

Ecole Impériale des Ponts et Chaussées.

Cours de Chemins de fer.

Entretien et Exploitation.

Résumé des leçons.

M^r Bazaine, Professeur.



1856.

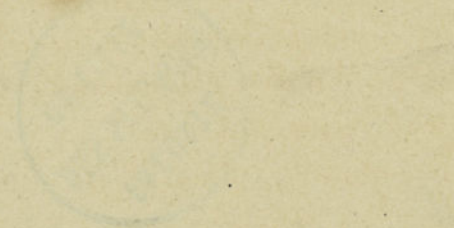
Table des matières

Cours de Chimie de fer

Introduction et Explication

Résumé des leçons

M. Berthollet



1850

Scole Impériale des Ponts et Chaussées.

Cours de Chemins de fer.
Entretien et Exploitation.

Résumé des leçons.

Préliminaires. — Rôle des Ingénieurs dans l'exploitation des chemins de fer.

L'exploitation des chemins de fer n'est ni un art ni une science; c'est une industrie dont le caractère scientifique est révélé par ce fait à-peu-près général que l'Ingénieur y occupe une position supérieure. Nécessité pour l'Ingénieur d'y apporter beaucoup de connaissances en dehors de sa spécialité. Nombre considérable d'Ingénieurs des Ponts et Chaussées et des Mines engagés actuellement dans la construction ou dans l'exploitation des chemins de fer. Partage d'attributions qui, de fait, s'est établi entre eux. Les Ingénieurs des Mines ont principalement concouru à l'établissement des premiers chemins de fer. Les Ingénieurs anglais les plus cités dans le commencement des chemins de fer ont, presque tous, été employés dans un service de mines. En France, les premières descriptions et les premiers plans sont dus à M. de Fallois, Héron de Villefosse et Beauquier, Ingénieurs des Mines. Les premiers chemins de fer, de peu d'étendue, destinés au transport de la houille et du minerai, étaient établis sans beaucoup d'art, et c'était leur partie métallique qui préoccupait le plus leurs constructeurs. Le rôle des Ingénieurs des Ponts et Chaussées a acquis de l'importance à mesure que les chemins de fer ont pris un caractère d'utilité plus générale, et qu'on a recherché plus d'art dans leur tracé et dans leur construction proprement dite.

Utilité pour les Ingénieurs des Mines et des Ponts et Chaussées, qui doivent être engagés dans les chemins de fer, de s'assimiler autant que possible par les connaissances, et de compléter leur instruction, les uns, notamment au point de vue de la construction, les autres, au point de vue du travail des métaux et des machines. Conseils dans ce sens aux Éléves Ingénieurs des Ponts et Chaussées.

L'exploitation des chemins de fer est l'industrie des transports élevée à sa plus haute puissance. L'ancien état des choses et le nouveau, sous ce rapport, sont incomparables.

Notions sur l'ancien régime de l'industrie des transports.

Notions sur les développements de l'industrie des transports avant les chemins de fer - Etablissement des premières messageries à la fin du 16^e siècle. Elles sont stationnaires pendant deux siècles. Ces entreprises étaient des concessions faites par l'Etat à titre gratuit ou onéreux. (Jusqu'en 1817 une entreprise de voitures publiques ne peut s'établir sans une autorisation préalable).

Rachat de toutes les concessions par Louis XIV au prix de 1 500 000 francs environ, et établissement des Messageries Royales exploitant le monopole du transport des voyageurs en France, au profit de l'Etat, et sous la direction du fermier général des Postes - Courges sépare les deux administrations - Ce monopole est aboli en 1791 - Quelques faits relatifs à l'ancienne régie des messageries et rapprochements, résumés dans le tableau ci-après :

	Nombre de départs.	Heures des départs.	Durée du trajet.	Prix des places. Dépenses.
Paris - Rouen en	1785 (par jour) 2	l'un à minuit.	17 heures.	24 ^{fr} , plus les frais d'auberge.
	1855 8	"	3 à 4 ^h	11 à 17 ^{fr} sans frais d'auberge.
Paris - Metz en	1785 2 (par semaine)	minuit	66 ^h	40 à 60 ^{fr} , plus les frais d'auberge.
	1855 4 (par jour)	"	9 à 10 ^h	21 à 40 ^{fr} sans frais d'auberge.
Paris - Amiens . . . en	1785 2 (par jour)	l'un à minuit	18 ^h	24 ^{fr} , plus les frais d'auberge.
	1855 10	"	5 à 4 ^h	10 à 17 ^{fr} , sans frais d'auberge.
Paris - Calais . . . en	1785 2 (par semaine)	minuit	64 ^h	31 à 53 ^{fr} , plus les frais d'auberge.
	1855 5 (par jour)	"	8 à 11 ^h	22 à 39 ^{fr} , sans frais d'auberge.

Dès 1791 des entreprises particulières de voitures publiques s'élèvent de toutes parts - La loi du 9 vendémiaire an 6 (Octobre 1797) crée l'impôt du dixième du prix des places pour couvrir la perte des revenus des messageries. Même impôt pour les marchandises transportées avec les voyageurs. Modifications de ces impôts en ce qui concerne les transports par chemins de fer. La loi du 14 Juillet 1855 a supprimé ces modifications et rétabli complètement l'application de ces impôts aux transports par chemins de fer. On estime qu'ils équivalent à 2000^{fr} par kilomètre de chemin exploité.

En 1805, création de la Compagnie des Messageries Impériales. Elle est protégée par l'empereur Napoléon. Ses développements. « On peut mesurer les progrès de la prospérité publique aux transports des diligences », disait Napoléon.

Progrès :

En 1800, 25 voitures partent chaque jour de Paris, offrant 200 places, ne faisant que 15 à 20 lieues par jour. Frais de voyage et d'auberge, 0^{fr}.35 par personne et par kilomètre.

En 1815, 40 voitures, 600 places, vitesse triplée, dépense réduite d'un tiers.

En 1825, 65 diligences, 800 voyageurs. Vitesse, 48 lieues en 24 heures. Dépense 0^{fr}.15 à 0^{fr}.17 par

Kilomètre.

En 1826, la Compagnie des Messageries Royales partage le monopole des transports avec la Compagnie des Messageries générales, qui était le produit de la fusion de plusieurs entreprises particulières. Ces deux puissantes compagnies n'eurent pas de concurrence: elles ne furent détrônées que par les chemins de fer.

À l'époque où l'industrie des messageries fut supplantée par l'exploitation des chemins de fer, les diligences parcouraient journellement 36,000 kilomètres en France, recevaient annuellement 50 à 60 millions, dont elles versaient un quart à peu près dans les caisses de l'Etat sous forme d'impôts. La vitesse était de 10 kilomètres à l'heure. La dépense n'était plus guère généralement que de 0^f.12 par tête et par kilomètre. En 1854, les trains de voyageurs partis de Paris sur nos grandes lignes de chemins de fer ont parcouru journellement 52,000 kilomètres, recueilli une recette annuelle de plus de 100 millions. La vitesse moyenne a été au moins quadruplée (40 kilomètres); la dépense réduite de moitié (0^f.06). Le nombre de voyageurs (non compris les services de banlieue), qui n'était guère que de 2 millions dans les messageries, a été de plus de 20 millions sur les chemins de fer en 1854! - Influence de la vitesse et du bon marché.

Vitesse toujours croissante, - prix toujours décroissants, ce pour résultat, circulation croissante en plus fortes proportions encore... c'est le fait général, en Angleterre comme en France.

Voyage de Londres à Oxford, en 18 heures il y a 50 ans, en 6 heures avant le chemin de fer, et aujourd'hui en 1 heure $\frac{1}{2}$. - Les anglais ont recherché surtout la vitesse, et lui ont sacrifié la commodité des voyageurs. Diligences anglaises pesant 1600 kilogrammes; 4 places d'intérieur, 11 places d'imériale; égalité à peu près entre le poids mort et le poids utile; attelages de 4 chevaux, vitesse de 15 à 17 kilomètres à l'heure, nombreux relais, prix des places 0^f.15 et 0^f.25 par kilomètre; circulation trois fois plus considérable qu'en France.

En France, diligences pesant 2500 à 2750 kilogrammes, 18 voyageurs, places closes ou couvertes. Transports simultanés de 900 à 1000 kilogrammes de marchandises, dits articles de messagerie; attelages de 5 chevaux; vitesse de 10 kilomètres; prix moyen 0^f.12.

Influence de l'état des routes sur les transports. - Cravanes en France et en Angleterre pour améliorer leur viabilité. Services de Mac-Adam en Angleterre. En moins de 10 ans la plupart des routes anglaises furent défoncées, rectifiées, assainies, empierrées. La dette contractée à cette occasion et restant à amortir en encore de 255 millions. Les intérêts et l'amortissement absorbent 10 millions prélevés sur les péages et produits divers; la recette totale est de 30 millions. La longueur des routes à barrières peut être estimée à 34,000 kilomètres.

Le transport des marchandises fait des progrès analogues à ceux du transport des voyageurs. Le prix du roulage s'abaisse à 0^f.20 par tonne et par kilomètre. On crée le roulage accéléré. C'est en vue du transport des marchandises qu'on a entrepris les travaux de canalisation; c'est en vue du même transport qu'on établit les premiers chemins de fer; ils reliaient les houillères et les usines aux voies navigables.

Des

Des premiers chemins de fer. — Locomotives. — Chemin de fer de Liverpool à Manchester.

En 1825, autorisations d'établir, en France et en Angleterre, les premiers chemins de fer publics; chemin de St. Etienne à la Loire, concédé à M^r. Beaunier, Inspecteur général des Mines; chemin de Stockton à Darlington, au nord de l'Angleterre. Ces chemins sont destinés au transport des houilles.

Perfectionnements des routes, perfectionnements des voitures, accroissements de vitesse, diminution des prix de transport, voilà par quelle série de progrès a marché l'industrie des transports. Celle que l'usage des routes et l'emploi des chevaux permettaient de la constituer, elle avait atteint, on peut le croire, son apogée à l'époque où a été introduite la machine locomotive pour le transport des voyageurs, en 1825.

Depuis 1815 notamment, des locomotives remorquaient des convois de houille sur quelques chemins de fer privés d'Angleterre; leur vitesse n'excédait pas 8 kilomètres à l'heure. Plus tard, quand, sur les chemins de fer en Angleterre et en France, on admit accessoirement le transport des voyageurs, il s'effectuait au moyen de chevaux.

Entreprise du chemin de fer de Liverpool à Manchester, en vue du transport des marchandises. On compte toutefois distraire une partie de la clientèle des voitures publiques. Embarras pour le choix du moteur. Les directeurs de la compagnie penchent pour l'adoption de machines fixes. Opinion invariable de l'Ingénieur de la compagnie, Georges Stephenson, en faveur des locomotives. Ouverture d'un concours de machines locomotives du poids de 6 tonnes et pouvant remorquer 20 tonnes à la vitesse de 16 kilomètres à l'heure. G. Stephenson annonce des vitesses supérieures. Ses opinions sont d'abord considérées comme des utopies compromettantes pour l'avenir des chemins de fer. Résultats du concours de locomotives. La machine la Fusée, de G. Stephenson, remporta le prix: vitesses de 16, 24, 36 et même 48 kilomètres à l'heure. Le concours eut lieu le 6 Octobre 1825. Hausse immédiate de 100 % sur les actions du chemin de fer; conception des grands projets de chemins de fer réalisés depuis.

En France, le chemin de fer de Paris à St. Germain, concédé en 1825, fut la première ligne desservie entièrement par des locomotives. La première grande ligne exploitée pour le transport des voyageurs et des marchandises est celle de Strasbourg à Bâle, 140 kilomètres, fin de 1841. En 1842, un grand élan est donné à la construction des chemins de fer par l'initiative du gouvernement lui-même, qui entreprend l'exécution des lignes principales.

Développement des chemins de fer.

L'importance du réseau français exploité était
 en 1841 de 517 kilomètres,
 1847 1537 id.
 1854 4348 id.

La longueur totale des lignes concédées, en exploitation ou restant à construire, est de

11 500 Kilomètres au 1^{er} Janvier 1856.

La longueur des chemins de fer en exploitation est,
dans la Grande Bretagne de 13 000 Kilomètres
en Allemagne, Autriche, Prusse et Belgique . . . de 11 000 id.

Elle est de 29 000 Kilomètres environ en Europe.
Les Etats-Unis en ont autant que l'Europe entière.
Les chemins de fer ont pénétré dans les cinq parties du monde.

Principaux résultats
de l'exploitation des chemins de fer français en 1854.

Longueur moyenne exploitée toute l'année	4348 Kilomètres.
Nombre de voyageurs	28 millions.
Nombre de tonnes de marchandises	9 millions.
Nombre de trains	353,000.
Parcours kilométrique des trains	31 millions de Kilomètres.
Produit brut	202 millions de francs.
Rapport de la dépense au produit brut	43 %.
Produit net {	Intérêt du capital dépensé 6 1/2 %.
	Intérêt du capital fourni par les compagnies seules . . . 9 %.

Accidents survenus dans cette grande exploitation, s'exerçant à des vitesses de 20 à 80 Kilomètres à l'heure, sur un parcours de 31 millions de Kilomètres équivalant à 200 fois au moins l'étendue totale des routes impériales, routes départementales et chemins vicinaux de grande communication:

141 personnes tuées, dont 20 voyageurs } sur 28 millions de voyageurs transportés.
294 personnes blessées, dont 109 voyageurs }

Ces chiffres démontrent que l'exploitation des chemins de fer, bien qu'à l'état d'industrie nouvelle encore, est déjà un instrument perfectionné et d'une grande sûreté.
Développements que le professeur compte donner à son cours.

Les locomotives en 1830.

L'ouverture du chemin de fer de Liverpool à Manchester eut lieu, pour le service des voyageurs, le 16 Septembre 1830. Le premier train de marchandises n'a parcouru le chemin que le 4 Décembre suivant.

La machine de Stephenson, la Planète, du poids de 6 tonnes, pouvait faire le trajet de 48 Kilomètres en une heure, avec un convoi de 300 à 400 voyageurs.

La même machine remorquait le train de marchandises du 4 Décembre 1830, qui se composait de 18 wagons pesant 75^t avec leur chargement; le poids du tender étant de 4^t, le poids total du convoi était de 79^t sans la machine. Celle-ci remorquait donc un chargement équivalant à 13 fois son poids. Sa vitesse moyenne était de 20 Kilomètres à l'heure. Il fallait une

machine de renfon pour gravir la rampe de 0,01 par mètre et de 2400^m de longueur qui existe dans les deux sens sur le chemin de Liverpool à Manchester.

Nos fortes locomotives actuelles pesant de 30 à 33 tonnes, peuvent aussi remorquer 13 fois leur poids dans les mêmes circonstances. La proportion est restée la même, mais les poids ont beaucoup augmenté.

Un cheval, à la vitesse de 16 kilomètres, pourrait aussi, sur un chemin de fer, remorquer 13 fois son poids, mais il ne travaillerait qu'une heure et demie par jour.

Dès le premier jour, éclatante supériorité du moteur mécanique sur les chevaux, nulle comparaison possible.

Disposition mécanique auxquelles les locomotives doivent de posséder à la fois la vitesse et la puissance. Nécessité de la possession simultanée de ces deux propriétés. Elle fait le succès des chemins de fer et constitue leur caractère principal.

La locomotive de Stephenson, de 1831, a subi de grands changements, qui sont surtout des accroissements de dimension: c'est un enfant qui a grandi. Les conditions de l'exploitation des chemins de fer se sont aussi beaucoup modifiées depuis la même époque.

Premiers faits pratiques de l'exploitation des chemins de fer.

Sur le chemin de fer de Liverpool à Manchester, dès le commencement, grande affluence de voyageurs, faible mouvement de marchandises; c'était le contraire des prévisions. Les chemins de fer établis postérieurement présentent des résultats analogues. On en conclut l'idée que ces voies nouvelles étaient plutôt faites pour les voyageurs que pour les marchandises de roulage. On transportait celles-ci avec les voyageurs ou dans un petit nombre de trains spéciaux circulant la nuit. Il n'y avait le plus souvent qu'une vitesse, qu'un type de machines, qu'un genre de convois.

En 1845, deux ans après leur ouverture, les chemins de fer d'Orléans et de Rouen n'avaient que 2 trains de nuit pour les marchandises. Ils en ont au moins 5 ou 6 aujourd'hui tant de jour que de nuit.

Du mouvement des voyageurs.

Les chemins de fer offrent pour le transport des personnes de tels avantages, qu'ils ont dès le premier jour presque leur plein effet sous ce rapport. Exemples:

Chemin de Liverpool à Manchester. 445 000 voyageurs, la 1^{ère} année, en 1831. Pendant plusieurs années subséquentes, le mouvement oscille autour de ce chiffre. Il n'a jamais pu dépasser 475 000 au bout de 5 ans.

Chemin de Londres à Birmingham. En 1839, 1^{ère} année d'exploitation incomplète, 600 000 voyageurs; — 722 000 en 1840, — 767 000 en 1841, — 785 000 en 1842, — 780 000 en 1843: viennent ensuite des embranchements qui apportent leur contingent de circulation.

Chemin de Paris à Rouen — De 1843 à 1847, le mouvement des voyageurs oscille autour du chiffre de 950 000.

