

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE
DES
CHEMINS DE FER

PAR
AUG. PERDONNET

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE, PROFESSEUR A L'ÉCOLE CENTRALE
DES ARTS ET MANUFACTURES
ADMINISTRATEUR DES CHEMINS DE L'EST DE LA FRANCE ET DE L'OUEST DE LA SUISSE, MEMBRE DU COMITÉ DE DIRECTION
DES CHEMINS DE FER DE L'EST DE LA FRANCE
PRÉSIDENT HONORAIRE DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE, ETC.


AUGUSTE PERDONNET

TOME PREMIER

I

PARIS
LANGLOIS ET LECLERCQ, ÉDITEURS

10, RUE DES MATHURINS-SAINT-JACQUES

1858


Droits de traduction et de reproduction réservés.



H2680



*Ingénieur du chemin de Liverpool à Manchester,
père de Robert*

ERRATA

Page 8, ligne 34 de la note, *au lieu de* : 40 tonnes de poids, *lisez* : 400 tonnes de poids.

Page 254, ligne 6, *au lieu de* : un châssis de voiture, *lisez* : un chemin de voiture.

Même page, ligne 28, *au lieu de* : chaque travée est fournie d'arcs de cercle, *lisez* :
chaque travée est formée d'arcs de cercle.

Page 420, ligne 5, *au lieu de* : virant de côté, *lisez* : versant de côté.

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE
DES
CHEMINS DE FER

PRÉFACE

DE LA PREMIÈRE ÉDITION

Il y a aujourd'hui vingt-cinq ans, nous publions avec M. Léon Coste un ouvrage intitulé : *Mémoire sur les chemins à ornières de fer*, l'un des premiers qui aient paru en France sur les chemins de fer. Un an plus tard, nous ouvrons à l'École centrale des arts et manufactures le premier cours qui ait été fait en France sur la construction et sur le matériel de ces nouvelles voies de communication; la même année enfin, nous écrivions dans un rapport à l'Association polytechnique les lignes suivantes :

« Parmi les grandes questions industrielles qui occupent aujourd'hui le public, aucune sans contredit n'est plus importante que celle des chemins de fer. Ce n'est pas une question purement industrielle; elle touche en même temps à nos intérêts moraux et à nos intérêts matériels. Elle offre un sujet de méditation de la plus haute importance à l'administrateur et au philosophe, aussi bien qu'à l'ingénieur et au commerçant ou à l'homme de guerre... Les chemins de fer, par la prodigieuse célérité qu'ils établissent dans les communications, deviennent l'un des moyens les plus puissants de

civilisation, comme un des remparts les plus efficaces contre les agressions ennemies...

« Le transport des voyageurs et des marchandises précieuses sera l'objet principal des revenus des chemins de fer; mais une grande partie des frais généraux, tels que frais d'administration, perception, entretien, qui ne varient pas proportionnellement à la circulation, pouvant être supportés par les voyageurs et les marchandises précieuses ou les objets manufacturés, ce qui n'arrive pas généralement avec les canaux, les chemins de fer pourront souvent, en abaissant leur tarif, lutter avec les canaux, *même pour le transport des marchandises lourdes.* »

Nos prédictions se sont réalisées. Le succès a dépassé nos espérances. Les chemins de fer sillonnent déjà, dans tous les sens, la plus grande partie de l'Europe et l'Amérique septentrionale; l'Amérique centrale et méridionale, l'Asie, l'Afrique, l'Australie, ont leurs chemins de fer; et bientôt ceux-ci, traversant des contrées presque inhabitées, iront propager la civilisation jusque dans les régions les plus éloignées.

Les convois de marchandises ne sont pas moins nombreux que ceux de voyageurs, et les chemins de fer ont enfanté le télégraphe électrique, instrument non moins merveilleux peut-être que le chemin de fer lui-même.

Déjà, de 1840 à 1842, nous avons publié avec M. Polonceau un ouvrage sur les chemins de fer intitulé : *Portefeuille de l'ingénieur*, qui ne s'adressait qu'aux hommes pratiques. Celui que nous livrons aujourd'hui à l'impression est moins spécial, et pourra être lu, du moins en grande partie, par un public plus nombreux, tout en fournissant des indications utiles aux hommes de l'art.

Tracer en peu de mots l'histoire des chemins de fer, esquisser l'art de les construire, tel est le but que nous nous sommes proposé dans cet ouvrage.

Les procédés suivis pour les établir sont si variés, les progrès qu'ils font chaque jour sont si rapides, que nous aurions reculé devant cette tâche difficile, si par notre position nous n'avions pu nous assurer facilement le concours des ingénieurs de toutes nos grandes lignes, et plus particulièrement celui des ingénieurs des chemins de fer de l'Est. C'est donc en quelque sorte leur ouvrage collectif que nous offrons aujourd'hui au public plus que le nôtre. Il serait trop long de les citer ; mais nous devons des remerciements spéciaux à M. Gustave Bridel, ancien inspecteur du matériel du chemin de fer de l'Est, et ingénieur en second au palais de l'Industrie. Telle a été sa coopération à ce travail, qu'il aurait pu, s'il n'était aussi modeste que capable, revendiquer le droit de placer son nom avec le nôtre en tête de ce livre.

PRÉFACE

DE LA DEUXIÈME ÉDITION

Le succès que la première édition du *Traité élémentaire des chemins de fer* a obtenu ne nous a pas aveuglé sur ses imperfections.

Nous avons apporté tous nos soins à les faire disparaître dans la publication d'une nouvelle édition.

Le premier chapitre, traitant des avantages respectifs des différentes espèces de voies de communication, a été entièrement refondu.

L'histoire des chemins de fer a été complétée, et nous nous sommes appliqué, en la retraçant rapidement, à faire connaître, autant que nous l'avons pu, le nom des hommes qui ont le plus contribué, dans les différents pays, à l'établissement de ces voies nouvelles. — Le portrait de Georges Stephenson, l'ingénieur du chemin de Liverpool à Manchester, figure en tête du premier volume; celui de Marc Séguin, l'inventeur de la machine locomotive à grande vitesse, sera placé en tête du second.

Nous avons enrichi le chapitre du tracé d'importants détails sur l'accroissement des frais d'exploitation occasionné par les fortes pentes et sur le tracé des chemins de fer en pays de montagne.

Des chiffres du plus haut intérêt, empruntés aux documents statistiques publiés par le gouvernement français, ont été introduits dans le chapitre consacré aux frais de construction des chemins de fer et à l'établissement des devis.

Des études nouvelles et complètes sur les procédés de terrassement et sur ceux d'assainissement des grandes tranchées ou des grands remblais ont trouvé place au chapitre des terrassements et travaux d'art. Nous avons ajouté quelques lignes aussi sur les travaux d'art.

De belles planches représentant les magnifiques ouvrages en maçonnerie du chemin de Mulhouse ont été jointes à l'appui du texte.

Nous avons, au moyen de quelques additions ou modifications, signalé les progrès faits par l'industrie dans la construction des accessoires de la voie.

Un article fort long a été rédigé sur les signaux fixes destinés à prévenir les accidents.

Nous avons enfin réuni aux documents des données numériques dont nous pouvons garantir la parfaite exactitude, et qui seront appréciés, nous n'en doutons pas, par les hommes pratiques.

Le *Traité élémentaire* n'est pas l'œuvre d'un seul : c'est celui des nombreux ingénieurs qui nous ont prêté leur concours, ingénieurs parmi lesquels figurent en première ligne nos anciens élèves. C'est ce qui en fait le principal mérite.

PLAN DE L'OUVRAGE

Nous adopterons pour la rédaction de cet ouvrage le plan qui suit :

Après avoir établi la supériorité des chemins de fer sur les autres voies de communication artificielles, en avoir esquissé l'histoire dans les différents pays, et donné quelques notions générales sur leur mode de construction ainsi que sur les moteurs qui les desservent, nous suivrons méthodiquement, dans ses opérations, l'ingénieur appelé à construire un chemin de fer.

Ainsi, traitant d'abord du tracé, nous passerons en revue les considérations qui doivent guider dans le choix de la meilleure ligne, et nous indiquerons les règles qui conduisent à la détermination de cette ligne sur le terrain. Nous verrons ensuite comment les préceptes que nous aurons posés ont été appliqués sur les principaux chemins construits en France ou à l'étranger, et nous traiterons, dans un chapitre spécial intitulé *Des frais de construction*, de la rédaction des devis.

Nous jetterons un coup d'œil rapide sur les méthodes les plus usitées dans les travaux de terrassements que nécessite l'établissement des chemins de fer, sur les conditions que doivent remplir les travaux d'art, et sur le mode de construc-

tion de la chaussée. Nous décrirons les différentes espèces de rails, coussinets, changements de voie, plaques tournantes, etc..., qui composent la voie proprement dite, et nous serons ainsi tout naturellement conduit à traiter de la disposition des gares ou stations où sont employés presque exclusivement ces changements de voie et plaques tournantes.

Après la description de la voie et des gares, viendra celle du matériel roulant, voitures et locomotives, ainsi que celle des machines fixes et des plans automoteurs. Nous développerons quelques considérations théoriques sur la résistance opposée par les véhicules à l'action des moteurs et sur le calcul de la puissance des locomotives. Nous ferons connaître les différents moyens proposés ou employés pour diminuer cette résistance (système Laignel, système Arnoux), et nous terminerons par une description succincte et critique des nouveaux moyens de locomotion tentés avec plus ou moins de succès jusqu'à ce jour système atmosphérique anglais et français, système Jouffroy, système Andraud, système Pecqueur, système Chameroy, système Séguier, système Erickson, etc.).

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE

DES

CHEMINS DE FER

CHAPITRE PREMIER

COMPARAISON DES VOIES DE COMMUNICATION

L'importance des chemins de fer comme voie de communication a rapidement grandi dans ces dernières années.

Jusqu'en 1829, époque de l'ouverture du chemin de Liverpool à Manchester et de l'invention de la locomotive à chaudière tubulaire, on n'en fit guère usage que pour conduire les produits des mines ou des usines aux voies navigables, naturelles ou artificielles, et, même après le succès de cette grande expérience, les partisans des anciens moyens de transport soutinrent-ils quelque temps encore que le succès était exceptionnel, et que les chemins de fer ne pouvaient réussir que dans certaines localités privilégiées, très-rares, et seulement pour de courtes distances.

L'activité de la circulation qui se développa sur les chemins de Londres à Birmingham et de Londres à Bristol, livrés au public quelques années après celui de Liverpool, détruisit cette erreur. Force fut bien alors de reconnaître que les chemins de fer étaient appelés à jouer un rôle important dans le monde politique et com-

tion de la chaussée. Nous décrirons les différentes espèces de rails, coussinets, changements de voie, plaques tournantes, etc..., qui composent la voie proprement dite, et nous serons ainsi tout naturellement conduit à traiter de la disposition des gares ou stations où sont employés presque exclusivement ces changements de voie et plaques tournantes.

Après la description de la voie et des gares, viendra celle du matériel roulant, voitures et locomotives, ainsi que celle des machines fixes et des plans automoteurs. Nous développerons quelques considérations théoriques sur la résistance opposée par les véhicules à l'action des moteurs et sur le calcul de la puissance des locomotives. Nous ferons connaître les différents moyens proposés ou employés pour diminuer cette résistance (système Laignel, système Arnoux), et nous terminerons par une description succincte et critique des nouveaux moyens de locomotion tentés avec plus ou moins de succès jusqu'à ce jour (système atmosphérique anglais et français, système Jouffroy, système Andraud, système Pecqueur, système Chameroy, système Segulier, système Erickson, etc.).

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE

DES

CHEMINS DE FER

CHAPITRE PREMIER

COMPARAISON DES VOIES DE COMMUNICATION

L'importance des chemins de fer comme voie de communication a rapidement grandi dans ces dernières années.

Jusqu'en 1829, époque de l'ouverture du chemin de Liverpool à Manchester et de l'invention de la locomotive à chaudière tubulaire, on n'en fit guère usage que pour conduire les produits des mines ou des usines aux voies navigables, naturelles ou artificielles, et, même après le succès de cette grande expérience, les partisans des anciens moyens de transport soutinrent-ils quelque temps encore que le succès était exceptionnel, et que les chemins de fer ne pouvaient réussir que dans certaines localités privilégiées, très-rare, et seulement pour de courtes distances.

L'activité de la circulation qui se développa sur les chemins de Londres à Birmingham et de Londres à Bristol, livrés au public quelques années après celui de Liverpool, détruisit cette erreur. Force fut bien alors de reconnaître que les chemins de fer étaient appelés à jouer un rôle important dans le monde politique et com-

mercial, en rapprochant les États, les cités et les hommes, en multipliant les rapports entre les individus, en facilitant les échanges de produits et d'idées, en mêlant les intérêts et faisant disparaître, par un contact fréquent, les préjugés locaux et les haines nationales.

Aussi, aujourd'hui, l'utilité économique et philosophique des chemins de fer n'est-elle plus contestée par personne; tout le monde la reconnaît; mais on diffère encore sur la limite de leur puissance. Suivant quelques auteurs, elle est bornée et ne s'étend guère au delà du transport des personnes, de leurs bagages et de certaines marchandises de peu de volume et d'une grande valeur; pour tout le reste, les routes ou les canaux leur seraient préférables, comme exigeant moins de dépenses de premier établissement et d'exploitation.

Suivant d'autres écrivains, au contraire, la supériorité des chemins de fer est absolue, aucune concurrence ne peut leur être opposée, ils remplaceront tous les autres moyens de communication, et ils doivent être préférés dorénavant aux routes et même aux canaux pour desservir les contrées dont la viabilité est incomplète.

Nous essayerons, avant d'entamer la description technique des chemins de fer, sinon de résoudre ce problème, du moins de le simplifier, en présentant les résultats d'une observation calme et impartiale des faits déjà constatés et des circonstances au milieu desquelles ils se sont produits.

Commençons par quelques mots sur le rôle modeste laissé aux routes ordinaires par l'invention des chemins de fer.

Routes. — Perpendiculaires aux voies de fer, les routes de terre sont le premier agent de leur prospérité; ce sont elles qui les alimentent de voyageurs et de marchandises empruntés à tous les centres d'habitations placés dans la zone d'action du chemin, zone qui s'élargit en raison de la longueur de la ligne.

Parallèles aux railways, les routes peuvent lutter avec avantage ou conserver du moins une activité suffisante lorsqu'il s'agit de courtes distances, parce qu'elles pénètrent plus à l'intérieur des villes et permettent de prendre et de livrer les marchandises à domicile sans transbordement ni frais accessoires de factage; parce que les voitures qui les desservent peuvent recueillir et déposer les voya-

geurs des points intermédiaires pour ainsi dire à leur porte, tandis que les chemins de fer n'ont que de rares stations où ils ne s'arrêtent même pas toujours, et exigent un long trajet pour arriver à leurs gares, souvent situées à l'extrémité des villes.

Les routes sont, en outre, toujours préférables aux chemins de fer dans les pays de hautes montagnes, en raison des frais excessifs d'exploitation qu'entraîneraient des courbes de petit rayon et des rampes très-inclinées que l'on ne pourrait éviter qu'au moyen de dépenses inadmissibles; aussi n'est-ce que par exception que l'on a établi des chemins de fer au travers de chaînes élevées, et seulement lorsqu'il s'agissait de réunir les parties déjà construites dans des contrées moins accidentées.

Enfin, il convient également de préférer les routes ordinaires aux chemins de fer, lorsqu'on est appelé à desservir des contrées où la circulation n'a pas atteint ou ne paraît pas devoir atteindre promptement un certain degré d'activité.

Nous aurions voulu pouvoir déterminer exactement quels sont le maximum de tonnage ou de trafic et la plus petite distance pour lesquels la route ordinaire cesse de pouvoir lutter avec les chemins de fer, mais ce sont là des calculs impossibles à faire exactement, les éléments variant avec les localités et les circonstances particulières à chaque chemin.

En général, on trouve qu'il est peu avantageux d'établir un chemin de fer si le mouvement n'est au moins de 60 à 80,000 tonnes de marchandises transportées par an sur toute la ligne, ou l'équivalent en voyageurs.

Une des plus grandes difficultés, dans ces sortes de calculs, est de bien déterminer le prix du roulage. Les entrepreneurs ont, sur un grand nombre de routes voisines des chemins de fer, réduit leurs prix à un taux de beaucoup inférieur à celui sur lequel on avait établi des comparaisons. Cela tient en partie à ce qu'ils ont pu considérer le capital de leur matériel comme amorti par les bénéfices qu'ils avaient faits antérieurement.

L'éloignement du point de départ ou du point d'arrivée d'un chemin de fer, du domicile ou du lieu de destination du voyageur, a sans doute beaucoup moins d'influence sur la circulation de ce

chemin que celui du point de départ ou d'arrivée des magasins de l'expéditeur ou du destinataire de marchandises. Il s'en faut cependant que les chemins de fer absorbent la totalité du mouvement des voyageurs, lorsqu'ils sont courts et que leurs points de départ et d'arrivée sont très-éloignés du centre des villes qu'ils desservent. Ainsi, entre Paris et Versailles, malgré l'existence de deux chemins de fer, les voitures publiques continuent de transporter un grand nombre de voyageurs, dont, à la vérité, une partie provient des localités intermédiaires, et le chemin de Saint-Germain n'est pas parvenu à éteindre entièrement la concurrence.

Canaux. — La puissance de bon marché des canaux pour une circulation active étant beaucoup plus grande que celle des routes, et se rapprochant davantage de celle des chemins de fer, et les voyageurs se trouvant à peu près exclus des canaux, tandis qu'ils procurent aux chemins de fer et aux routes à barrières une très-grande partie de leurs revenus, la question de savoir quel est le mode de transport le plus économique est, pour les canaux comparés aux chemins de fer, moins simple que pour les routes.

Les canaux consommant, pour leur alimentation, surtout dans les pays montueux où les écluses sont nombreuses, une grande quantité d'eau que souvent on ne peut amener dans leur lit qu'à grands frais, et qu'il est quelquefois impossible de se procurer¹,

¹ A l'appui de cette assertion, nous ferons observer : 1° que la quantité d'eau nécessaire pour élever une certaine charge à une certaine hauteur est généralement égale à six fois le poids de cette charge tombant de la même hauteur, et, pour la faire descendre, égale à quatre fois le poids; 2° qu'une très-grande partie de l'eau qui alimente le canal se perdant par les filtrations, l'évaporation et les pertes d'écluses, on serait encore très-loin de suffire à la dépense du canal, si on ne lui fournissait, au point de partage, qu'un volume d'eau égal à six fois le poids des charges qui montent, et quatre fois celui des charges qui descendent. Il faut, dit M. Huerne de Pommeuse, qu'il entre dans le lit du canal une quantité d'eau égale au moins à *vingt fois* son prisme de remplissage (ou capacité totale de la ligne navigable) pour suffire aux dépenses d'eau qu'il doit subir, tant pour le remplissage des écluses que pour remplacer ce qu'enlèvent l'évaporation et la filtration; 3° que les filtrations sont d'autant plus redoutables que le point de partage est placé à une plus grande élévation au-dessus du niveau de la mer.

Il est souvent impossible ou extrêmement coûteux de se procurer cette masse d'eau énorme qu'exige le canal. Quelquefois on ne peut l'amener dans le lit du canal qu'en privant de nombreuses usines de force motrice, ou des prairies étendues de moyens d'irrigation. Il arrive même sur certains canaux que l'on est obligé d'élever de l'eau d'une écluse à une autre, au moyen de machines à vapeur, comme, par exemple, sur le canal de Birmingham. Une faible partie de cette eau précieuse suffirait pour développer éco-

la multiplicité des écluses autant que la grandeur des bassins et la longueur des rigoles en rendent l'établissement extrêmement dispendieux.

Les canaux deviennent donc impraticables dans certains pays accidentés, où l'on construit au contraire des chemins de fer avec avantage.

Ce fait n'est pas contesté. Si, pour établir des communications entre le bassin houiller de Saint-Étienne et les bassins de la Loire ou du Rhône, on a construit des chemins de fer, ce n'est qu'après avoir reconnu la presque impossibilité d'y établir des canaux.

Le chemin de fer de Darlington à Stockton, celui d'Alais à Beaucaire, celui de Sarrebrück à Nancy et beaucoup d'autres, ont été également construits dans des localités où l'on ne pouvait songer à creuser des canaux.

Tous ces chemins de fer ouvrent des débouchés à de magnifiques bassins houillers qui, sans leur secours, seraient restés à peu près improductifs.

Le développement progressif de la circulation sur la plupart de ces nouvelles voies et le chiffre qu'elle a atteint après quelques années témoignent assez des immenses services qu'elles rendent à l'industrie.

Ainsi, sur le chemin de Saint-Étienne à Lyon, le tonnage, qui n'était,	en 1833,	que de	322,635 tonnes, est devenu,
	en 1840,	— de	577,480 —
	en 1847,	— de	865,641 —
	en 1851,	— de	772,627 —
	en 1855,	— de	1,010,157 —
	en 1856,	— de	1,052,000 —

nomiquement sur un chemin de fer la force mécanique nécessaire au moyen de roues à augets, ou mieux encore de machines à volume d'eau. S'il y a excès, les rigoles distribueront le superflu à l'agriculture et aux établissements industriels. Si l'eau se trouvait en grande abondance, on est presque toujours certain de pouvoir tirer un parti avantageux du surplus de la force qu'absorberait le canal en faveur de fabriques heureusement placées entre deux centres commerciaux sur une ligne fréquentée. Dans certaines localités, des machines fixes à vapeur, placées au sommet des pentes, remorqueraient les convois à moins de frais. Les machines locomotives peuvent même remonter les pentes qui ne dépassent pas 3 centimètres 1/2 par mètre. (Pente *maxima* du chemin de Turin à Gènes.)

Sur le chemin de Darlington à Stockton, le tonnage a été, en 1826, 1^{re} année d'exploitation, de 101,500 tonnes,

2 ^e	—	de 141,647	—
3 ^e	—	de 130,031	—
4 ^e	—	de 171,840	—
5 ^e	—	de 288,714	—
6 ^e	—	de 450,100	—
7 ^e	—	de 507,452	—
»	—	de 693,000	—
20 ^e	—	de 988,700	—

parcourant la distance entière.

Sur celui d'Alais à Beaucaire, les chiffres du tonnage ont été, la 1^{re} année d'exploitation, de 95,170 tonnes,

2 ^e	—	de 161,780	—
3 ^e	—	de 178,700	—
4 ^e	—	de 235,000	—
5 ^e	—	de 264,890	—
6 ^e	—	de 308,640	—

parcourant partie ou totalité de la ligne.

Quand le sol est moins accidenté, le canal devient possible aussi bien que le chemin de fer, et c'est alors seulement qu'il peut y avoir rivalité entre ces deux voies de communication.

Personne, avons-nous dit, ne met en doute la supériorité des chemins de fer pour le transport des voyageurs; les marchandises de roulage même avaient semblé jusqu'à ce jour devoir leur appartenir exclusivement; mais des expériences faites tout récemment sur les canaux du Nord et de Bourgogne, dans le but d'appliquer la force motrice de la vapeur au transport sur les canaux¹, obtiennent un succès tel, que les compagnies de chemins de fer ne peuvent se considérer comme étant entièrement à l'abri de la concurrence de la navigation artificielle pour le transport de cette nature de marchandises, dans certains cas². La compagnie du chemin de fer

¹ Les bateaux à vapeur employés avec succès sur les canaux ne sont pas des *remorqueurs*. Ils portent les marchandises et s'appellent, par cette raison, bateaux *porteurs*.

² **Frais d'entretien.** — Les frais d'entretien des chemins de fer, et surtout ceux des canaux dans l'origine, sont considérables, parce qu'il faut subir les tassements sur le chemin de fer, et obvier aux filtrations sur le canal. L'éjetant ces dépenses dans les frais de

du Nord éprouve déjà un certain préjudice de celle qui lui est faite par les bateaux à vapeur naviguant sur les canaux. A de petites vitesses, ce nouveau mode de transport sur les voies de navigation artificielles est moins économique que l'ancien. Si donc nous vou-

construction proprement dits, nous n'entendons parler ici que des frais d'entretien réguliers d'un chemin de fer ou d'un canal après un certain nombre d'années de mise en exploitation. Les frais d'entretien de la voie navigable, si l'on défalque le produit de la pêche et des plantations, paraissent assez faibles pour un canal avec un petit nombre d'écluses; ils augmentent avec le nombre des écluses. Sur le canal du Languedoc, où l'on rencontre cent écluses sur une longueur de 241 kilomètres, les frais d'entretien, d'administration et de perception, étaient, il y a une vingtaine d'années, de 2,700 fr. par kilomètre, les frais d'entretien seuls d'environ 2,100 fr. Sur le canal de Briare, dont la pente est rachetée par quarante écluses distribuées sur une longueur de 56 kilomètres, les frais d'entretien sont d'environ 1,800 fr. par kilomètre; sur le canal du Centre, ils ont été de 1,400 fr., mais ce canal était alors mal entretenu; sur le canal de Bruxelles à Boom, qui ne compte que cinq écluses sur une longueur de 28 kilomètres, ils n'atteignent pas 1,000 fr. par kilomètre. Les frais d'entretien et police sur des portions de réseau de l'Est, livrées depuis cinq ans à l'exploitation, sont de 3,000 fr. par kilomètre. Sur un chemin moins fréquenté et où l'on marcherait à de moins grandes vitesses, ils ne dépasseraient sans doute pas 1,500 fr.

FRAIS DE TRANSPORT. — Nous comprenons dans les frais de transport ou véhicule proprement dit, sur les canaux et les chemins de fer, les frais de traction, conduite, intérêt du capital, moins-value et entretien des bateaux ou machines et chariots et les frais de chargement et déchargement. Nous n'y faisons pas entrer les droits de parcours, qui doivent représenter les intérêts du capital de la voie et le bénéfice de l'entrepreneur de cette voie. Les frais de véhicule sur les canaux varient entre des limites assez étendues; ils sont plus ou moins grands, suivant que le canal est plus ou moins large, plus ou moins rempli d'eau; que le nombre des écluses est plus ou moins considérable; que la concurrence entre les bateliers est plus ou moins active; que les retours sont plus ou moins assurés; que le taux des salaires est plus ou moins élevé.

Nous avons recueilli des renseignements très-précis sur les frais de transport par la Seine, l'Oise, l'Aisne canalisées, et les canaux entre Paris et Reims.

Le bateau portant 180 tonneaux, les frais de transport, droits non compris, de Paris à Reims, sont de 1,205 fr. 50 c., soit de 2^{fr.}35 par tonne et kilomètre, se subdivisant de la manière suivante :

Frais de conduite ou halage proprement dit. . . .	0 ^{fr.} 70
Mariniers.	0 ^{fr.} 35
Usure des cordages.	0 ^{fr.} 30
Assurance.	0 ^{fr.} 70
Intérêt et amortissement du capital du bateau. . .	0 ^{fr.} 50
Total.	2 ^{fr.} 35

Les frais d'embarquement ou de débarquement, indépendants de la distance parcourue, sont de 360 fr. par bateau.

Le prix de l'assurance est élevé; il pourrait être réduit à 0^{fr.}15 ou 0^{fr.}20; la dépense pour usure des cordages pourrait descendre aussi à 0^{fr.}20.

Le prix total descendrait alors à 1^{fr.}75.

Le retour ayant lieu à vide, il faudrait augmenter ce prix de revient dans une certaine proportion. Le retour ayant lieu avec une certaine charge, mais cette charge étant plus grande ou plus petite que celle à l'aller, il faudrait prendre la moyenne à

lons comparer les frais de transport, sur l'une et sur l'autre voie, de certains articles de commerce, et des marchandises lourdes et de peu de valeur qui font l'objet principal de transport sur les canaux, nous devons en faire abstraction.

Pour établir cette comparaison, supposons d'abord le cas d'un

l'aller et au retour, et, si elle était supérieure ou inférieure à 180 tonneaux il faudrait diminuer ou augmenter le prix de revient ci-dessus, en raison de la différence.

Les droits de pont s'élèvent, sur les rivières, à 19 fr., et ceux de la navigation, sur les canaux, à 191 fr. 55 c. (50 centimes par tonne pour la distance totale sur le canal Saint-Denis, 3 centimes 1/2 par tonne et par kilomètre sur les autres canaux, et 1 fr. 80 c. par tonne et par écluse sur l'Oise canalisée).

De Paris à Strasbourg, le transport par eau s'effectuant en partie sur la Marne ou le canal de l'Ouroq, et en partie sur le canal latéral à la Marne ou sur celui de la Marne au Rhin, à une distance moyenne de 421 kilomètres, la dépense moyenne a été, pour la totalité des transports effectués du 10 mars 1855 au 10 mars 1856, par tonne et par kilomètre, de 3^{fr.}60, se subdivisant de la manière suivante :

Frais de traction.	2 ^{fr.} 36
Transbordement à Comièrès et à Mary.	0 ^{fr.} 29
Cordages, agrès, huile et menus frais.	0 ^{fr.} 20
Assurances.	0 ^{fr.} 40
Avaries.	0 ^{fr.} 07
Frais généraux de toutes espèces.	0 ^{fr.} 51
Intérêt des capitaux et amortissement.	0 ^{fr.} 07
Total.	3 ^{fr.} 60

On a eu égard dans ce calcul aux vides provenant de charges incomplètes à l'aller et au retour.

La dépense sur le canal de la Marne au Rhin est moins élevée que 3^{fr.}60, moyenne de la navigation sur la rivière et sur le canal.

En général, les frais de transport, tels que nous les avons définis sur des canaux à grande section avec un petit nombre d'écluses, portant des bateaux de la contenance de 180 à 200 tonneaux, en ayant égard aux vides, seront de 1 centime 1/2 à 2 centimes, suivant l'importance du vide; sur des canaux à petite section, ne portant que des bateaux de la contenance de 60 à 100 tonneaux avec un assez grand nombre d'écluses, tel qu'est le canal de Briare et tel que le serait le canal de la Sarre, ils peuvent très-bien s'élever de 3 à 4 centimes.

