhension constituent la moitié pour le moins de la douleur réelle.

Une boule de platine montée à l'extrémité d'un manche en ivoire et en relation avec les électrodes d'une pile, est appliquée sur la partie à cautériser. Au moment voulu, un commutateur ouvre le circuit, le courant passe, chauffe la boule de platine qui devient d'un blanc éblouissant et, en quelques secondes, avant que le malade ait eu le temps de se reconnaître, les préparatifs de l'opération et l'opération elle-même sont terminés. Au lieu de manier tout un arsenal de tortures, le chirurgien n'a eu qu'à appuyer sur un petit bouton.

On en est même arrivé à cautériser à froid en se servant de la grande pile médicale de Gaiffe dont nous avons parlé précédemment. En appliquant les réophores sur les parties à cautériser, il n'y a plus de brûlure, mais seulement une décomposition, désorganisation complète des tissus analogue à l'effet que produit le fluide électrique lorsque dans une cuve galvanoplastique, il traverse le bain de sulfate de cuivre. Les parties atteintes ou gangrénées sont aussi absolument détruites que si le fer chauffé à blanc y avait été appliqué, mais la douleur se trouve presque entièrement supprimée et au lieu d'une tache noire, l'opération ne laisse sur la peau qu'une inflammation de courte durée.

## CHAPITRE XX

### L'ÉLECTRICITÉ VITALE

Le fluide vital. — Les poissons électriques. — La Torpille et le Gymnote.

Galvani avait attribué les contractions d'une grenouille morte, à l'existence d'un *fluide vital*. Volta n'avait voulu reconnaître la cause de ces contractions que dans le seul contact de deux métaux.

Les travaux de nos contemporains ont donné raison à Galvani en constatant dans l'organisme animal l'existence d'un fluide particulier.

M. Matteucci, physicien italien est parvenu à former des piles au moyen de cuisses de grenouilles préparées à la manière de Galvani. Le nerf lombaire d'une cuisse touche le muscle d'une seconde cuisse, le nerf de celle-ci le muscle d'une troisième cuisse, et ainsi de suite ; adaptant au nerf resté libre de la première grenouille, et au muscle de la dernière deux fils de cuivre servant d'électrodes et mettant ceux-ci en rapport avec le fil d'un galvanomètre, M. Matteucci put observer une déviation très-sensible de l'aiguille aimantée, preuve évidente de l'existence d'un courant électrique. Ce fluide qui existe et circule dans le corps de la grenouille, et persiste quelque temps après sa mort, a reçu le nom de *courant propre de la grenouille*.

Le même physicien a constaté dans la grenouille l'existence d'un autre courant qui va de la partie interne à la partie externe des muscles et qu'il a appelé courant musculaire lequel existe chez tous les animaux.

Le fluide musculaire ou vital de l'homme se constate au moyen de galvanomètres extrêmement sensibles dont les fils sont mis en relation avec deux parties opposées du

corps humain : un pied, d'une part, de l'autre, une main, les reins ou le front.

Ce fluide vital des êtres vivants est encore peu connu, si ce n'est cependant celui que la nature a renfermé dans le corps de certains poissons, le gymnote et la torpille.

Le gymnote est une espèce d'anguille au corps mince, lisse, gluant, parsemé de taches jaunâtres, d'une longueur qui varie entre un et deux mètres.

La torpille, que l'on rencontre dans le golfe de Gascogne, mais surtout dans la Méditerranée et la mer Adriatique, est un poisson au corps aplati comme celui de la sole,

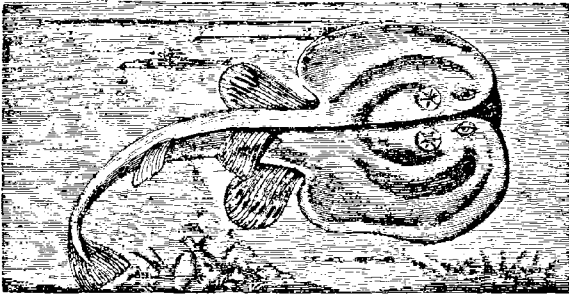


Fig. 102. La torpille.

mais presque rond, d'un diamètre de soixante centimètres à peu près, d'une teinte ordinairement rousse.