Chemins de Corbeil et d'Orléans — En 1841, la petite ligne de Corbeil, mise en exploitation, recueille 866 000 voyageurs; 842 000 en 1842. Elle n'en a jamais reçu davantage. Le chemin d'Orléans avec son embranchement de Corbeil reçoit 1 373 000 en 1844, 1 381 000 en 1845. En 1846, l'ouverture du chemin d'Orléans à Courm èlève ce chiffre à 1 521 000 — Il est de 1 547 000 en 1847.

Chemin du Nord — Ouvert en Juin 1846, il recueille dans le dernier semestre de cette année 1 400 000 voyageurs — en 1847, pour les deux semestres, 2 600 000 voyageurs; 2 400 000 en 1848, 2 830 000 en 1849 à cause des embranchements de Dunkerque, Calais et Compiègne.

Chemin de Strasbourg à Bâle — Ouvert à la fin de 1841, il recueille 700 000 voyageurs en 1842, 703 000 en 1843, 716 000 en 1844, 763 000 en 1846, 739 000 en 1847, 630 000 en 1848, 608 000 en 1849, 684 000 en 1850, 675 000 en 1851, 704 000 en 1852.

Ce n'est pas seulement le chiffre de la circulation des voyageurs sur un chemin de fer qui se fixe dès la première année de son exploitation et varie peu tant que ce chemin ne reçoit par d'embranchement ni de prolongements, ou que les conditions de tarif et de service restent les mêmes, c'est encore le parcours moyen de ces voyageurs, et leur répartition entre les diverses classes de voitures.

Du mouvement des marchandises.

Les résultats sont tout différents pour le mouvement des marchandises. Ce mouvement a été constamment en croissant sur toutes les lignes que nous venons de mentionner. C'est là un fait dominant dans l'exploitation des chemins de fer pendant ces dernières années, que le développement inespéré qu'y a pris le transport des marchandises. C'est d'ailleurs un fait général dans tous les pays. — Exemples résumés dans le tableau suivant :

Années.	Longueur des réseaux.	Recettes		Proportion pour cent de la recette		
		en voyageurs.	en marchandises et articles divers.	des voyageurs.	des marchandises.	
Chemins anglais . . .	1843	3 000 K	78,000 000 ^f	36 000 000 ^f	69	31
id belges	id	484	6 000 000	3 000 000	67	33
id français	id	763	13 500 000	8 000 000	66	34
Chemins anglais	1853	12 000 K	204 000 000 ^f	217 000 000 ^f	48	52
id belges	id	621	9 000 000	10 000 000	47	53
id français	id	3 978	80 000 000	92 000 000	47	53

Chemins allemands — En 1844, 2412 Kilomètres, 10 306 000 voyageurs, et moins d'un million de tonnes de marchandises : en 1853, réseau de 8450 Kilom., 27 000 000 de voyageurs et 10 500 000

tonnes de marchandises!

Une des causes principales de l'accroissement des transports de marchandises est l'extension des réseaux. Cette extension a eu encore pour effet de rendre de plus en plus nécessaire la condition d'abréger la durée des voyages pour une partie des voyageurs, d'établir pour les longs parcours des trains de grande vitesse.

Toutes ces innovations ont été singulièrement activées par la réunion des diverses lignes de chemins de fer desservant une même région, en une seule exploitation.

Organisation actuelle du service d'exploitation.

Voilà comme on a été conduit par le développement des réseaux et la force des choses à l'organisation actuelle:

Pour les voyageurs —	{	Trains express	Vitesses de 70 à 80 Kilomètres;
		Trains omnibus ou trains mixtes	id. de 35 à 45 . . id.
Pour les marchandises —		Trains spéciaux de petite vitesse	id. de 20 à 30 . . id.

C'est une organisation analogue à celle qui existait dans l'industrie des transports sur les grandes routes: 1^o voitures de poste; 2^o diligences ou messageries; 3^o roulage.

Des locomotives et de leurs progrès.

La nature et l'industrie des hommes ont créé des chevaux de qualités différentes pour les divers services l'industrie a créé des locomotives ayant aussi des qualités appropriées aux services auxquels elles sont destinées,

les locomotives de grande vitesse,
les locomotives mixtes,
les locomotives à petite vitesse.

Dans les machines locomotives, soit qu'on veuille de la vitesse, soit qu'on veuille de la force, il n'y a qu'une manière de l'obtenir, c'est en augmentant la pression de la vapeur et la puissance de vaporisation des chaudières. De là un agrandissement de dimensions et une augmentation du poids des machines. Les premières locomotives en 1830 pesaient de 5 à 6 tonnes, en 1855 on en emploie qui pèsent de 30 à 36 tonnes. L'accroissement progressif de leur poids a été assez régulier et peut être établi sommairement comme ci-après:

Epoques.	Poids des locomotives en service.
1830	5 à 6 tonnes.
1835	10 à 12 "
1840	15 à 18 "
1845	20 à 24 "
1850	25 à 30 "
1855	30 à 36 "

Il y a des exceptions — M^r Buddicom, constructeur de machines et entrepreneur de

la traction sur les chemins de fer de Rouen et du Havre, n'emploie que des locomotives pesant au plus 17 tonnes pour le service des voyageurs, et 20 tonnes pour les marchandises. Il est probable que le développement du trafic obligera d'outrepasser ces limites.

On a construit dans ces dernières années des machines-tenders à six roues et pesant jusqu'à 60^t.

La surface de chauffe des premières machines était de 25 mètres carrés. Elle a atteint successivement 50, 80, 100^{m. q.}. Les nouvelles locomotives qui remorqueront des charges brutes de 200^t (y compris la machine) sur la rampe de 0,014 et de près de 20 kilom. de longueur entre Rive de Pier et S^t Etienne, auront une surface de chauffe de 135 à 140 mètres carrés et peseront 36^t en marche. Les locomotives qui font le service des rampes de 0,025 au Sammering, en Autriche, ont une surface de chauffe de 155^{m. q.} — 100^{m. q.} est, en général, la mesure la plus usitée.

La pression effective à laquelle est engendrée la vapeur dans les chaudières était primitivement de 3 atmosphères et demi; elle est aujourd'hui de 6,7 et 8 atmosphères.

Le diamètre des chaudières qui n'était guères que de 0^m, 84 dans l'origine, a été porté successivement à 1^m, 1^m, 10, 1^m, 20, 1^m, 30. Il est limité par la largeur de la voie qui est généralement de 1^m, 45 au plus. — Le nombre des tubes a été augmenté aussi: Stephenson en employait déjà 110 en 1835; on en emploie aujourd'hui jusqu'à 180. — La longueur des chaudières et des tubes qui n'était primitivement que de 2^m à 2^m, 40, a été doublée. — Le diamètre des cylindres a été pendant 10 ans de 0,28 à 0,36; il est aujourd'hui de 0,38 à 0,45. — La longueur de course des pistons qui était de 0,41 à 0,46, est actuellement de 0,56 à 0,61. Ces dimensions varient peu avec la nature du service; toutefois, ce sont les machines à marchandises qui ont les plus grands cylindres.

Les roues motrices eurent d'abord 5 pieds anglais (1^m, 52), puis 5^p $\frac{1}{2}$ (1^m, 67), 6^p (1^m, 82); on n'allait pas plus loin en 1840 — D'un moment qu'il fallut obtenir de très grandes vitesses, on dut augmenter ce diamètre. On se donne pour condition de ne pas faire mouvoir le piston au delà de 5 à 6 fois par seconde, et par conséquent la roue motrice avec une vitesse excédant 2 tours et demi ou 3 tours par seconde. De là on peut déduire le diamètre minimum des roues motrices correspondant aux vitesses qu'on veut atteindre. Exemple: pour une vitesse maximum de 72 000 mètres à l'heure,

D étant le diamètre des roues motrices, la formule sera $3\pi D = \frac{72\,000^m}{3600}$ d'où $D = 2^m, 12$.

Ce qui distingue encore les machines entre elles, c'est leur pouvoir d'adhérence. Il faut que l'adhérence ou la résistance au glissement des roues motrices sur les rails surpasse la somme des résistances du convoi. Or l'intensité de cette adhérence dépend de l'état des rails, et de la pression supportée par les roues motrices. Elle est évaluée à $\frac{1}{3}$ de cette pression lorsque les rails sont secs, à $\frac{1}{10}$ lorsqu'ils sont glissants. On adopte dans les calculs $\frac{1}{6}$ assez généralement.

Les machines à grande vitesse pour les voyageurs et celles en général qui remorquent des convois peu lourds sur des chemins de fer à faible pente, ont presque toujours assez d'adhérence avec une seule paire de roues motrices.

Pour les convois très lourds ou qui circulent sur un chemin à fortes rampes, il faut beaucoup d'adhérence, et on fait usage de machines à deux paires, à trois paires de roues motrices, même davantage, parce qu'alors une plus forte partie du poids de la machine et même ce poids

tout entier sera à l'adhérence. Il suffit pour cela d'accoupler les roues par une bielle, en leur donnant le même diamètre. Dans les machines-tenders (système Sugoth) employées au Sammering (Autriche), il y a cinq paires de roues motrices accouplées. Le poids tout entier des machines en marche (60^{tes}) sera à l'adhérence, qui peut donc varier de 20 000 Kilog. à 6000 Kilog. suivant que les rails sont secs ou glissants.

Généralement les locomotives sont à 6 roues. Elles ont donc soit une paire de roues motrices ou adhérentes, soit deux paires, soit trois paires, suivant les circonstances. Cela constitue trois catégories principales de machines, ayant de grandes surfaces de chauffe de 100 à 125 mètres carrés, travaillant à des pressions de 6 à 8 atmosphères et dont les plus fortes dimensions sont, savoir:

1^o Locomotives à grande vitesse (système Crampton). Poids en marche 27 à 29 tonnes — une seule paire de roues motrices d'un diamètre de 2^m à 2^m,40 — poids adhérent, c'est-à-dire supporté par les roues motrices, 12^{tes} au moins — vitesse de marche, 70 à 80 Kilomètres à l'heure.

2^o Locomotives mixtes, pour les trains omnibus de voyageurs, ou pour les trains mixtes de voyageurs et de marchandises, ou pour les trains de voyageurs de toute nature sur les lignes à pente forte; poids en marche, 28 à 30^{tes} — deux paires de roues motrices d'un diamètre de 1^m,60 à 1^m,80 — poids adhérent, 18 à 20^{tes} — vitesse de marche, 35 à 45 Kilomètres.

3^o Locomotives à petite vitesse pour les marchandises — poids en marche, 34 à 36^{tes} — trois paires de roues motrices d'un diamètre de 1^m,30 à 1^m,45 — poids adhérent, 34 à 36^{tes} — vitesse de marche, 20 à 30 Kilomètres.

Les chaudières de ces machines portent environ trois mètres cubes d'eau. Lorsqu'elles sont vides, les locomotives pèsent donc 3^{tes} de moins.

Il y a beaucoup de locomotives moins fortes que celles ci-dessus. Chaque catégorie comprend un assez grand nombre de variétés ou de modèles différents. Les machines mixtes varient le moins.

Les modèles diffèrent, notamment par la position des cylindres et leur inclinaison, par la position des essieux et des chassis.

Désaccord entre les ingénieurs chargés de l'exploitation des chemins de fer — les uns ont une tendance à employer des locomotives de plus en plus fortes et pesantes; les autres s'imposent une limite de poids de 20, 23, 25 tonnes — les machines (système Buddicom) ne pèsent pas au delà de 17 à 20 tonnes.

Dans les conditions actuelles de la voie, on peut croire que les dimensions mentionnées plus haut atteignent la limite extrême.

Cableau

Tableau indiquant approximativement le nombre des locomotives appartenant aux divers réseaux de chemins de fer, en 1854.

Chemins de fer.	Nombre de locomotives		
	à voyageurs.	mixtes.	à marchandises.
du Nord	140	13	98
de l'Est	129	18	81
de l'Ouest	70	35	42
d'Orléans et prolongements . . .	140	32	78
de Lyon et embranchements . . .	45	50	45
Lyon et Méditerranée	27	18	23
Grand-Central	4	37	16
	555	203	383

Ensemble 1141 pour un développement d'environ 4000 kilomètres en exploitation.

Calcul du nombre de locomotives nécessaires pour l'exploitation d'une ligne de chemin de fer.

- Ce nombre est sensiblement proportionnel au parcours kilométrique journalier des trains. Soit P ce parcours, $\frac{P}{60}$ représente assez exactement le nombre de machines nécessaires à l'exploitation du chemin.

Prix d'une machine et de son tender — On peut les estimer d'après leurs poids, en appliquant le prix de 2^{fr}.30 le Kilog. aux locomotives et celui de 1^{fr}.40 le Kilog. aux tenders.

Tenders. — Leurs dimensions et leurs poids ont grandi en même temps que ceux des locomotives. Leur capacité n'a pas augmenté dans la même proportion. Les anciens tenders pouvaient vider 4000^k. d'abord et portaient un approvisionnement d'eau et de coke de 4 à 5 tonnes. Les nouveaux tenders pesent vider 9000^k, 10000^k, 12000^k, mais ils ne portent guères plus que 7 à 8 tonnes d'eau et de coke.

Consommation. — On peut estimer qu'une locomotive à voyageurs consomme de 6 à 8 kilogrammes de coke par kilomètre parcouru ; une locomotive à marchandises 50 % de plus. La quantité d'eau dépensée est de 9 à 10 fois plus considérable. Une machine à grande vitesse peut donc consommer 5 mètres cubes d'eau par heure. La capacité du tender permet à la machine de parcourir 70 kilomètres sans renouveler sa provision d'eau. — Tous les tenders portent toujours beaucoup plus de coke qu'il n'en faut pour le parcours. — Une machine à marchandises doit renouveler sa provision d'eau à des distances beaucoup plus rapprochées, après un parcours de 30^k, par exemple, et souvent moins. — On distribue les réservoirs d'eau en conséquence.

Travail d'une machine. — Une locomotive et son tender constituent le remorqué. C'est une masse de 40 à 60 tonnes (exceptionnellement de 25^t à 35^t) qui doit s'animer d'une

vitesse considérable avant de produire le moindre effet utile.

Soit p la pression utile dans les cylindres de la locomotive par centimètre carré;

d le diamètre des cylindres;

l la longueur de course des pistons;

D le diamètre des roues motrices;

T la force de traction;

$$2p \frac{\pi d^2}{4}$$

représente la pression totale sur les pistons dans les deux cylindres. Pendant que les roues motrices font un tour πD , les pistons parcourent deux fois la longueur l .

$$4lp \frac{\pi d^2}{4}$$

représente donc le travail des pistons ou le travail moteur.

$$T \pi D$$

est l'expression du travail résistant. Pendant un tour des roues motrices, ce travail est égal au travail moteur des pistons.

On a donc l'égalité

$$(a) \dots \dots \dots T \pi D = 4lp \frac{\pi d^2}{4} \quad \text{d'où } T = \frac{lpd^2}{D}$$

On peut mettre l'équation (a) sous la forme

$$(b) \dots \dots \dots Tv = Vp$$

en représentant par v la vitesse du convoi par seconde, par V le volume de vapeur consommée dans le même temps. Soit t le temps d'un tour de roue motrice, on a

$$v = \frac{\pi D}{t} \quad \text{et } V = 4 \frac{\pi d^2 l}{t} \quad \text{puisque } \frac{\pi d^2 l}{4} \text{ est le volume occupé par la vapeur dans le cylindre.}$$

L'équation (b) met bien en évidence ce résultat, c'est que la force de traction ou la vitesse d'une locomotive sera d'autant plus considérable que le volume de vapeur produit et consommé par seconde sera plus grand, et que la tension de cette vapeur sera plus forte. La tendance à augmenter la surface de chauffe des chaudières et la pression sous laquelle la vapeur y est engendrée se trouve donc pleinement justifiée, soit que l'on veuille des machines de grande force ou des machines de grande vitesse.

L'équation (a) fait voir, d'autre part, que l'on a intérêt, sous le rapport de la force, à adopter, avec une grande tension de la vapeur, de grandes longueurs de course, de grands diamètres de cylindre et de petites vitesses de transport.

La résistance au mouvement d'un convoi se compose de plusieurs termes: 1° frottement de roulement sur les rails; 2° résistance due aux défauts de pose des voies et de montage du matériel, à l'inégalité d'usure des bandages, aux passages dans les courbes, &c; 3° résistance de l'air; 4° frottements du mécanisme produits par la pression de la vapeur. Divers observateurs ont cherché à formuler la résistance totale à la traction d'un convoi, mais ces observations sont insuffisantes. Un ingénieur anglais, M^r. Wyndham Harding, a déduit d'assez nombreuses expériences une formule empirique donnant les trois premiers termes ci-dessus, que l'on augmente de 25 % pour tenir compte du quatrième terme. Cette formule peut, en mesures françaises, s'écrire sous la forme ci-après:

R coefficient de résistance par tonne, exprimé en kilogrammes;

V vitesse en kilomètres par heure;

P poids du convoi en tonnes.