Sur un chemin de fer à pentes moyennes, si les convois étaient complètement chargés dans les deux sens, on pourrait ne compter que 2 fr. 50 c. par kilomètre parcouru (intérêt et amortissement du matériel compris); et l'on pourrait admettre que les machines remorquent 40 tonnes de poids utile. Les frais de transport immédiats, non compris ceux de chargement et de déchargement, ne monteraient qu'à 0^{fr.}625. Le chargement et le déchargement coûtent de 1 à 1 fr. 50 c. par tonne, suivant la nature de la marchandise, quelle que soit la distance; mais les inégalités de charge, plus difficiles à éviter sur un chemin de fer, dont la plupart des convois partent à des heures fixes, que sur un canal, où les bateaux peuvent stationner jusqu'à ce que le chargement soit complet, augmentent considérablement ce prix, en sorte qu'il peut atteindre aisément 2^{fr.}3 et même 4 centimes, suivant les circonstances.

M. Siben, ingénieur des ponts et chaussées, dans un mémoire inédit sur les transports, mémoire qu'il a bien voulu nous communiquer, établit de la manière suivante le

chemin de fer et d'un canal destinés à transporter exclusivement, ou à peu près, une seule nature d'objet, la houille par exemple, comme le chemin de fer et le canal de la Sarre que l'on a proposé d'établir pour conduire en Alsace les produits des houillères de Sarrebrück.

Le chemin de fer, dans ce cas, sera à une seule voie; on pourra admettre des courbes de petit rayon, et, dans le sens du mouvement, certaines pentes fortes, surtout s'il est possible de faire usage de plans automoteurs. Les frais de construction par kilomètre ne dépasseront pas ceux du canal, si même ils ne sont plus faibles.

Les devis portaient pour le chemin de fer de la Sarre la dépense à 200,000 fr. le kilomètre, et, pour le canal, 190,000 fr.

Les frais de transport, sur un canal placé dans les conditions du canal de la Sarre, peuvent être évalués, au minimum, à 3 centimes par kilomètre; ceux du chemin de fer, en admettant que les convois marchent avec charge complète et reviennent à vide, ne seront pas plus élevés.

compte des frais spéciaux du transport d'une tonne à un kilomètre, dans les conditions moyennes d'exploitation sur le chemin de fer du Nord :

Locomotion et entretien du matériel.	0',0142
Intérêt du matériel.	0',0065
Et il ajoute pour :	
Renouvellement des fers de la voie.	0',0009
Perception et transports	0',0016
Total.	0',0232

Soit 2',3.

Et dans la supposition d'un convoi marchant avec charge complète à l'aller et retournant à vide :

Locomotion et entretien du matériel.	0',0102
Intérêt du matériel.	0',0034
Renouvellement des fers de la voie.	0',0009
Perception et transports.	0',0016
Total.	0',0161

Soit 1',61.

Ces calculs ont été faits dans l'hypothèse de machines puissantes telles que la Compagnie du Nord en employait il y a trois ou quatre ans, et qui remorquaient des poids utiles de 300 tonnes; les machines du modèle Engerth, en usage aujourd'hui, sont plus puissantes encore.

Le chiffre de 0',0009, pour le renouvellement des fers de la voie, a été emprunté à l'ouvrage de M. Belpaire, sur les transports en Belgique; nous pensons que, eu égard au poids des lourdes machines qu'on emploie aujourd'hui et qui fatiguent beaucoup la voie, il est un peu faible.

L'intérêt du capital est sensiblement le même des deux côtés.

Les frais d'entretien par kilomètre seront peu différents. Mais le parcours par le canal sera plus long que par la voie de fer.

Le chemin de fer, en effet, lors même qu'on admet dans son tracé des courbes de petit rayon, ne fait jamais des circuits aussi prononcés que le canal. Ce n'est le plus souvent qu'au moyen de détours multipliés, en se soutenant sur la pente des coteaux, que le canal traverse les pays accidentés. Les souterrains et les remblais, souvent employés dans le tracé des chemins de fer pour abréger la distance, sont, au contraire, rejetés toutes les fois que cela peut se faire dans le tracé des canaux. parce qu'ils exposent à des chances de filtration qu'il est bien difficile d'apprécier d'avance.

Le transport sera donc plus économique par le chemin de fer que par le canal ¹.

La dépense fût-elle la même dans l'un et l'autre cas, le chemin de fer n'en conserve pas moins l'avantage sur le canal, par cette raison-là seulement qu'il permet une plus grande régularité et une plus grande rapidité dans le service. Régularité et rapidité qui, moins précieuses sans doute pour le transport de la marchandise que pour celui des voyageurs, ne sont cependant pas sans valeur, même pour le transport de la marchandise. Les chemins de fer ne sont exposés, ni à la suspension du service provenant de la sécheresse, ni à celle occasionnée par la gelée, par le nettoyage du canal ou par toute autre cause. La marche, même avec les machines les plus massives, y est toujours plus rapide que sur les canaux, et l'on peut expédier la marchandise par petites quantités à la fois plus facilement que par les canaux. Le consommateur évite ainsi de faire des approvisionnements qui lui occasionnent toujours une perte d'intérêts plus ou moins grande, et il n'a à craindre, dans aucune saison, ces retards si longs et souvent si fâcheux qui sont inhérents pour ainsi dire aux transports par les voies navigables.

Les conditions offertes par les Compagnies du canal et du chemin de fer de la Sarre, pour l'exécution de l'une ou de l'autre de

¹ Voir, plus loin, le paragraphe relatif au canal de Shuykill en Amérique. Ce canal se trouve établi dans les mêmes conditions que le canal de la Sarre.

ces deux voies, prouvent assez que nos calculs sont plutôt trop favorables au canal qu'au chemin de fer.

Ainsi le péage consenti par l'une et par l'autre Compagnie était le même ; mais, lorsque la Compagnie du chemin de fer proposait de le construire sans subvention, la Compagnie du canal demandait :

1° La cession *gratuite* des terrains domaniaux traversés par le canal ;

2° Le droit de prendre *gratuitement*, dans le biez de partage du canal de la Marne au Rhin, toutes les eaux nécessaires à son alimentation principale ;

3° Enfin que le tarif de la partie prussienne du canal des houillères, aussi bien que le tarif du canal de la Marne au Rhin, fussent invariablement limités à 1 centime.

Le cas que nous venons d'examiner d'un canal ou d'un chemin de fer ne transportant que des marchandises se présente bien rarement. Il arrive ordinairement que là où le mouvement des marchandises de faible valeur est assez actif pour motiver la construction d'un canal ou d'un chemin de fer, là aussi celui des voyageurs et des marchandises de roulage est considérable.

Les frais de construction du chemin de fer convenant à ce double service, à grande et à petite vitesse, sont sans doute plus élevés que si le chemin ne devait transporter que des marchandises de roulage du genre de celles que transportent les canaux, ou des marchandises à petite vitesse ; mais, comme les voyageurs et les marchandises à grande vitesse peuvent supporter une grande partie des frais généraux de l'exploitation et de l'entretien de la voie, les bénéfices que l'on retire de leur transport payent une partie des intérêts du capital. Il s'ensuit que la portion des frais généraux, des frais d'entretien de la voie et des intérêts du capital afférant au service des marchandises se trouve inférieure à ce qu'elle eût été si l'on eût construit et exploité le chemin pour le transport des marchandises seulement. Il arrive même fréquemment, comme le prouvent assez les comptes d'exploitation des chemins du Nord, d'Orléans, de Rouen, de Strasbourg, de Londres à Birmingham, de Londres à Bristol et de beaucoup d'autres, que le bénéfice prove-

nant du service des voyageurs et des marchandises à grande vitesse suffit pour couvrir entièrement les frais d'entretien de la voie, ainsi que ceux d'administration, et pour payer la totalité des intérêts du capital. Les Compagnies peuvent, dans ce cas, transporter les marchandises de peu de valeur à un prix extrêmement modéré, et, pour attirer celles qui leur échapperaient si les tarifs restaient trop élevés, se contenter d'un léger bénéfice sur les frais de traction.

Aussi voyons-nous aujourd'hui toutes les grandes lignes de chemins de fer transporter ce genre de marchandises à des prix égaux, si ce n'est inférieurs, à ceux de la navigation : le plâtre, les pierres, les bois, les grains, la houille même, à 3 centimes ou à 3 centimes 1/2 par kilomètre.

Le nombre des chemins qui jouiront des mêmes avantages que ceux que nous venons de citer se multipliera avec l'accroissement de circulation qui a lieu d'année en année sur presque toutes les grandes lignes.

Voici du reste quelle est, à ce sujet, l'opinion d'hommes que l'on ne peut suspecter de partialité à l'égard des chemins de fer ; c'est celle des membres d'une commission nommée par le Parlement anglais pour donner son avis sur les associations projetées de plusieurs Compagnies de canaux et de chemins de fer.

« Il ne faut pas perdre de vue, dit le rapporteur, au nom de la commission, que, bien qu'il ait été établi que les canaux habilement administrés peuvent soutenir la concurrence des chemins de fer pour le transport des marchandises encombrantes, jusqu'à présent cette concurrence ne s'est produite pour eux que dans des conditions fort désavantageuses, à cause des grands bénéfices que les chemins de fer retirent du transport des voyageurs ; ces bénéfices permettent en effet à ces derniers de faire un sacrifice sur les marchandises pour dépouiller plus sûrement la navigation. »

Si donc la construction d'un chemin de fer est préférable à celle d'un canal sur une ligne comme celle de la Sarre, où la circulation des voyageurs et des marchandises de roulage est insignifiante, comparée à celle des marchandises encombrantes, à plus forte raison l'est-elle quand au mouvement de cette nature de marchandises vient se joindre celui des voyageurs et des marchandises de valeur.

Et ce n'est pas seulement au point de vue de l'économie qu'il faut considérer la question. Nous avons déjà signalé les avantages de la régularité et d'une certaine rapidité dans les transports, même pour les marchandises d'une faible valeur, comme le charbon de terre. Ces avantages ont une bien plus grande importance encore pour les voyageurs ou pour les marchandises précieuses. On peut même dire que l'immense succès des chemins de fer pour le transport des voyageurs tient surtout à leur extrême rapidité et à la certitude donnée au public de pouvoir partir presque à toute heure de la journée, en obtenant toujours telle place qu'il lui convient de choisir.

La résistance opposée par le liquide au mouvement des bateaux sur une voie navigable, à de très-petites vitesses, est tellement faible, qu'une même force motrice, un cheval, par exemple, traîne, au pas, en exerçant le même effort, une charge trente, quarante et même cinquante fois aussi considérable que sur une route ordinaire. La résistance produite sur un chemin de fer par le frottement est beaucoup plus forte, puisqu'il s'élève à la dixième ou à la huitième partie de celle qui a lieu sur une route ordinaire. Mais, sur le canal, cette résistance croît proportionnellement au carré ou même au cube de la vitesse, selon que la section du canal est plus ou moins grande relativement au plan de *flottaison* du bateau, tandis qu'elle reste sensiblement la même à toutes les vitesses sur le chemin de fer et la route ordinaire. La résistance de l'air n'est appréciable sur un chemin de fer qu'à des vitesses bien supérieures à celles possibles sur les canaux. Il s'ensuit que la vitesse occasionne sur un canal, même en ne dépassant pas celle de 12 à 16 kilomètres par heure, une augmentation de dépense considérable, d'abord à cause de l'augmentation de résistance à laquelle elle correspond, et ensuite parce que le travail utile de l'homme ou du cheval qui hale le bateau diminue rapidement. Elle est également fort coûteuse, par cette seconde raison, sur les routes ordinaires; mais, sur les chemins de fer, on l'obtient, au moyen des machines locomotives, à un prix modéré, avec une régularité que la navigation ne comporte pas.

Malgré le grand nombre de canaux qui sillonnent déjà l'Angle-

terre, on en avait projeté de nouveaux quand l'exploitation des grandes lignes de chemins de fer appela l'attention du public sur ces rivaux de la navigation. On en suspendit l'exécution jusqu'à ce que la pratique eût prononcé sur le mérite des chemins de fer comme moyen de transport des marchandises. Aujourd'hui, sans doute, les enseignements de la pratique, tout incomplets qu'ils soient, paraissent suffisants, puisqu'on a définitivement renoncé aux projets de construction de canaux, et que chaque jour on voit éclore de nouveaux projets de chemins de fer.

En vain allègue-t-on que certains canaux en Angleterre donnent encore des dividendes supérieurs à ceux des chemins de fer concurrents. On a répondu avec raison que ces dividendes seraient beaucoup moins élevés si l'amortissement n'eût déjà réduit considérablement le capital de ces canaux, et s'ils n'eussent d'ailleurs été construits à une époque où la main-d'œuvre était moins chère qu'elle ne l'est aujourd'hui.

S'il en était autrement, et s'il y avait lieu d'espérer de beaux revenus de la construction de nouveaux canaux, les Anglais, auxquels on ne reprochera pas sans doute le défaut de sagacité en industrie, n'auraient pas complètement renoncé aux entreprises nouvelles de canalisation.

De ce que l'ouverture de nouvelles voies de navigation est devenue impossible à la spéculation en Angleterre, il ne faudrait cependant pas en conclure qu'elle l'est également dans les autres pays.

Les canaux déjà existants en Angleterre ne sont pas dans les meilleures conditions possibles pour lutter avec les chemins de fer, et la nécessité de relier les nouveaux canaux au réseau déjà établi forcerait à les construire dans le même système que les anciens.

« Les canaux anglais, dit M. Teisserenc, ne répondent guère à l'idée qu'on peut en concevoir, quand on ne les connaît que par les modèles qu'on croit en trouver dans les canaux construits en France, en Belgique et en Hollande.

« A la place des écluses, dans lesquelles tiennent à l'aise des bateaux longs de 28 à 30 mètres et chargeant de 100 à 150 tonneaux et au delà, de ces doubles chemins de halage qui ont 4 mè-

tres de largeur, de ces banquettes qui couvrent souvent 7 mètres en travers, de ces ponts offrant sous clef et au-dessus du niveau du sol une hauteur de 5 1/2 à 6 mètres, de ces tracés avec beaux alignements droits et aux courbures modérées de 180 à 200 mètres de rayon au moins, qui se rencontrent sur les canaux français nouvellement construits, on ne trouve la plupart du temps, en Angleterre, que des sillons étroits, sinueux, tournant et retournant à angle droit, formant la cuvette du canal, une seule banquette de halage qui n'a pas toujours 2 mètres de large, des ponts qui offrent tout juste un passage au batelet jaugeant de 30 à 40 tonneaux. »

Il est vrai, d'un autre côté, que la navigation des canaux anglais n'est pas entravée par le mauvais état des fleuves qui lui servent d'aboutissants, par la longueur des chômages, des temps d'arrêt résultant des sécheresses prolongées ou des glaces, puisque, secondées par l'égalité et l'humidité générale du climat, les Compagnies ont pu s'affranchir entièrement de ces entraves au moyen de vastes réservoirs, de pompes à vapeur, etc.....

Mais il s'en faut que ces avantages puissent compenser les graves inconvénients qui résultent, pour l'exploitation des canaux, de la petitesse des écluses et de leur peu de largeur.

L'exiguïté de la charge que portent les bateaux et l'augmentation de résistance à laquelle donnent lieu les dimensions du canal exercent sur les frais de halage une influence très-fâcheuse.

En France, la lutte s'est engagée entre les deux voies rivales sur un trop petit nombre de points, et depuis trop peu de temps, pour que l'on puisse en déduire des conséquences générales. Elle n'a eu lieu sérieusement jusqu'à ce jour que sur les parcours suivants : de Rive-de-Gier à Givors, où il existait en même temps un canal et un chemin de fer exploités l'un et l'autre par des Compagnies ; de Paris à Lille et Valenciennes, où le chemin du Nord est en concurrence avec une ligne composée en partie de canaux et en partie de rivières navigables, de Paris à Strasbourg, de Strasbourg à Mulhouse, de Paris à Lyon, et de Paris à Orléans¹.

¹ Nous n'entendons parler ici que de la lutte entre les chemins de fer et les voies navigables *artificielles* ; nous parlerons plus loin de celle qui peut avoir lieu entre les chemins de fer et les voies de navigation *naturelles*.

De Rive-de-Gier à Givors, les administrateurs du canal, après avoir essayé pendant quelques années de soutenir la concurrence du chemin de fer, ont fini par avouer leur impuissance dans les termes suivants :

« Il n'y a pas de milieu, ont-ils dit : il faut avoir avec le chemin de fer ou la paix ou une guerre acharnée. Vous avez avec raison préféré le premier parti ; car, il faut bien le dire, nous ne sommes pas en position de prendre le second. Que nous conseille-t-on ? De rompre tout pacte avec notre associé, de baisser notre tarif, parce que nos frais sont comparativement très-minimes et que lui ne peut abaisser le sien ; d'établir un vaste dépôt à Lyon ; de faire construire le nombre de remorqueurs nécessaires pour les besoins du service ; d'enlever ainsi tous les transports de Rive-de-Gier au chemin de fer. *Tout cela, messieurs, est facile sur le papier ; mais, dans l'exécution, c'est une autre affaire.*

« Au temps où nous vivons, avec le système qu'a créé la marche progressive de l'industrie, on veut beaucoup faire et surtout aller vite ; ce système s'accorde mal avec le mouvement lent et paisible d'un canal. »

La défaite du canal de Givors est d'autant plus remarquable, que le chemin de fer concurrent, construit à une époque où l'on manquait encore d'expérience, n'a pas été établi dans des conditions très-favorables pour les transports. Les rails, trop légers, n'ont pas permis d'employer les puissantes machines en usage aujourd'hui ; l'entrevoie, trop étroite, est devenue un obstacle insurmontable à l'élargissement des machines et des waggons ; la pente, enfin, sur une partie du parcours du moins, assez convenable pour la descente des waggons pleins, est beaucoup trop forte pour se prêter avantageusement au retour des convois vides¹.

La lutte entre les canaux du Nord et le chemin de fer est très-vive. Le chemin de fer a gagné du terrain sur le canal, puisque, d'après les curieux documents publiés par M. Minard, le tonnage de 1850 à 1855 y a augmenté bien plus rapidement que

¹ On exécute en ce moment de grands travaux dans le but de changer cet état de choses sous l'empire duquel la lutte a eu lieu entre le canal et le chemin de fer.

sur les canaux¹; mais la navigation n'en a pas moins conservé une partie considérable des transports. Cela tient à ce que les canaux ou rivières qui forment la ligne navigable dans cette partie de la France comme en Belgique se trouvent dans des conditions exceptionnelles pour effectuer les transports à bas prix. Non-seulement ils admettent les bateaux du plus fort tonnage, mais encore ils longent les mines de charbon ou s'approchent des grandes usines, de telle façon que le chargement s'opère immédiatement dans les bateaux; tandis que, pour accéder au chemin de fer du Nord, il faut construire des embranchements en grand nombre. La faible distance des mines à Paris rend d'ailleurs la durée du parcours par la voie navigable moins sensible qu'elle le serait sur un parcours considérable, comme, par exemple, celui de Mulhouse à Paris.

Il convient d'ajouter que les voies navigables entre Paris et Strasbourg sont assez imparfaites. La navigation sur la Marne est difficile à tel point, que, pour l'éviter, certaines marchandises, dont le transport doit se faire dans de courts délais, prennent le chemin de fer jusqu'à Châlons, où elles sont transbordées sur les bateaux du canal latéral à la Marne, pour ensuite continuer leur route par le canal de la Marne au Rhin; d'autres marchandises suivent les canaux jusqu'à Mary, où elles les abandonnent pour la Marne, sur laquelle on les transporte jusqu'à Dizy, puis entrent dans le canal latéral à la Marne; ce ne sont que les marchandises les moins précieuses et les plus encombrantes qui naviguent sur la Marne de Paris jusqu'à Châlons.

Mais, si la navigation entre Paris et Strasbourg ne se trouve pas dans des conditions favorables pour lutter contre le chemin de fer, d'un autre côté, le gouvernement, propriétaire du canal de la Marne au Rhin, n'a perçu jusqu'à présent aucun tarif pour se couvrir de l'intérêt du capital de la construction ainsi que des frais d'entretien, administration et perception².

Le chemin de Paris à Strasbourg est en concurrence avec la na-

¹ Le tonnage, d'après le tableau de M. Minard, rapporté à la distance entière, était, en 1850, de Paris à la frontière belge, de 240,000 tonnes, en moyenne, sur le chemin de fer, et de 956,000 tonnes sur les rivières et canaux. En 1855, il était devenu, sur le chemin de fer, de 850,000 tonnes, et, sur les voies navigables, de 1,124,000 tonnes.

² Bientôt le canal de l'Aisne à la Marne sera livré au public, et alors les marchandises

vigation de Paris à Strasbourg. Nous avons pu nous rendre compte de l'effet de cette concurrence sur cette ligne mieux que sur toute autre, et nous avons trouvé qu'elle n'avait jusqu'à ce jour causé qu'un faible préjudice au chemin de fer.

En effet, la totalité des transports de marchandises, tant en parcours total qu'en parcours partiel, n'a pas, en 1856, dépassé 50,000 tonnes pour la navigation, tandis que les mêmes transports par le chemin de fer ont été de 1,654,000 tonnes.

Le produit en argent de ces transports a été, pour la voie navigable, de 1 million, et, pour le chemin de fer, de plus de 22 millions; 25 pour 100 environ du trafic de la voie navigable consistent en transports de bois de construction, bois à brûler, et 25 pour 100 en grains et farines, 12 1/2 pour 100 en produits métallurgiques, le reste en charbon de terre et marchandises diverses. Le transport des charbons doit s'élever à environ 50,000 tonnes, qui représentent la quantité de houille de Saarbruck transportée par le chemin de fer de Saarbruck à Frouard et transbordée à Frouard du chemin sur la voie navigable.

De Strasbourg à Mulhouse, le chemin de fer est en concurrence avec le canal du Rhône au Rhin, et ici le canal n'est plus, comme le chemin de fer, dans les mains d'une compagnie. Il peut se ruiner sans que personne s'en plaigue, puisque le Trésor comble le déficit. Aussi en a-t-on abaissé les tarifs au point de les rendre insuffisants pour couvrir même les frais d'entretien, d'administration et de perception. Le chemin de fer, cependant, bien qu'il n'ait pas la ressource d'un mouvement très-actif de voyageurs pour subvenir à ses frais fixes, est parvenu à enlever, tout en accroissant ses revenus, les deux tiers des marchandises que transportait le canal. Que sera-ce lorsque le chemin de fer se prolongera au delà de Mulhouse dans la direction de Lyon? Les transports sur le canal deviendront probablement alors presque insignifiants.

pourront suivre, entre Paris et Strasbourg, sur les voies navigables, l'itinéraire suivant : la Seine jusqu'à l'embouchure de l'Oise, l'Oise jusqu'à l'Aisne, l'Aisne jusqu'au canal latéral à l'Aisne, puis le canal latéral à l'Aisne, le canal latéral de l'Aisne à la Marne, le canal latéral à la Marne, et enfin le canal de la Marne au Rhin. Cette voie présentera l'inconvénient d'un long parcours et de la nécessité de payer des droits de navigation sur une partie de ce parcours. Elle vaudra mieux cependant que la voie actuelle.

De Paris à Lyon, le trajet par eau se fait d'abord sur la Seine, et puis sur l'Yonne, le canal de Bourgogne et la Saône. On change plusieurs fois de bateaux. Une partie du chemin de fer ayant été livrée à la circulation de 1848 à 1851, dit le rédacteur des documents statistiques publiés par le gouvernement, le tonnage de la voie navigable, qui était, en 1847, de 202,688 tonnes, descend, en 1850, à 179,152 tonnes. Plus tard, de nouvelles sections du chemin de fer étant exploitées, le tonnage continue à diminuer. En 1852, année qui a suivi l'ouverture du chemin de Châlons jusqu'à Paris, il n'est plus que de 125,838 tonnes, et, en 1853, de 80,000 tonnes. En 1854, le tonnage s'est relevé à 155,000 tonnes. Mais, à cette année, correspond une diminution notable dans les droits de navigation. Aussi, sur cette ligne, l'abaissement des tarifs n'a pu réussir à rendre, jusqu'en 1855, au canal ce que lui avait enlevé la concurrence du chemin de fer. Entre la Roche et Dijon, la distance est de 160 kilomètres par le chemin de fer et de 213 kilomètres par le canal de Bourgogne; cette différence donne à la voie de fer un avantage réel.

De Paris à Orléans, le trajet étant par le chemin de fer de 122 kilomètres, celui par les voies navigables (la Seine, les canaux du Loing et d'Orléans) est de 218 kilomètres. Les canaux ont beaucoup souffert de la concurrence du chemin de fer, qui les a forcés à réduire leur tarif de 40 pour 100; leur tonnage toutefois, malgré la longueur du parcours et l'exiguïté des charges portées par les bateaux, a peu varié. Mais ce tonnage, comparé à celui du chemin de fer, est très-faible; car, si l'on fait abstraction des marchandises trop éloignées du chemin de fer pour qu'elles puissent s'en servir avec avantage, on trouve qu'en 1855 le tonnage du chemin de fer entre Paris et Orléans étant de 735,000 tonnes, celui des voies navigables, représenté par celui du canal d'Orléans, n'a été que de 75,000 tonnes.

De Tours à Vierzon, les transports peuvent s'opérer de deux manières, soit sur le Cher canalisé, soit par le chemin de fer. Le trajet par le chemin de fer est d'environ 200 kilomètres, tandis que

* Une grande partie de ce trafic (57,000 tonnes environ) provient des localités au delà d'Orléans.

celui par les voies navigables n'est que de 140. Le chemin de fer cependant est parvenu à enlever à la voie navigable une partie des marchandises qu'elle transportait. Il est vrai que le canal, étant à petite section, porte des bateaux qui ne chargent pas au delà de 45 à 50 tonnes.

Après avoir cherché à nous rendre compte de l'influence que la concurrence des voies navigables et des chemins de fer a pu exercer sur le transport des marchandises dans certains cas particuliers en France, il est bon de rechercher l'effet produit généralement dans le pays par cette concurrence.

Si l'on se réfère, dit le rédacteur de l'enquête, aux recherches faites par M. Minard, inspecteur général des ponts et chaussées, pour apprécier quel a été le mouvement des marchandises sur les voies navigables en 1850 et en 1853, on peut faire les rapprochements qui suivent entre ce mouvement et celui qui a eu lieu sur les chemins de fer.

Le nombre de tonnes ramené au parcours total a été :

En 1850, de 132,500 tonnes sur les chemins de fer et de 130,000 tonnes sur les voies navigables : rapport, 98 pour 100.

En 1853, de 204,394 tonnes sur les chemins de fer et de 150,000 tonnes sur les voies navigables : rapport, 80 pour 100.

En 1854, de 262,922 tonnes sur les chemins de fer.

En résumé, la circulation kilométrique des marchandises sur les voies navigables est de beaucoup inférieure à celle qui a lieu sur les chemins de fer, et l'écart entre les chiffres qui la représentent augmente chaque année, bien que, des deux côtés, la masse des transports augmente.

Lorsque les deux voies rivales mettent en communication les mêmes régions de provenance et de destination, les faits que nous venons d'exposer peuvent donner une idée de la répartition des transports, répartition que bien des circonstances peuvent modifier, et plus particulièrement les tarifs, la nature des marchandises transportées, l'intérêt plus ou moins grand qui s'attache à la rapidité des voyages, etc., etc.

Quelle que soit la nature des transports, le réseau des chemins de fer présente, sur celui des voies navigables, un avantage marqué

pour les longs parcours, en ce sens que les trajets peuvent toujours s'y effectuer sans rompre charge, tandis que, dans l'état actuel des choses, le réseau des voies navigables peut être assimilé à un réseau de chemins de fer composé de plusieurs sections de largeur de voie différente.

En Belgique, comme en Angleterre, un vaste réseau de voies navigables se trouve en présence d'un réseau non moins complet de chemins de fer ; les canaux, bien différents des canaux anglais, sont dans les conditions les plus favorables pour les transports à bon marché, tandis que les chemins de fer sont imparfaits. Mais, les canaux étant exploités par le gouvernement aussi bien que les chemins de fer, il ne saurait y avoir concurrence réelle entre les deux voies de communication. Le gouvernement n'a aucun intérêt à ce que le chemin de fer absorbe les transports que le canal peut effectuer. Ainsi, lorsque la Compagnie du chemin de fer du Nord en France, pour lutter avec la navigation, réduisait ses tarifs, pour les grosses marchandises, à 3 centimes $1/2$, sans droit spécial pour expédition, la direction des chemins de fer belges maintenait les siens à 6 centimes, avec un droit fixe de 0^f,90 pour expédition.

Ajoutons que les canaux belges ont été construits anciennement à moins de frais qu'ils ne le seraient aujourd'hui.

Aux États-Unis, comme en Belgique et en Angleterre, les canaux sont égaux en nombre et en développement aux chemins de fer ; mais, si l'on jette un coup d'œil sur la carte des voies de communication de ce pays, on ne tarde pas à reconnaître que les chemins de fer y ont été rarement construits parallèlement aux canaux.

Une ligne importante de railways a cependant été établie de l'est à l'ouest parallèlement au grand canal Érié. Nous espérons trouver dans l'étude des produits de ces deux voies de communication perfectionnées de nouveaux éléments pour la comparaison de leur puissance respective ; mais quel n'a pas été notre désappointement, en ouvrant l'ouvrage de M. Stucklé sur les voies de communication aux États-Unis, d'y lire qu'un acte législatif *interdit au chemin de fer le transport des marchandises pendant le temps de la navigation.*

S'il est un canal, cependant, qui semble pouvoir se passer d'une

pareille protection contre la concurrence d'un chemin de fer, c'est le canal Érié, qui, lorsqu'il aura été amélioré comme on a projeté de le faire, aura 21 mètres de largeur à sa surface, et 2^m,10 de profondeur, les écluses mesurant 33 mètres en longueur et 5^m,40 en largeur.

En Pensylvanie, la lutte s'est engagée pour le transport des houilles entre le Reading-Railway et le canal Schuy-Kill, et, là encore, c'est une victoire de plus des railways sur les canaux que nous avons à enregistrer.

Le canal de Schuy-Kill, dit M. Stucklé, a trouvé un concurrent redoutable dans le Reading-Railway; aussi la Compagnie du canal fait-elle aujourd'hui tous ses efforts pour tenir tête à cette concurrence en augmentant les dimensions de ses travaux et en introduisant l'usage des remorqueurs à vapeur.