Ces deux poissons possèdent la propriété de faire ressentir aux animaux qu'ils frappent ou touchent des commotions comparables à celles de la bouteille de Leyde. Cette secousse électrique leur sert d'arme offensive pour étourdir ou tuer leur proie, de défense contre leurs ennemis ou contre les êtres qui accidentellement viennent troubler leur repos. Ce qui prouve que les commotions du gymnote et de la torpille sont dues à une recombinaison du fluide neutre par les fluides positif et négatif existant à l'état séparé dans le corps de ces animaux, c'est que, touchant leur dos avec une main et approchant l'autre du ventre, on

ressent dans les poignets et le bras une commotion plus ou moins violente, tandis que touchant toujours le dos avec la main et le ventre avec une baguette de verre ou tout autre corps isolant, l'on n'éprouve absolument rien. Ces décharges de fluide sont souvent très-fortes : M. Faraday a constaté que leur intensité, chez le gymnote, peut égaler celle de quinze grandes bouteilles de Leyde réunies. Elles se produisent à la volonté de l'animal car Lacépède et Réaumur ont pu toucher, manier, tenir des torpilles sans ressentir aucun effet électrique.

Chez le gymnote, comme chez la torpille, la force électrique s'affaiblit graduellement au fur et à mesure des dé-

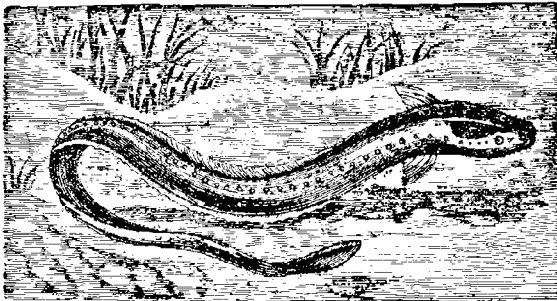


Fig. 103. Le gymnote ou anguille électrique.

charges, si bien qu'après un temps assez court, lorsqu'il vient de soutenir une lutte, l'animal épuisé se trouve à la merci de ses adversaires ; pour accumuler une nouvelle réserve de fluide, il lui faut un repos prolongé et une nourriture abondante.

L'appareil électrique de la torpille, disposé des deux côtés de la tête, se compose d'une multitude de petits tubes membraneux très-rapprochés les uns des autres, offrant dans leur ensemble l'apparence d'un gâteau d'abeilles et remplis d'une humeur visqueuse. Le même organe, chez le gymnote, offre à peu près la même disposition, mais il se trouve placé à l'extrémité de la queue.

A Naples et en Sicile, les torpilles sont vendues sur les marchés comme poissons comestibles, toutefois avant de les soumettre aux préparations culinaires, on arrache et rejette l'organe électrique regardé comme un aliment malsain.

Les gymnotes sont très-répandus dans les rivières et surtout les marais de l'Amérique du Sud ; ils y pullulent tellement qu'ils deviennent un obstacle au passage à gué ; aussi de temps en temps, les habitants de ces contrées se livrent-ils à une pêche générale des gymnotes, opération qui serait curieuse si elle n'était forcément cruelle.

De malheureux chevaux, trop vieux pour rendre des services à des mattres ingrats qui oublient le dévouement passé, sont dirigés vers le marais infesté de gymnotes ; à coups de bâton ou de fouet on les oblige à entrer dans l'eau.

Réveillés en sursaut, les gymnotes, endormis dans la vase, s'agitent, filent entre deux eaux, se glissent sous le ventre des chevaux ; étourdis par les commotions plusieurs de ces derniers tombent et se noient tandis que les plus vigoureux, haletants, l'œil en feu, la crinière hérissée, poussent des hennissemens désespérés, lancent de furieuses ruades qui n'atteignent pas leurs ennemis invisibles et cherchent à remonter sur la berge. Après quelques instants de lutte, toute la force des gymnotes s'est affaiblie, leur réserve de fluide s'est épuisée. C'est l'instant que les pêcheurs choisissent pour les frapper à coups de harpons et les tirer sur le rivage où ils les laissent mourir.

FIN



## TABLE DES MATIÈRES

I. — Une puissance inconnue. . . . .	7
II. — L'étincelle. . . . .	22
III. — La foudre. . . . .	30
IV. — Éclairs et tonnerres . . . . .	37
V. — Les moyens de défense . . . . .	54
VI. — Les phénomènes naturels . . . . .	66
VII. — La boussole . . . . .	73
VIII. — La pile électrique. . . . .	83
IX. — Électro-magnétisme . . . . .	98
X. — Le télégraphe . . . . .	101
XI. — La ligne télégraphique . . . . .	111
XII. — Télégraphes sous-marins. . . . .	136
XIII. — La mécanique électrique ou l'électricité méca- nicienne motrice. . . . .	153
XIV. — Transformation du mouvement en électricité. . . . .	163
XV. — La lumière électrique. . . . .	166
XVI. — L'électricité. — Le chimiste. . . . .	176
XVII. — Dorure et argenture électriques . . . . .	190
XVIII. — L'électricité dissimulée . . . . .	200
XIX. — L'électricité guérisseur . . . . .	216
XX. — L'électricité vitale . . . . .	223

FIN DE LA TABLE