On suppose que le convoi oppose à la résistance de l'air une surface de cinq mètres carrés.

$$R = 2.72 + 0,094 V + 0,0242 \frac{V^2}{P}$$

Il faut augmenter de 25 % ces trois termes pour tenir compte des résistances additionnelles dues au mécanisme et à la pression de la vapeur.

On a ainsi définitivement

$$R = 3^k.40 + 0,118 V + 0,03 \frac{V^2}{P}$$

On a calculé dans le tableau ci-après les coefficients de résistance pour des convois de 100, 200 et 300 tonnes, et pour des vitesses de 30 à 100 kilomètres à l'heure; mais la formule n'est généralement appliquée que pour des vitesses de 40^{kil.} au moins.

Vitesse en Kilomètres par heure.	Coefficients de résistance par tonne et sur niveau (exprimés en Kilogrammes) pour un convoi de		
	100 ^{t.}	200 ^{t.}	300 ^{t.}
30	7. 21	7. 08	7. 03
40	8. 60	8. 36	8. 28
60	11. 56	11. 02	10. 84
80	14. 76	13. 80	13. 48
100	18. 20	16. 70	16. 20

On peut, faute de mieux, appliquer ces résultats et la formule d'où ils proviennent, mais sans leur accorder une confiance trop absolue. (1).

Si le chemin n'est pas de niveau et est en rampe ou pente de 4, 8, 12 millimètres par mètre, il faut ajouter ou déduire 4, 8, 12 kilogrammes par tonne du poids du convoi.

Application. — Soit un train express composé de 9 voitures pesant 60^{t.}, d'une machine et son tender pesant 40^{t.}, poids total du convoi 100^{t.}. Supposons que la vitesse est de 80 kilomètres. La machine n'a qu'une paire de roues motrices, et le poids supporté par l'essieu moteur est de 12 000 kilogrammes. D'après la table ci-dessus, le coefficient de résistance totale sur niveau étant de 14^{kilog.} 76 par tonne, cette résistance sera de 1476 kilogrammes.

Pour que le train avance sur la voie, il faut que sa résistance soit moindre que l'adhérence des roues motrices sur les rails. Or, cette adhérence varie du tiers au dixième du poids adhérent (12 000^{k.}) suivant que les rails sont très secs ou très glissants, c'est-à-dire qu'elle varie de 4000^{k.} à 1200^{k.}

Si l'adhérence n'était que de 1200^{k.}, le train que nous considérons ne pourrait pas

(1) Il est facile de calculer la force d'une locomotive ou chevaux-vapeur dès que l'on connaît le coefficient de résistance. Soit une locomotive ramorquant 200^{t.} sur niveau avec une vitesse de 60 kilom. par heure ou 17^{m.} par seconde, la force en chevaux sera donnée par la formule $\frac{17 \times 200 \times 11,02}{75} = 499$ chevaux.

avancer. Il faut que cette adhérence soit de 1500 Kilog. au moins.

On suppose ici la voie de niveau, mais si ce convoi de 100^t devait circuler sur une partie en rampe de 0,005, par exemple, la résistance du train serait augmentée de $0,005 \times 100^t$ ou 500 Kilog. Elle serait donc de 1976 Kilog., et l'adhérence devrait être au moins de 2000^k, soit $\frac{1}{6}$ du poids adhérent. Si cette dernière condition ne se réalisait pas, le train ne pourrait être mis en mouvement.

Sur des parties en rampe de 0,008 par mètre, la résistance serait de 2276 Kilog., et l'adhérence équivalente au sixième du poids adhérent ne suffirait plus. Il faudrait que l'état des rails permit une adhérence plus forte, ou employât dans ces parties une machine de renfort, ou faire remorquer le train par une machine mixte, c'est-à-dire ayant deux essieux moteurs, et portant sur ces deux essieux 18 tonnes environ. L'adhérence estimée au sixième de ce poids serait de 3000 Kilog. — Seulement, le diamètre des roues motrices de ces machines ne dépassant guères 1^m,70, et ces roues ne devant pas faire plus de 3 tours par seconde au maximum, la vitesse du train n'excèdera pas 58 kilomètres, et alors sa résistance totale sera moindre que celle calculée ci-dessus.

En appliquant des calculs analogues à des trains pesant 200, 300 tonnes, on se rendra compte aisément de la nécessité où l'on se trouve d'employer des machines d'un grand poids et à trois paires de roues motrices.

Faits généraux relatifs au matériel ou à la vitesse maximum des convois. On peut résumer assez exactement, comme ci-après et d'une manière générale, l'influence des rampes sur la composition du matériel remorqué et la vitesse maximum des convois d'une ligne de chemin de fer, dans l'état actuel des choses.

1^o Lignes à pentes ou rampes de 0 à 0,005 par mètre.

Matériel remorqué employé
suivant la nature du trafic

1 ^o Machines à une paire de roues motrices.
2 ^o id à 2 paires id (machines mixtes).
3 ^o id à 3 paires id ou plus exceptionnellement

Vitesse maximum 80 kilomètres.

2^o Lignes à pentes ou rampes de 0,005 à 0,010.

Matériel remorqué

1 ^o Les machines à une seule paire de roues motrices sont employées plus rarement à mesure que la déclivité des rampes augmente et elles deviennent une exception.
2 ^o Les machines mixtes sont plus fréquemment employées pour le transport des voyageurs.
3 ^o Machines à 3 paires de roues motrices ou plus exceptionnellement.

Vitesse maximum 60 kilomètres.

3^o Lignes à pentes ou rampes de 0,010 à 0,015.

Matériel remorqué

1 ^o Machines mixtes pour les voyageurs.
2 ^o Machines à 3 paires de roues motrices pour le service des voyageurs et des marchandises
3 ^o Si on emploie des machines à plus de 3 paires de roues motrices, elles sont exceptionnelles et ne servent, comme dans le cas ci-dessus, que pour le transport des marchandises.

Vitesse maximum 40 kilomètres.

4^e Lignes à pentes et rampes de 0,015 à 0,030

Matériel remorqué

- 1^o Les machines mixtes devinrent une exception.
- 2^o Les machines à 3 paires de roues motrices servent plus fréquemment pour le transport des voyageurs, à mesure que la déclivité des rampes augmente.
- 3^o Machines à 4 et 5 paires de roues motrices sur les parties en forte rampe.

Vitesse maximum, décroît de 30 à 20 Kilomètres et au dessous, suivant les rampes.

Matériel remorqué. Voici quelle était la répartition de ce matériel entre les principaux réseaux de chemins de fer en France, à la fin de 1854.

Réseaux.	Voitures à voyageurs.	Wagons de service des trains de voyageurs.	Wagons à marchandises.	Total.
Nord	680	334	5118	6132
Est	774	354	3720	4788
Lyon	284	204	1929	2417
Orléans	761	315	3361	4435
Méditerranée	258	108	1779	2145
Ouest	792	275	2350	3417
Grand Central (Rhône et Loire)	104	55	4055	4212
	3653	1641	22312	27606

La longueur totale des lignes ci-dessus en exploitation était de 4000 Kilomètres.

L'importance du matériel roulant varie avec l'importance et la nature du trafic.

En moyenne on peut compter :

1^o voitures de service des voyageurs . . . 1,25 par myriamètre et par train de voyageurs ;

2^o wagons à marchandises 7,12 id et par train de marchandises.

Les voitures à voyageurs se partagent en trois classes et en voitures mixtes (le plus souvent de première et deuxième classe). — Les wagons de service des trains de voyageurs se composent notamment de wagons à bagages ou articles de messagerie, — wagons-poste, — wagons-écuries, — trucks à voitures.

Sur 100 voitures et wagons de l'ensemble du matériel des chemins de fer en France, on peut compter :

14 voitures de voyageurs	3 voitures de 1 ^{re} classe; 5 " 2 ^e " 5 " 3 ^e " 1 voiture mixte.
6 wagons de service des trains de voyageurs	3 wagons de bagages ou messagerie; 2 wagons-écuries, trucks, etc., 1 wagon-poste et divers.
80 wagons de marchandises	22 wagons fermés servant aux bestiaux et aux marchan- -dises. — Ils sont commodes et l'usage s'en répand. 10 wagons-tombereaux, à bords élevés. L'usage en décroît. 15 wagons plats ou à plateforme. 39 wagons à houille et coke. La majeure partie, près de 10 000 wagons, appartient aux réseaux du Nord, de l'Est, de la Méditerranée et de Rhône et Loire. 10 wagons à bois, pierres, lait, charbon de bois, maringot- -tes, etc. 4 wagons à ballast.

Les voitures et wagons se divisent en séries qu'on distingue par des lettres : voitures de 1^{re} classe, série A ; voitures de 2^e classe, série B ; voitures mixtes, série AB ; voitures de 3^e classe, série C ; &c.

Capacité et poids. — Il y a trois classes de voitures de voyageurs, comme il y avait dans les anciennes diligences trois classes de places. — Les voitures furent d'abord légères. En Belgique et en Alsace, en 1838, les voitures étaient de 30 places et pesaient vides 3650^k. (1^{re} classe) — 2950^k. (2^e classe) — 2700^k. (3^e classe). Les voitures de ces classes ont aujourd'hui, 24, 35 et 40 places et pèsent au moins 5100^k — 4400^k — 4200^k, sur la plupart des grandes lignes de chemins de fer. Ces voitures sont à 4 roues.

Un wagon de bagages ou fourgon de messagerie, qui pesait 3000^k autrefois, pèse 5000^k aujourd'hui.

Un wagon de marchandises pesait 1000 à 1500^k en 1831 au chemin de Liverpool à Manchester. — Il pesait 2700^k dix ans après ; — il pèse aujourd'hui de 3300 à 4200^k.

Les poids des voitures et wagons ont augmenté de 33 à 50 % pour la même capacité. Ces accroissements de masse est un élément de sécurité pour les voyageurs, une condition de conservation et de durée pour un matériel exposé à des causes d'avaries toujours croissantes à mesure que le trafic se développe et qui doit pouvoir servir longtemps, non-seulement sans grosses réparations mais presque sans entret en.

La résistance due au frottement sur les rails est évaluée à 2^k,75 par tonne. Elle est doublée pour un train animé d'une vitesse de 30 kilomètres à l'heure, par le seul fait des chocs, secousses et vibrations résultant de l'état de la voie, tout en supposant celle-ci établie avec soin. Plus la vitesse des trains est grande, plus l'état de la voie a d'influence sur le matériel roulant d'un chemin de fer : de là la nécessité de donner à ce matériel une grande rigidité.

La proportion du poids mort au poids utile s'est également modifiée pour le transport

des marchandises. Dans le roulage de terre, une carriole vide pèse 500^k et reçoit une charge de 1500^k , rapport du poids mort au poids utile, 1 à 3. — Dans les premiers transports par chemin de fer, cette proportion a été à-peu-près maintenue. Elle est encore de 1 à $2\frac{1}{2}$ dans les transports de houille (un wagon de 4200^k sur le chemin de fer du Nord reçoit une charge de 10300^k , poids total 14500^k . C'est actuellement le maximum pour un wagon à 4 roues). Un wagon de marchandises de 3300 à 4000^k ne reçoit guères qu'une charge de 5 à 6 tonnes.

Dans nos anciennes diligences, le poids mort était de 125^k moyennement par place de voyageur. C'est encore le même chiffre sur les chemins de fer, dans les voitures de 2^e classe, un peu moins dans celles de 3^e classe. Mais le poids des voitures de 1^e classe s'élève à 210^k par place de voyageur.

Le rapport du poids mort au poids utile dans les voitures à voyageur des chemins de fer est considérable. Il est de 3 à 1 dans les voitures de 1^{re} classe, et environ de 2 à 1 dans les autres. Ce calcul est fait en supposant les voitures pleines; or cela arrive rarement; qu'on juge de l'énormité du poids mort remorqué relativement au poids utile? Il y a sous ce rapport des améliorations très désirables à faire, mais elles ne sont pas aussi faciles qu'elles le paraissent.

Renforcement de la voie. — Soit, comme sur le chemin de fer du Nord, un train de 30 wagons de houille pesant 14500^k chacun, remorqués par une forte locomotive à 6 roues suivie de son tender, à la vitesse de 30 kilom. à l'heure. C'est une série de 65 passages de roues s'accomplissant en 30 secondes à-peu-près; c'est une série de chocs, pressions et vibrations sur chaque rail, sous des poids variant de 3600^k à 7000^k ! Supposez que ce rail doive vibrer sous de pareilles pressions plusieurs fois par jour, et tous les jours; qu'il essuie en outre la fatigue des passages de lourdes machines à grande vitesse, la fatigue des passages des autres trains moins lourds; qu'il circule, comme cela arrive sur certaines sections, 40, 50 et 60 trains par jour; et l'on s'expliquera aisément qu'on ait eu nécessaire de renforcer la voie en augmentant le nombre des points d'appui, le poids des rails en même temps qu'il y a eu accroissement du poids des machines, du poids des voitures et wagon, du poids des convois, de leur nombre, etc.

Les rails, qui ont pesé d'abord 17^k par mètre courant au chemin de Liverpool à Manchester, ont pesé ensuite 20, 25, 30, 35, 40^k . — On a même dépassé ce dernier chiffre. — On s'efforce d'augmenter la stabilité de la voie (les anglais l'ont toujours appelée permanent way, voie permanente, et elle n'a jamais justifié ce titre). Jusqu'à présent les rails n'ont guères duré plus que les traverses en bois. Tous les calculs faits sur leur usure sont sans intérêt. Les rails n'ont pas le temps de s'user, ils s'écrasent, se dessolent, se cassent. — Une autre raison a fait renforcer les rails, c'est la moins bonne qualité du fer employé pour leur fabrication: on demande à la quantité de matière ce qu'on n'espère plus obtenir de sa qualité.

La longueur des rails varie de $4^m,50$ à 6^m . — leur poids de 30 à 37^k . — La tendance est de les faire longs et pesants, et d'espacer les traverses à $0^m,60$ près des joints, et à $0^m,90$ ou $1^m,00$ sur les autres points. — Le poids des coussinets suit les variations du poids des rails. — On s'applique à fortifier les joints des rails au moyen d'éclisses en fer. — Le ballast est mieux choisi et plus abondant. — L'entrevoie tend à s'élargir. Elle était de $1^m,00$ dans l'origine; elle a été portée à $1^m,80$, elle est souvent de 2^m , et même plus, et on a pu, en conséquence, élargir les voitures et les chargements des wagons sans excéder les limites imposées par l'intérêt de la sécurité.

La largeur de voie en France et ailleurs est généralement de 1^m.44 à 1^m.45, — elle est de 1^m.70 en Islande, de 2^m.10 sur les lignes de l' Ouest en Angleterre. — Grande lutte entre les deux systèmes de petite et large voie en Angleterre. On y regrette qu'il n'y ait pas eu uniformité. La petite voie a prévalu. Elle permet des vitesses de 100^k à l'heure, ce qui paraît suffisant. En France la largeur de voie est uniformément pour tout le réseau de 1^m.44 à 1^m.45.

Établissements des Chemins de fer; intervention de l'industrie privée, ses progrès, ses phases.

L'année 1825 a vu en Angleterre et en France les premières concessions de chemin de fer destiné à un usage public. C'étaient les chemins de Stockton à Darlington en Angleterre, et de St-Étienne à Andrieux en France: tous deux destinés au transport de la houille, reliant des mines à une voie navigable. — En 1826, concession du chemin de fer de St-Étienne à Lyon; en 1828, celle du chemin d'Andrieux à Roanne; — de 1823 à 1828, concessions par ordonnance royale, sur adjudication, le rabais portant sur le tarif, concessions perpétuelles à l'instar de l'Angleterre, construction entièrement aux frais des compagnies, absence totale de tarif pour les voyageurs; l'objet à peu près unique de l'entreprise est le transport de la houille.

En 1834 et 1835, sur le chemin de fer de St-Étienne à Lyon, il y avait déjà 1400 wagons à houille et 12 locomotives. Les wagons pesaient 1000 kilog., coûtaient de 500^f à 1000^f et portaient une charge de 3 tonnes (les wagons actuels pèsent environ 4000^k, portent 10^t et coûtent près de 5000^f); les machines remorquaient 20 wagons en plaine ou 80 tonnes au plus; la traction coûtait 0^f.62 par kilomètre (la traction peut coûter actuellement 50% de plus, mais les machines remorquent une charge 6 à 7 fois plus considérable; elles coûtent elles-mêmes 4 à 5 fois plus de premier achat).

Une partie du chemin d'Andrieux à Roanne est en pays de montagne. On y adopta par économie le système de plans inclinés à 0.03, 0.04 et 0.05 par mètre. — Ces plans sont desservis par des machines à vapeur fixes qui remorquent, au moyen de câbles, les trains fractionnés en plusieurs parties. Ce mode de traction était fort coûteux. On reconstruit le chemin avec des pentes n'excédant pas 0^m.015 et on n'emploiera plus que des locomotives.

En 1835, sur les chemins de fer de la Loire, on avait organisé le transport des voyageurs. C'étaient des diligences ordinaires ou à peu près, traînées par des chevaux à des vitesses de 10 à 13 kilom. à l'heure. Cela suffit pour faire disparaître les voitures publiques sur la route. Ces voitures transportaient 150 à 200 voyageurs par jour, entre St-Étienne et Lyon. Le chemin de fer en eut 400 dès le premier jour. Dix ans plus tard, la circulation atteignait une moyenne de 1600 par jour, les chevaux avaient disparu, le trajet s'effectuait à la vitesse de 25 kilomètres à l'heure.