M. Stucklé émet, à la vérité, l'opinion que le canal de Schuy-Kill perfectionné finira par écraser la concurrence du chemin de fer; mais il résulte de renseignements que M. Michel Chevalier vient de recevoir d'Amérique, et qu'il a bien voulu nous communiquer, que le chemin de fer a remporté la victoire sur le canal, et encore faut-il observer que le chemin de fer, construit légèrement, ne permet pas l'emploi de machines puissantes.

Le chemin de fer, l'année dernière, a, d'après une lettre du célèbre ingénieur Robinson à M. Michel Chevalier, transporté 2 millions de tonnes environ, lorsque la circulation sur le canal ne dépassait pas 900,000 tonnes.

Le grand nombre d'écluses du canal de Schuy-Kill, sur une longueur de 160 kilomètres, n'a pas permis d'employer avec avantage les remorqueurs à vapeur.

Tous ces résultats avaient été prévus par M. Robinson, que l'on avait traité de fou quand il entreprit de construire un chemin de fer pour lutter avec les voies navigables.

Le chemin de fer, en alimentant de charbon, en toutes saisons, les nombreuses manufactures de Philadelphie, est devenu pour cette ville la source d'un immense accroissement de prospérité. Philadelphie, aujourd'hui, lutte d'importance avec New-York.

Dans l'État de New-Jersey, nous trouvons aussi un canal parallèle

à un railway, de Delaware, sur une partie de son parcours ; et le Raritan, canal parallèle au Camden-Amboy-Railway. Le canal est placé dans des conditions exceptionnellement favorables pour le transport de la marchandise, car il a 23^m,50 de largeur à la ligne d'eau et porte les bateaux de rivière. Les actionnaires ont jugé prudent, cependant, de s'associer avec ceux du chemin de fer.

La pratique et le raisonnement s'accordent donc pour prouver que, dans l'état actuel de l'industrie, et à moins que la navigation à vapeur sur les canaux ne fasse de nouveaux progrès, les spéculateurs ne sauraient sans imprudence entreprendre l'établissement de nouveaux canaux, et que ce serait de la part du gouvernement faire un mauvais emploi de la fortune publique d'en autoriser l'exécution.

Est-ce à dire qu'il faille combler les canaux déjà établis, et qui sont parallèles à des chemins de fer ? Nullement. Un grand nombre vivent et vivront du produit des transports que continueront de leur confier les grands établissements industriels qui, groupés sur leurs rives, se sont, comme le dit avec justesse M. Teisserenc, associés pour ainsi dire à leur fortune ¹.

Quant à ceux moins nombreux qui n'ont pas cette ressource, ils pourront soutenir la concurrence des chemins de fer tant que leurs frais spéciaux ne s'élèveront pas au-dessus des frais correspondants pour les chemins de fer. Car, aujourd'hui que le capital est engagé, l'intérêt de ce capital peut être réduit à sa plus minime fraction avant que les propriétaires soient forcés de renoncer à l'exploitation de ces voies de transport.

Le gouvernement voulût-il, dans l'intérêt du commerce, abaisser les frais de transport sur certaines lignes, il le ferait en payant aux Compagnies de chemins de fer, à titre de subvention, une partie des sommes qu'il consacrerait à l'amélioration des anciennes voies navigables ou à la création de voies nouvelles, avec bien plus d'avantage qu'en exécutant de nouveaux travaux dans le but de faciliter les transports par voies navigables.

Nous n'avons jusqu'à présent étudié les canaux que comme

¹ Les canaux du Nord ont, en 1855, transporté jusqu'à 1,124,000 tonnes. (Tableau de M. Minard.)

moyens de transport ; nous ne devons pas terminer ce chapitre sans signaler aussi les éminents services que, dans quelques circonstances particulières, ils rendent à d'autres titres.

Souvent une bonne partie des frais de construction des canaux est couverte par la plus-value des marécages qu'ils dessèchent, et où l'on ne pourrait établir des chemins de fer qu'avec un grand surcroît de dépense. La Hollande et nos riches départements de Flandre, sans les canaux, ne seraient que d'inferts marais. Les canaux perçoivent, dans certaines localités, principalement dans les pays méridionaux, des droits assez considérables d'irrigation ou de prise d'eau pour les usines. Ainsi, d'après M. Huerne de Pommeuse, en 1794, la partie construite du canal d'Aragon produisait 53,000 fr. de droits de navigation et 325,000 fr. de droits d'irrigation, et fertilisait environ 100,000 de nos hectares de terrain.

Le canal construit par Adam de Craponne, sous François I^{er}, remarquable par son habile direction, passe sous plusieurs aqueducs, fait tourner les roues de quantité d'usines, et a fertilisé une plaine de 24 lieues carrées que sa stérilité avait fait appeler *Campus lapidus*. L'Italie est sillonnée de canaux d'irrigation auxquels elle doit sa fertilité, mais dont malheureusement une petite partie seulement sont navigables.

On amène encore, au milieu des canaux à pente, de l'eau potable pour les besoins et l'embellissement des villes. Le canal de l'Ourcq, qui doit en fournir 4,000 pouces à la ville de Paris, vend le mètre cube à raison de 50 fr. par an.

Mais n'oublions pas aussi que, dans quelques cas, on a beaucoup de peine à empêcher les canaux construits dans des terrains perméables d'inonder des propriétés voisines. Les filtrations du bassin de la Villette ont causé de grands ravages dans de riches cultures et de beaux établissements. Le canal du Centre, bien que construit par M. Gauthey, l'un des plus habiles ingénieurs du siècle dernier, perdait dans l'origine toute son eau en vingt-quatre heures. Enfin, d'autres fois, les canaux, au lieu d'amener de l'eau à des prairies ou à des usines, les privent du strict nécessaire.

Les canaux sont, comme les grandes rivières, d'excellentes lignes de défense. Leurs talus sont convertis en remparts sur lesquels on

dresse des batteries. Le maréchal Soult, à la tête de trente mille hommes seulement, tint en échec une armée de soixante mille, protégé qu'il était par le canal du Languedoc. Le canal de Saint-Denis, quoique encore sans eau, fut pris pour ligne de défense lors de la bataille de Paris. En Flandre, ces mêmes canaux, qui fertilisent et assainissent le pays, tout en facilitant l'approvisionnement des places de guerre, servent à en inonder les alentours. Les canaux de Moeres, Bergues et Furnes, avant qu'une paix désastreuse nous eût forcés de détruire les beaux ouvrages qui protégeaient la ville de Dunkerque, donnaient, comme le canal royal militaire en Angleterre, et celui de Croydon en Écosse, abri à des bâtiments de 200 à 300 tonneaux. Ces mêmes canaux produisaient des chasses énergiques qui nettoyaient le port et l'ont approfondi de 15 pieds en neuf ans.

Rivières. — *La navigation des rivières, des lacs et de la mer n'étant plus, comme celle des canaux, grevée généralement de l'intérêt d'un capital de construction, est, dans certains cas, plus économique et peut opposer une concurrence redoutable aux chemins de fer.* Aussi voyons-nous la Seine, malgré ses nombreux détours, lutter, pour le transport des marchandises, avec les chemins de Rouen et du Havre¹. La Saône, entre Châlons et Lyon, partage le tonnage avec le chemin de fer parallèle; mais on ne saurait en conclure que les rivières sont toujours capables de rivaliser avec les chemins de fer. L'avantage, au contraire, appartiendra le plus souvent à ceux-ci. Elles sont toutes plus ou moins sinueuses, quelquefois parsemées d'écueils, divagantes, torrentielles ou pauvres d'eau, et elles ne deviennent navigables qu'à l'aide de dépenses considérables. Le Rhin, de Bâle à Strasbourg, est tellement rapide, que toute navigation régulière devient impossible. Le Rhône ne soutient la concurrence du chemin de fer de Lyon à la Méditerranée qu'avec une extrême difficulté. Les bateaux, enfin, qui descendent la Loire au-dessus de Roanne, ne peuvent la remonter et sont dépecés à Roanne; et d'Orléans à Tours même le tonnage du chemin de fer (518,000 tonnes) est bien plus grand que celui de la rivière

¹ Le tonnage du chemin de fer, cependant, d'après le tableau de M. Minard, a, dans ces dernières années, augmenté plus rapidement que celui de la rivière.

(125,000 tonnes). De Tours à Nantes il est à peu près le même sur les deux voies. Les lacs, la mer surtout, présentent les chances d'une navigation souvent longue, irrégulière, et périlleuse.

On a beaucoup agité la question de savoir si les chemins de fer pouvaient être d'une grande utilité en cas de guerre, comme voies stratégiques.

Napoléon a dit que l'art de faire la guerre consistait en grande partie à savoir réunir, à un moment donné, le plus grand nombre de troupes possible sur un même point. Il ne paraît pas douteux que les chemins de fer ne soient appelés à faciliter la solution du problème, et déjà l'expérience a prouvé leur utilité pour le transport des armées.

M. le comte Daru a objecté à l'usage des chemins de fer, comme voies stratégiques, que les armées sont composées non-seulement d'infanterie, mais encore de cavalerie et d'artillerie, et que les chemins de fer se prêteraient difficilement au transport rapide de la cavalerie.

« Le matériel d'un chemin de fer, a-t-il dit, sera généralement insuffisant pour le transport d'un nombre considérable de chevaux. Le débarquement de ces chevaux sera long et difficile. » Nous ne saurions admettre cette objection. Le transport des chevaux peut se faire non-seulement dans les waggons consacrés spécialement à cet usage, mais encore dans la plupart des waggons à marchandises. Nous devons aussi faire remarquer que, nos grandes voies stratégiques étant réunies à Paris par le chemin de ceinture, on pourra toujours, à un moment donné, concentrer sur l'une d'elles tout le matériel des autres. Quant à ce qui est des difficultés que présente l'embarquement des chevaux, il a été prouvé, par des expériences spéciales, qu'elles étaient beaucoup moins grandes qu'on l'avait supposé.

On a prétendu que les chemins de fer seraient bientôt détruits ou coupés par l'ennemi. Ils le seraient sans doute, dans les parties du territoire que l'ennemi occuperait, mais de grandes portions de chemin hors de sa portée serviraient toujours, dans ce cas, à transporter les troupes qu'on lui opposerait.

La guerre d'Orient nous a offert un exemple bien frappant de

l'utilité dont peuvent être, en certaines circonstances, les chemins de fer pour l'attaque autant que pour la défense. Le chemin de Paris à la Méditerranée a transporté la plus grande partie de l'armée française et même une partie de l'armée anglaise. Il a été surtout d'une grande utilité pour le transport du matériel. La Russie, heureusement pour les puissances occidentales, est moins bien partagée que la France sous le rapport des chemins de fer. Un chemin de fer existe entre Saint-Petersbourg et Moscou¹; mais, de Moscou, les communications avec le midi de la Russie n'ont lieu que par terre ou par eau. Les transports de troupes par les routes ordinaires, en hiver surtout, sont excessivement difficiles. Avec un chemin de fer, qui se fût trouvé complètement à l'abri des attaques des armées ennemies, le czar aurait pu jeter, presque instantanément, en Crimée, une armée de plusieurs centaines de mille hommes opposant un obstacle insurmontable à la prise de Sébastopol et à l'envahissement du territoire, et rien n'eût été plus facile que l'approvisionnement de cette armée. Félicitons-nous de ce que la Russie n'a pas eu à sa disposition cette arme redoutable, et disons que *les chemins de fer sont un puissant moyen de défense pour le pays qui les possède, plus encore peut-être qu'ils ne sont un moyen d'attaque*².

¹ Ce chemin, suivant le *Journal des Travaux publics* de Saint-Petersbourg, a transporté, pendant la guerre de Crimée, 580,000 soldats.

² Nous n'avons parlé que des services importants que pourraient rendre en temps de guerre les grandes lignes de chemins de fer; mais on n'a pas oublié ceux d'un ordre moins élevé qu'a rendus le petit chemin de Balaklava. On étudie aujourd'hui, par ordre de l'Empereur, un nouveau système de chemins portatifs qui servient d'une grande utilité pour faciliter les mouvements d'une armée en campagne.

CHAPITRE II

HISTORIQUE DES CHEMINS DE FER

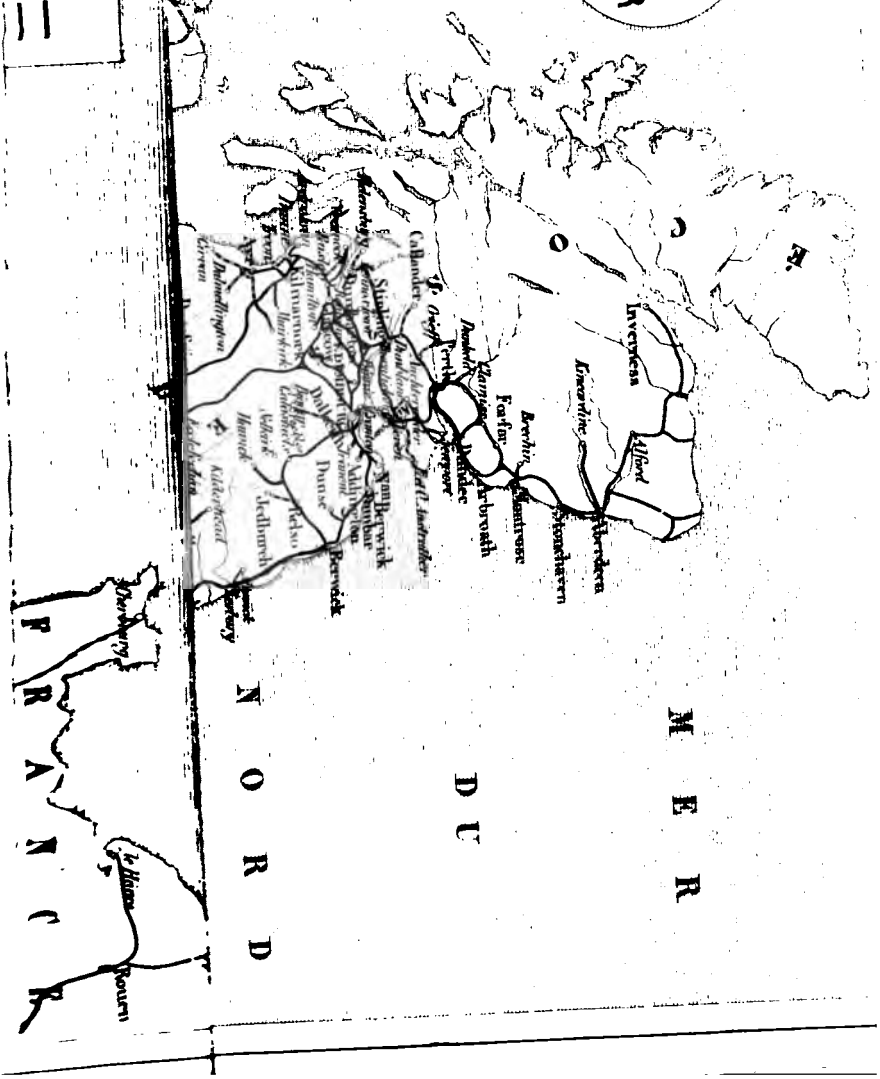
Chemins en Angleterre. — Tout le monde sait que l'Angleterre est le berceau des chemins de fer. Ainsi les premiers chemins de fer à petite vitesse ont été établis dans le Northumberland, dans le pays de Galles et dans le Stafforshire pour le service des mines et des usines ; et c'est aussi en Angleterre, entre Liverpool et Manchester, qu'on a construit la première ligne pour le transport des voyageurs à grande vitesse. L'exploitation de ce chemin a suffi pour mettre en évidence, au bout de très-peu d'années, tous les avantages d'une locomotion rapide.

En Angleterre, où le public saisit avec une si grande promptitude toute la portée des inventions industrielles, on ne tarda pas à entrevoir l'avenir de ces nouvelles voies appelées à quadrupler la vitesse habituelle des communications. En 1832, deux ans seulement après l'ouverture du chemin de Liverpool à Manchester, on posa la première pierre du chemin de Londres à Birmingham, et déjà, en 1834, M. Peel, chef du ministère anglais, terminait un discours au meeting de Tamvort par ces paroles remarquables : « Hâtons-nous, messieurs, hâtons-nous ; il est indispensable d'établir d'un bout à l'autre de ce royaume des communications à la vapeur, si la Grande-Bretagne veut maintenir dans le monde son rang et sa supériorité. »

Au même moment ou peu de temps après, un membre du ministère français, M. Thiers, revenu d'Angleterre après avoir visité le chemin de Liverpool, soutenait à la tribune que les chemins de fer n'étaient bons qu'à servir de jouets aux curieux d'une capitale ou de moyens de transport dans quelques cas exceptionnels seulement. « Il n'y a pas aujourd'hui, disait-il, huit ou dix lieues de chemin

Traité Élémentaire
DES
CHEMINS DE FER
DES
ILES BRITANNIQUES
CARTES DES CHEMINS DE FER

Signes Explicatifs
—
Dessins de fer à cheval
Dessins de fer en route d'entretien





de fer en construction en France, et, pour mon compte, si on venait m'assurer qu'on en fera cinq par année, je me tiendrais pour fort heureux..... Il faut voir la réalité ; c'est que, même en supposant beaucoup de succès aux chemins de fer, le développement ne serait pas ce que l'on avait supposé. — Vous voulez que je propose aux Chambres de vous concéder le chemin de Rouen, nous disait le même ministre un ou deux ans plus tard, je ne le ferai certainement pas ; on me jetterait en bas de la tribune !... »

Tout est bien changé aujourd'hui. Les chemins de fer sont exécutés, ou sur le point de l'être par nos ingénieurs, en Autriche, en Italie, en Suisse, en Russie et en Espagne.

Bientôt, après le chemin de Liverpool à Manchester, on entreprit celui de Bristol, et l'Angleterre fut en peu d'années sillonnée de chemins de fer, comme on le voit à l'inspection de la carte ci-jointe. On distingue, au milieu de ces lignes qui se croisent dans tous les sens, la grande artère qui s'étend du sud au nord entre Brighton et Édimbourg, en passant par Londres, Birmingham, York et Newcastle. Sur cette ligne mère s'embranchent, à l'ouest, l'important chemin de Birmingham à Liverpool, auquel viennent se souder les chemins de Londres à Manchester et de Liverpool à Lancastre. Plusieurs lignes transversales relient la mer du Nord à l'Océan. L'une, dans le nord de l'Angleterre, de Sunderland à Carlisle, passant par Newcastle ; l'autre, traversant les riches contrées du centre, de Hull à Manchester et Liverpool par Leeds ; une troisième enfin, non moins importante, établie entre Douvres et Bristol et passant par Londres et Bath. Un chemin spécial, celui dit *North-Eastern-Railway*, dessert les contrées de l'est. Des groupes spéciaux, de petite longueur, transportent aux grandes lignes ou aux voies navigables les produits des mines de Northumberland, du Staffordshire, du pays de Galles et des Cornouailles.

En Ecosse, où la configuration du sol se prête difficilement à l'établissement des chemins de fer, nous ne remarquons qu'une seule ligne importante : celle d'Édimbourg à Glasgow, et quelques petits chemins de fer employés pour le service des mines.

L'Irlande, où les mêmes difficultés d'exécution ne se rencontrent pas, n'est cependant pas beaucoup plus riche en chemins de fer.

Aucune pensée d'ensemble n'a présidé en Angleterre à la détermination du tracé des railways ; mais l'industrie y est si florissante sur presque tous les points du royaume, et le goût de la spéculation y est si développé, que bientôt il ne s'y trouvera pas une localité de quelque importance qui n'ait son chemin de fer. La longueur des chemins exploités dans ce pays en 1855 était de 15,314 kilomètres, ce qui représente, en n'ayant égard qu'à la valeur d'émission, l'énorme capital de 6 milliards 833 mille francs, et ce capital, si l'on construit tous les chemins projetés et autorisés, atteindra bientôt 9 milliards.

A Georges Stephenson, l'ouvrier mineur, appartient l'honneur d'avoir construit le premier chemin à grande vitesse, non-seulement de l'Angleterre, mais du monde entier, celui de Liverpool à Manchester ; à Robert Stephenson celui d'avoir continué l'œuvre de son père, établi une partie des lignes les plus importantes de l'Angleterre et présidé à l'étude d'un grand nombre de lignes dans les cinq parties du monde. D'autres ingénieurs et des capitalistes intelligents doivent aussi être cités comme les pères de l'industrie des chemins de fer en Angleterre. Parmi les ingénieurs, nous nommerons Brunel, Wood, Locke, Walker, etc. ; parmi les capitalistes ou industriels étrangers à l'art de l'ingénieur, M. Booth

Les grandes lignes, celle de Londres à Bristol surtout, ont été construites avec luxe ; leur tracé et la construction de la voie ainsi que celle de leur matériel ont été calculés de manière à permettre d'effectuer les transports aux plus grandes vitesses connues aujourd'hui. Elles ont été toutes établies par l'industrie particulière. Plus loin nous consacrerons un chapitre à la description de ceux de ces chemins de fer qui nous paraissent les plus dignes de fixer l'attention.

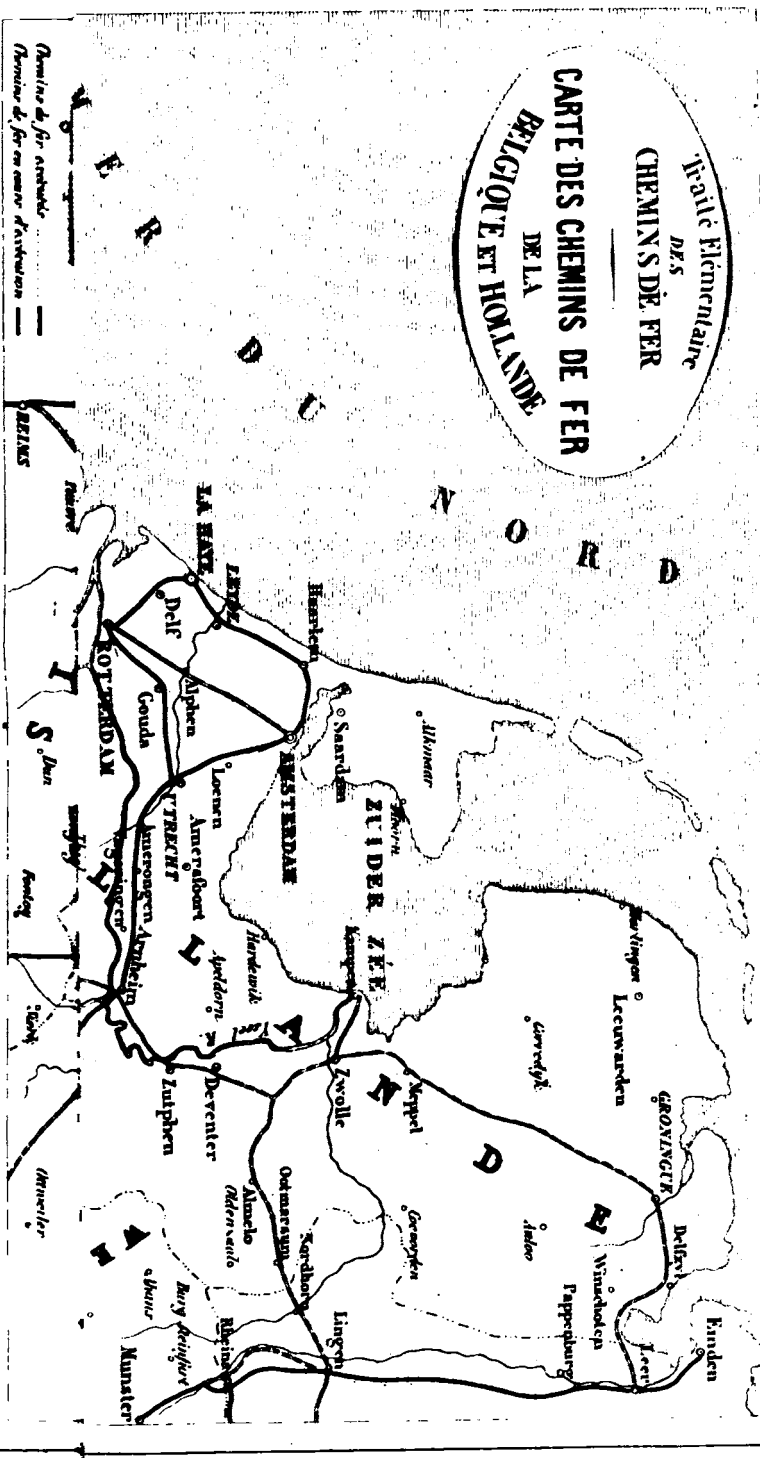
Chemins en Belgique. — Les Belges ont suivi de très-près les Anglais dans l'établissement des chemins de fer. La loi qui décréta la création du grand réseau terminé aujourd'hui fut promulguée en 1834.

Écoutons M. Michel Chevalier mesurant la portée de cette grande œuvre.

« Aussitôt installé, dit-il, le gouvernement de ce pays sentit que pour s'assurer l'avenir il devait marquer de son sceau le territoire

Voie Élémentaire
des
CHEMINS DE FER
DE LA
BELGIQUE ET HOLLANDE

Quantité de fer absorbée
Nominer de fer en cours d'absorption



Quantité de fer absorbée

Nominer de fer en cours d'absorption



belge par de grandes entreprises en harmonie avec l'esprit du siècle. En même temps qu'il rattachait à lui toutes les anciennes influences, qu'il ralliait à sa cause les antiques éléments d'ordre et qu'il consolidait la paix intérieure, condition première du bien-être de l'immense majorité, il se lança résolument, mais avec sagesse et sang-froid, dans les innovations que recommandait une politique non moins conservatrice que progressive. Les chemins de fer étaient déjà en honneur, il crut que par eux il pouvait conquérir une solide popularité et qu'il parviendrait à créer à la Belgique un irrécusable titre d'admission parmi les États européens.

« Toutes ces espérances du gouvernement belge se sont réalisées et au delà. Grâce à cette démonstration de puissance (nous insistons sur le mot, car la force qui enfante des œuvres fécondes est de la puissance tout aussi bien que celle qui couvre de cadavres les champs de bataille), grâce à cet acte décisif, la Belgique, complètement affermie au dedans, a gagné au dehors l'admiration, sinon l'amitié de ses plus hautains ennemis ; grâce à ses ministres, en 1834, elle a devancé dans l'œuvre des chemins de fer les grandes monarchies européennes. Elle doit à cette œuvre sa prospérité, elle lui est redevable de sa nationalité elle-même. »

La Belgique doit ses chemins de fer surtout à MM. Rogier, Lebeau et Nothomb, ministres des travaux publics de Belgique, MM. Simons et de Ridder, leurs dignes auxiliaires, et à M. Masui, directeur général de l'exploitation.

Deux lignes principales, sur lesquelles s'embranchent un grand nombre de tronçons secondaires, la traversent de l'est à l'ouest et du nord au sud. La ligne transversale d'Ostende à Verviers prolongée jusqu'à Cologne assure le commerce de la Belgique avec l'Angleterre et l'Allemagne. Celle qui s'étend du nord au sud, d'Anvers à Mons, et qui se prolonge jusqu'à Paris, relie la Belgique à la France et à la Hollande.

Les chemins belges et leur matériel ont été conçus dans un tout autre esprit que les chemins anglais. Ils n'admettent pas la même vitesse. Aujourd'hui, certainement, ils suffisent aux besoins du commerce en Belgique ; mais il est à craindre pour ce pays que, dans quelques années, ils deviennent, si la construction n'en est pas

Les forces isolées de l'Etat ou de l'industrie eussent été insuffisantes pour une œuvre aussi grande. Aussi ont-elles été appelées à concourir à son exécution. Ralenties en 1847 dans leur marche par une crise financière, et en 1848 par la Révolution de février, les Compagnies de chemins de fer n'en sont pas moins parvenues à accomplir leur tâche.

Les hommes qui ont combattu avec énergie la déplorable opposition faite pendant dix ans par l'administration supérieure à l'établissement des chemins de fer en France méritent d'être nommés. Comme ingénieurs civils, il faut placer en première ligne les frères Séguin, constructeurs de notre premier chemin d'une certaine importance, et plus particulièrement Marc Séguin, inventeur de la chaudière tubulaire; Mellet et Henry, auteurs d'un grand nombre de projets que d'autres plus heureux ont exécutés; Stéphane Mony, l'un des ingénieurs du chemin de Saint-Germain, et son frère, Eugène Flachet; le major Poussin, ingénieur du chemin de Montpellier à Cette, et Claude Arnoux, l'ingénieur inventeur et l'infatigable défenseur d'un nouveau système de véhicules qui a obtenu l'approbation d'un grand nombre d'hommes éclairés. Parmi les ingénieurs des ponts et chaussées, Brisson, dont le concours a été si utile à MM. Séguin; Paulin-Talabot et Didion, créateurs des premiers chemins de fer dans le midi de la France. Parmi les ingénieurs des mines, Beaunier, Lamé et Clapeyron, collaborateurs de Stéphane Mony et d'Eugène Flachet; Fournel, auteur du projet du chemin de Blesme à Gray; Léon Coste, qui n'a pas assez vécu pour voir l'accomplissement de la grande œuvre dont il avait si bien démontré l'utilité, et feu Bineau, ancien ministre des finances, qui fut l'ingénieur de la première Compagnie de Rouen, et qui a publié un ouvrage remarquable sur les chemins d'Angleterre. Parmi les industriels ou capitalistes, le directeur du chemin de Saint-Germain, Émile Pereire, qui a fourni depuis lors une si brillante carrière; James de Rothschild, le puissant banquier; François Bartholony, le président de la Compagnie d'Orléans; Laffitte, Blount, de Lespée et Benoist d'Azy, fondateurs de la Compagnie du chemin de Rouen. Parmi les publicistes enfin, Michel Chevalier, qui a écrit tant de pages éloquentes sur les chemins de fer, et qui

en a si bien deviné l'avenir ; Jacob Blum, qui, tout en construisant le chemin d'Épinac, indiquait déjà la direction des grandes lignes qui depuis ont été construites et annonçait leur succès ; G. de Pam-bourg, auteur d'un traité et d'expériences nombreuses sur les locomotives ; Minard, le comte Daru, Teisserenc, Jules Burat, feu l'ingénieur Cordier, ancien député du Jura, et Adolphe Blaise, l'habile rédacteur du *Journal des Chemins de fer*.