Aujourd'hui ces trois lignes de la Loire sont réunies à la grande ligne de Paris à Lyon par le Bourbonnais. — Tarif de voyageurs comme de marchandises, plus de perpétuité dans la concession (sa durée est de 99 ans), rectification du tracé, plus de plans inclinés, pentes n'excédant pas 0,015, renouvellement du matériel, renforcement des rails (pour la troisième ou quatrième fois en 25 ans sur le chemin de St-Étienne!)

En 1835, concession du chemin de St-Germain — C'est le premier chemin construit en vue du transport des voyageurs par locomotives — Conditions d'art perfectionnées, souterrains à grande section, grands ponts, rails de 30th, longues aiguilles de changements de voie, exécution rapide (2 ans). Le chemin de St-Germain ouvre véritablement l'ère des chemins de fer en France. — En 1836, 1837, concessions des chemins de Montpellier à Cette, de Paris à Versailles, de Mulhouse à Chaux, terminés en 1839 et 1840. Machines locomotives, conditions d'art perfectionnées, transport des voyageurs plus que de marchandises... D'autre part, intervention du pouvoir législatif pour la concession; concession limitée à 99 ans, petites lignes, petites entreprises de deux, quatre, dix millions, qui paraissent alors des spéculations assez hardies.

En 1838, le Gouvernement demanda aux Chambres l'autorisation d'exécuter, aux frais de l'Etat, les grandes lignes de chemin de fer. « Elles doivent être les têtes du Gouvernement », disaient ses organes: « ce sont aussi les ailes du commerce » pensait-on déjà, et comme tels ils peuvent être l'œuvre de l'industrie privée. Voilà comme, dès 1838, l'opinion commença à se diviser sur la question de savoir si les chemins de fer devaient être entrepris par l'Etat ou par les Compagnies. Les Chambres rejetèrent à cette époque le projet du Gouvernement; on concéda quelques grandes lignes à des compagnies. Mais l'industrie privée avait trop présumé de ses forces dès le commencement. Deux seules compagnies survécurent en recourant à l'assistance du Gouvernement. L'une, celle du chemin de Strasbourg à Bâle, reçut un prêt équivalent aux trois dixièmes de son capital; l'autre, la Compagnie du chemin de fer de Paris à Orléans, ne sollicita pas de secours pécuniaire et ne demanda que de la sûreté pour ses capitaux, la garantie d'un minimum d'intérêt de 4% pendant un certain nombre d'années. Ce système de garantie reçut depuis de nombreuses applications: en fait, il n'a jamais été qu'un engagement nominal de la part de l'Etat qui encourageait ainsi par son exemple les capitaux timides: son introduction est due principalement à l'initiative de M^r Bartholomy, président du Conseil d'administration du chemin d'Orléans, qui, dès cette époque, par ses écrits et ses combinaisons financières, travaillait à fonder d'une manière sérieuse l'esprit d'association en France. — Cet esprit faillit périre en 1838 dans la débâcle des spéculations désordonnées qui signalèrent cette époque et réagirent sur les entreprises les plus heureuses, telles que le chemin de fer d'Orléans. — En 1840, concession du chemin de fer de Paris à Rouen. L'intervention des capitaux anglais date de cette époque; il fallut aussi pour donner confiance dans cette entreprise, qui n'a jamais été que très fructueuse, que l'Etat consentit à prêter 14 millions à la compagnie. — A la même époque, l'Etat entreprend à ses frais l'exécution des chemins de Montpellier à Nîmes et de Lille et Valenciennes à la frontière de Belgique; l'industrie privée encore trop découragée n'était pas à la hauteur des besoins du pays.

A la fin de 1841, les chemins de fer livrés à l'exploitation avaient un développement de 569 kilomètres, les dépenses faites s'élevaient à 200 millions. C'est dans cette situation que la loi du 11 Juin 1842 trouva le pays. Ce fut une grande et heureuse initiative de la part du Gouvernement.

Cette loi classa les grandes lignes — elle en partagea les dépenses d'établissement entre les Compagnies et l'Etat, ne laissant à la charge des Compagnies que ce qui était le moins aléatoire et incertain.

A la même époque, une division spéciale des chemins de fer fut organisée au Ministère des Travaux publics. — On y institua aussi une commission qui est devenue le Comité consultatif des Chemins de fer.

Ces mesures coïncidaient avec un mouvement remarquable de l'opinion publique. L'ouverture en 1843 des chemins de fer d'Orléans et de Rouen et leurs succès entraînaient de nouveau les capitaux vers les chemins de fer — En 1844 et 1845 les concessions se multiplient, la plupart de nos grandes lignes datent de ces années là. L'engouement est si grand que l'on ne demande plus des concessions devant durer 99 ans. On accepte une durée limitée à 50, à 40, à 25 ans ! On renonce même aux bénéfices de la loi de 1842.

1845 et 1846 furent deux années de crise — quelques concessions sont abandonnées.

À la fin de 1846, il avait été concédé 4700 Kilomètres de chemins de fer, dont 1830^{h.} en exploitation. Les capitaux engagés étaient de 1600 millions dont 900 appartenant aux compagnies.

De 1848 à 1851, on se borna à continuer les travaux commencés. De 1852 à 1855 le réseau prend un développement rapide. Au 1^{er} Janvier 1856, il a une étendue de 11 500 Kilomètres dont 5000 en exploitation. Le capital engagé est de 3 milliards 900 millions, dont 900 millions provenant de l'Etat, et le reste provenant des compagnies. Le fait capital de cette période est la fusion des diverses compagnies en un petit nombre.

À partir de 1842, l'administration prépara encore les réglementations générales du service des chemins de fer — Loi du 15 Juillet 1845 sur la police des chemins de fer, — ordonnance royale du 15 Novembre 1846 rendue en exécution de la susdite loi. — C'est en 1846 qu'on établit les premiers bureaux-poste ambulants sur les chemins de fer. — En Septembre 1848 le contrôle technique est remis aux mains des Ingénieurs des Ponts et Chaussées et des Mines : un arrêté ministériel de 1850 complète cette disposition en réunissant plus étroitement au service technique le service des inspecteurs de l'exploitation commerciale.

La loi de 1842 et les lois complémentaires de concession qui la suivirent rendirent cet éminent service, de circonscrire les concessions, de les diriger d'après un plan d'ensemble et une grande unité de vues. Mais les grandes lignes avaient été, pour la plupart, morcelées en plusieurs concessions : de Paris à Nantes, 3 concessions ayant un tronçon commun de Paris à Orléans ; de Paris à la Manche, 2 concessions ayant un tronçon commun de Paris à Amiens ; de Paris à Marseille, 3 concessions ; etc.

Ce système de morcellement pratiqué en Angleterre est aujourd'hui jugé et condamné par l'expérience : le public y a plus perdu que gagné, la plupart des compagnies y ont beaucoup perdu. Les difficultés qu'il commençait à engendrer en France et celles que l'on prévoyait, amenèrent les compagnies et le Gouvernement à un système de centralisation qui devait réunir en un seul réseau, sous une même administration toutes les lignes desservant une même région. Ce fut aussi le moyen d'obtenir l'exécution d'embranchements qui n'auraient pu faire l'objet d'une concession isolée et dont l'exploitation devenait productive et peu coûteuse dans l'ensemble d'une grande exploitation.

La loi de 1842 avait créé les grandes lignes, plusieurs décrets successifs à partir de 1852 constituèrent des groupes ou réseaux.

Il avait été créé depuis 1823 60 compagnies environ. Il en existe encore une quinzaine, mais il en est huit principales qui se partagent le territoire de l'empire et embrassent plus que les neuf dixièmes de l'étendue totale des lignes du réseau. Toutes, moins deux, ont leur point de départ à Paris même. Elles y sont reliées par un chemin de fer de ceinture sur lequel les marchandises circulent

d'une gare à l'autre, évitant ainsi le transbordement et les frais de camionnage.

La ligne nouvelle de Paris à Lyon par le Bourbonnais appartient à un syndicat composé des compagnies d'Orléans, de Lyon, du Grand Central. Elle puisera ses produits dans les régions exploitées par ces compagnies.

Il y a encore quelques autres concessions isolées, dont la plus importante est celle du chemin de Lyon à Genève qui est destiné à entrer dans le réseau de Lyon à la Méditerranée.

Tableau résumé des chemins de fer, à la fin de 1855.

Régions.	Chemins de fer.	Longueur en Kilomètres.
Nord.	du Nord.	968
Est.	de l'Est.	1 814
Ouest, Nord-Ouest.	de l'Ouest.	2 059
Ouest et Centre.	d'Orléans et prolongements.	1 758
Est et Centre.	de Lyon et embranchements.	923
Centre.	Grand Central.	1 228
Sud-Est.	Lyon à la Méditerranée et embranchements.	624
Sud.	du Midi.	800
Total.		10 174
Ligne du Bourbonnais.		681
Concessions diverses.		624
Chemin de fer de Ceinture.		17
Petites lignes industrielles, d'exploitation de mines, etc.		89
Total général.		11 585

Kilomètres.

Sur cette longueur totale, il y avait, fin 1855, 5000 Kilomètres en exploitation.

Partage de la France en régions. Concours de l'Etat et de l'industrie privée.

En fait, la France est partagée en un petit nombre de régions où chaque compagnie, pour les transports par chemin de fer, exerce un monopole réglé par les cahiers des charges et surveillé par l'autorité. Ce partage qui résulte des fusions opérées dans les dernières années entre les diverses compagnies est heureusement combiné en vue de l'économie dans l'exploitation, du développement progressif et régulier du trafic, de la possibilité de réduire les prix de transport, et de l'extension du réseau. Tous ces avantages ont été acquis, sans qu'on ait été obligé de subir les ruineuses conséquences de la concurrence. En Angleterre on a procédé plus rapidement, mais d'une manière moins sage, et avec

moins de succès. L'histoire de ses chemins de fer prouve, qu'en fait de chemins de fer, la concurrence aussi bien que le libre parcours ne sont que de dangereuses illusions. Il en est résulté qu'en Angleterre l'industrie privée a été affaiblie et découragée, tandis qu'en France, au contraire, après avoir eu beaucoup de peine à entreprendre l'œuvre des chemins de fer, elle a été encouragée et a acquis des forces nouvelles. L'intervention de l'Etat est devenue de moins en moins nécessaire. Avant 1848, l'Etat avait prêté à diverses compagnies des sommes dont l'ensemble était de 58 600 000^f. Ces prêts peuvent être considérés comme remboursés.

Une partie des travaux exécutés aux frais de l'Etat, sur les lignes du Nord, de Lyon, du Centre, etc. — soit en tout une dépense de 253 millions, a été également remboursée par les compagnies.

Le mode de concours de l'Etat qui a été le plus pratiqué dans les derniers temps, en France et à l'étranger, est la garantie d'un minimum d'intérêt. En France, la portion de capital pour laquelle l'Etat a garanti un minimum d'intérêt varie de 3 à 5 % est de 1555 millions. L'annuité garantie est de 61 millions ou un peu moins de 4 % : comme les revenus des chemins de fer ont constamment dépassé cette somme, la garantie de l'Etat n'a été que nominale. Voilà du reste la situation générale à la fin de 1855 :

Longueur concédée	11 500 Kilomètres.	
Dépenses faites ou à faire	4 milliards.	
Subvention de l'Etat en travaux ou en argent, en nombre rond	1 milliard.	} Ensemble comme ci dessus 4 milliards.
Capital fourni ou à fournir par les compagnies	3 milliards.	
Donc plus de la moitié a un minimum d'intérêt de 3½ à 4 % garanti par l'Etat		

Les huit compagnies principales qui se partagent presque la totalité du réseau, doivent fournir à elles seules à-peu-près les dix-neuf vingtièmes du capital de 3 milliards.

Fonds social, actions, obligations, revenus.

Ce capital, ou autrement dit ce fonds social se compose d'actions et d'obligations. — L'action est généralement de 500^f; elle est nominative ou au porteur. — Obligations ou emprunts. — Elles ont pris depuis 1851 une extension considérable; c'est un moyen d'augmenter les dividendes considérés comme devant dépasser beaucoup l'intérêt fixe des obligations. — Ces intérêts figurent en général dans les dépenses d'exploitation; le produit net est ce qui est distribué aux actionnaires. À côté de l'intérêt des obligations figurent les sommes destinées à les rembourser annuellement. — Émission des obligations; par exemple, à 300^f rapportant 15^f d'intérêt, mais remboursables à 500^f par tirage au sort opéré annuellement, prime de 200^f. — L'importance de la prime et le taux de l'émission dépendent du plus ou moins de rareté des capitaux.

Voici à-peu-près comment se distribue le capital d'établissement de nos principales lignes ou réseaux :

Lignes ou réseaux.	Capital. — Actions.	Capital. — Obligations émises ou à émettre.	Subventions de l'Etat en travaux ou argent.	Total.
Nord.....	160 millions.	189 millions.	" millions.	349 millions.
Est.....	250	182	125	557
Ouest.....	150	359	173	682
Orléans.....	50	243	225	618
Lyon.....	132 ½	200	61	393 ½
La Méditerranée.	45	204	126	375
Grand Central..	98	148	93	339
Midi.....	67	57	52	176
Bourbonnais..	"	225	36	261
Totaux...	1052 ½	1807	891	3750 ½

En 1854, il y avait 4348 kilomètres de chemins de fer en exploitation. La dépense moyenne d'établissement par kilomètre peut être fixée à 400 000^f en nombre rond, dont 100 000^f payés par l'Etat, et 300 000^f par les compagnies. Le produit net permettrait pour le capital des compagnies un revenu moyen de 9 % ; mais comme le capital est composé d'actions et d'obligations à peu près en quantités égales, si on compte 6 % pour intérêts et amortissement des obligations, il s'ensuit que l'intérêt des actions seules a été moyennement de 12 % ; ceci explique le prix élevé des actions. Si les compagnies avaient fourni tout le capital, soit 400 000^f au lieu de 300 000^f, le revenu total moyen eût été encore de 6,75 %.

La division du fonds social en actions et obligations est empruntée à l'Angleterre où elle a été constamment en usage. Les 12 à 13 mille kilomètres de chemins anglais ont absorbé près de 7 milliards ou 540 000^f environ par kilomètre. Les sept milliards se composent de 3700 millions en actions et 3300 millions en emprunts ou actions privilégiées. Le revenu n'est que de 3,67 % pour l'ensemble ; il peut être évalué à 3 % pour les actions ; les emprunts y sont donc un meilleur placement que les actions : c'est le contraire en France jusqu'à présent.

Pouvoirs dont émanent les concessions. — De 1823 à 1832, c'était le pouvoir exécutif seul ; l'intervention des corps législatifs était limitée à l'approbation des engagements du Trésor : jusqu'en 1851, diverses lois diminuèrent cette prérogative de la Couronne qui ne fut maintenue que pour les concessions ayant une longueur de moins de 20 kilomètres et n'entraînant aucun engagement du Trésor.

À partir du sénatus-consulte du 25 Décembre 1852, on est retourné à la situation de 1823 à 1832 — Règlements d'administration publique.

S. C. F. A.

Durée des concessions. — D'abord perpétuelles, ensuite de 99 ans, réduites par les adjudications à 70, 45, 38, 24 ans, elles sont toutes invariablement prolongées et ramenées uniformément à 99 ans. — C'est une question importante: par exemple, la Compagnie du chemin de fer du Nord avait une concession dont la durée était limitée à 38 ans. Son capital actions (160 millions) devait être amorti en 38 ans. En comptant les intérêts à 5 %, il fallait une réserve annuelle de 1 % de ce capital, soit 1 600 000^f. Depuis que la durée de la concession a été portée à 99 ans, il ne faut plus qu'une réserve de 0,04 %, soit 64 000^f au lieu de 1 600 000^f ! Le Gouvernement a donc accordé un grand avantage aux compagnies dont il a prolongé la durée de la concession, mais en retour il a exigé des constructions nouvelles, des réductions de prix, etc.

Tarifs. — Il y a aujourd'hui uniformité de tarifs dans les cahiers des charges de tous les chemins de fer. Les Compagnies des chemins de Rouen et du Havre avaient obtenu, à l'époque de leurs concessions, des tarifs plus élevés que ceux des autres lignes, savoir: pour les voyageurs, 0^f.125, 0.10 et 0.075 au lieu de 0^f.10, 0.075 et 0.055; pour les marchandises 0^f.20, 0.18 et 0.16 au lieu de 0.18, 0.16 et 0.14; mais lorsque ces compagnies ont été autorisées à fusionner avec celles de l'Ouest et de St Germain, il a été décidé que les tarifs seraient ramenés à l'égalité avec ceux des autres lignes.

Nombre de voies. — Les deux tiers du réseau actuel pourraient n'être faits qu'à une voie; mais en général les cahiers des charges prescrivent l'achat des terrains et l'exécution des ouvrages d'art pour deux voies. Les Compagnies devront établir la seconde voie dès que la nécessité en sera reconnue par l'administration et que la recette brute atteindra 18000^f par kilomètre de longueur exploitée. Pour que cette limite ne soit pas atteinte et même dépassée, il faut qu'une ligne de chemin de fer soit très peu productive; aussi pour la plupart des chemins concédés n'usera-t-on pas de la faculté de ne construire qu'une seule voie.