Converti enfin aux chemins de fer, le corps des ponts et chaussées a pris sa large part en France dans leur établissement à l'aide de ses ingénieurs, parmi lesquels nous placerons en première ligne, à la suite de ceux déjà nommés, MM. Jullien, Vallée, Desfontaines, Bazaine, Chaperon, Payen, Onfroy de Breville, Busche, Baude, Schvilgué, Mary, de Sermet, Marinet, Guibal, Jacquiné, Collignon, Thirion, Job, Zeiller et Surrell.

Un seul ingénieur civil français a pu, en présence de la concurrence formidable des ingénieurs de l'État, obtenir la direction des travaux de construction d'une de nos grandes lignes. Cet ingénieur, c'est M. Vuigner, ingénieur en chef de la compagnie de l'Est, qui vient d'établir la ligne de Mulhouse avec ses dépendances, et dont nous avons pu, mieux que personne, apprécier le rare mérite.

Si l'on jette un coup d'œil sur la carte des chemins exploités ou en construction, on est tout d'abord frappé de la haute importance des deux grandes voies ferrées qui partagent la France en deux parties : la première, dans sa longueur, du Havre à Marseille, en passant par Rouen, Paris et Lyon ; la seconde, dans sa largeur, de Brest à Strasbourg, par Rennes, Paris et Nancy, aussi utiles l'une et l'autre au point de vue de la civilisation et de la stratégie que sous le rapport commercial.

A Paris viennent aussi converger le chemin du Nord, qui, en se soudant à la grande voie du Havre à Marseille, forme le lien entre la mer du Nord et la Méditerranée ; le chemin de Paris à Nantes par Orléans, qui, se reliant au chemin de Brest à Strasbourg, occupe une première place parmi nos voies de communication de l'est à l'ouest ; enfin, celui de Paris à Bordeaux et Bayonne, également par Orléans.

Nous aurons encore, d'ici à peu d'années, le chemin de Paris à Toulouse, qui partagera, avec celui de Paris à Marseille, le trafic

du nord avec le midi, les chemins de Bordeaux à Genève par Lyon, de Paris à Mulhouse, de Dijon à Mulhouse et de Blesme à Gray.

Le chemin de Bordeaux à Cette vient d'être livré à la circulation (avril 1856).

Ainsi, dans ce système, tous nos ports de mer du premier ordre, toutes nos grandes villes, Dunkerque, Boulogne, le Havre, Cherbourg, Brest, Nantes, Bordeaux, Cette, Marseille, Toulon, Lyon, Rouen, Orléans, Strasbourg, seront desservis par des chemins de fer aboutissant à la capitale. Nos contrées les plus fertiles seront réunies aux marchés qu'elles approvisionnent, nos manufactures aux lieux de consommation de leurs produits. Nos relations internationales aussi seront garanties ; il n'est pas un pays voisin dont nos locomotives n'iront toucher la frontière.

On remarquera enfin que l'exploitation de nos bassins houillers les plus riches, ceux de Saint-Étienne, Alais, Anzin, Épinac, est déjà assurée par la construction de voies de fer qui se réunissent aux grandes lignes.

En 1834, il n'existait en France que 266 kilomètres de chemins de fer, et encore ces chemins étaient-ils plutôt consacrés au service des marchandises qu'à celui des voyageurs. En 1840, ce nombre s'était élevé à 440 kilomètres. A la fin de 1855, la longueur développée des chemins de fer construits était de 5,048 kilomètres, et celle des chemins concédés de 5,434 kilomètres. A la fin de 1856, la longueur des chemins construits a atteint 6,186 kilomètres, et celle des chemins concédés 11,809 kilomètres. La France possédera donc dans quelques années un magnifique réseau de 17,995 kilomètres de longueur développée au moins. Les chemins de fer construits représentent un capital de près de trois milliards, et ceux qui ont été concédés et qui ne sont pas encore construits un capital à peu près égal. Ce capital, calculé sur le taux d'émission des actions, s'est déjà considérablement accru, et chaque jour sa valeur tend à augmenter. Quelle source de richesse pour le pays ! En Angleterre, les chemins de fer ont aidé à développer un mouvement commercial très-actif. En France, ils ont, dans plusieurs directions, créé ce mouvement à peine existant. D'après les calculs des statisticiens les plus habiles, les produits annuels du chemin de Stras-

bourg ne devaient pas dépasser 16 millions. Ces produits, dès la première année d'exploitation (1853), ont été de 24 millions; la seconde année, ils ont dépassé 30 millions; la troisième, ils ont atteint 39 millions, et la quatrième 40 millions. Les actions du chemin d'Orléans ont quadruplé leur valeur d'émission, celles du Nord et de Rouen l'ont plus que doublée.

La plupart de nos grandes industries ont éprouvé la bienfaisante influence de la création des chemins de fer. L'industrie minière est devenue tellement florissante, qu'elle est arrêtée dans ses développements par le défaut de bras; l'industrie métallurgique s'est trouvée un moment incapable de fournir aux besoins des grandes Compagnies; les manufactures ont généralement profité de la réduction considérable que les chemins de fer ont opérée dans le prix des transports; l'agriculture a pu, grâce aux chemins de fer, écouler ses produits sur des marchés qu'elle n'avait pu aborder jusqu'alors, et elle a réalisé de grandes améliorations en faisant usage d'engrais, tels que le plâtre, le guano, etc., que les chemins de fer lui fournissent à bas prix, et en généralisant l'emploi des tuyaux de drainage, pour le transport desquels les Compagnies ont abaissé leurs tarifs à leurs dernières limites.

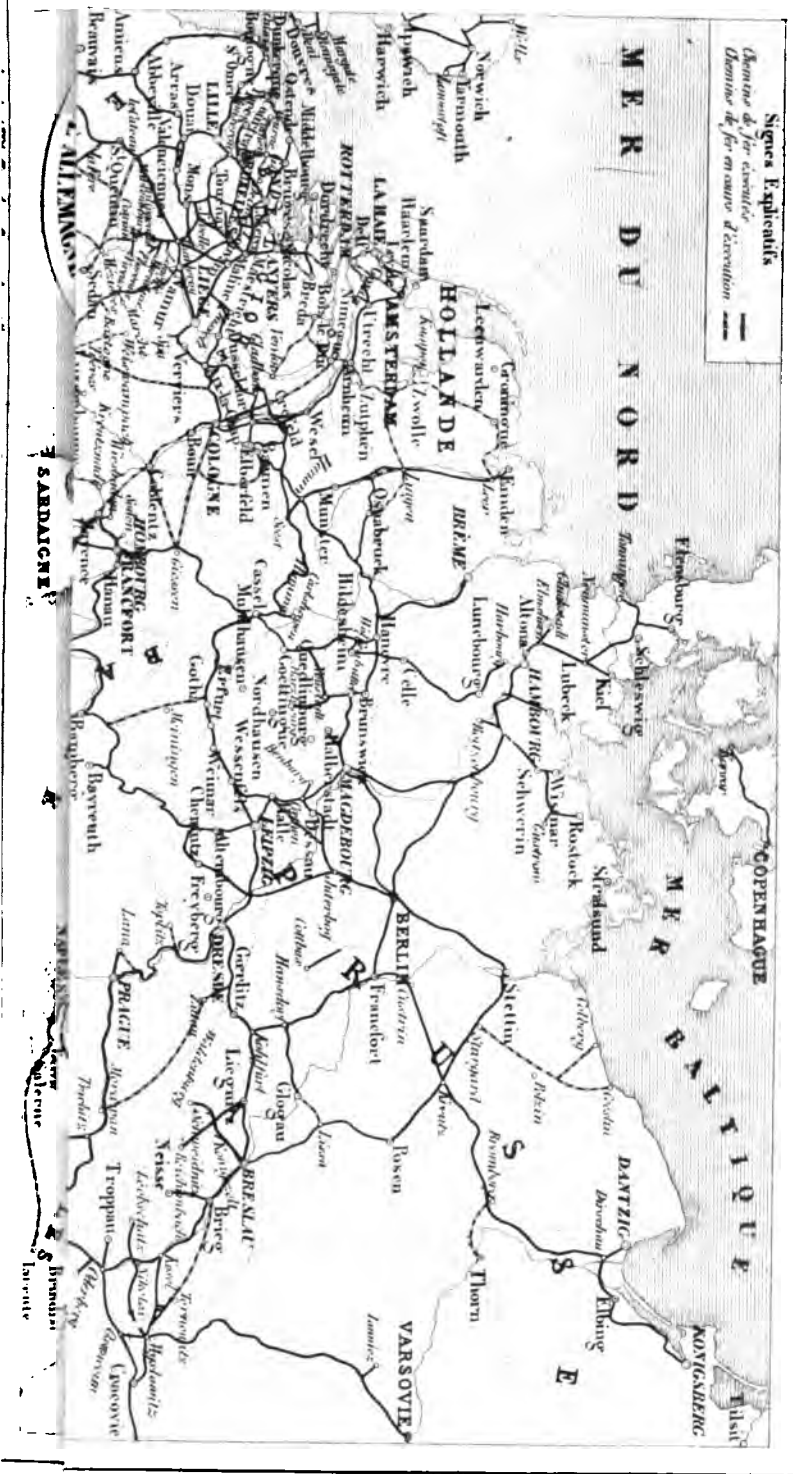
Les chemins de fer, par la création d'un immense personnel façonné à des habitudes d'ordre et de discipline, ont encore exercé sur nos mœurs une action qui n'a peut-être pas été suffisamment appréciée.

D'autres ont dit mieux que nous ne saurions le faire leur influence sur nos relations intérieures et extérieures¹.

Le gouvernement impérial a donné une vive impulsion à l'établissement de ces admirables voies de communication; il a compris, mieux qu'aucun des gouvernements qui l'ont précédé, tout le parti que l'on pouvait tirer du concours des grandes Compagnies.

Chemins en Allemagne. — Si les Anglais et les Belges ont précédé les Allemands dans la construction des grandes lignes de chemins de fer, les Allemands, nous regrettons de le dire, ont de-

¹ Voy. les ouvrages de M. Michel Chevalier.





vancé les Français. C'est ce que prouvent les lignes suivantes, que nous empruntons à un numéro du *Journal de l'Industriel et du Capitaliste*, publié en 1840.

« L'association des douanes prussiennes se consolide et se fortifie par les chemins de fer qui s'établissent dans différents États de l'Allemagne. Il existe en ce moment de l'autre côté du Rhin environ 800 kilomètres de chemins de fer exécutés ou tout près d'être livrés à la circulation. Outre cela, des projets sérieux promettent à l'Allemagne 1,600 kilomètres de chemins de fer d'ici à quelques années. »

A la même époque, la France ne comptait que 440 kilomètres de chemins de fer. L'Angleterre en avait déjà construit 2,400 kilomètres, et les États-Unis 1,200.

Le premier chemin à locomotives établi en Allemagne est celui de Munich à Augsbourg, construit par un ingénieur français, M. Denis, ancien élève de l'École polytechnique, qui jouit en Allemagne d'une réputation bien méritée; le second, celui de Berlin à Postdam. De 1830 à 1840, on a étudié en Allemagne un grand nombre de lignes importantes et on en a commencé quelques-unes; mais ce n'est qu'à partir de 1840 que les gouvernements des divers États qui la composent se sont occupés sérieusement de la construction des chemins de fer. Aujourd'hui un vaste réseau s'étend déjà sur tout le pays, et l'activité déployée dans l'exécution répond assez au reproche de lenteur que l'on adresse si souvent à nos voisins d'outre-Rhin.

A l'inspection de la carte, on distingue dans ce réseau :

1° Une grande ligne du nord au midi, entre Stettin et Friedrichshafen, réunissant la Baltique au lac de Constance, en passant par Berlin, Leipzig, Nuremberg et Augsbourg.

2° Une ligne de Kiel à Trieste, servant de lien entre la Baltique et l'Adriatique, en passant par Hambourg, Berlin, Dresde, Prague, Vienne.

3° Une ligne de l'ouest à l'est, entre Aix-la-Chapelle et Berlin, sur laquelle se soudent, à Berlin, une branche qui se termine à Königsberg, après avoir traversé la Vistule à Dirshau, et une autre branche qui, passant par Breslau, s'étend jusqu'à Cracovie. Cette grande artère, prolongée d'Aix-la-Chapelle jusqu'aux ports belges

d'Anvers et d'Ostende, réunit la mer du Nord à la Baltique, le Rhin à la Vistule.

4° Une seconde ligne transversale, partant de Mayence, passant à Francfort, Cassel, Weimar, Leipzig, Dresde, et aboutissant à Breslau.

5° Une troisième ligne transversale, enfin, dont une partie importante entre Vienne et Munich, reste à construire; ligne qui établira la communication la plus rapide de Strasbourg à Carlsruhe, Stuttgart, Augsbourg, Munich, Vienne, Presbourg et Pesth. Cette dernière ligne ne tardera pas à se prolonger jusqu'à Belgrade, et même probablement jusqu'à Constantinople. Elle réunira le Rhin au Danube, l'Océan à la mer Noire.

6° La ligne de Pest-Ofen à Trieste (partie du chemin François-Joseph), qui, dans quelques années, fournira à la Hongrie, à la Transylvanie, à la Gallicie, et même aux provinces russes du sud-ouest une communication directe et prompte avec l'Adriatique, et assurera un débouché constant aux productions si variées de ces provinces si riches en agriculture et en produits minéraux de toute espèce.

Sur ces grandes lignes viennent s'embrancher une infinité d'autres lignes; en sorte que toutes les grandes villes d'Allemagne sont ou seront réunies prochainement par des voies ferrées.

Les chemins allemands sont pour la plupart à une voie, comme l'ont été longtemps les chemins belges. Ils ont été construits avec des rails légers, économiquement, mais beaucoup plus solidement cependant que les chemins américains.

« Le principe posé aujourd'hui dans toute l'Allemagne, la Bavière rhénane exceptée, est celui-ci, disait M. Couche : construction et exploitation par l'État des lignes d'intérêt général; construction par l'industrie privée des lignes d'intérêt local. » L'Autriche a abandonné ce principe en confiant l'exploitation de ses grandes lignes et l'exécution de plusieurs lignes nouvelles à des Compagnies. C'est que, sans doute, le gouvernement autrichien a reconnu que les Compagnies possèdent une puissance industrielle et une habileté pour l'exécution et l'exploitation que l'on ne peut rencontrer dans une administration publique. En effet, l'administration publique, dirigée ordinairement par des hommes fort ca-

pables, mais déjà âgés, n'est pas naturellement progressive; les Compagnies, stimulées par le désir de faire fortune, sont bien plus audacieuses, bien plus intelligentes, quand elles se placent au point de vue commercial et financier. Elles ne jouent d'ailleurs vis-à-vis du gouvernement que le rôle de grands entrepreneurs, et elles ont assez prouvé, en France, combien elles appréciaient le mérite des ingénieurs de l'État en les appelant à diriger leurs travaux; mais elles peuvent leur offrir des avantages qu'ils ne sauraient trouver dans l'accomplissement de leurs fonctions publiques et leur confier surtout des pouvoirs incompatibles avec les formes administratives.

L'Allemagne, à la fin de 1856, comptait 10,832 kilomètres de chemins exploités et un grand nombre en construction. Ces chemins se subdivisaient de la manière suivante entre les différents États :

Empire d'Autriche allemand.	2,064 kilom.
Prusse.	4,165
Bavière.	1,181
Saxe.	585
Wurtemberg.	398
Grand duché de Bade.	398
Autres États d'Allemagne.	2,175

Tous les souverains allemands ont droit à la reconnaissance de leurs sujets pour les encouragements qu'ils ont accordés depuis longtemps aux constructeurs de chemins de fer dans leurs États; mais il faut mentionner surtout l'ancien roi de Bavière, Louis, comme leur ayant donné l'exemple. Le jeune empereur François-Joseph peut être cité aussi comme un des plus ardents promoteurs de l'industrie des chemins de fer en Allemagne.

Nous avons nommé M. Denis comme l'auteur du premier chemin à locomotive construit en Allemagne. Le premier chemin à chevaux avait été établi quelques années auparavant par le chevalier de Gerstner. Parmi les ingénieurs qui ont puissamment contribué à l'établissement des chemins de fer en Allemagne, figurent, à côté de MM. Denis et de Gerstner, M. Carl Etzel, qui a projeté et établi le réseau des chemins de fer wurtembergeois, et qui vient de terminer le chemin central (Suisse); M. Klein, associé à M. Etzel, pour l'exécution de ce réseau, et rédacteur d'un des meilleurs jour-

naux techniques de l'Allemagne ; M. Pauli, qui a succédé à M. Denis dans la direction des chemins de fer bavarois et qui a exécuté plus de mille kilomètres de chemins de fer en Allemagne ; M. le capitaine Huntz, qui a construit le chemin de Leipzig à Dresde, ainsi que le chemin saxo-bavarois, et qui a contribué puissamment à l'exécution de plusieurs lignes en Allemagne. M. Melline, directeur des chemins de fer de l'État, en Prusse ; M. Hentz, le Nestor des ingénieurs prussiens ; M. Hartwich, inspecteur principal des chemins de fer prussiens ; M. Unruh, qui est également ingénieur prussien ; M. Francesconi, qui a été directeur général des chemins de fer de l'État en Autriche, et sous les ordres duquel ont travaillé à l'exécution de ces chemins de fer MM. Negrelli et Gheiga.

Parmi les économistes et hommes d'État dont le nom se trouve plus particulièrement attaché à la création des chemins de fer allemands, nous nommerons feu M. Vinter, ministre du grand-duché de Bade, à la mémoire duquel on a élevé une statue près de la gare de Carlsruhe ; MM. Kubeck et de Brück, ministres autrichiens ; M. Schlein, ministre wurtembergeois, qui a élaboré le projet de loi en vertu duquel le réseau du Wurtemberg a été entrepris ; de Pfordten, ministre des travaux publics en Bavière ; Von der Heydt, ministre en Prusse ; de Dechen, directeur général des mines de Prusse, qui publia, avec M. de Oeinhausen, avant 1830, un important mémoire sur les chemins de fer anglais ; le célèbre économiste saxon List ; M. de Veber, directeur général des chemins de fer de Saxe ; M. Hauchecorne, si connu par ses travaux statistiques ; M. Bell, directeur, depuis l'origine, du chemin de fer de Mayence à Francfort.

Chemins aux États-Unis ¹. — Les voies de communication par terre, avant l'établissement des chemins de fer, étaient on ne peut plus mauvaises en Amérique ; il ne pouvait en être autrement dans un pays où les distances à parcourir sont si grandes, et où la main-d'œuvre est à un prix si élevé. Traverser le plus souvent d'immenses forêts vierges pour aller d'un pays à un autre n'était pas chose facile ; au lieu de routes, on préférait ouvrir des canaux partout où cela était praticable, afin de compléter la navigation inté-

¹ Cet article est extrait en grande partie d'un mémoire rédigé par M. Grenier, ancien élève de l'École centrale, ingénieur principal aux chemins de fer de l'Est.





rieure des lacs et des nombreuses rivières, qui offrait déjà d'immenses avantages ; c'est ainsi qu'on a exécuté 8,000 kilomètres de canaux environ.

Le premier railway construit en Amérique, vers 1820, était un petit chemin de 5,000 mètres de longueur, de Boston à Quincy, ayant pour destination le service d'importantes carrières de granit ; plus tard, en 1828, l'ingénieur Wilson commença les travaux du chemin de Philadelphie à Columbia, et, vers la même époque, l'ingénieur J. Knight entreprit celui de Baltimore à l'Ohio. Bientôt après on construisit ceux de Charleston à Augusta, Boston à Worcester, Boston et Providence, etc. ; mais ce n'est qu'à partir de 1835 que, sous la direction de MM. Robison, Allen, Trimble, Hoptkins, et d'autres ingénieurs distingués, furent établies la plupart des grandes lignes, opérant en même temps le transport des voyageurs et celui des marchandises.

Les Américains comprirent bien vite combien ces sortes d'entreprises pouvaient être fructueuses et devaient concourir à la prospérité de leur pays, en offrant des débouchés aux divers produits, principalement aux produits agricoles. De nombreuses compagnies se formèrent, et on ouvrit des chemins dans toutes les directions.

C'est surtout pendant les dernières années que les chemins de fer ont acquis un développement considérable.

Au commencement de 1852, la longueur totale des chemins en exploitation était de 17,410 kilomètres ; et celle des chemins en construction de 17,549 kilomètres ; à la fin de la même année, la longueur des chemins exploités était de 21,548 kilomètres, et celle des chemins en construction ou projetés de 20,407 kilomètres ; à la fin de 1853, la longueur des chemins de fer exploités avait atteint 28,515 kilomètres ; à la fin de 1854, 31,842 kilomètres, et, à la fin de 1855, 34,513 kilomètres, ce qui est énorme eu égard à la population, qui n'est encore que de 24 millions d'habitants.

Les États de l'Union qui possédaient la plus grande étendue des chemins à cette époque étaient l'État de New-York, 4,397 kilomètres ; l'Ohio, 4,347 ; l'Illinois, 3,604 ; la Pensylvanie, 2,844 ;

¹ *Histoire des voies de communication aux États-Unis*, par Michel Chevalier.

l'Indiana, 2,558. La Californie n'avait alors que 100 kilomètres de chemins de fer, et le Texas, que 64.

On peut dire que les chemins de fer contribuent puissamment au défrichement des forêts et à la colonisation. Toute la masse des émigrants qui arrivent en Amérique se porte en ce moment vers les États de l'ouest, dans le voisinage des différentes lignes de fer qui viennent d'être terminées ou qui s'y construisent; aussi les terrains y acquièrent-ils promptement de la valeur.

Au chemin de fer de l'Illinois central, traversant le territoire de l'Illinois dans toute sa longueur, l'État a abandonné à la Compagnie tous les terrains que ce chemin traverse, sur une zone de 9^k,50 de chaque côté; la Compagnie réalisera des bénéfices considérables sur la vente de ces terrains, que l'État concède ordinairement aux particuliers à raison de 12 fr. l'hectare. Le voyageur est surpris de voir avec quelle rapidité des villages et des villes se forment sur le parcours de ces nouvelles lignes; l'accroissement de la population est, aux États-Unis, tel, que, d'après les calculs et selon les prévisions, le nombre d'habitants ne serait pas moindre de 100 millions avant la fin du dix-neuvième siècle. Le chiffre des émigrations dépasse aujourd'hui 400,000 par an.

Pour donner en passant une idée de la formation rapide de ces villes américaines, il faut citer Cincinnati, située au bord de l'Ohio, ville qui ne date que de soixante années, et dont la population actuelle est de 100,000 habitants. Dix-sept lignes de chemins de fer la traversent en tous sens.

Le prix d'établissement des chemins de fer a varié dans ce pays entre 70,000 et 200,000 fr. le kilomètre. Le prix moyen de tous les chemins construits en 1852 était, matériel compris, de 108,500 fr. Ceux construits depuis n'ont coûté, en moyenne, que 78,500 fr. environ le kilomètre; c'est que ces derniers, généralement à simple voie, ont presque tous été exécutés dans des terrains très-faciles; plusieurs d'entre eux, dans l'Illinois, ont été établis sur le sol naturel sans qu'on ait eu besoin de faire autre chose que des fossés d'assainissement de chaque côté sans employer de ballast.

Dans le Missouri, on a commencé un grand railway qui devra

être continué jusqu'à l'Océan Pacifique, et mettre ainsi l'Orégon et la Californie en communication immédiate avec New-York. Une portion de ce chemin, à partir de Saint-Louis, est déjà livrée à la circulation ; pour sa continuation dans le territoire des Indiens, on se propose de poser d'abord un chemin en bois destiné au transport des matériaux et des ouvriers.

La proportion des chemins à double voie aux chemins à simple voie n'était, aux États-Unis, en 1854, que de 7 pour 100.

Comment le gouvernement des États-Unis a-t-il pu créer le vaste réseau de chemins de fer qui sillonne toutes les parties de cette immense agglomération de territoire, sans surcharger ses budgets, sans contracter de dettes ? Cela est bien simple à expliquer et tient à la nature du pays, dit le *Journal des Actionnaires*¹. Au lieu de subvention pécuniaire, le gouvernement donne aux Compagnies des subventions territoriales. L'ouverture des voies de communication ferrée appelle les populations, provoque le travail, fait naître et développe la production ; les terres qui étaient incultes donnent en abondance le riz, le blé, le chanvre, le coton ; elles avaient une valeur de 2 dollars à peine (10 fr.) ; elles se vendent aujourd'hui couramment 12 et 16 dollars (60 et 80 fr.). C'est ainsi que l'État de l'Illinois a pu créer, en très-peu de temps, 690 milles de chemins de fer, et que la Compagnie concessionnaire a pu distribuer à ses actionnaires quatre fois la valeur du capital versé, et leur conserver à perpétuité le privilège de l'exploitation.

Nous ne terminerons pas cet article sur les chemins de fer aux États-Unis, sans dire aussi un mot des *plank-roads*, système de chemins en bois formés de madriers posés à plat sur des longrines, et qui présente aux États-Unis, où le bois abonde, de tels avantages, qu'il ne tardera peut-être pas à remplacer la plus grande partie des voies de communication rurales faites en empierrement.

C'est dans le haut Canada, en 1835, que le plank-road fut employé la première fois à titre d'expérience ; on se contenta de poser des planches de 4 mètres sur des traverses, sans aucun principe de construction ; l'expérience ayant donné des résultats plus satisfai-

¹ *Journal des Actionnaires* du 3 janvier 1857.

sants que l'on ne s'y attendait, tant sous le rapport de la facilité de transport que sous celui du faible prix d'entretien, on construisit, en 1837, la route de Salina à Central Square, sous la direction de M. Geddes et de M. Saint-Alvord, qui ont le plus contribué au développement du système des plank-roads dans le Canada.

Après les troubles de 1838, les routes en bois devinrent, sous la direction de M. Hamilton, président de la chambre des travaux, un des perfectionnements à l'ordre du jour, et elles furent alors importées, avec le plus grand succès, d'abord dans le haut Canada, et ensuite dans le bas Canada.

Mais c'est surtout dans l'État de New-York que ce système a fait le plus de progrès : depuis quatre années seulement que les plank-roads y étaient employés, en 1850, on en comptait dans cet État 3,370 kilomètres; ils ont été exécutés au prix moyen de 6,186 fr. le kilomètre. A la même époque, il n'en existait encore que 700 kilomètres dans le Canada.

Aujourd'hui on construit de ces chemins dans tous les États de l'Union.

On peut dire que les chemins en bois en Amérique paraissent destinés à alimenter les chemins de fer et les canaux, et qu'ils ne leur sont pas inférieurs dans leurs usages particuliers.

Les chemins en bois rendent de grands services à la population agricole pour les communications avec les villes; ils offrent au fermier l'avantage d'avoir une route en bon état où il peut se servir de son matériel roulant pour transporter en toute saison les produits de sa ferme au marché voisin, et ils ont aussi avec les chemins de fer, et même à un plus haut degré, une telle influence sur les propriétés, qu'ils les font augmenter considérablement de valeur.

Les chemins en bois ne durent guère au delà de huit années.

Canada. — Le Canada ne possédait, en 1847, qu'un seul chemin de fer de 35 kilomètres environ; en 1855, on y comptait treize lignes sur lesquelles, au mois de juin, 1,270 kilomètres étaient achevés¹.

Hollande. — Un chemin de fer, long de 171 kilomètres,

¹ *Annuaire des Chemins de fer*, de Chaux.

réunit déjà les villes de Rotterdam, la Haye, Leyde, Harlem, Amsterdam et Arnheim. Ce chemin se prolonge au delà de Arnheim jusqu'à Emmerich, et bientôt il atteindra Cologne. La communication entre Rotterdam et Anvers est assurée au moyen d'un service de bateaux à vapeur de Rotterdam au Mardych et d'un chemin de fer du Mardych à Anvers. Le chemin de Maestricht à Aix-la-Chapelle est livré à l'exploitation. Une ligne d'Arnheim à Maestricht, par Nimègue, Grave et Vanloo, formera un nouveau lien du réseau hollandais avec le réseau belge. Une troisième ligne, partant d'Arnheim et se dirigeant vers le nord, atteindra Groningue. Une quatrième enfin, partant de Flessingue, aboutira à la frontière de Prusse par Breda, Bois-le-Duc et Vanloo.

L'histoire des chemins hollandais nous offre un fait unique dans celle des chemins de fer, fait qui honore beaucoup le roi Guillaume I^{er}... Il s'agissait de protéger autant que possible les intérêts de la ville d'Amsterdam contre la concurrence du port d'Anvers, en unissant la ville hollandaise au Rhin par un chemin de fer. Le projet ayant été présenté aux États généraux, cette assemblée refusa de le sanctionner (février 1838); mais le souverain, qui portait à cette ligne un vif intérêt, s'étant décidé à l'exécuter à ses frais et risques, les travaux commencèrent immédiatement. Cette ligne offre donc cette particularité qu'elle n'appartient ni à une Compagnie ni à l'État : le roi en a été lui-même l'entrepreneur, au moyen d'un emprunt dont il a garanti les intérêts¹.

Russie et Pologne russe. — La Russie, si pauvre encore en chemins de fer, a joui cependant d'un des premiers chemins à locomotives construits en Europe, celui de Saint-Petersbourg à Tsarkoeselo. C'est M. le chevalier de Gerstner, ingénieur autrichien, auteur du plus ancien chemin de fer construit en Allemagne, celui de Budweis à Linz, qui a rédigé le projet de cette ligne de 27 kilomètres seulement, et qui l'a construite.

L'empereur Nicolas comprit bientôt que le rôle que les chemins de fer étaient appelés à jouer dans un grand empire était bien plus élevé que celui que remplissait le chemin de Tsarkoeselo, et il conçut,

¹ Extrait de l'ouvrage de M. Lobet

dès 1840, le projet d'un réseau qui devait établir un lien entre les points les plus éloignés de ses possessions européennes, faciliter l'action du pouvoir central, et exercer une puissante influence civilisatrice sur le pays.