Recettes brutes par kilomètre en 1853.

Chemins.	Recettes par kilomètre	Chemins.	Recettes par kilomètre.
Nord	50 000 ^f	Lyon. Méditerranée	31 000 ^f
Est	41 000	Rouanne, St Etienne, Lyon	52 000
Paris - Rouen	84 000	Strasbourg à Bâle	24 000
Paris - St Germain	126 000	Montereau - Troyes	14 000
Ouest	44 000	Dieppe	17 000
Orléans	37 000	Mulhouse - Cham	10 000
Lyon	61 000	La Cote	6 000

Sur ces derniers chemins on avait de la peine à niveler les dépenses avec les recettes. — Un chemin qui ne rapporterait que 18000^f par kilomètre, pourrait, à moins qu'il ait reçu une subvention de l'Etat, n'être qu'une entreprise malheureuse. Il faut donc s'attendre à ce que la plupart des lignes concédées en France seront construites à deux voies. Chaque voie est affectée d'une manière permanente

à tous les mouvements dans un même sens. En France, on a adopté l'usage anglais. En Angleterre, on a tout naturellement reporté sur les chemins de fer l'usage adopté par les cochers et voituriers sur les voies publiques. Cet usage est de se ranger à sa gauche à l'approche d'une autre voiture. En France, l'usage des cochers est tout le contraire; et c'est pourquoy sur le chemin de fer de Strasbourg à Bâle (la première grande ligne qui ait été livrée à la circulation publique en France) on a disposé les voies et le service de manière que le mécanicien d'un convoi paraisse se ranger à sa droite à l'approche d'un autre convoi. Mais cette disposition qui consacrerait l'usage français n'a pas prévalu.

Sur des lignes de peu de longueur, mais à grande circulation, comme celle de Paris à Versailles, le service à une seule voie serait à-peu-près impossible, même avec l'aide du télégraphe électrique.

Sur des lignes d'embranchement à petite circulation, comme Asnières - Argenteuil, Mulhouse - Cham, une seule voie suffit: elle suffit encore, surtout avec le télégraphe électrique, pour le service de lignes plus étendues, comme l'embranchement de Dieppe, de Beaucon, les chemins de St. Etienne à Roanne, de Montreuil à Crotoy, etc., où le nombre des trains ne dépasse guères 4 ou 5 par jour dans chaque sens.

Il n'y a qu'une voie sur une grande partie des chemins allemands, sur une partie des chemins de fer de Belgique et d'Irlande. . . . ; avec un petit nombre de trains, une vitesse à-peu-près uniforme, et le secours du télégraphe électrique, on peut exploiter des chemins à une voie d'une manière sûre et régulière. Mais ces chemins ne seront guères jamais que des lignes à petit trafic. Dès que le trafic acquiert de l'importance, les trains se multiplient, il y en a de diverses natures, de vitesses très différentes; les chances d'accident et les complications se multiplient aussi, et le service avec une seule voie devient de moins en moins possible.

Autrefois les services des chemins de fer pouvaient être comparés à des services d'omnibus. . . . Il n'y avait guères qu'un ou deux genres de trains, qu'une ou deux vitesses. Le nombre des trains était assez restreint. Aujourd'hui, trains express, trains omnibus, trains de marchandises, trains réguliers, facultatifs, spéciaux, vitesses de 25, 45, 75 kilomètres, etc. Avec l'extension des réseaux et le développement du trafic, les conditions d'exploitation ont été profondément modifiées; la nécessité d'une double voie est de plus en plus sentie: sans l'aide du télégraphe électrique, et l'expérience acquise de l'exploitation, il pourrait même être à-peu-près impossible d'exploiter plus d'une grande section de nos principales lignes sans l'addition d'une troisième voie ou même de deux autres voies. Il faut déjà une quadruple voie entre Paris et Asnières, et toutes les ressources du télégraphe et d'une longue et habile pratique pour desservir l'importante circulation qui a lieu dans cette section.

Cahiers des Charges.

On peut dire qu'il n'existe aujourd'hui qu'un seul cahier des charges applicable dans ses dispositions principales à toutes les lignes. — Le cahier des charges du chemin de fer de Paris à Lyon par le Bourbonnais est un des plus récents et peut être regardé comme la dernière expression de la pensée du Gouvernement (voir ce cahier des charges). — La rédaction actuelle des

cabiers des charges pourrait être utilement modifiée; les clauses relatives à la construction et à l'exploitation y sont mêlées et confondues encore avec d'autres d'un caractère général. — On peut classer les articles de ce cahier des charges en trois titres principaux:

Titre 1^{er}. Clauses relatives à la construction du chemin de fer.

Titre 2^e. Clauses relatives à son exploitation.

Titre 3^e. Clauses diverses.

Titre 1^{er}. Article 1. — Art. 3 à 29 — Art. 31 — Art. 37.

Titre 2^e. Article 30 — Art. 35, 36, 38 à 50.

Titre 3^e. Article 2 — Art. 32, 33, 34 — Art. 51 à 64.

Dans chacun de ces titres, il faudrait encore changer l'ordre des articles sus mentionnés, si on voulait les bien coordonner.

Titre 1^{er}. Clauses relatives à la construction.

On en dira ici seulement quelques mots.

Courbes et pentes. — Quand on peut avoir facilement des courbes de 800^m de rayon au moins et des pentes n'excédant pas 0,005 par mètre, on doit s'appliquer à les obtenir. Lorsque ces dispositions exigent des travaux longs ou dispendieux, on adopte des rayons plus courts et des pentes plus raides. Dans les terrains accidentés, les courbes à petit rayon et les pentes fortes sont deux nécessités qui se présentent ensemble.

Dans l'état des choses, les courbes d'un rayon de 200^m ou de rayon moindre sur des voies parcourues par des locomotives sont des exceptions même rares. — Il faut des dispositions spéciales dans le matériel, ou bien ces courbes n'existent que sur des points de stationnements et de passage à petite vitesse; et encore le passage dans ces courbes, même de 200^m de rayon, est-il une cause de fatigue pour le matériel roulant. Les cahiers des charges autorisent pour les voies principales des rayons qui varient suivant les lignes, et sont de 500^m, 350^m, 300^m au minimum. On a même constamment appliqué des rayons moindres dans les changements de voie, sans inconvénient sérieux. — La nécessité de munir de rebords les roues des machines et voitures, de fixer les roues sur les essieux et de maintenir ceux-ci dans une position parallèle créait des difficultés pour le passage dans les courbes. On les a surmontées en partie, en donnant de la conicité aux jantes des roues ($\frac{1}{20}$ généralement, et il y a tendance à l'augmenter), en ménageant un intervalle entre le rail et le rebord des roues et en laissant un peu de jeu aux essieux constamment sollicités à prendre une position convergente. Si on suppose un intervalle de 0^m,01 entre les rebords des roues et les rails, et une conicité des jantes de $\frac{1}{20}$, on peut calculer aisément que des roues de 1^m de diamètre passeront dans des courbes de 750^m de rayon sans que leurs rebords frottent contre les rails, la distance intérieure entre ceux-ci étant supposée de 1^m,50 d'axe en axe. Pour donner plus de facilité encore, on écarte les rails dans les parties courbes, de manière à porter à 1^m,45 la largeur de la voie. Alors le jeu des roues pourra être de trois centimètres au lieu de deux, et les roues passeront dans une courbe de 637^m de rayon sans frotter contre les rails. Si la conicité était de $\frac{1}{17}$ au lieu de $\frac{1}{20}$, le rayon des courbes pourrait descendre à 425^m. Dans des courbes de rayon moindre, il y a glissement des roues extérieures, leur bords frotte contre le rail en produisant un mouvement de cisailles, la roue tend à



surmonter le rail, un détaillement devient possible, le bois d'essieu ne l'est pas moins; il faut avoir soin de modérer la vitesse, ou bien encore il faut user d'un matériel spécial, comme en Amérique, ou sur le Semmering en Autriche, ou comme sur le chemin de fer de Saaux où M^r. Arnoux a appliqué son ingénieux système, etc.

Autrefois on s'imposait comme maximum des pentes trois puis cinq millimètres par mètre. En Angleterre, on fit de grands sacrifices pour cela: une pente de 10 millimètres était une exception. Les pentes au-dessus de 15 millimètres et de 20^{mm} à 30^{mm} étaient desservies par des machines fixes. Mais aujourd'hui on a construit des machines de grand poids et de grande surface de chauffe qui ont une forte adhérence et une grande puissance.

Sur le chemin de fer de Lyon à St Etienne, il y a à partir de Rivière de Piers une longue rampe de 0,014 sur 20 kilomètres environ de longueur. On a commencé par la desservir péniblement par des chevaux, puis une locomotive y a remorqué des wagons vides pesant de 60 à 70 tonnes: maintenant on a des machines qui remorquent sur cette rampe 120 à 140 tonnes et qui en remorquent moitié sur une rampe de 0,03.

La machine à grande vitesse des chemins de Lyon, de Strasbourg, d'Orléans franchit des rampes de 0,008, mais avec une charge équivalente seulement à une fois et demie environ son poids et celui du tender. Que les rails soient glissants, qu'il faille ajouter une ou deux voitures, et il faut du renfort ou renoncer à l'emploi de cette machine pour y substituer une locomotive à 4 roues couples: c'est plus coûteux de traction et c'est aussi un sacrifice de vitesse. Les sacrifices seront plus grands encore si l'on a à gravir des rampes de 10, 12 millimètres. La locomotive à six roues couples sera alors indispensable dans plus d'un cas. C'est toujours aux dépens de l'économie de traction et de la vitesse qu'on adopte des pentes fortes. Il ne faut pas les éviter quand même, puisqu'on a le moyen de les desservir, mais il n'est pas indifférent que ces pentes soient multipliées ou en petit nombre, qu'elles soient disséminées ou groupées sur la ligne. Si on gêne l'exploitation d'un chemin de fer sur un ou plusieurs points de la dépense d'une machine de renfort, cette dépense n'influe pas sensiblement sur l'ensemble, et en tous cas elle est souvent bien inférieure à l'intérêt des sommes qu'on eût dépensées pour obtenir des pentes plus faibles. Par exemple, à la Loupe, sur le chemin de l'Ouess, pour supprimer un souterrain à pente faible, on a pratiqué une forte tranchée à pente de 0,008: on a économisé au moins deux millions, et c'est à peine si cette pente occasionnera une augmentation de dépense d'exploitation. — Pour décider systématiquement, il faut traiter chaque cas en particulier. Les pentes faibles, c'est ce qui convient le mieux à l'économie, la régularité, la commodité, la vitesse d'un service d'exploitation.

Les pentes fortes exceptionnelles occasionnent quelque augmentation de dépense, quelque complication de service, mais à peu près sans importance dans une grande exploitation.

Les pentes fortes accumulées dans une même section peuvent exiger l'emploi d'un matériel spécial. C'est un sacrifice d'économie et de vitesse plus que compensé par les moindres dépenses faites pour l'établissement du chemin.

Les pentes fortes multipliées, mais éparées sur la ligne, sous la condition la plus fâcheuse.

Dans tous les cas, les services d'exploitation des grandes lignes de chemins de fer sont

possibles aujourd'hui avec des pentes de 10, 12, 15 millimètres, et même avec les pentes exceptionnelles de 20, 25 et 30 millimètres, comme sur la ligne de Pénes à Curin, sur celle de Leipsick à Nuremberg, sur le chemin de Vicence à Cricote: on pourrait aujourd'hui supprimer le système atmosphérique pour gravir la montée de St Germain et n'y employer que des locomotives.

Passages à niveau. — Il y a moyennement un passage à niveau tous les 1500^m, sur le réseau français. Dans le nord de la France et en Alsace, cette distance moyenne n'est que de 600^m environ. Les passages ont donné lieu à peu d'accidents pour les personnes, et à aucun pour les trains.

Un passage à niveau, y compris terrassements, empierrements, pavage, barrières, contre-rails, maison, terrain et jardin, peut être évalué de 7000 à 8000^{fr}. — La surveillance des barrières du passage est le plus souvent confiée à la femme d'un garde-ligne ou cantonnier, dont le salaire annuel de 200^{fr} représente un capital de 3000 à 4000^{fr}. — Soit 11 000 à 12 000^{fr} de dépense totale.

Si le passage en dessous ou en dessous ne doit coûter que le tiers ou moitié en sus, on le préfère généralement au passage à niveau. Mais il faut tenir compte des circonstances locales, des pentes des voies de communication du pays.

En Angleterre, il y a moins de passages à niveau publics qu'en France, mais il y a un très grand nombre de passages privés. Cela tient à la différence dans la division de la propriété dans les deux pays.

Il y a aujourd'hui environ deux maisons pour trois passages: la tendance est d'en augmenter encore le nombre. C'est le moyen d'utiliser les femmes dans la surveillance des barrières, d'éviter les frais de garde pendant la nuit. Il y a cependant des passages interdits pendant la nuit, mais le nombre en est de plus en plus restreint. Ce chemin qui ne sert qu'au bétail se rendant au pacage devra, pendant 5 à 6 mois de l'année, être ouvert de 3^h du matin à 10^h du soir. Ce cas est sans importance, mais il doit être l'objet d'une surveillance particulière parce qu'il est situé dans une tranchée courbe: n'y eût-il pas de passage, il faut des surveillants, des gardes-ligne pour donner des avertissements et assurer la sécurité des convois. Il est donc utile de multiplier les habitations sur la ligne.

L'argenc de l'entrevoie. — Hauteur sous les ponts. — Le matériel des chemins de fer a augmenté en poids et en capacité surtout dans ces dernières années: mais ses dimensions ou celles de son chargement sont limitées par quelques prescriptions des cahiers des charges. L'entrevoie doit avoir 1^m, 80 au moins de largeur (deux yards anglais). La tendance est d'augmenter cette largeur. Elle est aujourd'hui le plus souvent de 2^m dans les nouvelles constructions. — Les cahiers des charges prescrivent de laisser entre l'intérieur des voûtes et le dessus des rails une distance verticale d'au moins 4^m, 30. On a commencé ainsi, puis on a augmenté cette dimension. Elle est de 4^m, 50 sur la ligne de Mulhouse, de 4^m, 70 et 4^m, 80 sur les lignes d'Orléans, de Lyon, du Bourbonnais, etc. Il n'importe pas seulement d'avoir une hauteur suffisante immédiatement au dessus des rails extérieurs, il convient d'avoir encore une hauteur de 3^m, 75 à 4^m, à une distance de 0.75 de ces rails. Il y a du reste des gabarits dans les principales gares des chemins de fer qui fixent les dimensions des chargements qui peuvent circuler sur le chemin.

Livre V^e. Clauses relatives à l'exploitation.

Le contrôle et la surveillance des chemins de fer sont placés sous l'autorité du Gouvernement (art. 35) — Ils sont régis par la loi de la police des chemins de fer (15 Juillet 1845), le règlement d'administration publique (15 Novembre 1846), la loi du 27 février 1850 sur les attributions des commissaires de surveillance administrative, le décret de Juillet 1852 qui a organisé le corps des inspecteurs de l'exploitation commerciale, et enfin le décret complémentaire de Juin 1854 qui crée des inspecteurs généraux.

Matériel roulant (Art. 36). — Les machines doivent consommer leur fumée. À cet effet, on emploie généralement le coke pour combustible. Cependant on commence à employer la houille avec quelques précautions, sans qu'il en résulte une fumée incommode. — Les conditions pour la mise en circulation des locomotives consistent à faire éprouver les chaudières sous une pression double de la pression effective. Aucune machine ne peut être mise en service sans un permis de circulation délivré par le Préfet du département où se trouve le point de départ de la machine. La locomotive doit recevoir un nom, en général celui d'une des localités desservies par le chemin de fer.

Les voitures doivent remplir les conditions réglées pour les services de voitures publiques. Loi du 30 Mai 1851 sur la police du roulage et des voitures de messagerie, règlement d'administration publique du 10 Août 1852 en exécution de cette loi. — Le Préfet de Police dans le département de la Seine et les Préfets dans les autres départements doivent faire visiter les voitures neuves aux frais de la Compagnie, et délivrer l'autorisation de les mettre en circulation. Sur le vu de cette autorisation, les préposés de la régie des contributions indirectes apposent sur chacune d'elles une estampille dans un endroit apparent.

Tarifs. — L'article 38 est un des plus importants. — Le tarif est divisé en prix de péage et prix de transport, et il est stipulé que ce dernier ne serait dû qu'autant que la Compagnie effectuerait elle-même le transport à ses frais et par ses propres moyens. Cette provision date de l'origine des chemins de fer: elle a pris naissance dans l'assimilation qu'on faisait alors des chemins de fer aux routes ordinaires ou aux canaux, et dans la pensée d'y maintenir le libre parcours. Depuis long-temps ce libre parcours a été reconnu impossible; mais les cahiers des charges mentionnent le cas où des Compagnies d'embranchements ou de prolongements feraient circuler leurs convois sur la ligne principale. En fait, cette disposition n'a pas lieu actuellement en France: elle est pratiquée en Angleterre sur quelques points, mais considérée en général comme une source de dangers. Elle paraît d'une exécution difficile en France, à cause des taxes prohibitives que les cahiers des charges autorisent à percevoir.

Les tarifs de voyageurs sont appliqués avec une augmentation d'un dixième plus le décime, qui représente l'impôt, c'est à dire qu'ils sont

de 0,112	1 ^{re} classe	au lieu de 0,10
0,084	2 ^e classe	" 0,075
0,0616	3 ^e classe	" 0,055

Ces tarifs maximum sont presque toujours perçus par les Compagnies sans réduction.

excepté dans le cas des trains de plaisir, du transport des indigents, etc.

Au chemin du Nord, en 1854, la recette brute par kilomètre parcouru par un train de voyageurs était à-peu-près de 6^f, dont 5^f provenant de 70 voyageurs à 0^f.071 moyennement. Les voitures dans lesquelles sont contenus ces voyageurs offrent environ 200 places. Si ces 200 places avaient été constamment occupées au tarif réduit de 0^f.025 en moyenne, la recette de 5^f par kilomètre parcouru fut restée la même.

En abaissant le tarif de 0.07 à 0.025, c'est-à-dire en le diminuant de 65% à peu-près, aurait-on provoqué un accroissement aussi considérable du nombre des voyageurs, un accroissement de 70 à 200 ou de 1 à 3? Cela est douteux. Le chiffre de la circulation n'est pas seulement une question de prix, il dépend des conditions sociales et autres dans lesquelles le pays se trouve. On voyage plus en Angleterre qu'en France. On voyage en France actuellement beaucoup plus qu'autrefois.

Quel est le tarif le plus rémunérateur, le tarif maximum ou un tarif réduit? Il y a eu quelques tentatives de réduction de prix en vue d'accroître la circulation, mais en petit nombre. Le cahier des charges ne les encourage pas, car il est dit, dans l'article 38, que les tarifs une fois abaissés ne pourront être relevés qu'après un délai de trois mois pour les voyageurs et d'un an pour les marchandises. — Ce qui a été fait de plus capital à cet égard, c'est l'organisation des trains de plaisir. En choisissant les jours, les occasions où le public a le plus fort attrait de voyager, et en faisant une réduction considérable de prix, les Compagnies ont obtenu des résultats très-satisfaisants. Le premier train de plaisir a été inauguré en 1847, entre Amiens et Abbeville, pendant les fêtes de Pâques. On en avait fait déjà plus d'un essai en Angleterre. La Compagnie du chemin de fer du Nord a taxé à 10^f au plus le trajet de Paris à Dunkerque, aller et retour. La distance parcourue était de 700^k. — C'était un peu moins que 0^f.015 par voyageur et par kilomètre. Comme on transportait 700 voyageurs, le produit brut était de 10^f par kilomètre parcouru, bien supérieur par conséquent à celui de 6^f en moyenne obtenu dans le cours de l'année. Les trains de plaisir ont été presque toujours, dans les circonstances où ils ont été organisés, les trains les plus productifs.

Si les Compagnies ont pu appliquer les tarifs maximum pour les voyageurs, elles ont été par contre obligées de les réduire considérablement pour les marchandises.

Il y a plusieurs sortes de tarifs. — Tarifs généraux, c'est-à-dire uniformes, kilométriques, qui ne sont autres que ceux des cahiers des charges plus ou moins réduits, et appliqués suivant les distances. — Tarifs différentiels: ce sont ceux qui vont, par exemple, en décroissant au fur et à mesure que la longueur du parcours augmente, ou bien encore ceux qui, entre deux localités données sont inférieurs à ceux établis entre deux autres localités, bien que celles-ci soient séparées par la même distance. — Tarifs spéciaux conditionnels: par exemple la Compagnie fixe un prix réduit sous condition de charger un wagon complet, ou que l'expéditeur s'engage à donner au chemin de fer la totalité de ses expéditions. — Tarifs communs: ce sont des tarifs différentiels appliqués sur des lignes de chemins de fer en correspondance, à des marchandises passant de l'une à l'autre; par exemple pour la houille allant de Valenciennes à Rouen le tarif appliqué est moindre que la somme des tarifs perçus par la Compagnie du chemin du Nord, entre Valenciennes et Paris, et par la Compagnie du chemin de Rouen, entre Paris et Rouen.

Aucun tarif ne peut être perçu sans être homologué par le Ministre. Cette homologation est une formule par laquelle le Ministre fait connaître que les tarifs proposés n'ont rien de contraire aux cahiers des charges.

Dans l'origine des chemins de fer, on a beaucoup attaqué, non-seulement l'usage, mais même le principe des tarifs différentiels. Mais on a dû reconnaître bientôt que du moment que les Compagnies de chemins de fer devaient embrasser toutes les opérations de l'industrie des transports, il n'était pas possible d'interdire l'application de ces tarifs. L'article 38 du cahier des charges établit le pouvoir de la Compagnie en fait de tarifs et en règle l'exercice. La Compagnie peut même passer avec un ou plusieurs expéditeurs des traités particuliers. Mais elle doit les porter à la connaissance de l'administration qui a le droit de déclarer la réduction consentie obligatoire vis-à-vis de tous les expéditeurs et applicable à tous les articles d'une même nature. Le plus souvent elle se borne à prescrire, conformément à un arrêté ministériel de Juillet 1852, l'ouverture dans les stations d'un registre dans lequel sont inscrits dans leur ordre avec leur date et leurs principales conditions, les traités particuliers qui ont été passés par la Compagnie. Ce registre est présenté à tous ceux qui veulent le consulter. — Le cahier des charges doit s'entendre en ce sens que les expéditeurs, pour être traités sur le pied d'une parfaite égalité, doivent être dans les mêmes conditions. — Un expéditeur qui ne donnerait au chemin de fer qu'une tonne de houille par jour n'est pas dans les mêmes conditions que celui qui livrerait journellement un chargement de houille de 10 wagons. — On retrouve dans tous les pays ces distinctions là.

Les dépenses d'exploitation des chemins de fer se partagent en frais fixes qui restent constants avec l'accroissement du trafic, et en frais variables croissant avec le trafic et comprenant notamment les dépenses de la traction, celles d'une partie du service des stations et de la voie, l'intérêt et l'amortissement du capital représentant le matériel roulant. Aujourd'hui, en France, le trafic est tel que les frais généraux sont couverts et bien au delà. Il s'en suit que si pour obtenir un supplément de trafic, une Compagnie doit réduire son tarif, pour peu que le nouveau tarif couvre les frais variables et laisse un excédant, cet excédant sera tout bénéfice. Voilà ce qui explique la possibilité d'une réduction à 0,05, 0,04, 0,03 et même au dessous des taxes perçues par les Compagnies sur certaines marchandises. — Ce que les chemins de fer ont enlevé au roulage ou à la navigation, est la moindre partie de leur important trafic actuel: ils ont, pour les marchandises comme pour les voyageurs, créé une circulation qui n'existait pas avant eux. Celle marchandise qui se consommait à une petite distance du lieu de sa production, et dans un éloignement de 100, 200 lieues de Paris, est aujourd'hui transportée à Paris ou plus loin. — Les chemins de fer ont agrandi le marché.

Conditions de transport. — Responsabilité des Compagnies. — Voir articles 144 et 145 du cahier des charges. — Les débats soumis à l'administration et aux tribunaux relativement aux transports par chemins de fer ont donné lieu à des décisions qui constituent déjà une jurisprudence spéciale. — Les Compagnies sont justiciables des tribunaux de commerce. — Les articles 97 et 103 du code de commerce qui régissent l'étendue de la responsabilité du voiturier en cas d'avaries ou de la non arrivée des marchandises dans le délai fixé, sont applicables aux transports par chemins de fer. — Les Compagnies sont en cas de perte des objets transportés, responsables de leur valeur entière

S. C. F. 5.

dûment justifiée.

Stipulations relatives à divers services publics. — Elles concernent notamment le transport des troupes, militaires ou marins, le transport des prisonniers, le transport des dépêches, la télégraphie électrique.

Toutes ces réserves que le Gouvernement s'est attribuées constituent déjà une compensation pécuniaire fort importante aux sacrifices que l'Etat a faits pour les chemins de fer, et qui seront de 900 millions à un milliard pour notre réseau de 12 000 kilomètres, soit en nombre rond 80 000^f par kilomètre.

L'impôt du dixième sur les produits de la grande vitesse donnera 2000^f par kilomètre, soit 2 ½ %.

La gratuité du service de la poste peut être estimée à 6^f par jour et par kilomètre, soit 2000^f par an ou 2 ½ %.

Il faut ajouter à ce revenu de 5 % :

1° Les économies sur les transports militaires, les moindres déchets en hommes et en matériel;

2° Les économies sur le transport des prisonniers;

3° Les économies sur l'entretien des routes;

4° Les impôts payés par les Compagnies;

5° L'amortissement d'un capital de trois milliards en possession duquel le Gouvernement rentrera à l'expiration des concessions;

6° L'influence qu'exercent les chemins de fer et l'abaissement des prix de transport sur le commerce, le travail national, le bien-être général.

Titre 3^e. Clauses diverses.

Elles sont relatives à la durée de la concession, aux cas de déchéance, à la construction de nouvelles voies de communication traversant le chemin de fer ou établies dans son voisinage, à la concession de chemins d'embranchement ou de prolongement, au rachat facultatif par l'Etat, à la surveillance des travaux et au contrôle de l'exploitation, au jugement des contestations, etc. . . . voir le cahier des charges.

Surveillance et contrôle. — L'ensemble du service est confié à des Ingénieurs en chef des Ponts et Chaussées ou des Mines qui ont sous leurs ordres des Ingénieurs ordinaires et les Commissaires de surveillance, et sous leur direction seulement les Inspecteurs de l'exploitation commerciale.

Un décret du 17 Juin 1854 a complété le corps des Inspecteurs en créant des Inspecteurs généraux qui, entre autres attributions, ont celles de Commissaires du Gouvernement près des Compagnies qui ont soit un prêt, soit une garantie d'intérêt de l'Etat (voir ce décret).

Le contrôle et la surveillance sont exercés directement par le Ministre pour ce qui concerne le service de l'exploitation proprement dite, l'ensemble de la circulation, les mesures générales de police et de sûreté, l'application des tarifs, la surveillance des opérations commerciales et les mesures générales d'intérêt public.

Les mesures d'intérêt local concernant la conservation des bâtiments, ouvrages

d'art, etc., y compris la police des cours dépendans des stations et en général toutes les questions relatives à l'exécution des titres 1^{er} et 2^e de la loi sur la police des chemins de fer, sous dans les attributions des Préfets des départemens traversés.

Les Ingénieurs en chef du contrôle correspondent soit avec les Préfets, soit directement avec le Ministre, selon la nature et l'objet de la correspondance.

La surveillance et le contrôle pour l'entretien du chemin et le service de l'exploitation technique s'exercent par les Ingénieurs ordinaires, les conducteurs et garde-mines placés sous leurs ordres.

Pour la vérification des tarifs, la surveillance des opérations commerciales, l'établissement de la statistique des recettes, dépenses et du mouvement de la circulation, le contrôle s'exerce par les Inspecteurs principaux et particuliers de l'exploitation commerciale (voir le décret du 26 Juillet 1852).

Les Commissaires et sous-commissaires de surveillance administrative sont chargés de surveiller les détails de l'exploitation technique et commerciale, sous les ordres des ingénieurs ordinaires et des inspecteurs de l'exploitation commerciale. Ils correspondent avec eux pour ce qui concerne leurs attributions respectives. — Ils ont, pour la constatation des crimes, délits et contraventions commis dans l'enceinte des chemins de fer et de leurs dépendances, les pouvoirs d'officiers de police judiciaire, et ils sont, en cette qualité, sous la surveillance du procureur impérial et lui adressent directement leurs procès-verbaux.

Ils adressent aux Ingénieurs les procès-verbaux de grande voirie. Les Ingénieurs, dans la huitaine, les transmettent aux Préfets: ils adressent en double original aux procureurs impériaux et aux ingénieurs les procès-verbaux de contravention aux réglemens de l'exploitation. Les Ingénieurs, dans la huitaine, transmettent au Procureur impérial leurs observations sur ces procès-verbaux (voir la loi du 27 février 1850 et le réglemens d'administration publique concernant les commissaires et sous-commissaires préposés à la surveillance des chemins de fer).

Loi du 15 Juillet 1845 sur la police des chemins de fer. — Sa division en trois parties. — Analyse de chacune d'elles: — 1^{re} mesures relatives à la conservation des chemins de fer ou contraventions de voirie commises par les riverains; — 2^e contraventions de voirie commises par les commissionnaires des chemins de fer; — 3^e mesures relatives à la sûreté de la circulation sur les chemins de fer.

Ordonnance du 15 Novembre 1846 portant réglemens d'administration publique sur la police, la sûreté et l'exploitation des chemins de fer. — Ce réglemens est divisé en cinq titres. — Depuis qu'il a été élaboré par l'administration et discuté par le Conseil d'Etat, l'administration attentive aux progrès de l'exploitation, a reconnu la nécessité d'y introduire des modifications qui seront prochainement rendues publiques. — Analyse de ce réglemens (voir l'ordonnance du 15 Novembre 1846).

Article 1^{er}. Les réglemens dont il s'agit sont faits par des arrêtés préfectoraux rendus sur les propositions des Compagnies et seulement pour les stations importantes. Ils indiquent quelles sont les entreprises de transports qui doivent desservir la station, etc., etc.

Articles 2, 3. — Dans le cas où des mesures sont jugées insuffisantes, le Ministre invite la Compagnie à lui en proposer de nouvelles.

L'article 4 est relatif aux passages à niveau. En fait, ce sont les Préfets qui règlent ce service par des arrêtés rendus exécutoires en vertu de l'approbation ministérielle.

L'article 5 relatif aux contre-rails n'a pas reçu d'application. Il n'existe de contre-rails qu'aux passages à niveau et aux croisements. Ils sont ailleurs plus nuisibles qu'utiles.

Article 8. Il prescrit de faire les essieux en fer martelé de premier choix. À l'époque où le règlement a été fait, on était encore sous l'impression de la catastrophe du 8 Mai 1842 sur le chemin de fer de Versailles (rive gauche), catastrophe attribuée à la rupture d'un essieu. C'est une fabrication très surveillée et très soignée aujourd'hui en général. Les ruptures d'essieu sont rares. Les essieux s'altèrent-ils après un certain temps de service? Les avis sont partagés sur cette question. Les trépidations auxquelles les essieux sont soumis, notamment au passage des roues sur les joints des rails, finissent par modifier le grain et la qualité du fer, dans l'opinion d'ingénieurs très compétents (ces secousses sont au moins de quatre par seconde pour chaque essieu dans un train de grande vitesse); de fibreux, le fer deviendrait grume pour le remettre dans son premier état, on le recuit, c'est-à-dire qu'on le porte à la température rouge cerise et on le laisse refroidir lentement.

Pour s'éclairer sur cette question et sur d'autres, l'administration a prescrit de numéroter chaque essieu, de garder un échantillon de son fer, et d'inscrire sur un journal les opérations qu'il subit et son parcours. C'est l'objet de l'article 9.

Article 9. — Ce sont les registres de l'état civil du matériel des chemins de fer que cet article prescrit de tenir. — Mais vu le très grand développement qu'a pris ce matériel, cet article étend outre mesure la statistique des essieux, et il y a tendance à la réduire à ce qui concerne les essieux les plus exposés, tels que ceux des locomotives, tenders, wagons pour grande charge. — Ce journal des essieux est du reste le même que celui du parcours des machines et autres véhicules, au moyen de la disposition ci-après.

Il est de plus tenu note des mutations de l'essieu et des réparations qu'il subit.

Machine N°			Machine N°	
Dates.	Parcours des essieux			Dates.
	N°	N°	N°	

Article 10, Roues en fonte. — Elles sont usitées encore sur les chemins de Lyon à St Etienne et à Roanne. Les bandages et moyeux sont en fonte, les rais en fer. Mais c'est un matériel de petits wagons et de petites roues. Du reste elles font un bon service. En général, on n'emploie plus de roues en fonte.

Article 11. — Les escarbilles ou morceaux de coke incandescents qui tombent à travers la grille, rebondissent, atteignent les rayons des roues qui les lancent violemment, de là des incendies encore trop fréquents. — Emploi de cendriers avec porte sur le devant que le mécanicien manœuvre à volonté au moyen d'un levier placé à sa main, afin de régler le tirage. — Les cendriers obligent de remonter la

boîte à feu. — Ils sont à 0. 35 environ au dessus du ballast. — On les démonte en temps de neige. — On a essayé aussi de prévenir les incendies en appliquant à l'intérieur des roues un disque en tôle qui couvre entièrement les rayons. On ne s'est pas encore bien rendu compte de l'efficacité de ce moyen. — Les flammèches qui s'échappent par la cheminée sont moins dangereuses. On les arrête souvent par une grille assujettie dans la boîte à fumée au dessus des tubes.