Mais les contrées à parcourir étaient pauvres¹ et mal peuplées; les ressources du gouvernement n'étaient pas assez considérables pour suffire à l'œuvre. Il fallait donc offrir à l'intérêt privé des avantages qui assurassent son concours dans l'exécution des travaux. A cet effet, l'empereur, non content de garantir aux actionnaires un intérêt annuel de 4 pour 100 et de leur accorder gratuitement tous les terrains traversés faisant partie de ses domaines, a mis, sans aucune condition, à leur pleine disposition tous les bois et matériaux nécessaires à la construction des railways, tout en accordant la libre importation des rails et des machines locomotives, mesure qui, du reste, était conforme aux dispositions patriotiques des maîtres de forges et des industriels de l'empire.

Entraînés par l'exemple de l'empereur, les seigneurs ont voulu concourir à l'exécution d'une œuvre de laquelle la Russie attend de si grands résultats; non contents de l'abandon gratuit de tous les terrains nécessaires à l'établissement du railway, ils ont mis une grande partie de leurs serfs à la disposition des Compagnies jusqu'à l'entier achèvement des travaux.

Mais il n'était pas donné à Nicolas d'accomplir entièrement la grande œuvre qu'il avait conçue. Le chemin de fer de Saint-Petersbourg à Moscou, long de 650 kilomètres, et celui de Varsovie à Cracovie, long de 400 kilomètres, ont été les seuls entièrement établis sous son règne. Le chemin de Saint-Petersbourg à Varsovie a été commencé. C'est à son successeur Alexandre II qu'appartiendra l'honneur de compléter le réseau des chemins russes.

Nous ne doutons pas que, secondé par son ministre des travaux publics, le général Tscheffkine, homme éclairé et laborieux, qui depuis longtemps a fait de l'industrie des chemins en Angleterre, en France et en Allemagne, une étude spéciale, il obtienne un plein succès.

¹ Extrait de l'ouvrage de M. Lobet.

Déjà, et nous sommes fier de le dire à l'honneur de la France, rendant hommage à l'habileté de nos ingénieurs et de nos financiers, il a fait appel à leurs lumières, et un traité a été conclu qui, pour l'avenir, deviendra un gage de paix et d'union, meilleur peut-être encore que le traité signé à Paris par les plénipotentiaires de toutes les puissances européennes.

Le réseau définitivement arrêté aura 4,162 kilomètres de longueur développée, et sera composé de la manière suivante : 1° une ligne de Saint-Petersbourg à Varsovie, longue de 1,249 kilomètres, et exploitée déjà sur 42 kilomètres de longueur, ligne sur laquelle s'embranchent, à Wilna, un chemin se dirigeant vers la frontière prussienne et allant rejoindre le réseau prussien à Königsberg, au moyen d'une voie ferrée que le gouvernement prussien doit pousser à sa rencontre jusqu'à Tilsitt ; 2° une ligne de Moscou à Théodosie, en Crimée, sur la mer Noire (1,259 kilomètres) ; une troisième ligne, longue de 427 kilomètres, de Moscou à Nijni-Novogorod, dont la foire célèbre est l'entrepôt de toutes les marchandises de l'Asie ; 3° une troisième ligne s'embranchant sur la précédente à Koursk, chef-lieu d'une province, et centre de l'activité commerciale dans l'intérieur de la Russie, et aboutissant au port de Libau, sur la Baltique, longue de 1,227 kilomètres.

La ligne de Saint-Petersbourg à Varsovie a sa destination spéciale comme ligne internationale : elle réunit la capitale avec le réseau européen des chemins de fer.

La ligne de Moscou à Théodosie (Kaffa) relie Moscou au meilleur port naturel de la mer Noire, où le commerce trouvera les facilités de l'emplacement qui manquent à Odessa ; elle communique d'ailleurs avec cette ville par le Dniéper maritime et la mer. Elle traverse les terres Noires sur 700 kilomètres ; elle leur offre un débouché facile vers la mer Noire pour les céréales, les graines oléagineuses, les suifs, les lins et chanvres, etc., mais plus important encore vers la Baltique. Elle ramènera vers le Nord le bétail des steppes, les vins de Crimée, les sels de la mer d'Azow, et surtout les houilles du bassin de Donetz, reconnu et exploité déjà jusqu'au voisinage de Kharkov, appelé à jouer un rôle considérable dans l'avenir industriel de la Russie.

La ligne de Koursk ou Orel à Libau est destinée à devenir une des grandes voies pour l'échange des produits du sol entre les différentes parties si inégalement partagées de l'empire ; elle est destinée surtout à porter à la mer Baltique, pour les livrer à l'exportation, les céréales et tous les produits du règne végétal et animal recueillis par la ligne du Sud au centre des terres Noires, et par la ligne de Nijni sur le Volga et ses affluents.

Le port de Libau, plus méridional de 5 degrés et demi que Saint-Pétersbourg, n'est obstrué que pendant trois semaines ou un mois par les glaces, tandis qu'à Saint-Pétersbourg et Riga toute navigation est arrêtée pendant cinq et six mois. Libau, qui est un port sans importance en ce moment, est donc destiné à devenir le centre d'exportation pour les produits de la Russie, et d'importation pour les produits étrangers. Le gouvernement s'est engagé à faire les travaux d'amélioration du port de Libau, pour qu'ils soient achevés quand le chemin de fer sera prêt à être exploité.

Le port de Libau suppléera les ports de Saint-Pétersbourg et de Riga aux époques de la fermeture par les glaces ; en outre, l'exportation, qui se dirige maintenant sur Mémel et Kœnigsberg, viendra y chercher les facilités données au commerce national. Cette double circonstance ajoute donc beaucoup à l'importance de la ligne de Saint-Pétersbourg à Varsovie, qui deviendra en même temps une grande voie commerciale.

La ligne de Moscou à Nijni-Novogorod réunit la capitale industrielle de l'empire avec son principal marché, célèbre par les transactions considérables qui s'y font au moment de la foire annuelle ; elle met le Volga, artère navigable de 3,600 kilomètres, située tout entière en dehors du territoire propre au réseau concédé, en communication avec Moscou, par la ligne de jonction la plus courte. Un large trafic lui est assuré.

Le capital total de la Compagnie sera de 1 milliard 150 millions de francs, et doit être dépensé en dix ans.

La direction supérieure de cette vaste entreprise est confiée à M. Collignon, inspecteur général des ponts et chaussées, si connu par ses écrits sur la navigation et par les beaux travaux qu'il a exé-

cutés sur le canal de la Marne au Rhin, ainsi que sur le chemin de fer de Paris à Strasbourg.

Les chemins russes exerceront non-seulement une immense influence sur le commerce intérieur de la Russie, ils permettront encore l'exportation à l'étranger de 50 à 60 millions d'hectolitres de blé, excédant annuel de la production sur la consommation, qui, faute de voies de communication, ne peuvent être portés à l'extérieur.

On pouvait craindre que la rigueur du climat en Russie fût un obstacle au succès des chemins de fer. Elle sera, au contraire, un des éléments les plus décisifs de ce succès. Le froid n'entrave jamais la marche des trains, comme on est disposé à le croire : la neige n'a interrompu la circulation en moyenne qu'un jour tous les ans sur le chemin de Saint-Petersbourg à Moscou. Par contre, les voies navigables sont gelées pendant six mois dans le Nord, et, pendant cette période, le chemin de fer aura le monopole de tous les transports, facilités d'ailleurs par le trainage pour les relations latérales.

Italie. — Le mérite d'avoir inauguré les chemins de fer en Italie appartient à deux ingénieurs français, MM. Bayard de la Vingtrie et de Vergès, auteurs du chemin de Naples à Nocera, avec embranchement sur Castellamare; celui de les y avoir propagés, aux directeurs ou ingénieurs en chef du réseau lombardo-vénitien, MM. Paulin Talabot et Busche, qui appartiennent également au corps impérial des ponts et chaussées, et à des capitalistes français, italiens et allemands, MM. le duc de Galiera, de Rothschild, etc. Il revient encore au célèbre ingénieur anglais Robert Stephenson, qui a tracé et exécuté le réseau toscan, ainsi qu'aux ingénieurs italiens Miladi, Bolze et Keissler.

Aujourd'hui, en 1857, l'Italie ne possède encore que des tronçons de chemins de fer, mais ils concourent à la formation de lignes qui se relieront, dans un avenir peu éloigné, à celles des États voisins. Dans l'Italie supérieure, sont en exploitation les chemins de fer suivants, qui, réunis, doivent former plus tard les lignes de Milan à Venise, en correspondance par la mer Adriatique avec Trieste, savoir : Milan à Treviglio (24 kilomètres); Vérone et Ve-

nise, par Vicence et Padoue (120 kilomètres), avec embranchement, d'une part, de Vérone à Mantoue, et, d'autre part, de Monza à Lecco. Sont en construction ou à l'étude, le chemin de Milan à la frontière sarde, celui de Milan à Plaisance, point où aboutira également le chemin dit du centre de l'Italie, lequel passera à Parme, Modène, Bologne, et se réunira au réseau toscan à Pistoja ; de Modène, un embranchement se dirigera sur Mantoue. Quant au réseau toscan, il se compose du chemin de Florence à Prato et Pistoja, long de 34 kilomètres, déjà construit; des chemins de Florence à Pise, avec embranchement de Pise à Lucques, de Pise à Livourne, et d'Empoli à Sienne, également construits, longs de 179 kilomètres. Florence sera reliée avec Rome par une voie ferrée passant par Arezzo et à Pérouse, et formant avec le chemin central une grande artère dans le sens de la longueur de l'Italie. De Modène, une voie conduira à Rimini et à Ancône, et un chemin transversal unira Rome à Ancône. — Le seul chemin exploité dans les États romains est celui de Rome à Frascati. Mais le pape vient de concéder tout un réseau à une compagnie française.

Le chemin de Rome à Naples est commencé, le gouvernement napolitain a concédé en 1855 la ligne de Naples à Ortona, point important de l'Adriatique, longue de 380 kilomètres. Les sections diverses qui relient la ligne principale à San-Severo, Popoli et Ferano, ont une étendue d'environ 200 kilomètres. Le 15 octobre 1856, les statuts de la compagnie du chemin de fer de Naples à la frontière romaine, dont l'étendue est de 600 kilomètres, y compris les embranchements, ont été approuvés. Le 31 septembre de la même année, le chemin de Salerne par Evole à Tarente, avait été concédé. Enfin le chemin de fer de Naples au golfe de Tarente a été autorisé. L'Italie pourra donc, dans quelques années, être parcourue sur voies de fer dans toute sa longueur.

Sardaigne, Piémont et Savoie. — Le gouvernement sarde, se voyant menacé par la concurrence de l'industrie étrangère et ne trouvant alors aucune Compagnie qui voulût se charger du chemin de Turin à Gênes, l'un de ceux qui, en Europe, ont présenté les plus grandes difficultés de construction, l'entreprit résolument, dès 1846, avec ses propres moyens.

Plus tard il encouragea, par des garanties d'intérêt et par des abaissements de droit, la construction des chemins de fer dans ses États. Grâce à sa coopération éclairée, il s'est formé, depuis quelques années, des Compagnies nationales qui, aujourd'hui toutes à l'œuvre, auront bientôt doté le pays de nombreuses voies de communication rapides.

Parmi ces Compagnies, il faut placer en première ligne la Compagnie Victor-Emmanuel, à laquelle ont été concédés les chemins d'Aix-les-Bains à Saint-Jean-de-Maurienne et Modane, au pied du mont Cenis, se reliant au chemin de Lyon à Genève, à Culoz, et le chemin de Suze à Turin. Ces deux tronçons ne seront séparés que par le mont Cenis, que l'on traversera, soit au moyen d'un souterrain, soit par des plans inclinés. Une fois le mont Cenis franchi par un chemin de fer, le chemin Victor-Emmanuel établira une communication métallique non interrompue de Paris à Turin et à Gênes. La même Compagnie doit construire un embranchement d'Annecy à Seyssel.

La section d'Aix à Saint-Jean-de-Maurienne, longue de 84 kilomètres, et celle de Suze à Turin, de 55 kilomètres, sont déjà livrées à l'exploitation.

Une ligne, se détachant du chemin de Turin à Gênes à Alexandrie, se dirige par Mortara et Novare vers Arona, sur le lac Majeur. Elle est déjà livrée à l'exploitation sur toute sa longueur. Plus tard elle fera partie de la grande voie de communication qui unira la Suisse au port de Gênes.

Le chemin de Turin à Milan est terminé sur le territoire piémontais. Il dessert Chivasso, Verceil et Novare. De ce chemin se détachent des embranchements sur Yvrée, Bielle et Casale.

Outre ces grandes artères, on a construit en Piémont plusieurs chemins moins importants, tels que le chemin de Turin à Pignerol (38 kilomètres); d'Alexandrie à Aquis (34 kilomètres); de Vigevano à Mortara (13 kilomètres), etc., etc.

La longueur totale des chemins livrés à l'exploitation en Piémont au 1^{er} janvier 1857 était de 711 kilomètres; celle des chemins concédés nous est inconnue.

Une Compagnie, dans le conseil d'administration de laquelle on

s'étonne de voir figurer le président du conseil d'État d'un canton suisse, celui de Genève, a obtenu la concession d'un chemin établi en Savoie, le long des bords méridionaux du lac, chemin qui enlèvera aux chemins suisses de la rive septentrionale une partie du trafic de la France vers l'Italie.

Les projets du chemin de Turin à Gênes ont été rédigés, et le chemin a été construit en grande partie sous la direction de M. Maus, le célèbre ingénieur belge qui a établi le grand plan incliné de Liège. Les hommes qui, outre cet ingénieur, ont pris la plus grande part à l'établissement du réseau piémontais, sont M. de Ravel, ministre des travaux publics, auteur du projet de loi pour l'exécution du chemin de Turin à Gênes; M. l'ingénieur Palcocapa, ministre actuel; MM. les ingénieurs Grandis, Ronconi, Negretti, etc.; Pickering et Hensfrey; MM. Laffitte, Bixio, et l'entrepreneur Brassey.

Suède et Norvège. — Il n'existait, à la fin de 1854, d'après l'*Annuaire des chemins de fer* de Chaix, que 120 kilomètres exploités en Suède et 67 en Norvège. De nombreux tronçons ont été livrés au public depuis cette époque; nous n'avons pu nous fournir aucuns renseignements précis sur leurs longueurs.

Parmi les chemins exploités, le plus important est celui de Christiania au lac Mjosen, qui se trouve en entier sur le territoire norvégien. Il met un cinquième de la propriété et un quart de la population en communication avec la capitale. La longueur totale de la voie est de 67^k,2; le lac Mjosen est sillonné par des bateaux à vapeur jusqu'à 107 kilomètres de Christiania et établit ainsi une communication rapide entre les populations nombreuses, les districts les plus favorisés par la nature, par l'industrie et le littoral de la mer du Nord, avec laquelle les rapports commerciaux étaient jusque-là difficiles et par conséquent onéreux. Cette région comprend, en effet, une des parties les plus accidentées de la Norvège; au premier aperçu, le chemin de fer semblait impraticable, et il a fallu toute l'habileté et toute la hardiesse du célèbre ingénieur anglais Brassey, qui a dirigé les travaux, pour vaincre des difficultés si nombreuses.

Le chemin de fer dont il est question aura coûté 11,250,000 fr. à construire. Un réseau tout entier est aujourd'hui projeté.

Une ligne de 500 kilomètres se dirigerait, de l'est à l'ouest, entre

Stockholm et Gothenbourg ; elle relierait entre elles ces deux villes importantes, et, par conséquent, la mer du Nord et la Baltique. De cette ligne partirait un embranchement qui remonterait vers le nord-ouest, passerait par Christiania et Carlstadt, pour rejoindre la ligne de Norvège, en construction ; cette dernière va de Christiania à la frontière suédoise, près du fort de Konisgvinger ; sur le territoire suédois, cet embranchement aurait une longueur de 260 kilomètres environ. Une troisième ligne, de 280 kilomètres, partirait de Iankoping, et se prolongerait jusqu'à Malmo, sur la côte de la province de Scanie, en face de Copenhague. Entre Malmo et la capitale du Danemark, un service régulier de bateaux à vapeur fonctionne depuis plusieurs années ; la traversée est d'une heure et demie. Enfin, pour compléter cette partie du réseau, une ligne de jonction de 60 kilomètres unirait la ligne du Nord au Midi à celle de l'Est à l'Ouest, de Iankoping à Falcping.

Pour les portions situées au nord de la capitale, on construirait une ligne de 180 kilomètres, entre Stockholm, Upsal et Gelfe ; enfin, une voie ferrée de 100 kilomètres, actuellement en construction, et qui sera terminée l'année prochaine, ira de Gelfe à Falcon, en Dalécarlie. L'auteur du projet de ce réseau est le célèbre ingénieur suédois, capitaine Erickson, qui a construit une partie du canal de Gothie (écluses de Frohatta), du grand canal de Saima, dans la Finlande orientale, et des magnifiques écluses de Stockholm. L'étendue du réseau complet sera d'environ 1,500 kilomètres.

Danemark. — Le chemin le plus important de ce pays est celui de Copenhague à Kôrsoer, sur le grand Belt, long de 138 kilomètres, qui traverse l'île de Seeland dans sa plus grande largeur. D'autres chemins ont été établis ou sont en voie de construction dans des propriétés allemandes du Danemark. Ils forment un réseau dont le gouvernement presse l'achèvement.

Parmi ces chemins, le premier établi est celui d'Altona à Kiel, long de 104 kilomètres. Un autre chemin, celui de Flensbourg à Tonningen, réunit les deux mers.

Suisse. — La Suisse, à première vue, semble de tous les pays le moins propre à la construction des chemins de fer. Ses hautes montagnes, son organisation politique même, semblent de graves

obstacles à l'établissement des voies ferrées. Aussi a-t-elle longtemps hésité avant de suivre l'exemple donné par les autres États européens. La concurrence des fabriques étrangères devenant cependant menaçante pour son industrie, et la popularité des chemins de fer, comme moyen de transport des voyageurs, grandissant chaque jour, la Confédération songea à prendre un parti.

C'était en 1852. Déjà quelques essais avaient été tentés sur le sol helvétique. Une société vaudoise, présidée par M. Perdonnet père, avait, dès 1844, fait étudier, par M. l'ingénieur Fraisse, à ses frais, le chemin de Morges à Yverdon, avec embranchement sur Lausanne, et, quelques années plus tard, M. l'ingénieur Sulzberger obtenait la concession de cette ligne. Une autre société livrait, en 1847, à la circulation le petit chemin de Baden à Zurich.

Le célèbre ingénieur Robert Stephenson fut, en 1852, appelé pour étudier un ensemble de chemins de fer en rapport avec les besoins et les ressources du pays, et une commission fut nommée pour rechercher les moyens de le mettre à exécution.

Partant du principe qu'il fallait, *autant que possible*, construire les grandes artères dans les vallées et ne s'établir qu'exceptionnellement sur les plateaux, il traça un réseau dont on s'est trop écarté dans l'exécution.

Encouragées par le rapport favorable de cet ingénieur, par les recherches statistiques de la commission fédérale, par le succès des Compagnies étrangères et par l'espoir que le perfectionnement des locomotives permettrait de graver à moins de frais les fortes pentes, de nombreuses Compagnies se présentèrent dans le courant des années 1853, 1854 et 1855, pour l'exécution des chemins de fer en Suisse, et aujourd'hui, en 1857, 424 kilomètres sont en exploitation et 567 kilomètres en construction.

Comme fondateurs des chemins de fer en Suisse, on cite M. Geigy, président de la Compagnie centrale; M. Escher, président de la Compagnie Nord-Est; M. Kern, vice-président de la même Compagnie; M. Émile Pereire, de Paris; feu M. Speiser, de Bâle; M. Auber, de Genève; M. Perdonnet père, le conseiller d'État Louis Blanchenay, les publicistes Schmidlin, de Bâle, et John Coindet, de Genève, et MM. les ingénieurs Fraisse, de Lausanne; Etzel, du Wurtemberg; Kol-

ler, de Zurich; Laurent, de Chavornay, et Ziegler, de Vintherthur.

Si nous étudions la carte des chemins de fer suisses, nous remarquons qu'une grande artère s'étendra du sud au nord de la Suisse, entre Genève et Bâle, et que cette artère passera par Lausanne, Fribourg et Berne; qu'une autre ligne traversera la Suisse de l'ouest à l'est, partant encore de Genève et aboutissant au pied du Simplon, après avoir desservi Lausanne, Vevey, Villeneuve, Saint-Maurice et Sion; qu'un chemin de fer, se soudant à Jougne au chemin français de Paris à Jougne par Dijon et Dôle, et près de Lausanne au chemin de Genève au Simplon, deviendra la grande voie de communication entre Paris et Milan; qu'un embranchement de cette même ligne, s'en détachant près de Pontarlier et passant aux Verrières, desservira Neuchâtel et le centre de la Suisse; que le lac de Constance sera réuni au lac de Genève par la grande voie déjà construite en grande partie de Romaushorn à Berne, et par le chemin de Berne à Lausanne et Genève; qu'une autre voie ferrée du premier ordre, tracée de Romaushorn à Coire, servira plus tard de lien entre l'est de la Suisse et l'Italie par le Luckmanier; et qu'enfin les capitales d'un grand nombre de cantons, Berne, Bâle, Lausanne, Genève, Neuchâtel, Fribourg, Zurich, Schaffhouse, Soleure, Saint-Gall, Appenzell, Coire, Lugano et Liestall, sont ou seront desservies prochainement par des voies ferrées.

La grande artère de Genève à Bâle, par Fribourg et Berne, devant être d'un parcours difficile par suite des fortes pentes que nécessite la construction du tronçon de Lausanne à Fribourg, une ligne plus directe sera certainement établie par Lausanne, Yverdon, la rive gauche du lac de Neuchâtel, Neuchâtel, Bienne et Soleure. La concession en est demandée, mais elle n'est pas encore accordée.

Espagne. — Les renseignements les plus récents que nous possédions sur les chemins de fer espagnols datent du 1^{er} novembre 1856. La longueur des chemins de fer exploités alors était de 553 kilomètres 1/2; celle des chemins concédés, y compris ceux exploités, était de 2,866 kilomètres. Aujourd'hui, en 1857, la longueur des chemins concédés dépasse 3,000 kilomètres.

En 1830, lorsque l'Angleterre commençait à peine l'établissement de ses grandes lignes de chemins de fer, un projet fut rédigé

pour l'établissement d'un *camino de hierro* de Cadix à Puerto Santa Maria. Nous avons eu ce projet entre les mains. Mais il resta inexécuté. Ce n'est qu'en 1840 que fut concédé le chemin de Madrid à Aranjuez, long de 28 kilomètres seulement, aujourd'hui exploité. De 1847 à 1851, deux autres lignes ont été entreprises, celle de Langreo à Gijon et à Oviedo, longue de 49 kilomètres, et celle d'Alar del Rey à Santander, longue de 50 kilomètres. De 1852 à 1855, quelques lignes importantes ont été concédées, telles, par exemple, que celle de Barcelone à Saragosse, longue de 320 kilomètres, faisant partie aujourd'hui du chemin de Madrid à Albacete. En 1848, on commença celle de Barcelone à Mataro, longue de 28 kilomètres; les lignes d'Almansa à Jativa, longue de 71 kilomètres; d'Almansa à Alicante, longue de 97 kilomètres, et de Jativa à Valence, longue de 60 kilomètres, furent concédées en 1851 et 1852; mais l'impulsion qu'a reçue l'industrie des chemins de fer en Espagne ne date réellement que de 1855. Les grandes lignes de Madrid à Saragosse (360 kilomètres), Madrid à Almansa (356 kilomètres), Madrid à la frontière française, par Valladolid et Burgos (621 kilomètres), Séville à Cordoue (150 kilomètres), Jerez à Séville (100 kilomètres), et de Valence à Tarragone (280 kilomètres), ont été toutes concédées en 1855 et 1856.

Les noms de nos grands financiers Rotschild et Pereire, qui ont exercé une si grande influence sur l'établissement des chemins de fer français, se retrouvent encore parmi ceux des fondateurs des lignes principales de la péninsule espagnole. M. Salamanca a également joué un rôle important dans la création des voies ferrées espagnoles. Parmi les ingénieurs nous nommerons M. Pedro Miranda, qui a été ingénieur en chef directeur du chemin d'Aranjuez, MM. Angel, Retortillo, Meliton, et l'ingénieur anglais William Green.

L'Espagne, si riche en minéraux de toute espèce, et à laquelle il ne manque que de bonnes voies de communication pour devenir l'un des pays du monde les plus prospères, retirera incontestablement de l'établissement des chemins de fer les plus grands avantages.

Ile de Cuba. — Cette colonie était déjà riche en chemins de fer,

que la mère patrie en possédait à peine quelques kilomètres. Il y existait déjà, en 1854, plusieurs lignes dont la longueur, considérable pour un si petit pays, était de 604 kilomètres. De nouveaux chemins d'une assez grande longueur ont été concédés depuis lors à des Compagnies respectables.

Portugal. — Ce pays est un des plus pauvres de l'Europe en chemins de fer construits. Un chemin a été livré à la circulation entre Lisbonne et Carragado ; il se prolongera très-prochainement jusqu'à Santarem. La ligne de Lisbonne à Santarem, longue de 72 kilomètres environ, servira de tronc commun aux chemins projetés de Lisbonne à Oporto et de Lisbonne à la frontière d'Espagne. Celui de Lisbonne à Oporto vient d'être concédé.

Un chemin de Lisbonne à Cintra (28 kilomètres) et une ligne plus importante (75 kilomètres), passant à Vendas, Novas et Setubal, ont été concédés en 1854 et 1855. On a aussi rédigé le projet d'un chemin de fer qui relierait Lisbonne à Cadix, et celui d'une voie ferrée qui, partant d'Oporto, s'étendrait jusqu'à Vigo.

On ne cite en Portugal que M. Fuentès parmi les hommes politiques qui se sont occupés de la construction des chemins de fer.

Turquie. — Grâce à l'heureuse influence des nouveaux alliés du sultan, on est sur le point d'exécuter aussi dans ce pays tout un réseau de chemins de fer. Le projet de ce réseau, d'après la *Gazette des Chemins de fer* de Bresson, comprendrait deux groupes de railways : le premier se composerait des lignes de Belgrade à Setovanieza, de Setovanieza à Constantinople par Andrinople, de Setovanieza à Pristnia, de Pristnia à Scutari-Bojana (sur la mer Adriatique), et de Pristnia à Salonique ; le second renfermerait les lignes de Bucharest à Vetsevova, frontière autrichienne près d'Orsova ; de Bucharest à Varna ; de Bucharest à Predial, près de Cronstadt (Esclavonie, Autriche) ; de Bucharest à la frontière Bukovine, près de Czernewiez. Les points de jonction avec les voies de transit européen seront à Semlin, en face de Belgrade, où aboutira le chemin projeté de Comoni (lignes autrichiennes) ; à Vetsevova, près d'Orsova, communiquant avec le chemin de Basiareh à Orsova, qui suivra le cours du Danube (lignes autrichiennes) ; à Predial, près Cronstadt ;

enfin à Jahy et Czernowicz, sur la frontière de la Moldavie et de l'Autriche.

Ce réseau, ainsi que l'on pourra s'en convaincre en examinant la carte, ne laisse hors de son parcours aucune des places importantes de la Turquie. L'exécution n'en offre aucune difficulté extraordinaire, et les frais de construction seront amplement couverts par les transports que fourniront des contrées fertiles, riches en produits agricoles et métallurgiques, et auxquelles il ne manque que des moyens de transport pour les céréales et pour les produits de l'exploitation des gisements métallifères.

En jetant les yeux sur une carte d'Europe, on voit que les chemins de l'Est français, ainsi que les lignes qui conduisent de la frontière de Turquie à Strasbourg, doivent surtout profiter de l'accroissement de circulation qui suivra la création du réseau turc.

De ces différents chemins, celui qui probablement sera exécuté l'un des premiers sera celui de Belgrade, l'un des points extrêmes du chemin autrichien François-Joseph.

Une Compagnie anglaise a demandé la concession de celui de Routschouk à Varna, qui n'est pas compris dans le réseau que nous venons de décrire, et qui a pour objet d'abrégér considérablement le trajet qui a lieu aujourd'hui de Vienne à Constantinople par le Danube et la mer Noire.

Grèce. — La Grèce ne possède encore aucune ligne de fer. Les Chambres grecques ont été saisies d'un projet de chemin d'Athènes au Pirée, long de 4 kilomètres ; ne désespérons donc pas de voir bientôt l'espace qui sépare Athènes de Sparte franchi par des locomotives.

Algérie. — Il n'existe encore aucune voie ferrée en Algérie ; mais, au moment où nous allions mettre sous presse, un décret de l'Empereur a décidé qu'il y serait créé un réseau embrassant les trois provinces. Ce réseau se composera :

1° D'une ligne parallèle à la mer, suivant à l'est le parcours entre Alger et Constantine, et passant par ou près Aumale et Sétif ; à l'ouest, le parcours entre Alger et Oran, et passant par ou près Blidah, Amourah, Orléansville, Saint-Denis-du-Sig et Sainte-Barbe.

2° Des lignes partant des principaux ports, et aboutissant à la ligne parallèle à la mer, savoir : à l'est, de Philippeville ou Stora à Constantine, en passant par Guelma; à l'ouest, de Tenès à Orléansville, d'Arzew et Mostaganem à Relizam et d'Oran à Tlemcen, en passant par Sainte-Barbe et Sidi-bel-Abbès.

L'accomplissement de cette grande œuvre consolidera notre puissance en Algérie mieux encore que les victoires de nos armées.

Parmi les hommes qui ont étudié le plus sérieusement la question des chemins de fer algériens, nous placerons au premier rang le gouverneur actuel maréchal Randon, et le général du génie Chabaud-Latour.

Égypte. — En Égypte, il n'existe qu'un chemin de fer, celui d'Alexandrie au Caire. On travaille à la prolongation de ce chemin vers la mer Rouge.

Brésil. — Au Brésil, le gouvernement encourage par des garanties d'intérêts et par des concessions de privilèges l'établissement des chemins de fer dans ses États.

Trois chemins de fer sont en voie d'exécution ou terminés. Le premier chemin de fer qui ait été construit au Brésil est celui de Mana à la Sarra da Estrella, inauguré il y a deux ans environ. Il n'a qu'une seule voie, et forme une section de 16 kilomètres de la ligne de Rio à Petropolis. La route à partir de la ville comprend 22 kilomètres en bateau à vapeur pour traverser la rade, puis 16 kilomètres en chemin de fer, et enfin de 11 à 12 kilomètres, en gravissant le flanc de quelques montagnes escarpées par une route de voiture très-bien macadamisée.

La ligne de Rio-Janeiro au pied de la Terra da Mar, surnommée chemin de fer Don Pedro II, d'une longueur de 80 kilomètres, est en bonne voie d'avancement, et pourra être ouverte vers la fin de 1857.

La ligne de Pernambuco est également poussée avec activité; la première section sera livrée prochainement à la circulation.

Chili. — Le chemin de fer de Santiago à Valparaiso a été livré à la circulation.

Il s'est formé, à Santiago, parmi les principaux capitalistes, une Compagnie anonyme pour la construction d'un chemin de fer entre

la capitale et la ville de Tolea, située sur le Rio-Meurle, à 220 kilomètres au sud. (*Annuaire de Chaix.*)

Australie. — Les deux chemins de fer de Williams-Town et de Greelong sont en voie d'achèvement.

Inde. — Le chemin de fer de Calcutta à la ville de Berdevan et aux mines de houille de Ranecgungh a été inauguré en février 1855, sous la présidence de l'ingénieur Mac Donald Stephenson, directeur de la Compagnie des chemins de fer de l'Inde. Il y a quatorze ans déjà que des projets de chemins de fer, destinés à relier les différentes parties de l'Inde britannique, sont à l'étude; mais les travaux n'ont commencé qu'en 1849. On compte aujourd'hui 193 kilomètres entièrement achevés et exploités; 1,038 kilomètres sont concédés et doivent être terminés en 1857; 320 kilomètres sont en construction; 608 kilomètres, destinés à compléter la ligne de Calcutta à Lahore, sont à l'étude. En résumé, le réseau indien comprenait, à la fin de 1855, soit à l'état d'exploitation, soit à l'état de construction ou de projet, 2,160 kilomètres.

Dans l'origine, on craignait que la population indienne n'osât pas s'aventurer sur les chemins de fer, et que la sécurité de la voie ne fût compromise en présence de préjugés hostiles et au milieu d'un pays où la surveillance rencontre de grandes difficultés. L'événement a prouvé que ces alarmes étaient mal fondées, et que les Hindous ont su bien vite apprécier les avantages du nouveau mode de locomotion. Les Brahmes voyagent très-commodément dans les waggons sans craindre de perdre leur caste. Ils font usage du télégraphe électrique sans éprouver le moindre remords. C'est toute une révolution qui consolide la conquête en même temps qu'elle est destinée à améliorer la condition matérielle et morale du peuple conquis.

Ces renseignements sur les chemins de fer de l'Inde, empruntés au *Journal des Chemins de fer*, se complètent par les suivants: un plan complet, embrassant l'Inde entière dans son vaste réseau, a été envoyé en Angleterre par le gouverneur général des possessions anglaises pour être soumis à l'approbation du gouvernement. Le point de départ serait à Calcutta, d'où le railway irait traverser le Gange à Ramajhal, puis le Doab, et se dirigerait vers Agra et Delhy.

A cette ville, la ligne compterait 1,100 kilomètres de longueur. Une fois que cette portion serait achevée, on poursuivrait la voie ferrée jusqu'à Lahore et Peshawar pour mettre en rapport la vallée de l'Indus avec celle du Gange. A un point quelconque du chemin de Calcutta à Delhy, viendrait se souder une ligne partant de Bombay, qui rapprocherait Calcutta de l'Europe de plusieurs journées. Enfin Madras serait lié au réseau par une ligne s'étendant pendant 70 milles (112 kilomètres) vers l'ouest, et qui, là, se bifurquerait pour aller d'un côté vers Calicut, sur la côte de Malabar, et de l'autre vers Bombay, par Bellary.

Nouvelle-Grenade. — On a livré à la circulation (28 janvier 1855) le chemin de fer de Panama. Le trajet de l'isthme, qui, dans l'origine, avait demandé jusqu'à dix-sept jours, et que, par les moyens ordinaires, on était parvenu à réduire aux fatigues de trois journées, s'opère aujourd'hui en six heures.

États-Unis du Mexique. — Le chemin de Tehuantepec, en construction actuellement, est un redressement de celui de Panama. Il aura 120 kilomètres de longueur, et fera suite à une navigation fluviale de 160 kilomètres. Il présente, pour les rapports de l'Europe et de l'Amérique avec le Pérou, la Nouvelle-Calédonie, l'Australie, la Chine, le Japon, la Russie d'Asie et la Californie, une économie de dix à quinze jours sur le trajet total. Il réduit de vingt-six à quatorze jours le trajet de New-York à San-Francisco, et place la Nouvelle-Orléans à quatre jours du Pacifique et à onze jours au lieu de vingt de San-Francisco.

Asie. — On s'occupe sérieusement en ce moment (avril 1857) de l'étude d'un chemin de fer qui s'étendrait de Swedia et d'Antioche à l'Euphrate. On obtiendrait ainsi l'union de la Méditerranée avec le golfe Persique, au moyen de voies ferrées jusqu'au fleuve, et de bateaux à vapeur sur le fleuve.

Une compagnie anglaise a obtenu la concession d'un chemin de Sinyrne à Aïdin.

**De la longueur des chemins de fer établis comparée
à la surface des principaux pays.**

Nous croyons ne pouvoir mieux terminer ce chapitre sur la construction des chemins de fer dans les différents pays qu'en comparant leur longueur à la surface territoriale de ces pays et à leur population.

Le tableau suivant fournira les éléments de cette comparaison.

NOMS DES ÉTATS.	POPULATION.	ÉTENDUE DU TERritoire.	POPULATION PAR KILOMÈTRE CARRÉ.	LONGUEUR DES CHEMINS DE FER CONSTRUITS.	LONGUEUR PAR KILOMÈTRE CARRÉ.	LONGUEUR PAR MILLION D'HABITANTS.
Angleterre, 1 ^{re} janv. 1856.	27,435,325 ¹	309,668 ¹	88 ¹ 5	13,315 ¹	42 ¹ 99	486 ¹ 0
Etats-Unis, 1 ^{re} janv. 1855.	24,000,000	8,896,415	2 ⁶ 6	31,842	3 ⁵ 57	1,527 ⁰ 0
France, 1 ^{re} janv. 1857..	35,783,170	527,686	67 ⁷	6,186	11 ⁷ 4	172 ⁸ 8
Belgique, <i>id.</i>	4,359,090	29,425	148 ¹	1,430	48 ⁶ 0	325 ⁰ 0
Russie d'Europe, <i>id.</i>	54,000,000	4,831,069	11 ¹	720	0 ¹ 15	15 ³ 3
Autriche, y compris la Lombardie et Ve- nise, 1 ^{re} janv. 1854....	36,514,466	662,326	55 ¹	1,972	2 ⁹ 7	54 ⁰ 0
Prusse, 1 ^{re} janv. 1857..	16,400,000	282,697	58 ⁰	3,451	12 ² 0	210 ⁵ 5

CHAPITRE III

NOTIONS GÉNÉRALES SUR LA DISPOSITION DES VOIES EN FER

SUR LES MOTEURS QUI Y SONT EMPLOYÉS
ET SUR LES AVANTAGES DES CHEMINS DE FER AU POINT DE VUE TECHNIQUE

Disposition des voies. — L'effort qu'il faut exercer pour remorquer un véhicule sur une route est d'autant moindre que la surface sur laquelle se meuvent les roues est plus dure et plus unie.


Les Romains attachaient une grande importance à la construction de la chaussée de leurs routes. Ils la composaient de matériaux si résistants et lui donnaient une épaisseur telle, que l'on trouve encore fréquemment des portions de routes dans un état parfait de conservation. La partie extérieure de ces chaussées sur laquelle s'opérait le roulement se composait en général de blocs de pierre d'assez forte dimension assemblés avec soin.

Dans les temps modernes, on a dû renoncer à un mode de construction si dispendieux; aussi a-t-on composé les chaussées de matériaux de plus faible dimension, mais qui, par cela même, offraient au roulage une surface moins unie.

Le roulage sur ces nouvelles routes étant devenu beaucoup plus difficile que sur les anciennes routes romaines, on imagina d'abord de faire porter les roues sur deux files parallèles de pierres dures et bien dressées, tandis que les chevaux marchaient dans l'espace compris entre ces bandes de pierres; puis, voulant augmenter encore la dureté du chemin, on fut conduit à les remplacer par des plaques ou des bandes de fonte ou de fer.

Telle a été l'origine *des chemins de fer ou chemins garnis de files parallèles de bandes de fer ou de fonte fixées solidement au terrain.*

Les chemins de fer sont souvent désignés sous le nom de rail-



ways. Ce mot, emprunté à la langue anglaise, est formé de deux autres : *way*, chemin, et *rail*, bande. Ainsi railway ne signifie pas seulement un chemin de fer, mais un chemin composé de files parallèles de bandes de matière quelconque, un chemin composé, par exemple, de bandes parallèles de pierre, comme il en existe encore à Milan et à Londres, ou bien un chemin composé de bandes de bois, comme on en voit aux États-Unis et dans beaucoup de mines en Prusse. Les bandes qui constituent le chemin s'appellent alors des rails.



Fig. 1. — Rails à bandes saillantes.

Les railways sont à *bandes saillantes (edge-rails)*, lorsque les bandes de fer ne portent aucun rebord pour maintenir le chariot sur la voie ; c'est alors sur les roues que se trouvent les bourrelets ou saillies qui empêchent la roue de dévier, comme figure 1.

Ils sont à *bandes plates (plate rails)*, quand les bandes sont garnies d'un rebord, ce qui permet d'employer pour les voitures les roues ordinaires. (Fig. 2.)



Fig. 2. — Rails à bandes plates.

Les chemins à bandes saillantes sont aujourd'hui généralement préférés aux chemins à bandes plates, à cause de la grande facilité avec laquelle on maintient la surface des rails parfaitement propre.

On trouve cependant encore un grand nombre de chemins à bandes plates dans les mines ou dans le voisinage des grands établissements d'industrie.

Le chemin de fer réduit pour ainsi dire à sa plus simple expression n'est composé que de deux files de bandes de fer. C'est ainsi que l'on peut concevoir le chemin de fer tel qu'on l'a établi dans l'origine pour transporter du charbon ou des produits industriels à de petites distances, sur des chariots qui marchaient une partie de la journée dans un sens avec la même vitesse, et qui revenaient ensuite sur le même chemin dans la direction opposée.

Mais cette voie unique, composée de deux files de rails seulement, devint insuffisante dès que les chariots durent se croiser ou se dépasser. On posa alors deux voies, ou quatre files de rails, sur toute la longueur de la route, ou du moins de distance en distance, sur une partie de la longueur, et on se ménagea les moyens de passer à volonté d'une voie sur une autre.

Les chemins de fer composés de deux voies sur toute leur longueur sont appelés *chemins à double voie* ; ceux dans lesquels on n'a posé une double voie que sur une partie de la longueur sont nommés *chemins à simple voie*.

Dans certains pays où le terrain est précieux, les routes ordinaires sont tellement étroites, que deux voitures ne peuvent y marcher de front et se croiser que dans quelques endroits où elles présentent des espèces de renflements. On est alors forcé de faire en sorte de ne se rencontrer que dans ces gares ménagées à dessein. Sur les chemins à simple voie, il faut aussi calculer la marche des convois, de telle façon qu'ils se rencontrent exactement dans les parties où sont placées les deux voies. Les chemins à double voie sont plus commodes, mais ils sont plus coûteux.

Quelques accidents arrivés sur des chemins à une seule voie en France ont conduit à penser qu'ils étaient excessivement dangereux. La plupart des chemins belges et des chemins allemands ont cependant été exploités avec une seule voie pendant plusieurs années sans que le nombre des accidents y fût plus grand que sur les chemins à deux voies. Les chemins à une voie ne sont d'une exploitation réellement difficile, et, par suite, dangereuse, que lorsque la circulation y dépasse certaines limites. Ce n'est que sur des chemins de cette espèce, où la circulation était trop active pour une seule voie, ou sur des chemins mal exploités, que l'on a eu à déplorer des accidents graves.

On a construit des chemins de fer composés d'une seule file de rails qui ont été appelés, du nom de leur inventeur Palmer, *chemins à la Palmer*. Les roues des voitures employées sur ces chemins sont creusées en gorge de poulies à leur pourtour et placées au milieu des essieux, chaque essieu n'en portant qu'une seule. La charge en marchandises ou en voyageurs est logée dans des caisses

suspendues aux extrémités des essieux, et les rails sont établis sur des colonnes ou des piliers au-dessus du sol. La fig. 5 représente un

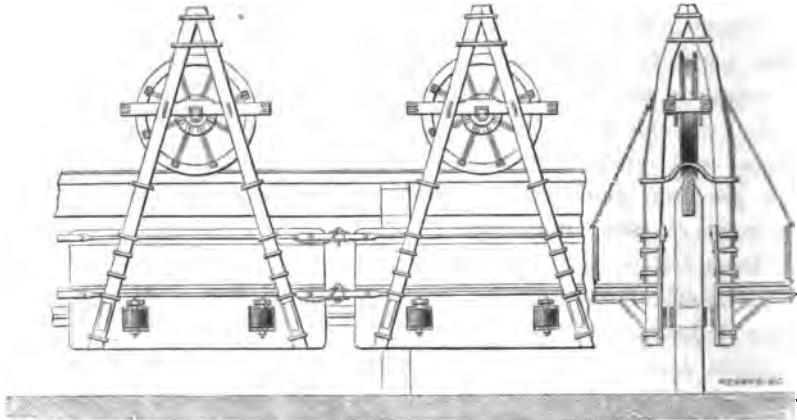


Fig. 5. — Chemin à la Palmer, près Posen.

chemin à la Palmer établi près de Posen en Prusse, pour le transport des produits d'une briqueterie à une distance de 1,800 mètres.

Ce mode de construction est, sans doute, fort économique; mais les chariots sur un chemin de ce genre éprouvent une grande résistance, si on ne charge également les extrémités des essieux, condition difficile à remplir lorsqu'on transporte des voyageurs; le tirage par des chevaux ne peut s'y faire que dans une direction oblique, et la traction par locomotive y paraît difficilement applicable; aussi l'usage en a-t-il été jusqu'à ce jour fort limité. On ne les a employés que dans l'intérieur d'un petit nombre d'établisse-



Fig. 4. — Chemin du bureau des navires à Deptfort.

ments industriels (chemin du bureau des navires à Deptfort, près de Londres); pour un transport de marchandises peu important (chemin des fours à chaux et de la briqueterie de Cheshunt, au canal de Lee); pour le service de la briqueterie de Posen; dans

quelques mines de houille (mines de Rive-de-Gier), ou enfin pour des travaux de terrassements (terrassements pour les fortifications de Paris au bois de Boulogne)¹.

M. Amédée Burat décrit, dans son *Traité de la recherche et de l'exploitation des minéraux utiles*, le chemin à la Palmer de Rive-de-Gier, sur lequel on se sert de chariots à une seule caisse, placée, au moyen d'une espèce d'essieu recourbé, au-dessous du rail. (Fig. 4.) Il signale comme inconvénient de ce système le défaut de stabilité des caisses de chariots.

On trouve sur tous les chemins de fer employés au transport des voyageurs et marchandises, aux deux extrémités et à chacun des points intermédiaires où les convois doivent s'arrêter, des bâtiments plus ou moins vastes, qui servent à loger les bureaux de distribution des billets ou à procurer un abri aux voyageurs. Dans le voisinage de ces bâtiments, en certains points, il existe, outre les voies principales du chemin de fer, des voies auxiliaires pour le remisage des voitures et des machines. Le service du chemin exige enfin des ateliers de réparation, des magasins, des réservoirs, etc., etc.

L'emplacement plus ou moins vaste sur lequel ces bâtiments divers avec leurs dépendances ont été construits et ces voies auxiliaires posées porte le nom de *gares de stationnement*, ou *stations*.

Nous étendrons ce nom de gare aux emplacements réservés pour les ateliers, ordinairement construits dans des terrains situés en dehors du chemin, et où les convois ne stationnent pas.

On appelle enfin *gares d'évitement* les parties des chemins à une seule voie sur lesquelles on a posé une double voie. (Fig. 5.)

Ce nom de *gares d'évitement* est usité aussi pour les parties des chemins à

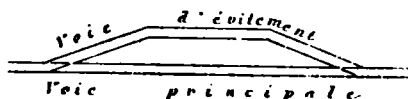


Fig. 5. — Gare d'évitement.

double voie où les convois passent sur une voie latérale, pour reprendre ensuite l'une des voies principales.

¹ Voir un mémoire sur les chemins à une seule file de rails, publié en 1837 par M. le général-major de Prittwitz, intitulé : *Die schwebende Eisenbahn bei Posen*.

On distingue les gares ou stations *extrêmes*, gares d'arrivée ou de départ, et les gares ou stations *intermédiaires*.

Les gares intermédiaires se subdivisent en :

Gares intermédiaires de *première classe*, *deuxième classe* et *troisième classe*, et quelquefois même en gares de *quatrième classe*.

Les gares de première classe sont placées près des grandes villes ou à proximité de localités très-peuplées ; tous ou presque tous les trains s'y arrêtent. Une partie seulement des convois stationne dans les gares de seconde classe.

Considérant les gares sous un autre point de vue, on les divise en :

Gares appropriées au service des *voyageurs* seulement.

Gares appropriées au service des *marchandises* seulement.

Gares appropriées au service des *voyageurs* et des *marchandises*.

Les ateliers de réparation ne sont quelquefois que les dépendances des gares de voyageurs ou de marchandises. Souvent aussi ils sont renfermés dans des gares spéciales.

On peut enfin distinguer les gares traversées par un seul chemin de fer et celles dans lesquelles aboutissent ou se croisent plusieurs chemins de fer.

Moteurs. — On emploie comme moteurs sur les chemins de fer les *hommes* ou les *animaux*, les *machines fixes*, les *machines locomotives*, et la force naturelle de la pesanteur ou *gravité*.

Les hommes poussent ou traînent les chariots ; les chevaux ou les bœufs les traînent presque toujours en agissant également comme sur les routes ordinaires, ou quelquefois en leur donnant le mouvement à un manège. Dans ce dernier cas, les chariots, attachés à la suite les uns des autres, sont fixés à une corde qui s'enroule ou se déroule sur le tambour d'un manège. Ce n'est guère que sur des rampes d'une grande inclinaison (plans inclinés) qu'on emploie les tambours et les manèges. Les machines fixes sont des machines *fixées* au sol, et qui font tourner des tambours, à l'aide desquels on remorque les convois exactement de la même manière. On se sert ordinairement, dans ce cas, de machines à vapeur. Cependant on peut aussi faire usage des machines hydrauliques ou de toute autre espèce. Aux États-Unis, on trouve sur quelques chemins de fer des roues hydrauliques.

Les machines locomotives sont des machines à vapeur, accompagnées de leur chaudière, de leur foyer et de leur cheminée, portées sur un chariot spécial placé en tête du convoi qu'elles remorquent.

Elles impriment le mouvement de rotation à un des essieux du chariot. Les roues qui sont fixées aux extrémités de cet essieu tournent aussi ; mais, comme elles sont gênées dans leur mouvement par la résistance qu'elles trouvent sur le rail, il suffit que cette résistance soit en rapport avec la charge que la machine doit trainer pour qu'elles ne puissent tourner qu'en avançant.

C'est à peu près de la même manière qu'une machine à vapeur, placée sur un bateau, le fait marcher en faisant tourner les deux roues à palettes qui remplacent les rames.

La force naturelle de la pesanteur ne peut être employée qu'à la descente, où elle entraîne les chariots avec d'autant plus d'énergie que la pente est plus forte. Sur un chemin de fer en ligne droite, elle suffit pour faire équilibre à la résistance dès que la pente atteint quatre millièmes, c'est-à-dire, lorsque, par un parcours de mille unités de longueur, mètres ou pieds, le niveau du chemin s'est abaissé de quatre fois cette unité¹. La plus légère impulsion met alors les chariots en mouvement, et ils peuvent, à la rigueur, descendre sur une pareille pente sans le secours d'aucun moteur.

Sur une pente plus forte, il y a excès de *gravité*, et les chariots descendraient avec une vitesse qui croîtrait constamment jusqu'à une certaine limite, si l'on ne se servait de freins pour les contenir.

Quand la pente atteint deux centièmes environ, l'effet de la pesanteur qui entraîne les chariots descendants est assez grand pour que ces chariots puissent, à l'aide d'une disposition particulière, faire monter des chariots moins pesamment chargés, marchant en sens contraire sur une voie parallèle.

Les chariots qui doivent descendre sont alors accrochés à l'extrémité d'une corde passant sur une poulie couchée horizontalement, ou à peu près, au sommet du chemin incliné, et les chariots qui doivent monter sont fixés à l'autre extrémité de la corde.

¹ La pente est alors *descendante* ; elle serait ascendante et deviendrait une rampe si le niveau s'était élevé au lieu de s'être abaissé.

On conçoit comment les premiers, roulant du haut du plan vers le bas sur une même voie, entraînant, par l'intermédiaire de la corde, les seconds qui suivent, ont, en sens contraire, une voie parallèle.



Fig. 6. — Plans automoteurs.

Les plans inclinés disposés de cette manière portent le nom de *plans automoteurs* (self-acting planes). (Fig. 6.)

Avantages des chemins de fer au point de vue technique. —

La vitesse est, aux yeux du public, le principal, le seul avantage peut-être, qu'aient les chemins de fer sur les routes ordinaires. On pourrait cependant très-probablement obtenir cette vitesse avec des machines locomotives sur des routes ordinaires, tracées comme les chemins de fer, et parfaitement entretenues ; mais elle deviendrait excessivement coûteuse, tant en raison de la grande résistance des voitures que par suite des causes de destruction qui agiraient sur les locomotives.

Le principal avantage des chemins de fer est donc de rendre l'emploi de la machine locomotive possible pour le transport à un prix modéré des voyageurs et des marchandises, du moins lorsqu'ils sont établis dans de certaines conditions que nous ne tarderons pas à faire connaître.

Mais cet avantage n'est pas le seul que possèdent les chemins de fer ; la résistance sur les voies de fer est moins grande que sur les routes ordinaires : il en résulte une diminution dans les frais de traction, avec toute espèce de moteur et à un degré quelconque de vitesse, qui a conduit à construire des chemins de fer longtemps avant que les machines locomotives fussent connues.

Cette diminution de résistance, due à l'emploi des chemins de fer, n'est très-sensible, et l'emploi des locomotives n'y a lieu avec avan-

tage, qu'autant que leurs pentes sont faibles et que leur direction se rapproche de la ligne droite.

Pour bien établir ce fait important, analysons les résistances diverses que doit vaincre le moteur sur un chemin de fer ou sur une route ordinaire.

Deux résistances seulement se manifestent dans une voiture qui roule en plaine et en ligne droite sur une route quelconque : l'une au pourtour des roues, résultant des inégalités du terrain, l'autre à l'essieu, provenant des aspérités de la boîte dans laquelle l'essieu tourne en frottant.

La première, appelée quelquefois *frottement de roulement*, est considérable sur les routes, car celles-ci ne sont jamais, comme les chemins de fer, parfaitement dures, parfaitement unies. On estime qu'elle est, sur les meilleures routes Mac-Adam, sept fois aussi considérable que la seconde, et on trouve que la somme des deux résistances est égale à un trentième du poids du véhicule et de sa charge, c'est-à-dire telle que, si l'on attachait à l'extrémité de la voiture une corde, et que cette corde, d'abord tendue horizontalement, vint, après avoir passé sur une poulie fixée au milieu de la route, à tomber verticalement dans un puits, il faudrait, pour entraîner la voiture, ou au moins pour en contre-balancer les résistances et lui permettre de céder à la plus faible impulsion, attacher à l'extrémité de la corde qui pend dans le puits autant de kilogrammes qu'il y a de fois trente kilogrammes dans le poids du chariot.

Sur une route en fer, la résistance sur les essieux du chariot est exactement la même que si le chariot roulait sur une route ordinaire, car elle dépend du mode de construction du chariot, et non de celui de la route ; mais la résistance au pourtour de la roue, qui dépend essentiellement du plus ou moins grand nombre d'aspérités que présente la surface sur laquelle s'opère le mouvement, est presque nulle. Elle n'est plus que la moitié de la résistance sur l'essieu, et la somme des résistances, à une vitesse de moins de six lieues à l'heure, n'est plus que la deux centième partie du poids du chariot, ou même, lorsque le chariot est bien construit et bien graissé, la deux cent cinquantième partie environ.

Cette somme des résistances sur un chemin de fer n'est par conséquent que la septième ou la neuvième partie de ce qu'elle est sur une route ordinaire. *Un cheval, une machine, un moteur quelconque, peuvent donc traîner sur un chemin de fer de niveau, en ligne droite, à une vitesse modérée de moins de six lieues à l'heure, une charge de sept à neuf fois aussi grande que sur une route ordinaire à la vitesse en usage sur ces routes.*

Si la vitesse augmente, la résistance que l'air, même dans l'état de calme parfait, oppose à la marche des convois, devient sensible. Elle s'accroît avec cette vitesse dans une proportion telle, qu'à 60 ou 70 kilomètres par heure elle s'élève, sur un chemin de fer, au double de ce qu'elle est à des vitesses modérées. Ainsi, *à la vitesse de 60 ou 70 kilomètres par heure, un moteur quelconque ne traîne plus sur un chemin de fer de niveau, en ligne droite, que le tiers ou le quart de la charge qu'il traîne sur les routes à la vitesse en usage.*

Si la route, d'horizontale qu'elle était, devient inclinée, tout en conservant la direction rectiligne, et que le cheval soit obligé de gravir une rampe, chacun sait que la résistance qu'il éprouve s'accroît. Cette augmentation ne provient pas de l'un ou de l'autre frottement du chariot : les frottements, au contraire, diminuent ; mais il se développe une troisième résistance, occasionnée par le poids du chariot, qui tend à le faire reculer, et qui l'entraînerait si elle était plus forte que les frottements, et si le cheval n'exerçait aucun effort en sens contraire. Cette troisième résistance est d'autant plus grande que la pente est plus forte, et elle croît même si rapidement avec la pente, que, pour peu que les montées soient roides, les chevaux deviennent incapables de mouvoir le véhicule, même au pas, si on ne leur adjoint des chevaux de renfort.

Le frottement au pourtour des roues n'est donc plus, sur une rampe un peu forte, qu'une petite fraction de la résistance totale¹, et la pose des bandes de fer, comme moyen de réduire ce frotte-

¹ Sur une pente de quatre millièmes par exemple, imperceptible à l'œil, la résistance totale sur un chemin de fer à une vitesse modérée est déjà double de la résistance due au frottement, la seule qui se manifeste en plaine ; sur une rampe de huit millièmes, elle est triple ; de seize millièmes, quintuple.

ment, n'offre plus les mêmes avantages qu'en plaine. Les machines fixes peuvent alors, si l'inclinaison ne dépasse pas certaines limites, être encore employées avec économie ; mais il n'en est pas de même des machines locomotives, qui, ayant à se trainer elles-mêmes, ont à vaincre non-seulement l'accroissement de résistance de charge, mais encore l'accroissement de résistance provenant de leur propre poids. Ainsi l'on admet assez généralement que l'usage des machines locomotives, sur une pente de plus de trois et demi centièmes, lors même qu'elles trouveraient sur le rail la résistance (adhérence) nécessaire pour tourner sans glisser, cesse d'être économique.

A la descente, le poids du chariot, qui, à la montée, l'entraînait en sens contraire du cheval, agit dans le même sens que celui-ci, et, si la pente est un peu rapide, le cheval est obligé de retenir les chariots, au lieu de les trainer, et consomme sa force en pure perte. C'est alors que, sur les chemins de fer, on se passe de moteur, ou que même, si la pente devient assez forte, on utilise, au moyen de mécanismes que nous avons indiqués (voir page 70), l'excès de poids nuisible sur les routes¹.

Jusqu'à présent nous avons supposé que le chemin suivait une ligne droite ; *les circuits engendrent de nouvelles résistances.*

La force que l'on connaît sous le nom de force *centrifuge*, et qui se développe lorsqu'un corps prend un mouvement curviligne, tend à jeter contre le mur le cavalier galopant autour d'un manège et

¹ Il ne faudrait pas s'imaginer cependant que les frais de transport sur les chemins de fer, à la descente, lorsque la pente dépasse une certaine limite, soient tout à fait nuls. La pente étant de cinq à quinze millièmes, les chariots descendent, il est vrai, d'eux-mêmes, sans qu'on emploie aucun moteur pour les trainer; mais il faut ensuite les ramener en montant. Sur le chemin de Darlington, on a eu l'heureuse idée de faire descendre les chevaux qui traînaient les chariots à la montée, dans de petits waggon-écuries; de cette manière ils n'éprouvaient aucune fatigue pendant une partie de la journée; ils paraissent même trouver beaucoup de plaisir à ce genre de promenades, et, en les ramenant ainsi en voiture, on avait augmenté d'un tiers leur travail utile à la montée. Aujourd'hui les chevaux ont été, sur ce chemin, remplacés par des machines locomotives.

Sur les plans *automoteurs*, la gravité ou la pesanteur est le seul moteur employé. Ce moteur ne coûte rien, mais la dépense pour l'entretien des cordes, poulies, etc., équivaut à celle qu'occasionnerait l'emploi d'une machine locomotive sur un terrain de niveau.

oblige la pierre lancée par une fronde à se mouvoir en ligne droite ; cette force tend aussi à entraîner en ligne droite le chariot qui décrit une courbe, et elle agit avec d'autant plus d'énergie que la vitesse est plus considérable et que le rayon de la courbe est plus petit. Sur une route ordinaire, comme il est rare que l'on marche très-rapidement et que d'ailleurs le frottement contre le terrain oppose généralement une résistance suffisante à la force centrifuge, elle n'a d'autre effet que de faire verser les voitures lorsqu'on veut tourner trop court. Sur un chemin de fer elle chasse, dans les circuits formés de deux files courbes de rails, les roues contre les rails de la plus grande courbe, et donne lieu, de cette manière, à un frottement de leurs rebords contre ces rails. Plus la vitesse est grande et le rayon de la courbe petit, plus cette résistance est considérable.