Article 17. Il reproduit une disposition du cahier des charges exigeant que tous convois ordinaires de voyageurs contiennent, en nombre suffisant, des voitures de chaque classe à moins d'une autorisation spéciale du Ministre. Le train omnibus est la règle: les trains express, de poste, etc., sont l'exception. — Il faut qu'il y ait assez de places dans un convoi pour toutes les personnes qui se présentent dans les bureaux: il faut donc distribuer les dépôts de voitures sur la ligne en conséquence; des voyageurs avec billets de 1^{ère} classe peuvent refuser d'autres places, cela a été jugé ainsi. — Plusieurs condamnations ont été prononcées contre des chefs de station, parce qu'il y avait insuffisance de voitures. — Il y a des cas où la Compagnie est à l'abri de toute réclamation, c'est quand le nombre des voitures atteint la limite prescrite par le Ministre, et cette limite que l'article 18 fixe à 24 devrait varier suivant la nature du train. Le règlement de 1846 sera sans doute modifié à cet égard.

Article 18. Cet article a besoin d'être complété: en 1846, l'exploitation des chemins de fer était différente de ce qu'elle est aujourd'hui. C'était le train omnibus qui dominait. Aujourd'hui les prévisions doivent embrasser les trains de voyageurs à diverses vitesses, et les trains de marchandises qui prennent une place de plus en plus importante. — En général, en sus du frein du tender, il y a aujourd'hui 1 garde-frein pour un convoi de 7 voitures à 4 roues, 2 gardes-frein pour un convoi de 7 à 15 voitures, 3 gardes-frein pour un convoi de 15 à 24 voitures. — Le nombre maximum de 24 voitures est suffisant. Les plus grands trains ne dépassent pas le plus souvent 20 voitures avec 600 à 700 voyageurs. — Mais ce maximum devra être réduit pour les trains de poste ou express. — Les wagons à frein devraient être chargés soit de lest, soit autrement, de manière à avoir un poids minimum déterminé. Il y a aujourd'hui assez peu d'uniformité en ce qui concerne le nombre de gardes-frein dans les trains de marchandises. Il est réglé assez souvent comme dans les trains de voyageurs mais pour un nombre double de véhicules.

Article 20. — L'accident de 1842 sur le chemin de fer de Versailles est survenu à un train conduit par deux locomotives d'inégale force; de là, on peut le croire, des préoccupations qui se font reconnaître dans les prescriptions de l'article 20. — En fait, l'addition d'une seconde machine est sans danger. C'est même une garantie de sécurité pour éviter les retards, et la trop grande fréquence des trains. — Ordinairement la première voiture est un fourgon de bagages ou d'articles de messageries qui est bien lesté et sert de parachoc. — Il y en a même souvent un autre derrière le train, mais ce n'est pas obligatoire. En Angleterre, on ne s'est jamais imposé la sujétion de placer soit en tête, soit en queue des trains, une ou plusieurs voitures ne portant pas de voyageurs, et l'expérience ne paraît pas condamner la liberté dont les Compagnies usent à cet égard.

Article 21. — Les voitures qui entrent dans la composition des trains mixtes (voyageurs et marchandises) doivent avoir également des tampons à ressort. — On a d'abord réuni les wagons au moyen de simples chaînes, puis on a fait usage des attelages à tendeurs. — Au moyen de ces tendeurs, on rapproche les voitures jusqu'au contact des tampons; on évite ainsi les secousses et les chocs. Le

mouvements de laces deviens presque insensible dans les voitures montées avec soin. — Les voitures sont réunies non seulement par le tendeur en leur milieu, mais encore par deux chaînes de sûreté attachées aux branards ou à une traverse de devant du châssis. Ces chaînes doivent servir lorsque le tendeur se rompt, mais il arrive souvent qu'elles se brisent. — L'utilité de ces chaînes est controversée.

Article 23. — Le moyen de mettre les conducteurs garde-freins en communication avec le mécanicien pour donner, en cas d'accident, le signal d'alarme est encore à l'état d'expérience. — Ce serait un moyen de sécurité précieux. — Des trains se séparent en deux, ou une voiture déraille, et le mécanicien qui ne peut être averti ne s'arrête pas. — Il a été fait, en 1853, en Angleterre, une enquête sur cette question. — On a proposé des triangles métalliques qui seraient manœuvrés à l'aide de vis sans fin et agirais sur un sifflet à vapeur adapté à la machine: mais il est fallu que ces triangles pussent être à une hauteur uniforme au dessus des rails. En Angleterre, au chemin du Nord en France, on a fait l'essai de tubes acoustiques en caoutchouc, mais le mécanicien n'entendait pas; le moyen n'est pas pratique. — On a essayé des sifflets à air comprimé adaptés à une pompe foulante à bras manœuvrée par le conducteur, mais le mécanicien n'entendait également pas souvent, et on a même constaté que le sifflet à vapeur le plus puissant placé à l'arrière du train n'était pas toujours entendu du mécanicien. — On a abandonné les signaux acoustiques et on a essayé l'électricité pour mettre en mouvement une sonnerie placée sur le tender. — Des essais heureux ont été entrepris par M. Hermann, Ingénieur des Ponts et Chaussées, au chemin de fer d'Orléans. — L'application de l'électricité pour ces objets paraît mériter attention. — On a essayé aussi de placer sur la machine un miroir métallique dans lequel venait se réfléchir le train et où se reflétaient les signaux des garde-freins; mais le miroir se ternissait, il ne pouvait servir en temps de brouillard et dans les tunnels, ensuite le mécanicien ne pouvait y donner assez d'attention. — En Belgique, on a allongé les marchepieds et les poignées des portières de manière à permettre aux conducteurs de circuler sur toute la longueur du train, mais cela est insuffisant en cas de déraillement et pour un avis instantané. Sur les chemins de fer du Wurtemberg, en Autriche, en Amérique, là où l'on fait usage de longues voitures divisées au milieu par un couloir qu'une passerelle prolonge entre les voitures, la communication existe constamment entre les voyageurs et les conducteurs. — On paraît s'être arrêté en Angleterre au système d'un timbre au marteau duquel est attachée une corde ou un fil métallique, avec certaines combinaisons qui en rendent l'emploi assez commode. — En général le mécanicien se met facilement en communication avec les garde-freins. On est convenu, à cet effet, que deux ou plusieurs coups de sifflet brefs et saccadés signifiaient qu'il faut serrer les freins, et qu'au contraire un seul coup allongé voudrait dire qu'il faut les desserrer. — Ce qui est difficile, c'est de mettre les conducteurs en communication avec le mécanicien: ces conducteurs font des signaux qui, lorsqu'ils sont aperçus par les garde-ligne, sont répétés par ceux-ci de manière à ce qu'ils soient vus par le mécanicien; — ou bien c'est le garde-frein placé en tête du train qui aperçoit les signaux et communique avec le mécanicien au moyen d'une corde et d'un timbre; ou bien encore on compte sur le serrage du frein effectué par le garde-frein pour avertir le mécanicien qui, en effet, s'aperçoit quelquefois de ce serrage, mais qui souvent aussi ne s'en aperçoit pas.

Article 24. — L'éclairage des trains consiste habituellement en deux feux blancs

à l'avant de la locomotive et trois feux rouges à l'arrière du train, deux de ces feux étant placés aux angles et à la partie supérieure du train et éclairés à la fois en rouge à l'arrière du train et en blanc en avant. Les feux blancs éclairés la voie et sont indispensables pour les gardes, les feux rouges sont une garantie contre un trop grand rapprochement des convois ou de machines isolées.

Article 25. — Le sens du mouvement des trains est à peu près uniforme en France, comme il a été déjà dit: la voie de gauche est dite aussi voie montante de Paris à....., la voie de droite est la voie descendante sur Paris.

Article 27. — Le laps de temps qui doit mesurer l'intervalle entre deux trains consécutifs de vitesse égale est habituellement de 10 minutes; il est de 5 minutes pour un train omnibus suivant un train express ou pour des trains de banlieue, et de 25 minutes si le train plus rapide est le dernier partant.

Article 32. — La distance de 500^m pour les signaux peut être suffisante pour des trains de petite ou moyenne vitesse, mais elle est certainement insuffisante dans le cas d'un train de grande vitesse, 20^m par seconde par exemple. Cette distance doit être portée à 800^m; à 1000^m et même plus dans les parties en pente.

Article 35. Il n'y a pas encore assez d'uniformité dans les signaux. — Il y a des drapeaux ou des lanternes de diverses couleurs pour servir de signaux à main, de jour et de nuit; — il y a les disques-signaux qu'on améliore constamment. — On ne fait pas encore assez usage en France des signaux détonnants qui sont très usités en Angleterre, et très recommandables. — Il faut aussi faire mention des appareils télégraphiques qui se perfectionnent chaque jour et sont appelés à rendre les plus grands services.

Article 38. — Pris à la lettre, cet article serait inexécutable. — En pratique, le mécanicien fait jouer son sifflet devant les obstacles qu'il aperçoit, à l'approche des souterrains, des courbes principales, des passages à niveau les plus importants ou dans une situation particulière, aux abords des stations et des croisements de lignes. Dans l'intérieur des gares, toute manœuvre est faite au pas et précédée d'un coup de sifflet.

Article 40. — Lorsqu'un train a besoin de secours, le chef du train s'adresse au poste télégraphique voisin par son appareil portatif ou par un exprès, ou en faisant arrêter le train qui croise et en chargeant d'une dépêche le conducteur de ce train pour le poste télégraphique le plus voisin. De là on s'adresse par le télégraphe au dépôt de machines. — En l'absence de toute demande de secours, les machines de réserve partent au secours des trains attendus après un retard qui varie suivant les Compagnies, et suivant les trains, de 10 minutes à 60 minutes. Pas de règle uniforme.

En sus des grands dépôts dans lesquels est remise, entretenu, réparé un certain nombre de machines, il y a de petits dépôts où l'on envoie stationner soit une, deux ou trois machines de réserve qui n'y séjournent pas plus de 24 heures et rentrent ensuite au dépôt. — Les dépôts sont assez espacés, 80 à 100 kilomètres. Les réserves le sont moitié moins généralement.

Au chemin de fer du Nord, pour un train de voyageurs, tout retard de plus de 5 minutes au départ de l'un des dépôts est signalé par le télégraphe au poste suivant. C'est 15 minutes pour un train de marchandises. Les machines de secours sont expédiées au devant des trains de

voyageurs 10 minutes après l'heure où ces trains auraient du arriver, et 25 minutes quand il s'agit de trains de marchandises.

Article 63. Autrefois pour empêcher les voyageurs de sortir on fermait les portières. Depuis l'accident du 8 Mai 1842, cette disposition est interdite. On l'a conservée en Angleterre, mais en ne fermant la portière que du côté de l'entrevoie.

La défense de fumer dans les voitures n'a pu être exécutée. Aujourd'hui il y a une tolérance peut-être trop grande sur ce point. En Allemagne, il y a des compartiments réservés aux fumeurs.

Article 67. — En général les wagons à bagages portent des niches spéciales pour les chiens. En 1854, on a transporté 120 000 chiens sur les chemins de fer, au prix moyen de 1^{fr}. 50. — C'est notamment pendant les mois de Septembre, Octobre et Novembre et sur le chemin de fer d'Orléans qu'on en transporte le plus grand nombre.

Article 74. — Les trains ne peuvent être conduits que par des mécaniciens en titre. On les choisit avec soin parmi des chauffeurs et des ouvriers moteurs ou ajusteurs. Les écoles des arts et métiers en fournissent beaucoup. Nul n'est admis mécanicien sans avoir été chauffeur au moins pendant quelques mois et sans avoir fait des voyages d'essai en présence d'experts. On choisit les mécaniciens parmi des hommes de 25 à 35 ans, sobres, forts et de bonne conduite. En général leur salaire est de 150 à 250^{fr}, par mois, plus 50 % de primes qu'ils peuvent obtenir pour la régularité de la marche, le bon entretien des machines, les économies de cote, etc. — Les chauffeurs ont 100 à 150^{fr} par mois, plus 33 % de primes.

Article 75. — Les trains de voyageurs sont aujourd'hui munis d'une boîte de secours contenant des médicaments principaux, une trousse, une boîte à amputation, etc. — Cette boîte est placée dans le fourgon à bagages. Les chefs de train en portent la clef et voyageurs constamment avec la même boîte. Elle renferme encore des instructions relatives aux premiers secours à donner aux blessés avant l'arrivée du médecin.

Organisation de l'exploitation des chemins de fer.

Société d'actionnaires représentée par un Conseil d'administration. — Celui-ci délègue le pouvoir exécutif à un Comité de direction composé de quelques administrateurs, ou à un Directeur. — Trois grandes divisions du service: 1^o l'exploitation proprement dite, 2^o l'entretien et la surveillance du chemin et de ses dépendances, 3^o la traction et l'entretien du matériel roulant.

L'exploitation comprend le service commercial, le service du mouvement et celui du contrôle. Il y a aussi un bureau de statistique.

Le service commercial s'occupe du trafic, des tarifs, des correspondances, etc. — Le service du mouvement, c'est le service actif, c'est-à-dire celui des trains, des gares et stations. — Le service du contrôle surveille toutes les opérations des employés comptables de la ligne. Il doit y avoir concordance entre les expéditions et les réceptions.

Règlement des signaux. — Drapeaux, cornets, lanternes, pétards. — Disques ou mâts-signaux. — Partout, le signal d'arrêt est le drapeau ou la lanterne rouge. — Obligation de couvrir la voie. — Celle-ci doit à tous moments être libre ou couverte par un signal. — Annonce des trains

supplémentaires. — Sifflet de la machine, conventions.

Chef de gare ou station. — Leurs attributions. — Ils sont chargés également de recueillir les billets des voyageurs à la sortie. Sur quelques lignes on tolère 10 billets manquants pour mille, et on fait de leur plus ou moins grand nombre le motif d'une retenue ou d'une prime. — Aucune manœuvre ne doit s'exécuter en gare sur les voies principales sans qu'au préalable les chefs de gare n'aient fait exécuter le signal d'arrêt entre l'obstacle et le train attendu.

Conducteurs et graisseurs. — Plusieurs classes. — Objets dont ils doivent être munis. — Ils doivent se tenir constamment dans les guérites à frein de manière à pouvoir obéir immédiatement au sifflet de la machine, usage des freins. — Responsabilité des conducteurs pour les bagages et autres colis. — Division des lignes en plusieurs sections distinguées les unes des autres par une couleur spéciale affectée aux feuilles de route. — Devoirs des conducteurs en cas d'arrêt, en cas de ralentissement de vitesse, en cas de déraillement. — Garage non prévu des trains de marchandises. — Usage de l'appareil télégraphique mobile; avoir bien soin d'attendre une réponse catégorique nette.

Chauffage d'essieux — ses causes, ses remèdes. — Rapport des conducteurs-chefs, feuille de train ou journal. — Feuille de statistique ou mouvement du matériel. — Tableau graphique de la marche des trains.

Service de la voie. — Entretien en régie, rarement à l'entreprise. — Gardes-ligne, — Gardes-barrière, — Cantonniers, — Aiguilleurs, — à peu près deux hommes par kilomètre. — Service des barrières fait par des femmes. — Fermeture des barrières. — Outils des gardes et cantonniers.

Traction et ateliers. — Un ingénieur en chef et deux chefs principaux de service sous ses ordres. — La traction se fait généralement en régie, et en régie intéressée dans quelques cas. — Aux chemins de l'Est, le prix est de 0.95 par kilomètre parcouru pour la traction de 14 voitures et 35 wagons; — il est de 1.05 au chemin d'Orléans, — de 1.12 au chemin de fer de Rouen et pour un moindre nombre de voitures par train. — Chaque réseau a un grand atelier principal, et un, deux ou trois ateliers secondaires. — Service des mécaniciens: ils montent et conduisent autant que possible la même locomotive jusqu'à ce qu'elle entre en grande réparation. — Le nombre de jours consécutifs de service actif des mécaniciens et la longueur du parcours varient suivant la nature de leur service: — 12 à 15 jours et 150 à 200 kilomètres par jour sur les lignes de banlieue, 6 à 9 jours et 500 à 600 kilomètres sur les autres lignes. — En général, on s'applique à ce que les mécaniciens rentrent le soir au dépôt avec leur machine. — Une machine travaille 3, 4, 5 jours sans être refroidie, visitée, nettoyée. Elle pourrait travailler plus longtemps, si ce n'était les incrustations qui se font dans la chaudière. — Nécessité de se procurer de bonnes eaux pour l'alimentation des locomotives; on ne doit rien ménager dans ce but. — En moyenne, dans l'année on peut compter que le travail journalier d'une machine est de 60 kilomètres par jour, soit 20 à 25 mille kilomètres par an. — Il y a des machines qui font deux fois, trois fois davantage, mais dans l'état actuel de la pratique on peut adopter comme moyenne générale les chiffres ci-dessus. — Il y a des machines qui font 200 000, 300 000 kilomètres avant d'entrer en grande

réparation, d'autres 100 000 seulement. . . . il faut alors changer le foyer, les tubes, etc. — En moyenne, au bout de deux à trois ans, il faut compter sur six à huit semaines de réparation. — On change les essieux après des parcours de 40 à 100 mille kilomètres, les bandages aussi. — Usure rapide des bandages : au bout d'un parcours de 20 000 kilomètres, il faut les remettre au tour, ce qui leur enlève une partie de leur épaisseur. Après trois ou quatre opérations semblables, le bandage a pu perdre deux à trois centimètres d'épaisseur, et alors on le réforme. — Améliorations obtenues dans la fabrication des bandages de locomotives.