En outre, deux nouveaux frottements résultent, sur un chemin de fer courbe, de la construction même des waggons.

L'un de ces frottements a pour cause immédiate la construction même du système de rotation. Les roues, étant fixées aux essieux, doivent nécessairement, en vertu de cette disposition, effectuer toujours le même nombre de tours que l'essieu dans sa boîte ; mais, comme dans une courbe les deux rails sont d'inégales longueurs, les roues n'ont pas la même distance à parcourir : celle que guide le rail le plus éloigné du centre de la courbe serait obligée, si elle était libre sur son axe, de faire, pour compenser cette différence de parcours, un plus grand nombre de tours ; or, comme cela est impossible, il s'ensuit que les roues, en effectuant leur mouvement de rotation, exécutent pendant le passage des courbes un mouvement de glissement en avant ou en arrière, suivant la position respective des roues.

Le second frottement résulte de la position des essieux dans leurs boîtes, position qui ne leur permet pas de converger vers le centre de la courbe, comme ils le feraient s'ils étaient libres.

Ces résistances n'ont pas lieu sur les routes ordinaires, où l'on se sert de voitures dont le train de devant peut tourner librement, et dont les roues, portées sur un même essieu, peuvent, dans le même temps, faire des nombres de tours différents.

On a imaginé différents moyens pour contre-balancer ou détruire l'effet de ces résistances ; mais aucun, jusqu'à présent, ne paraît atteindre parfaitement le but, du moins sur les chemins de fer que l'on veut parcourir à de grandes vitesses.

Il en résulte qu'un chemin de fer sur lequel on veut marcher rapidement n'admet pas de courbes d'un aussi petit rayon qu'une route ordinaire.

On voit donc en résumé par ce qui précède :

1° *Que la construction des chemins de fer pour les transports à grande vitesse est particulièrement avantageuse dans les pays de plaine ou faiblement accidentés, puisque c'est dans ces pays surtout qu'il est facile de remplir les deux conditions sans lesquelles on ne peut marcher rapidement et économiquement avec des machines locomotives, savoir : une faible inclinaison des rampes et des courbes de très-grand rayon.*

On est cependant parvenu, au moyen d'immenses travaux, à établir des chemins de fer à grande vitesse dans des pays assez fortement accidentés ; mais ils ne sont avantageux, financièrement parlant, qu'autant que la circulation y est très-active.

2° *Que la construction des chemins de fer offre des avantages d'une autre nature, mais qui ne sont pas moins grands, pour le transport des marchandises, lorsque le terrain est sensiblement incliné et que les chariots descendent avec de fortes charges, remontent à vide ou avec de faibles charges.*

Dans le cas contraire, c'est-à-dire lorsque, sur un terrain incliné, les plus fortes charges montent, tandis que les plus faibles descendent, ou lorsqu'il y a égalité de mouvement commercial dans les deux sens, la construction d'un chemin de fer peut encore être motivée comme moyen d'employer les machines à vapeur fixes au transport des marchandises ; mais elle devient généralement sans application au transport des voyageurs à grande vitesse. Jusqu'à ce jour les machines fixes n'ont été employées à remorquer les voyageurs sur des rampes très-inclinées que pour des portions de lignes très-courtes, et aujourd'hui elles sont presque partout abandonnées, même pour le remorquage des trains de marchandises.

5° Que, dans les pays très-accidentés (pays de hautes montagnes), où il est impossible ou très-difficile d'éviter les circuits prononcés et les fortes rampes dans des sens divers ou dans celui du mouvement, le chemin de fer perd la plus grande partie de ses avantages sur la route ordinaire et devient à peu près impraticable.

CHAPITRE IV

DU TRACÉ DES CHEMINS DE FER

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES ET PRINCIPES QUI PRÉSENTENT A L'ÉTUDE DES TRACÉS

Parmi les problèmes que soulève l'exécution des chemins de fer, il n'en est pas de plus important que la détermination de leur tracé.

Si les chemins de fer sont destinés à exercer une influence bienfaisante sur l'avenir de notre industrie et de notre commerce, sur l'avenir même de notre civilisation, ce n'est qu'à la condition d'être bien conçus, bien tracés. Un chemin de fer, il ne faut pas l'oublier, est un aimant qui attire à lui toute l'activité commerciale et industrielle du pays dans un cercle fort étendu. Si donc il vivifie les contrées qu'il traverse, il appauvrit au contraire celles dont il s'éloigne, et, s'il est mal tracé, non-seulement il donne lieu à un gaspillage de la fortune publique, mais encore il peut jeter la perturbation la plus fâcheuse dans la distribution de notre richesse nationale, et, tout en étant une cause de prospérité pour quelques-uns, devenir, pour un grand nombre, un instrument de ruine. On ne saurait par conséquent étudier le tracé des chemins de fer avec trop de soin¹.

Longtemps l'étude des tracés, abandonnée en France et en Angleterre aux ingénieurs, s'est faite sous l'empire d'idées trop exclu-

¹ Les rapports de M. le comte Daru à la Chambre des pairs sur le tracé de plusieurs de nos grandes lignes de chemins de fer renferment les plus hautes considérations sur la question du tracé des chemins de fer, exposées avec une grande lucidité. Nous ne connaissons aucun document imprimé dont la lecture soit d'un plus vif intérêt pour les personnes qui s'occupent de cette question.

sives. On s'est appliqué à atteindre une perfection artistique excessivement coûteuse, sans songer que la question n'était pas purement technique, mais qu'elle était aussi commerciale, politique, et même militaire.

On comprend effectivement que s'il importe de faire disparaître autant que possible, dans le tracé des routes, les inégalités du sol au moyen de tranchées, de souterrains, de remblais ou de viaducs, il n'est pas moins essentiel de proportionner la dépense aux produits et de ne jamais perdre de vue l'intérêt politique ou commercial et les exigences de la stratégie.

Que l'on se propose, par exemple, de construire un chemin de fer pour une circulation médiocrement active et dont l'avenir est incertain, convient-il, dans ce cas, pour éviter les pentes trop roides, d'aplanir le terrain à grands frais, de couper ou de percer les montagnes pour adoucir les contours du chemin? Non certes, il vaut mieux alors gravir des rampes un peu plus inclinées et tourner brusquement autour des contre-forts : la dépense d'exploitation, qui, en définitive, ne se compose pas uniquement des frais de traction, mais qui comprend également les frais généraux, l'intérêt et l'amortissement du capital, en sera amoindrie, et l'entreprise en sera plus fructueuse.

Ce calcul du rapport des produits au capital engagé, que font les spéculateurs, ne saurait être indifférent au gouvernement, qui administre la fortune de tous¹; mais ses prévisions n'ont pas, comme celles des spéculateurs, le temps pour limite. Il doit donc souvent sacrifier le présent à un avenir éloigné, mais certain, auquel ne songent guère les capitalistes pressés de jouir, et n'oublier jamais que ce n'est pas seulement en grossissant par ses produits les recettes du Trésor qu'une voie de communication est utile au pays, mais aussi en contribuant à l'accroissement du bien-être général, en répandant les bienfaits de la civilisation dans les provinces qu'elle traverse, en facilitant l'action d'une administration éclairée, et enfin en servant aux mouvements des troupes qui protègent le territoire.

¹ Voir, plus loin, l'opinion exprimée sur cette question par M. le comte Daru.

C'est sous l'empire de ces principes que le gouvernement anglais, dans un pays où les travaux productifs sont livrés aux Compagnies, a construit la grande route de Holyhead, afin d'activer les relations de la métropole avec l'Irlande, et que le gouvernement français a contribué pour une part considérable à l'établissement du chemin de fer de Paris à Strasbourg, qui sert en même temps à favoriser notre commerce avec l'Allemagne et à porter rapidement, en cas de guerre, nos troupes vers la frontière de l'est.

On voit qu'un bon tracé doit remplir un grand nombre de conditions souvent incompatibles et qui se dérobent à une saine appréciation ; ce serait par conséquent tenter l'impossible que de vouloir établir des règles absolues pour les déterminer.

Mais l'expérience acquise, quelque courte qu'elle soit, a déjà fourni certaines données qui, sans conduire directement et par une voie sûre à la solution du problème, contribuent à en diminuer les difficultés.

C'est dans l'exposé de ces données que consiste aujourd'hui toute la théorie du tracé des chemins de fer.

Les premières études d'un chemin de fer se font dans le cabinet et sur de bonnes cartes.

Plusieurs directions se présentent au premier abord pour une même ligne, toutes semblant offrir des avantages à peu près égaux, et il est assez difficile de se prononcer pour l'une d'elles, de préférence aux autres. On ne pourrait en effet citer aucun chemin de fer pour lequel d'habiles ingénieurs n'aient proposé de suivre des directions différentes, et défendu leurs tracés par des arguments en apparence également bons.

Une Compagnie ou un gouvernement ne peut pas faire étudier le terrain dans toutes les directions possibles, ou même dans toutes celles qui paraissent à première vue également avantageuses. Il faut que les ingénieurs chargés de rédiger les projets fixent leur choix, et, pour cela, ainsi que pour la comparaison des tracés étudiés, ils seront utilement guidés par la connaissance de certains faits que nous devons d'abord passer en revue, et qui nous conduisent à établir les principes les plus généralement admis en matière de tracés.

Tracés directs. — Lorsque, pour la première fois, l'administration des ponts et chaussées s'occupa en France du tracé des grandes lignes de chemins de fer, elle parut disposée à adopter les tracés les plus directs d'une extrémité à l'autre de la ligne ; mais alors les localités intermédiaires n'étaient pas desservies, ou ne l'étaient que par de simples embranchements.

Ainsi elle approuva le projet d'un tracé direct de Paris au Havre, qui ne desservait Rouen que par un embranchement.

Plus tard même elle autorisa l'exécution du chemin de Bâle à Strasbourg, qui passe à de grandes distances d'une partie des localités les plus importantes de la haute Alsace, et celle du chemin de Dijon à Châlons, auquel on reproche de négliger plusieurs villes ou villages qu'il aurait dû toucher ou même traverser.

Sans doute il est essentiel de raccourcir le trajet entre les deux points extrêmes d'une grande ligne, quand ce sont des villes de première classe, des centres d'activité du premier ordre ; sans doute le temps est aujourd'hui devenu si précieux, que quelques heures de plus ou de moins du Havre à Marseille peuvent influer sur l'avenir du commerce de l'Angleterre avec l'Afrique ou avec l'Inde, et conserver à la France ou faire dévier sur l'Allemagne le grand courant que le commerce fera naître inévitablement lorsque la mer Rouge communiquera plus facilement avec la Méditerranée ; mais on a, dans cette pensée, beaucoup trop amoindri l'importance des localités intermédiaires. C'est ce qu'a le premier démontré M. Minard, inspecteur divisionnaire des ponts et chaussées, dans un travail sur la statistique des chemins de fer.

Les notes suivantes sur le rapport du parcours partiel des voyageurs au parcours de la ligne entière sont en partie extraites de ce travail.

Parcours partiel sur diverses voies de transport.

DÉSIGNATION DES CHEMINS OU PARTIES DE CHEMIN	RAPPORT		TOTALITÉ DES VOYAGEURS DANS L'ANNÉE.
	DU PARCOURS PARTIEL A LA CIRCULATION GÉNÉRALE.	DES VOYAGEURS DU PARCOURS PARTIEL A TOUT LES VOYAGEURS.	
CHEMINS DE FER FRANÇAIS.			
Paris à Saint-Germain (année 1852).	0.61	0.65	2,186,000
Paris à Versailles, rive droite (année 1851).	0.65	0.75	2,127,529
Paris à Corbeil (1841).	0.40	0.59	866,000
Lyon à Saint-Étienne (1851, 2 ^e semestre).	0.66	0.85	357,354
Nîmes à Beaucaire (1841). (Extrait du tableau de M. Minard.)	»	0.14	211,000
Nîmes à Alais. (Extrait du tableau de M. Minard.)	»	0.51	111,000
Strasbourg à Colmar (année 1846).	0.75	0.90	296,883
Id. à Mulhouse. Id.	0.86	0.96	536,578
Id. à Bâle. Id.	0.87	0.97	749,424
Montpellier à Cette (année 1851).	0.20	0.37	167,628
Paris à Rouen (1852, 2 ^e semestre).	0.50	0.68	564,331
Rouen au Havre (du 1 ^{er} mars au 31 août 1852).	0.41	0.70	228,498
Paris à Creil (année 1852).	0.91	0.98	1,428,750
Id. à St-Quentin. Id.	0.90	0.98	1,817,603
Id. à Amiens. Id.	0.79	0.96	1,680,506
Id. à Boulogne. Id.	0.76	0.96	1,902,867
Id. à Douai. Id.	0.91	0.95	1,845,389
Id. à Quiévrain. Id.	0.79	0.97	2,078,541
Id. à Mouscron. Id.	0.92	0.99	2,650,980
Id. à Calais. Id.	0.88	0.98	2,391,991
CHEMINS DE FER BELGES.			
(Extrait du tableau de M. Minard.)			
Bruxelles à Malines (juin, 1838).	0.23	0.35	312,000
Id. à Anvers. Id.	0.50	0.71	1,010,000
Id. à Gand. Id.	0.62	0.84	990,000
Id. à Liège. Id.	0.66	0.91	1,118,000
Gand à Malines. Id.	0.65	0.84	»
Id. à Louvain. Id.	0.80	0.90	»
Id. à Liège. Id.	0.90	0.98	809,000
Id. à Anvers. Id.	0.75	0.91	638,000
Anvers à Malines. Id.	0.34	0.50	121,000
Id. à Liège. Id.	0.75	0.94	»
Louvain à Liège. Id.	0.74	»	»
Id. à Wareme. Id.	0.91	0.95	»
Bruxelles à Tubise (1840, six mois).	0.66	»	»
Tous les chemins belges ensemble (juin 1842).	0.67	»	4,203,960

Parcours partiel sur diverses voies de transport.

(Suite.)

DÉSIGNATION DES CHEMINS OU PARTIES DE CHEMIN.	RAPPORT		TOTALITÉ DES VOYAGEURS DANS L'ANNÉE.
	DU PARCOURS PARTIEL A LA CIRCULATION GÉNÉRALE.	DES VOYAGEURS DU PARCOURS PARTIEL A TOUTS LES VOYAGEURS.	
CHEMINS DE FER ANGLAIS. (Extrait du tableau de M. Minard.)			
Grand junction Railway (juin, 1841).	0,46	0,89	550,000
Londres à Southampton (juillet et août 1841).	0,45	0,79	679,000
Londres à Birmingham (janvier, 1843).	0,40	0,70	2,490,000
Id. à Blakwal, au moins.	0,68	0,77	490,000
North Midland (moitié 1841-1842).	0,59	0,84	400,000
CHEMINS DE FER ALLEMANDS.			
Leipzig à Dresde (année 1852).	0,45	0,71	452,264
Dresde à Gorlitz. Id.	0,65	0,88	446,321
Vienne à Brunn (1840). (Extrait du tableau de M. Minard.)	0,48	0,86	84,000
Francfort à Wisbaden (1841). (Extrait du ta- bleau de M. Minard.)	0,60	0,68	709,000
CHEMINS DE FER AMÉRICAINS. (Extrait du tableau de M. Minard.)			
Schenectady à Utica (1838).	0,20	0,46	153,000
Frédéricksburg à Richmond (1841).	0,21	"	"
New-York à Philadelphie.	0,66	0,80	405,000
TRANSPORTS PAR DILIGENCE ORDINAIRE. (Extrait du tableau de M. Minard.)			
Route de Paris à Lille.	0,71	0,94	364,000
Id. de Paris à Strasbourg.	0,86	0,98	294,000
Id. de Paris à Rouen.	0,67	0,91	749,000
Id. de Toulouse à Perpignan.	0,57	"	"
Id. de Toulouse à Nîmes.	0,74	"	"
TRANSPORTS PAR EAU. (Extrait du tableau de M. Minard.)			
Canal du Midi, barque de poste (1839).	0,75	0,92	84,000
Paris à Rouen, bateaux à vapeur, etc.	0,70	0,90	300,000
D'Orléans à Nantes. Id.	0,76	"	"
Châlons à Lyon. Id.	0,64	0,80	300,000
Compiègne au Pec. Id. (1839).	0,60	0,81	20,000

Il résulte de ce tableau que la circulation locale pour les chemins de faible longueur, comme ceux de Saint-Germain et Versailles, est beaucoup plus importante que l'on eût été tenté de le supposer, eu égard à la courte distance qui sépare les villages desservis par les stations, et à leur faible population¹, et que, sur de grandes lignes comme le chemin du Nord, elle est proportionnellement plus grande que sur les petites lignes. Le nombre des voyageurs compense, en général, pour de courtes distances, jusqu'à un certain point, la longueur du parcours.

Si, sur les chemins de Montpellier à Cette et de Nîmes à Beaucaire, le parcours partiel est comparativement faible, cela tient à ce que ces deux lignes ne traversent, *par exception*, entre les points extrêmes, que des lieux presque déserts.

Si la dépense était la même pour le transport d'un voyageur du parcours partiel que pour un voyageur du parcours total, le rapport entre les distances parcourues par ces deux espèces de voyageurs, rapport fourni par la première colonne de notre tableau, serait aussi celui des produits nets en argent du transport de ces voyageurs ; mais il faut remarquer : 1° que le nombre de voyageurs de parcours partiel qui se servent de voitures de seconde et de troisième classe de préférence à celles de première est notablement plus grand que celui des voyageurs de parcours total, et que, par conséquent, la taxe moyenne que paye chaque voyageur est moindre ; 2° que l'exploitation des localités intermédiaires augmente considérablement le rapport du nombre des places vides à celui des places occupées, et devient, sous ce rapport, onéreuse à l'exploitation.

L'influence de la longueur du parcours sur le choix des places et sur la taxe moyenne ressort du tableau suivant :

¹ Lors de la publication du mémoire de M. Minard, en 1842, le rapport du parcours partiel à la circulation générale n'était, sur le chemin de Saint-Germain que de 0,27, et sur le chemin de Versailles (rive droite) que de 0,28. En 1852, d'après notre tableau, le rapport pour le chemin de fer de Saint-Germain s'était élevé à 0,61, et pour le chemin de Versailles (rive droite) à 0,65. Ces chiffres montrent avec quelle rapidité l'établissement des chemins de fer a développé le parcours partiel. Le chemin de Strasbourg n'est livré au public que depuis trois ans, et déjà le mouvement des stations de la banlieue est presque double de ce qu'il était la première année.

Parcours moyen d'un voyageur.

PARCOURS MOYEN D'UN VOYAGEUR.	CHEMINS ALLEMANDS.	CHEMINS BELGES.	CHEMINS ANGLAIS.	CHEMIN DU NORD.	CHEMIN DE L'EST.	CHEMIN DE LYON.	CHEMIN D'ORLÈANS.	CHEMIN DE LA MÉDITERRANÉE.	CHEMINS AUTRICHIENS.	CHEMIN DU MIDI.
	1850	1850	1845	1855	1855	1855	1855	1855	1855	1855
1 ^{re} classe.	57	59 5	42	»	153	»	186	149	126	»
2 ^e classe.. . . .	51	45	22	»	76	»	87	70	95	»
3 ^e classe.. . . .	28	26	18	»	59	»	67	47	52	»
Parcours moyen d'un voyageur moyen.. . . .	45 85	»	»	59	60	101	86	75	65	66

Quant à l'accroissement des frais provenant du parcours partiel, un raisonnement bien simple le mettra en évidence. Un convoi composé de dix voitures remorquées par une seule locomotive peut transporter 400 voyageurs de Paris à Versailles; 800 voyageurs transportés à moitié chemin dans des voitures de même classe donneront le même produit brut; mais, pour transporter ces 800 voyageurs, il faudra 20 voitures et 2 locomotives, qui, bien que les wagons ne parcourent que la moitié de la longueur totale du railway, devront faire le trajet dans son entier. Le produit brut restera donc le même et la dépense sera doublée.

Observons toutefois que ceci n'est qu'un cas extrême admis pour mieux faire ressortir la vérité de notre assertion; car, généralement, partie au moins des voyageurs du petit parcours sont remplacés par des voyageurs partant des stations intermédiaires.

Ainsi, tout en appelant l'attention sur l'importance du rôle que jouent les produits des localités intermédiaires sur un grand nombre de lignes, nous ne prétendons pas qu'il faille dévier une grande ligne pour lui faire desservir les moindres bourgs; nous recomman-

* Nous n'avons pas pu nous procurer des renseignements plus récents.

dons au contraire de bien fixer la valeur des produits que peut fournir une localité avant de lui sacrifier la rapidité ou l'économie du parcours entre les localités extrêmes; ayant bien soin de tenir compte autant du parcours moyen de chaque voyageur que du nombre de voyageurs.

C'est ainsi que la Compagnie de l'Est a cru devoir, en étudiant le tracé du chemin entre Paris et Mulhouse, le faire passer à plusieurs kilomètres de la ville de Provins, parce qu'elle a reconnu que pour toucher à cette ville il eût fallu se jeter dans des dépenses qui n'étaient nullement en rapport avec l'accroissement de produit auquel ce détour aurait donné lieu.

Dans ces sortes de calculs, il faut avoir égard au transport des marchandises autant qu'à celui des voyageurs. Le transport des marchandises sur les chemins de fer ne devient ordinairement avantageux que lorsque la distance dépasse un certain nombre de kilomètres. Aussi le parcours moyen d'une tonne de marchandises est-il, sur nos principales lignes, plus grand que celui d'un voyageur. C'est ce que prouve le tableau suivant :

Parcours kilométrique d'un voyageur et d'une tonne de marchandises.

UNITÉ DE COMPARAISON.	NORD.	EST.	LYON.	ORLÉANS.	MÉDITERRANÉE.	NIDI.
Parcours moyen d'un voyageur.	59	69	101	86,64	73,50	66
Parcours moyen d'une tonne de marchandises. . . .	171	197	240	226,78	130,19	

Il ne faudrait pas croire cependant que le transport des marchandises, à de petites distances, soit insignifiant. Il résulte des tableaux publiés par M. Teisserenc sur le mouvement commercial des chemins de York à Darlington, et de Saint-Étienne à Lyon, que, sur le premier de ces chemins, dont la longueur n'est que de 72 kilomètres, moitié du tonnage en marchandises, à l'époque où il pu-

bliait son ouvrage, appartenait au parcours partiel, et que, sur le second, long de 57 kilomètres, le mouvement local représentait les deux tiers du mouvement total.

Sur le chemin de Manchester à Crewe, qui n'a que 48 kilomètres de longueur, le développement de la circulation intermédiaire en marchandises a été bien plus rapide que le développement du trafic des marchandises de long parcours. En voici le résumé, que nous empruntons encore à l'ouvrage de M. Teisserenc.

Chemin de fer de Manchester à Crewe.

(Première section du railway de Birmingham à Manchester.)

EXERCICES D'EXPLOITATION.	MARCHANDISES	
	PROVENANT OU A DESTINATION DU GRAND-JUNCTION, C'EST- À-DIRE PARCOURANT TOUT LE TRAJET DE MANCHESTER À CREWE.	APPARTENANT AUX STATIONS INTERMÉDIAIRES DE LA LIGNE.
1 ^{er} semestre de 1843. . .	13,966 tonnes.	1,154 tonnes.
2 ^e — — — — —	18,910 —	5,437 —
1 ^{er} semestre de 1844. . .	24,371 —	12,548 —
2 ^e — — — — —	25,166 —	23,560 —
1 ^{er} semestre de 1845. . .	34,035 —	32,005 —
2 ^e — — — — —	37,724 —	41,553 —
1 ^{er} semestre de 1846. . .	47,979 —	89,681 —

Nous ne possédons pas de renseignements plus récents sur ce chemin.

Le tableau suivant, extrait de l'ouvrage de M. Belpaire, vient, aussi bien que ceux de M. Teisserenc, à l'appui de notre opinion.

TRANSPORT DES GROSSES MARCHANDISES SUR LES CHEMINS BELGES EN 1844.

A 5 kilomètres,	15,647 tonnes,	dont 14,976 de Liège à Ans.
10 —	12,847 —	dont 6,754 de Chenie à Ans.
15 —	3,968 —	
20 —	40,646 —	dont 19,374 de Tournay à Mouscron.
25 —	25,069 —	dont 19,265 de Liège à Verviers.
30 —	5,014 —	
35 —	23,236 —	

40	—	55,042	—	dont 29,866 de Liège à Herbestal et retour.
45	—	41,206	—	
50	—	5,603	—	
55	—	3,506	—	
60	—	7,570	—	
65	—	9,183	—	
70	—	4,408	—	
75	—	14,655	—	
80	—	4,776	—	

On est frappé du chiffre des transports à des distances de 5 et 10 kilomètres seulement; nous ferons observer qu'ils s'effectuent dans des conditions exceptionnelles sur un plan incliné, vers le village d'Ans, qui doit être considéré comme le faubourg de Liège. Le transport par la route de terre, sur cette rampe, est très coûteux; c'est ce qui permet au chemin de fer de soutenir la lutte.

Sur le chemin d'Alsace, le mouvement total des grosses marchandises, qui était, en 1846, de 56,395 tonnes environ, s'est distribué de la manière suivante :

De Strasbourg à Bâle ou Saint-Louis, remonte et descente	1,875	seulement.
Id. à Mulhouse,	15,594	—
Id. à Colmar,	3,530	—
Id. à Thann,	3,442	—
Id. à Schelestadt,	666	—
De Mulhouse à Bâle ou Saint-Louis,	10,503	—
Id. à Colmar,	4,854	—
Id. à Thann,	3,492	—
Id. à Schelestadt,	1,028	—
De Colmar à Bâle ou Saint-Louis,	1,186	—
Id. à Thann,	1,197	—
Id. à Schelestadt,	130	—
De Thann à Bâle ou Saint-Louis,	189	—
Id. à Schelestadt,	180	—
De Schelestadt à Saint-Louis ou Bâle,	714	—
De Strasbourg aux différentes stations de 2 ^e et 5 ^e ordre.	3,402	—
De Mulhouse,	2,806	—
De Colmar,	1,011	—
De Thann,	454	—
De Schelestadt,	900	—
De Saint-Louis à Bâle,	1,262	—
Mouvement entre les stations de 2 ^e et 3 ^e ordre,	182	—

TOTAL 56,395 seulement ¹.

¹ Depuis cette époque, la Compagnie a cessé de faire le relevé du tonnage partiel.

On remarquera en parcourant le tableau qui précède :

1° Que la quantité de marchandises qui parcourt la totalité de la ligne de Strasbourg à Bâle, ou de Bâle à Strasbourg, n'est qu'une fraction très-faible de la masse qui circule sur le chemin ;

2° Que le mouvement entre Strasbourg et Mulhouse n'atteint pas le quart du mouvement total ;

3° Que le mouvement de Mulhouse à Bâle en est à peu près le sixième ;

4° Que la circulation à laquelle donnent lieu les stations de second et troisième ordre, quelque faible que soit leur importance sous le rapport de la population, est environ le sixième de la circulation totale.

Sur le chemin de Paris à Strasbourg, le transport des marchandises entre les localités intermédiaires et à de petites distances est également productif. On en jugera par le relevé du mouvement pendant les mois de juillet, août et septembre 1854.

MOUVEMENT DES MARCHANDISES SUR LA LIGNE DE PARIS A STRASBOURG PENDANT
LES MOIS DE JUILLET, AOÛT ET SEPTEMBRE 1854.

		Mouvement total.
Mouvement des stations extrêmes entre elles. . . .	8,184	95,900 tonnes.
Id. des stations extrêmes aux stations intermédiaires et de ces dernières entre elles.	87,716	
<hr/>		
Id. des stations extrêmes à toutes les stations.	29,825	95,900 —
Id. des stations intermédiaires à toutes les stations.	66,075	
<hr/>		
Id. réciproque des gares extrêmes à toutes les stations.	68,115	95,900 —
Id. des stations intermédiaires entre elles.	27,785	
<hr/>		

MOUVEMENTS PARTIELS PENDANT LE MÊME TEMPS ENTRE CERTAINES STATIONS
A DE TRÈS-PETITES DISTANCES.

Entre Lagny et Meaux	(17 kilomètres).	. . . .	168 tonnes.
La Ferté et Château-Thierry	(20 — )	. . . .	392 —
La Ferté et Nogent	(19 — )	. . . .	103 —
Château-Thierry et Dormans	(22 — )	. . . .	489 —
Dormans et Épernay	(25 — )	. . . .	1906 —
Bar et Nançois	(11 — )	. . . .	39 —
Nancy et Blainville	(24 — )	. . . .	53 —
Sarrebourg et Saverne	(27 — )	. . . .	219 —
Steinbourg et Hochfelden	(12 — )	. . . .	57 —

De ce qui précède il résulte que, bien que le produit du trafic intermédiaire ne soit pas tout à fait aussi grand qu'il peut le paraître à la seule inspection du tableau de M. Minard, il n'en est pas moins considérable autant pour les marchandises que pour les voyageurs. *Il serait, par conséquent, en même temps impolitique et préjudiciable aux intérêts financiers de l'État comme à ceux des Compagnies de sacrifier, ainsi qu'on l'a fait sur certaines lignes précitées, les intérêts des localités intermédiaires à ceux des points extrêmes.*

Si d'ailleurs les besoins du commerce rendent la construction des lignes directes nécessaire, on ne tardera pas à les établir malgré l'existence de celles qui s'en écartent peu. Il n'y a pas douze ans que le chemin de fer de Londres à York par Birmingham est ouvert au public, et déjà l'on a construit une ligne plus directe pour abréger le chemin de 64 kilomètres. En France, le chemin de Lyon s'éloigne du tracé direct pour passer à Dijon, tandis que le chemin du Nord, de Paris à Calais, fait un détour de 21 kilomètres pour passer à Pontoise, de 37 kilomètres pour desservir Lille et ses environs, et que le chemin d'Orléans ne conduit à Nevers que par un long circuit; mais l'activité du service a déjà fait décider l'exécution d'un chemin de Paris à Creil et d'un chemin d'Arras à Hazebrouk, ce qui raccourcirait le trajet de Paris à Calais de 58 kilomètres. Une Compagnie a entrepris la construction d'une ligne de Paris à

Lyon abrégant de 70 kilomètres le parcours entre ces deux villes, ainsi que celui de Paris à Nevers, de 65 kilomètres, et le gouvernement a décidé l'exécution d'un chemin de Paris à Mulhouse, afin de raccourcir de 128 kilomètres le voyage que l'on fait aujourd'hui par les voies de fer de Paris à Strasbourg et de Strasbourg à Bâle. Ce chemin réduira aussi de 61 kilomètres le trajet par Dijon et Besançon.