Personnel employé dans l'exploitation. — On peut compter huit personnes par kilomètre de longueur exploitée : c'est à-peu-près la même moyenne en Angleterre. — Pour notre réseau de 12 000 kilomètres, ce sera en nombre rond 100 000 personnes; il faut y ajouter 50 000 autres employés dans les forges, la construction, etc., et occupés indirectement pour le service des chemins de fer. C'est un ensemble de 150 000 chefs de famille ou de 600 000 individus, le soixantième de la population de la France, vivans de l'industrie des chemins de fer. Il faudrait tenir compte aussi des porteurs d'obligations, des actionnaires, de toutes les personnes en un mot qui auront contribué à former le capital de trois milliards qui sera nécessaire!

Dépenses.

Administration centrale. — Administrateurs, comité de direction ou directeur, 10 à 30 personnes; secrétaires, employés, gens de service, 150 à 200 personnes dans les grandes compagnies. — Frais de bureau, imprimés, loyers, assurance, contributions, etc. — Pour de petites lignes, les frais généraux sont considérables. Sur le chemin de St-Fermain (25 kilomètres) les dépenses d'administration centrale s'élevaient à 25 000^f par kilomètre. Elles ne dépassent pas 800^f sur le réseau de la compagnie d'Orléans. — Elles étaient moyennement de 1000^f par kilomètre de longueur exploitée en 1853, sur l'ensemble de 4 000 kilomètres en exploitation ou de 0^f.15 par kilomètre parcouru par les trains.

Exploitation. — La grande dépense de ce service, c'est celle des gares qui est, en majeure partie, indépendante du trafic. — Les dépenses d'exploitation comprennent le personnel des gares et stations, celui des trains, l'éclairage et le chauffage, etc. En 1853, sur l'ensemble des lignes en exploitation, elles ont été de 4 000^f par kilomètre de longueur exploitée ou 0^f.61 par kilomètre parcouru. — Sur le chemin de fer de Montreuil à Crotoy qui était à simple voie et n'avait que 100 kilomètres, la dépense n'était que de 2 500^f par kilomètre, mais vu le petit nombre de trains, elle revenait à 0^f.83 par kilomètre parcouru.

Création et entretien du matériel. — Les frais de ce service comprennent le service central, les mécaniciens, chauffeurs et chefs de dépôt, le combustible, l'entretien du matériel, etc. Les principales dépenses sont le combustible, l'entretien des machines, l'entretien des voitures, le personnel des mécaniciens et chauffeurs. La moyenne générale en 1853 a été de 7 286^f par kilomètre ou 1^f.11 par kilomètre parcouru. En 1854, pour le réseau de la compagnie d'Orléans (1143 kilomètres), elle a été de 6 500^f en nombre rond, soit 1^f.10 par kilomètre parcouru. On peut décomposer

ce dernier chiffre comme ci-après :

Personnel des mécaniciens, chauffeurs et dépôt.	0. 20	} 0. 80
Combustible et eau.	0. 35	
Entretien des machines.	0. 25	
Entretien des voitures et wagons.	0. 20	
Dépenses diverses.	0. 10	
Total.	1. 10	

Voie et bâtiments. — Personnel central, gardes-ligne, aiguilleurs, gardes-barrière, chefs poseurs, cantonniers, fournitures de rails, ballast, traverses, etc. — La dépense principale est celle de la réparation de la voie, puis celle des gardes-ligne et barrière.

En 1853, la moyenne générale a été de 2767^f par kilomètre ou 0^f.42 par kilomètre parcouru. — En 1854, pour le réseau de la compagnie d'Orléans, elle a été de 3244^f par kilomètre de longueur exploitée, ou 0^f.55 par kilomètre parcouru.

On s'est demandé s'il ne fallait pas faire de fonds de réserve pour amortir en 15 ans, par exemple, le capital de la voie. — Il en eût fallu une réserve de 3000^f à 4000^f par kilomètre. On ne l'a pas fait, et on a eu raison. — Il y a lieu de se borner à un petit fonds de réserve, et de prélever sur les recettes les frais de renouvellement de la voie, en échelonnant les travaux et les dépenses. Seulement on pourrait porter au compte du capital les excédants de poids ou de dimensions que l'on croirait devoir donner. — Il en est de même du matériel roulant, tout se paie en général sur les produits annuels.

Récapitulation. — En 1854, pour le réseau de la Compagnie d'Orléans, les dépenses se partageaient comme ci-après :

	Par kilomètre	
	de longueur de chemin.	parcouru par les trains.
Frais généraux.	557 ^f	0. 09
Exploitation.	4683	0. 79
Construction et entretien du matériel.	6498	1. 10
Voie et bâtiments.	3244	0. 55
Total.	14982 ^f	2. 53

Au chemin de fer du Nord, on évaluait les dépenses à 16370^f par kilomètre, ou à 2^f.01 par kilomètre parcouru, savoir :

Frais généraux.	0. 11	} 2. 01
Exploitation.	0. 56	
Construction, etc.	0. 98	
Voie, etc.	0. 36	

Si on considère deux sections, par exemple, celle de Lille à Dunkerque (142 Kilomètres) et celle de Paris à Amiens (148 Kilomètres), les dépenses seront bien différentes. Le nombre de trains censés avoir parcouru la distance entière sur la première section peut être évalué à douze moyennement par jour ou 4300 par an, tandis qu'il peut être fixé à 40 par jour ou 15000 par an entre Paris et Amiens. Les frais de traction calculés à 1^{fr} en nombre rond par Kilomètre parcouru seraient donc de 4300^{fr} par Kilomètre de chemin dans la section de Lille à Dunkerque, tandis qu'ils seraient de 15000^{fr} dans la section de Paris à Amiens. — En totalité l'exploitation par Kilomètre de chemin coûterait 2^{fr}.01 x 4300 ou 8643^{fr} dans l'une des sections, et 2^{fr}.01 x 15000 ou 30150^{fr} dans l'autre.

Le chiffre de 2^{fr}.25 à 2^{fr}.50 par Kilomètre parcouru pour représenter les dépenses d'exploitation se retrouve à peu près partout, en Belgique, Angleterre, Allemagne comme en France. On peut adopter celui de 2^{fr}.50 dans les estimations qui accompagnent un projet de chemin de fer.

On fait le recensement de la circulation en voyageurs et en marchandises existant sur la ligne qu'il s'agit de desservir par un chemin de fer. On calcule le nombre de voyageurs et de tonnes transportés à un Kilomètre. On double celui qui concerne les voyageurs, on réduit plus ou moins celui des marchandises et on obtient ainsi deux chiffres représentant les nombres de voyageurs ou de tonnes qui pourraient être annuellement transportés à un Kilomètre sur le chemin de fer projeté. En les divisant par la longueur du chemin, on a les chiffres de la circulation ramenée à la distance entière; soit, par exemple, 200 000 voyageurs et 150 000 tonnes. Il y a lieu d'appliquer aux premiers le tarif moyen de 0^{fr}.065 et aux marchandises celui de 0^{fr}.09 au plus. On ajoute aux produits un dixième pour recettes diverses, messageries, etc.; on obtient ainsi l'ensemble des produits par Kilomètre du chemin projeté :

200 000 voyageurs à 0.065	13 000 ^{fr}
150 000 tonnes à 0.09	13 500
	26 500 ^{fr}
Produits divers 1/10	2 650
Recette totale kilométrique	29 150 ^{fr}

Maintenant on évalue le parcours des trains qui doivent recueillir le mouvement. En général le minimum est de 4 trains dans chaque sens: il y a aussi des trains qui pourraient ne parcourir qu'une partie de la ligne; il faut en tenir compte. On calcule le parcours kilométrique journalier des trains, et divisant par la longueur du chemin projeté, on obtient le nombre des trains censés devoir parcourir toute la ligne. Soit, par exemple, 13 trains par jour. Au prix moyen de 2^{fr}.50 par Kilomètre parcouru, la dépense journalière d'exploitation sera, par Kilomètre, de 32^{fr}.50 ou 11862^{fr}.50 par an. En résumé :

Produit par Kilomètre	29,150 ^{fr} . 00
Dépense . . . id	12 862. 50
Produit net	16 287 ^{fr} . 50

représentant 6% pour intérêts et amortissement d'un capital de 271,000^{fr}.

Statistique.

Son utilité dans l'exploitation des chemins de fer. — Objet et avantages d'une statistique technique.

Télégraphie.



Télégraphie aérienne inventée par l'abbé Claude Chappe, appliquée pour la première fois, de Paris à Lille, en 1794. — La transmission d'une dépêche et de la réponse dura 14 minutes. — Plus tard deux minutes suffirent pour transmettre une nouvelle de Paris à Lille. — Description du télégraphe aérien. — Vocabulaires de mots et de phrases. — Il y a quelques années, la France était couverte d'un vaste réseau de télégraphes aériens. Les postes étaient distants moyennement de 10 à 12 Kilomètres. La vitesse pour de petites dépêches était de 80 à 100 Kilomètres par minute: une dépêche de 100 mots en demandait plusieurs heures.

Inconvénients du télégraphe aérien. — Travail moyen, six heures par jour. — Difficultés de le faire fonctionner pendant la nuit. Le problème de l'éclairage des télégraphes aériens parait avoir été résolu en Russie vers 1839, mais l'heure du télégraphe électrique avait sonné.

Télégraphie électrique. — Elle est l'application d'une série de découvertes qui datent du commencement de ce siècle. — Expériences de Galvani suivies de la pile de Volta. — On admet aujourd'hui que la production de l'électricité est due à une action chimique qui se passe entre les corps mis en contact. — Pile, éléments de pile. — Causes qui tendent à faire varier l'intensité du courant: remèdes contre l'impureté du zinc; inconvénients dus à l'hydrogène prévenus par l'emploi des piles de Bunsen et de Daniell. — Pile Bunsen. — Pile Daniell. — Cette dernière est la plus usitée dans la télégraphie sur les chemins de fer. — Précautions à prendre pour obtenir un courant régulier et d'intensité constante. — Conductibilité des métaux.

En 1820, découverte d'Ampère. — Aiguille astatique. — Galvanomètre ou multiplicateur de Schweiger. — Boussole indiquant le passage d'un courant et son intensité relative. — Les déviations de l'aiguille sous l'action d'un courant ont donné l'idée du télégraphe électrique, Ampère l'a indiqué. — C'est sur elles qu'est basée la disposition du télégraphe de Wheatstone en Angleterre. — Télégraphe anglais à une aiguille et une manivelle, à deux aiguilles et deux manivelles. — On est parvenu à télégraphier 50 mots par minute. — Ce sont de jeunes garçons de 15 à 16 ans qui font le service des télégraphes en Angleterre.

Aimantation temporaire et instantanée du fer doux, découverte par M. Arago. — Non seulement un courant électrique peut produire un aimant, mais un aimant peut produire un courant. Tous les phénomènes produits par la pile le sont également par les aimants: ce sont les courants d'induction découverts par M. Faraday. — Electro-aimant. — Forme qui lui est donnée dans la télégraphie électrique, explications, expériences.

Ce n'est que de 1837 que date la première explication sérieuse de l'électromagnétisme à la télégraphie. Elle a été faite presque simultanément, aux Etats-Unis par M. Morse, en Angleterre par M^{rs} Wheatstone et Cooke, et en Allemagne par M. Steinbell de Munich. —

M^r Steinhell a établi le premier un télégraphe électrique avec un seul fil dont les extrémités plongeaient dans le sol qui faisait fonction du second fil. L'expérience a été renouvelée en grand par M^r M. Arago et Breguet entre Paris et Rouen, en 1845.

Progrès immenses de la télégraphie électrique depuis dix ans.

Fils ronds de 3 à 4 millimètres. — Poteaux ordinaires en sapin imprégnés de sulfate de cuivre, de 6^m à 9^m 50 de longueur, dont 1^m 50 à 2^m de scellement, et espacés moyennement de 50^m, à la distance de 2^m des rails. — Cloches de suspension en porcelaine, fayence, verre, etc.; cloches supports de tendeurs espacés de 1000^m et au moyen desquelles on règle la tension des fils, de manière à ne leur laisser qu'une flèche de 0,05 pour 50 mètres. — Communication des fils avec la terre.

Dans chaque poste les appareils nécessaires sont :

Une pile,

Un manipulateur pour transmettre les dépêches,

Un récepteur pour les recevoir,

Une ou plusieurs sonneries pour recevoir les avertissements, suivant le nombre des postes correspondants,

Une ou plusieurs boussoles accusant le passage du courant,

Un commutateur ou régulateur de la pile.

Télégraphe employé sur les chemins de fer. — Télégraphe de l'Etat reproduisant des signaux dans le genre de ceux du télégraphe aérien. — Usage du télégraphe des chemins de fer, explications, démonstrations, expériences. — On recommande de ne pas s'efforcer d'émettre plus de 40 lettres par minute.

Paratonnerre de télégraphe électrique, imaginé par M^r Breguet.

Postes télégraphiques de tête, — intermédiaires ou de bifurcation.

M^r Regnault, chef de mouvement aux chemins de fer de l'Ouest, a établi un appareil, en cas de demande de secours, qui indique le point de la ligne où le secours a été demandé. — Il en a établi un autre qui indique la marche des trains sur un chemin de fer à une voie et qui fonctionne très bien sur la ligne d'Asnières à Argenteuil.

Appareil mobile de télégraphie électrique composé par M^r Breguet. — Il sert à mettre le conducteur d'un train en communication avec les postes télégraphiques les plus rapprochés. — C'est d'un emploi facile, mais qui produit quelque confusion. Cet appareil n'a pas encore rendu tous les services qu'on en attendait.

Télégraphe Morse, — très usité en Amérique, en Allemagne, en Suisse... se répand en France et sera, dit-on, définitivement adopté par l'administration des télégraphes. — Il se compose de deux parties indépendantes : un rouage mû par un poids entraîne une bande de papier; un électro-aimant imprime un mouvement de va-et-viens à une armature qui porte une pointe qui peut presser contre le papier passant sous le rouleau. — Un manipulateur interrompt le courant à volonté, et le poinçon imprime un point ou un trait suivant que l'action est très courte ou plus prolongée.

... — signifie A.

—... signifie B
 —... id C
 —... id D
 —... id E

§^a

La pointe qui presse contre le papier exige une force assez grande, et l'on ne pourrait, à une grande distance, l'aimanter suffisamment. M^r. Morse a imaginé, à cet effet, d'employer un électro-aimant de renfort du relai — Cette invention rend de très grands services.

Le télégraphe Morse a le grand avantage d'écrire des dépêches. — On peut écrire 15 mots par minute avec de l'habitude.

Dépense d'établissement de la télégraphie électrique en France.

On compte par kilomètre:

19 poteaux à 5 ^e pièce	100 ^{fr} . 00
1000 ^m de fil galvanisé pesant 100 ^{kilog.}	70. 00
19 cloches en porcelaine, à 0 ^{fr} . 50	9. 50
Cloche et tendeur	4. 50
Posc.	7. 00
	191 ^{fr} . 00

soit 200^{fr} par kilomètre, non compris les appareils qui coûtent de 600^{fr} à 900^{fr}, suivant que le poste est à deux ou trois directions.

Télégraphie électrique sous-marine. — La pensée en est due à M^r. Wheatstone. — La première ligne fut établie entre Douvres et Calais par M^r. Brett qui en a établi depuis plusieurs de longueurs variables, mais toujours croissantes, — 60 — 100 — 200 — 600 Kilomètres. On en projette une de 4000 Kilomètres pour joindre l'Amérique et l'Europe.

Fils de 1 $\frac{1}{2}$ à 2 millimètres de diamètre. — On en met 1 à 6 suivant la multiplicité des correspondances. Chaque fil est recouvert de gutta-percha, puis le faisceau est entouré d'étoupe de chanvre goudronnée et pressée par le revêtement extérieur en fils de fer enroulés en hélice.

On fait ces câbles aussi longs que possible, en tenant compte des inégalités du fond de la mer et de la puissance des courants. — L'immersion en est difficile: détails. — Les ancres des navires ont coupé quelquefois les câbles. Le diamètre de ces câbles est de 30 à 40 millimètres pour 3 à 6 fils. — Leur poids est de 3 à 5 tonnes, la dépense de 6000^{fr} à 8000^{fr} par kilomètre.

Le cours

Le cours s'est terminé par une visite faite par les élèves, sous la conduite de leur Professeur, sur le chemin de fer de l'Oueon, entre Paris et Comières.

Les élèves ont visité les gares, vu la manœuvre des signaux, l'usage du télégraphe et des sonneries électriques, reçu des explications sur l'organisation spéciale et intéressante du service de cette importante section de chemin de fer.

Il leur a été distribué une notice détaillée sur les principales dispositions du service d'exploitation du chemin de fer entre Paris et les Batignolles, ainsi qu'un plan du chemin, indiquant tous les appareils de signaux.

Il leur a été également distribué, pendant le cours, une carte des réseaux de chemins de fer en France, un cahier des charges, la loi sur la police des chemins de fer, l'ordonnance de novembre 1846, un tableau de marche des trains.