M. Courtois, ingénieur en chef des ponts et chaussées, a combattu l'opinion soutenue par M. Minard : il s'est attaché à démontrer qu'il ne faut pas dévier les grandes lignes pour toucher quelques petites villes, bourgs ou villages qui peuvent se trouver à proximité de la direction à suivre. Nous ne pensons pas que M. Minard ait voulu contester l'importance des longs parcours et nier la nécessité de les favoriser en raccourcissant les distances. Ce que M. Minard a essayé de démontrer, et ce que, selon nous, il a parfaitement établi par ses tableaux, c'est que jusqu'alors on s'était fait une fausse idée de l'importance des localités intermédiaires lorsque, pour abréger de quelques kilomètres le parcours de Paris au Havre, on faisait passer la ligne principale à une assez grande distance d'une ville comme Rouen, ou encore quand, pour gagner quelques minutes sur le trajet d'une grande ville à une autre, on rendait le service des points intermédiaires tellement difficile, que l'on risquait d'ôter aux voyageurs de ces localités toute envie de se déplacer. C'est aussi notre opinion et celle d'un grand nombre d'ingénieurs.

Les faits suivants, que nous empruntons à la dernière édition de l'ouvrage de Lardner, intitulé *Railway Economy*, et publié en 1850, prouvent enfin surabondamment la grande importance des transports à de petites distances, pour les marchandises en même temps que pour les voyageurs.

Sur les chemins belges, en 1849, 40 pour 100 de la totalité des voyageurs n'avaient parcouru que des distances inférieures à 32 kilomètres, et 73 pour 100 des distances de 64 kilomètres. Le parcours kilométrique des premiers forme 16 pour 100 du parcours total, et celui des seconds, 46 pour 100 ; 5 pour 100 seulement parcourent des distances dépassant 127 kilomètres, et leur parcours kilométrique n'est que de 17 pour 100 du parcours total.

34 pour 100 des marchandises transportées parcourent des distances de moins de 40 milles (64 kilomètres), et 60 pour 100 des distances de moins de 20 milles (32 kilomètres). Le parcours kilométrique des premières est de 11 pour 100 du parcours total, et des secondes, de 31 pour 100 ; 12 pour 100 seulement des marchandises sont transportées à des distances de plus de 80 milles (128 kilomètres), et leur parcours kilométrique est de 30 pour 100 du parcours total.

Tracés des vallées et des plateaux. — Les tracés directs écartés en principe, on s'est demandé s'il convenait d'établir les chemins de fer à côté des rivières et des canaux. Les opinions se sont trouvées partagées. Les uns prétendaient que les chemins de fer, dans le voisinage des canaux, feraient double emploi ; qu'en les construisant dans les mêmes directions, on accumulerait les moyens de production sur quelques lignes, tandis qu'il valait mieux les disséminer autant que possible sur toute la surface du pays ; que la lutte qui s'établirait alors entre les deux voies de communication rivales, si elle n'était préjudiciable à l'une et à l'autre en même temps, finirait par être mortelle à l'une des deux ; qu'ainsi tous les capitaux enfouis dans l'établissement de la voie qui aurait succombé seraient anéantis.

D'autres, loin de considérer le voisinage des voies navigables comme nuisible aux chemins de fer, le déclarèrent avantageux. Les chemins de fer ne sont, à leurs yeux, que le complément des canaux. Ils sont appelés à transporter à grande vitesse les voyageurs et les marchandises de roulage, ce que ne peuvent faire les canaux ; mais à ces derniers appartient exclusivement le transport des marchandises de peu de valeur, transport qui ne peut s'opérer économiquement par les chemins de fer ; ces voies, loin d'être rivales, se prêtent donc un mutuel appui.

Sans vouloir revenir ici sur la question de l'antagonisme des canaux et des chemins de fer, question que nous avons traitée précédemment, nous signalerons ce fait, que l'on ne saurait méconnaître : *c'est qu'un grand nombre de lignes importantes de chemins de fer, en Angleterre, en France et en Belgique, sont parallèles à des voies navigables, ou du moins en sont peu distantes.*

Comment, en effet, pouvait-il en être autrement, lorsqu'on reconnaissait que les chemins de fer devaient avant tout desservir les grands centres de population, lesquels sont presque tous placés sur le bord de voies navigables, et que c'était par exception seulement qu'il convenait de les diriger, dans un but d'avenir ou par des considérations stratégiques, au travers de contrées stériles et à peu près désertes ?

Les grands courants de voyageurs et ceux de marchandises le plus souvent se superposent : les chemins de fer deviennent donc nécessaires précisément dans les directions que suivent déjà les voies navigables.

Qu'il soit juste, qu'il soit paternel de distribuer aussi également que possible la richesse à tous les habitants d'un pays, nous ne le nions pas ; mais chaque localité possède des avantages qu'on ne saurait lui ravir.

Peut-être nous objectera-t-on que les premières lignes de chemins de fer, celles de Darlington, Saint-Étienne, etc., n'ont pas été établies parallèlement à des voies navigables ; nous répondrons que ce n'est pas à ce genre de chemins de fer, destinés plutôt au transport du charbon qu'à celui des voyageurs, que l'on a fait allusion lorsqu'on a proposé d'éloigner les chemins de fer des voies navigables. Il s'agissait alors des chemins de fer à grande vitesse pour le transport des voyageurs, et c'est aussi de ces chemins de fer exclusivement que nous entendons parler lorsque nous disons que les chemins de fer parallèles aux voies navigables très-fréquentées ont dû, à quelques exceptions près, mériter la priorité d'exécution.

M. le comte Daru, dans le rapport qu'il a rédigé sur le tracé du chemin de Lyon, exprime une opinion parfaitement semblable à la nôtre sur le parallélisme des chemins de fer et des voies navigables.


« Les voies à vapeur, dit-il, une fois leur classement arrêté, doivent être tracées dans le sens même et dans la direction que suivent aujourd'hui les grands mouvements de voyageurs et de marchandises, dirigés du centre sur les extrémités du territoire. Le signe distinctif des instruments nouveaux de locomotion étant une force d'attraction irrésistible, à laquelle tout cède, qui s'exerce à de longues distances, transforme toutes les industries, déplace toutes les

habitudes; il pourrait bien se faire que de graves intérêts fussent compromis, si le gouvernement ne s'appliquait pas à ménager les transitions, à empêcher les changements trop brusques dans la situation économique du pays, s'il n'intervenait pas dans ce but, en choisissant les tracés les plus propres à affecter les appareils locomoteurs aux besoins de la circulation déjà existante, sans essayer d'en troubler ni d'en contrarier le cours.

« Quels motifs, d'ailleurs, pourrait-il y avoir de lutter contre la pente naturelle des choses, et de créer, à l'aide d'un instrument nouveau, d'une manière artificielle et factice, une distribution nouvelle des richesses qui s'échangent entre les diverses parties d'un même empire?

« Vous le savez, messieurs, cette distribution des richesses ne s'opère pas au hasard, au gré et selon le caprice des producteurs ou des consommateurs. Presque toujours elle est le résultat nécessaire de la configuration même du pays, de l'existence des voies de communication naturelles ou artificielles, dirigées dans tel sens plutôt que dans tel autre, par suite des accidents du terrain, et aussi du degré de richesse ou de fertilité inégalement répartie entre des contrées différentes.

« A combien de résistances, d'obstacles, de mécontentements sans cesse renaissants, ne s'exposerait-on pas si l'on allait s'attaquer à ces habitudes anciennes, formées en quelque sorte d'elles-mêmes et nécessairement; si l'on avait la prétention de détruire ce que le temps a établi, de modifier ce que le cours naturel des choses a amené! Ne penserez-vous pas avec nous, messieurs, que ce serait là une œuvre bien difficile à entreprendre, une lutte bien dangereuse à entamer, et, par-dessus tout, une chose impolitique, également mauvaise et par l'effet matériel et par l'effet moral qu'elle produirait? Nous sommes donc d'avis qu'en thèse générale la meilleure direction d'un chemin de fer est celle qui se prête et se plie le mieux aux mouvements habituels de la circulation, qui en trouble le moins le cours, qui respecte le mieux la possession, les droits acquis, et va par conséquent chercher les voyageurs et les marchandises là où ils affluent, se porte là où les grands courants des transports ordinaires sont depuis plus longtemps établis et fixés. »



La préférence donnée par les ingénieurs aux grandes vallées arrosées par des cours navigables pour l'établissement des chemins de fer n'est pas absolue. On a reconnu qu'il pouvait être utile d'en établir, dans certains cas, sur des plateaux, perpendiculairement ou obliquement à ces vallées, et c'est surtout dans l'étude des nouvelles voies destinées à raccourcir le trajet que l'on s'est trouvé conduit à s'écarter des grands cours d'eau.

Ces voies transversales créent le trafic plutôt qu'elles ne profitent du trafic déjà existant.

Des chemins de ce genre déjà construits depuis plusieurs années les plus remarquables sont : en Angleterre, ceux de Londres à Brighton et à Southampton, de Newcastle à Carlisle et de Bristol à Exeter ; en Belgique, les lignes de Bruxelles à Valenciennes et de Bruxelles à Louvain, Liège et Cologne ; en France, les chemins de Paris à Orléans, d'Orléans à Limoges, d'Orléans à Bordeaux, de Metz à Forbach.

Au nombre des nouvelles voies en construction aujourd'hui, il faut ranger les chemins de Blesmes à Gray et de Paris à Mulhouse.

Dans certains pays qui ne possèdent que peu ou point de navigation intérieure, comme l'Espagne, la Suisse, l'Italie, la Turquie, le principe que nous avons posé cesse de trouver son application, et le tracé des premières lignes importantes a dû prendre de préférence la direction que suit le roulage.

Emplacement des gares extrêmes. — Parmi les questions qu'a soulevées l'étude du tracé des grandes lignes de chemins de fer, il en est une qui a donné lieu à de nombreux débats, celle de savoir jusqu'à quel point il convenait de prolonger le tracé des chemins de fer dans l'intérieur des villes pour se rapprocher de leur centre d'activité.

C'est renoncer sans doute à une partie des avantages attachés à la construction des chemins de fer que de ne pas les prolonger jusqu'au milieu même des grands centres de population ; mais à quelle énorme dépense n'entraîne pas l'établissement d'une gare de départ dans les quartiers commerçants d'une capitale ! Nous indiquerons plus loin quelle vaste étendue de terrain cette gare doit occuper si l'on ne veut rendre l'exploitation en même temps difficile.

dangereuse et dispendieuse. Ce terrain seul et les constructions que nécessite le trajet du chemin de fer tout au travers de la cité peuvent coûter des sommes considérables.

La seule gare des voyageurs du chemin de Paris à Strasbourg, bien qu'établie dans un quartier voisin des barrières, où le terrain n'a pas encore acquis une très-grande valeur, a coûté à l'État environ 10,600,000 fr., dont 6 millions pour le terrain; 1,900,000 fr. pour les terrassements et ouvrages d'art; 2,900,000 fr. pour le bâtiment principal, les halles à marchandises et les remises; et à la Compagnie, depuis l'époque où elle a pris livraison du chemin, 776,500 fr.; ce qui fait pour la dépense totale d'établissement de cette gare, au 15 novembre 1854, 11,384,800 fr.¹.

La portion du chemin qui joint cette gare des voyageurs à la gare des marchandises de la Villette, bien que n'ayant pas au delà de près de 3 hectares, a coûté 3,110,000 fr.².

¹ Cette dépense se subdivise de la manière suivante :

DÉPENSES FAITES PAR L'ÉTAT.

Indemnités de terrains réglées par la décision du jury pour l'acquisition de 4 hectares 98 ares 75 centiares.	5,793,000 fr.
Terrassements et ouvrages d'art, murs de terrasses soutenant les terrains et rues qui entourent la gare.	1,438,000
Abaissement et reconstruction de la galerie de l'aqueduc Saint-Laurent, pavage et trottoirs des voies publiques ouvertes ou élargies aux abords de la gare.	418,000
Construction du bâtiment principal de la gare, y compris la halle couverte.	2,471,000
Construction de deux halles à marchandises grande vitesse et de deux remises pour les locomotives et les voitures.	198,800
Nivellements, pavages et trottoirs des cours, égouts, clôtures, pavillons de gardiens, réservoirs d'eau, quais de chaises de poste, latrines, etc.	529,500
TOTAL.	10,008,300 fr.

DÉPENSES FAITES PAR LA COMPAGNIE.

Installations diverses des bureaux et logements, etc.	266,500 fr.
Hangars divers et déplacements des hangars en tête de la halle, bureau de la douane et logement des employés, agrandissement de la salle de bagages.	200,000
Nouveau bureau en surélévation.	160,000
Calorifères.	58,000
Eclairage au gaz.	83,000
TOTAL.	776,500 fr.

² On subdivise cette dépense comme suit :

Terrain, 2 hectares 9 ares 32 centiares.	1,773,000 fr.
Terrassements et ouvrages d'art.	1,337,000
TOTAL.	3,110,000 fr.

Quant à la gare de la Villette, elle avait coûté à l'État, au moment où il l'a livrée à la Compagnie, 5,320,000 fr.¹. Depuis cette époque, l'État a encore dépensé, pour de nouveaux hangars et des ateliers de carrosseries qu'il devait fournir à la Compagnie, 867,500 fr.². La Compagnie elle-même a dépensé, pour différents travaux, 2,122,500 fr.³.

En résumé, au 15 novembre 1854, la gare de Paris avait coûté, tant à l'État qu'à la Compagnie.	11,384,800 fr.
La partie intermédiaire.	3,110,000
Celle de la Villette.	8,310,000

Les deux gares ensemble avec la portion de chemin qui les réunit.	22,804,800
---	------------

Non compris les voies, plaques tournantes et changements de voies, dont on porte la valeur à. . .	1,400,000
---	-----------

TOTAL.	24,204,800 fr.
----------------	----------------

Ces deux gares, toutes coûteuses qu'elles sont, suffiront-elles au service des chemins de Strasbourg et de Mulhouse ? c'est ce qui est douteux. Déjà la Compagnie se propose de réunir ce dernier chemin à celui de Vincennes, afin de pouvoir débarquer une partie de ses voyageurs à la Bastille. Elle a acheté des terrains pour agrandir

¹ Cette dépense se compose des éléments suivants :

Terrain, 18 hectares 69 ares.	2,662,000 fr.
Terrassements et ouvrages d'art.	1,088,000
Halles à marchandises, cours et clôtures.	1,000,000
Remises de locomotives, remises de waggons et ateliers de petite réparation.	570,000
TOTAL.	5,320,000 fr.

² Décomposés comme suit :

Nouvelles halles avec pavage.	307,500 fr.
Carrosserie et dépendances, magasin, maison d'habitation, etc.	560,000
TOTAL.	867,500 fr.

³ Décomposés comme suit :

Fondations de plaques, etc.	2,002,000 fr.
Installations diverses et appropriations.	48,000
Calorifères.	5,000
Éclairage des halles et des ateliers.	67,500
TOTAL.	2,122,500 fr.

les gares de Paris et de la Villette, et elle a commencé des travaux importants dans le but d'y rendre le service plus facile ¹.

Le devis des travaux restant à faire à Paris et à la Villette a été rédigé dans l'hypothèse d'agrandissements du réseau de l'Est. Ils n'auront lieu qu'au fur et à mesure de l'exécution de nouvelles lignes se rattachant à ce réseau.

Pour réduire autant que possible les frais de construction des gares extrêmes, et afin d'éviter les droits d'octroi pour les marchandises, on a placé les gares de marchandises des chemins qui partent de Paris en dehors du mur d'enceinte, et les gares de voyageurs à une assez grande distance du centre de la ville.

D'un autre côté, si l'éloignement des gares est sans importance réelle pour le public lorsque la ligne est d'une grande longueur, il y a lieu de craindre que les voyageurs obligés à de longs trajets en voiture pour parvenir aux nouvelles voies ne leur préfèrent, pour de courtes distances, les anciennes routes.

On ne doit donc fixer définitivement l'emplacement d'une gare extrême qu'après avoir comparé aussi bien que possible l'accroissement des dépenses provenant de son plus ou moins de proximité du centre d'une ville à l'accroissement probable des produits correspondants.

C'est en établissant ainsi la balance des dépenses et des revenus que la Compagnie du chemin de Saint-Germain a renoncé, très-sagement selon nous, au projet qu'elle avait formé de prolonger la voie jusqu'à la rue Tronchet, et celle du chemin de Versailles (rive gauche) jusqu'à la place Saint-Sulpice.

La Compagnie du chemin de Liverpool à Manchester a été conduite par un calcul semblable à une conclusion contraire : le che-

¹ La Compagnie, du 15 novembre au 1 ^{er} avril 1855, a agrandi la gare des voyageurs de 1,17 hectares, coûtant	1,423,900 fr.
Les constructions faites dans le même laps de temps ont coûté	26,000
Celles à faire, d'après les devis, coûteront	4,700,000
À la Villette, les terrains achetés depuis le 15 novembre 1854, mesurant une surface de 5,74 hectares, ont coûté.	726,500
Les dépenses faites pour constructions nouvelles, poses de voies, etc., s'élèvent à	2,001,500
Celles restant à faire sont estimées.	2,400,000

TOTAL des dépenses faites ou à faire pour les deux gares. 11,677,000 fr.

min aboutissant à l'un des faubourgs de Liverpool, la Compagnie, au moyen de souterrains, a détaché du tronc principal trois branches, dont deux vers le port pour les marchandises, et l'autre, pour les voyageurs, vers le centre de la ville.

Les Compagnies anglaises, en général, ont fait, dans ces dernières années, des sacrifices considérables pour se rapprocher du centre des villes. M. Bassompierre, dans un excellent article sur la pénétration des chemins de fer dans les villes¹, a tracé un tableau complet des travaux immenses exécutés par ces Compagnies pour atteindre le cœur même des populations.

Gares communes. — L'établissement des gares extrêmes dans une grande ville nécessitant souvent, comme nous venons de le constater, des dépenses énormes, on a été conduit à examiner si, en réunissant plusieurs chemins de fer dans une gare commune et en faisant le service sur les mêmes trottoirs et les mêmes rails, on ne réaliserait pas de grandes économies. Cette question a été agitée vivement, surtout à l'occasion du chemin de fer de Lyon, que l'on voulait faire aboutir à Paris dans la gare du chemin de fer d'Orléans; et du chemin de fer de Strasbourg, dont on a proposé de réunir la gare de Paris à celle du chemin de fer du Nord.

Il y a non-seulement une grande économie de construction à concentrer le service de deux ou plusieurs chemins de fer dans une même gare commune; il y a aussi économie notable de frais d'exploitation, car il est alors nécessaire, pour éviter la confusion, de réunir le service des différentes lignes dans les mains d'un personnel unique.

La fusion des gares extrêmes de chemins de fer est donc réellement avantageuse toutes les fois que le service de ces différentes lignes peut se faire sur les mêmes rails et sur les mêmes trottoirs; aussi pensons-nous que le gouvernement a sagement fait en renonçant au projet d'établir à Strasbourg deux gares distinctes pour les chemins de Bâle à Strasbourg et de Paris à Strasbourg; mais doit-on regretter que la gare du chemin de Lyon n'ait pas été réunie à celle du chemin d'Orléans, et celle du chemin de Strasbourg à celle du

¹ *Journal des chemins de fer*, 25 novembre 1854.

chemin du Nord? Nous ne le croyons pas. Quand on calcule le nombre considérable de convois qui circulent sur ces grandes voies de communication, et quand on songe qu'il y a des heures de départ, pour ainsi dire forcées pour certains convois, marchant sur des lignes différentes, on reconnaît qu'il eût été impossible de faire convenablement le service du chemin de Lyon et du chemin d'Orléans, du chemin du Nord et du chemin de Strasbourg sur les mêmes rails et sur les mêmes trottoirs. De là, la nécessité d'établir des voies, des trottoirs, des salles d'attente même distinctes, desservies par un personnel spécial. La gare commune ne serait devenue alors que la réunion de deux gares contiguës et aurait perdu la majeure partie de ses avantages. Elle n'aurait conservé que celui de faciliter le passage des voyageurs et des marchandises d'un chemin sur l'autre sans transbordement ; mais on évite également ce transbordement en réunissant les gares distinctes par un chemin de jonction, comme on l'a fait pour les chemins qui aboutissent à Paris.

Nous ne saurions donc conseiller la communauté des gares que pour des chemins de fer où la circulation n'a pas l'extrême activité qu'elle a prise sur nos grandes lignes.

Pentes et rayons de courbure. — Si l'économie est de rigueur dans la construction des voies de communication toutes les fois qu'elle n'en compromet pas l'avenir, elle serait au contraire fort blâmable, lorsque, pour un intérêt du moment, elle exposerait à un préjudice grave dans les temps futurs.

Ainsi, en Angleterre, on a commis une grande faute dont on supporte aujourd'hui toutes les conséquences, lorsque, sans se préoccuper de l'accroissement du commerce, on a ouvert, il y a une cinquantaine d'années, les canaux dans les dimensions insuffisantes de la petite section.

On ferait une faute semblable si on calculait les pentes et les rayons de courbure des chemins de fer dans la seule pensée d'établir l'équilibre entre les dépenses et les produits.

Les lignes du premier ordre, étant appelées, sans aucun doute, à provoquer d'immenses développements dans l'industrie et le trafic, doivent être établies avec un certain luxe. Si l'on peut, dans quelques années, remplacer un tronc commun par une voie spéciale,

il n'est pas également possible de substituer à des pentes trop fortes des pentes plus faibles, ou, du moins, ce n'est possible que dans certains cas particuliers. *Il faut donc, dès à présent, dans le tracé des lignes principales, se résigner à quelques sacrifices pour réduire l'inclinaison des rampes et pour agrandir le rayon des courbes.*

Nous ne prétendons pas cependant imposer ici une règle absolue. Les sacrifices ont aussi leurs limites, et, avec des machines suffisamment puissantes, les fortes pentes, pourvu qu'elles ne dépassent pas un maximum que nous avons indiqué p. 72, n'exerceront pas sur les frais d'exploitation une influence à beaucoup près aussi grande que celle qu'on leur avait supposée dans l'origine.

On ne craint pas aujourd'hui de construire même des lignes de premier ordre avec des pentes que l'on avait considérées comme entièrement inadmissibles il y a quelques années.

M. Teisserenc a publié sur l'influence des pentes un travail fort intéressant, d'où il résulterait, qu'au-dessous d'une certaine limite l'inclinaison des rampes, sur les lignes à grande vitesse consacrées au transport des voyageurs et des marchandises, n'augmenterait en aucune manière les frais d'exploitation, et que même elle semblerait les diminuer, puisque, en comparant la dépense de plusieurs chemins anglais, on trouve qu'elle est plus faible sur les chemins à forte pente que sur ceux à pente douce.

Le même auteur explique cette espèce de paradoxe en présentant une série de tableaux de la composition desquels il tire comme conséquence :

1° Que le poids des convois qu'il a fallu multiplier pour les besoins du commerce est presque toujours inférieur à celui que les locomotives remorquent sans grande difficulté sur les lignes à faibles pentes ; que, par conséquent, ces machines peuvent franchir aisément des pentes de 7, 8 et 9 millimètres.

2° Que, dans le cas des rampes plus fortes qui ne peuvent être gravies qu'au moyen d'un ralentissement de la marche, le temps perdu est économiquement retrouvé dans le passage sur la contre-pente, dont la déclivité sert de moteur gratuit et permet d'atteindre une grande vitesse.

3° Que les cas d'affluence de voyageurs ou de marchandises né-

cessitant l'adjonction de machines de renfort sont aussi fréquents, si ce n'est plus, sur les chemins à faibles pentes que sur les autres.

4° Que, sur les chemins à fortes pentes, l'entretien de la voie coûte moins que sur ceux de niveau, parce que ceux-ci n'ont été amenés à ce point de perfection qu'au moyen de grands travaux de terrassements, remblais ou tranchées, constamment menacés par des éboulements ou des crevasses qui compromettent la sécurité des voyageurs et augmentent considérablement les frais d'entretien.

5° Enfin, que les dépenses supplémentaires des chemins à fortes pentes rendent obligatoire un système général d'économie qui agit si heureusement sur toutes les parties de leur administration, qu'avec des recettes brutes moins élevées ils arrivent à distribuer des dividendes plus forts.

Nous sommes bien d'accord avec M. Teisserenc en ce sens que nous pensons comme lui que l'accroissement des pentes, jusqu'aux limites qu'il indique et sur les grandes lignes où l'on transporte en même temps les voyageurs et les marchandises, n'a pas sur les frais d'exploitation une influence aussi sensible qu'on le croyait; mais nous ne saurions admettre en principe, comme il le fait, que cette influence est absolument nulle, et, bien moins encore, que la dépense diminue lorsque les pentes augmentent.

Et d'abord, remarquons que ce qui peut être vrai pour l'Angleterre ne l'est pas pour la France. Si, en Angleterre, les besoins du commerce ont obligé de multiplier les convois de voyageurs à tel point que la force des locomotives est plus que suffisante pour remonter sans ralentissement des pentes de 7, 8 et 9 millimètres, il n'en est pas de même en France.

Ainsi, d'après M. Teisserenc, la charge moyenne d'un convoi de voyageurs est :

Sur les chemins anglais, de.	55 tonnes.
Sur les chemins français, de.	75 »
Sur les chemins allemands, de.	100 »

Dira-t-on que, pour traîner les lourds convois, on emploiera de plus fortes machines? Ces machines seront plus lourdes, elles fati-

gueront davantage la voie et consommeront plus de combustible. L'accroissement de la dépense ne sera pas proportionnel à leur poids, mais il s'en faudra qu'il soit nul¹.

Même observation si l'on se sert des machines à détente variable, généralement usitées aujourd'hui. Quand ces machines remorquent de lourds convois sur de fortes pentes, elles détendent peu et rentrent dès lors dans les conditions de marche des anciennes machines. Elles ne peuvent donc développer le travail nécessaire pendant un temps un peu considérable qu'à la condition d'être munies de chaudières très-grandes et par conséquent très-lourdes.

Ajoutons que si la charge des convois est variable, il vaut mieux employer des machines moins lourdes et y adjoindre des machines de renfort en cas de surcharge.

S'il faut se défier des théories qui ne s'appuient pas sur des faits, il faut également n'admettre qu'avec une grande réserve les conséquences que l'on prétend tirer de données statistiques toujours plus ou moins imparfaites et sujettes à des interprétations diverses. Les différents chemins que M. Teisserenc a cités dans ses tableaux ne sont pas dans les mêmes conditions, et il est probable que si on pouvait se procurer le compte détaillé de leurs frais d'exploitation et qu'on les comparât soigneusement, on parviendrait à expliquer, autrement qu'il l'a fait, l'anomalie qui paraît exister dans les frais de locomotion sur les chemins à faibles ou à fortes pentes. Nous ne nous livrerons pas cependant à des investigations qui nous présenteraient des difficultés probablement insurmontables.

Les données suivantes, fournies par la comptabilité des chemins de fer de Strasbourg et d'Orléans, nous conduiront d'une manière plus sûre à déterminer l'influence des pentes sur la dépense de traction².

Sur le chemin de Strasbourg on rencontre, entre Bar-le-Duc et Commercy, deux rampes de 8 millimètres inclinées en sens contraire; la première, en partant de Paris, a 10,250 mètres de longueur, et l'autre 9,840 mètres.

¹ Voir la note sur les frais de traction du chemin de Reims, p. 104.

² Voir aussi les renseignements que nous donnons plus loin sur les frais d'exploitation du chemin de Turin à Gènes.

Les convois, lorsqu'ils sont trop lourds pour être remorqués au passage de ces rampes par une seule locomotive, sont aidés par des machines de renfort toujours allumées, les unes stationnant dans le dépôt de Bar-le-Duc, à 12 kilomètres du pied de la première, et les autres dans celui de Lérrouville, placé au pied de la seconde. La dépense totale qu'entraîne l'usage de ces machines est de 140,000 fr.; le surcroît de dépense, pour l'entretien, la police et le renouvellement des voies, est d'environ 20,000 fr.¹. La dépense supplémentaire totale est donc de 160,000 fr.

Le nombre de kilomètres parcourus par les convois qui font usage de machines de renfort est d'environ 47,000 kilomètres sur chacune des rampes, soit, sur les deux rampes, 94,000 kilomètres. La dépense supplémentaire occasionnée par les plans inclinés est donc par kilomètre de 160,000 fr., divisés par 94,000, c'est-à-dire 1 fr. 70 cent.

Les frais de traction et d'entretien de la voie pour un convoi sur les pentes ordinaires maxima de 5 millimètres étant d'environ 1 fr. 20 cent. par kilomètre, ces mêmes frais se trouvent ainsi plus que doublés au passage des plans inclinés.

Toutefois, si la longueur des rampes était plus grande, les mêmes machines de renfort, pourvu que cette longueur ne dépassât pas certaines limites, suffiraient pour en faire le service.

Au chemin de Strasbourg, le dépôt de Lérrouville ou un dépôt voisin à Commercy eût été nécessaire, lors même que les rampes n'eussent pas existé. On peut en dire autant du dépôt de Bar-le-Duc. Nous n'avons en conséquence compris, dans la dépense supplémentaire, ni l'intérêt du capital des dépôts, ni le traitement des chefs de dépôt.

Sur le chemin d'Orléans, au contraire, d'après M. Polonceau, ingénieur en chef du matériel de ce chemin, on a été forcé d'établir un dépôt spécial pour le service de la rampe d'Étampes; en sorte

¹ Les frais d'entretien et de police de la voie sur de faibles pentes étant de 2,500 fr. par kilomètre, nous avons supposé un accroissement de 20 pour 100, soit de 500 francs sur les rampes de 8 millimètres. A ces 500 francs il faut en ajouter autant pour augmentation des frais de renouvellement de matériel fixe, ce qui fait en tout 1,000 francs par kilomètre de dépense supplémentaire applicable au service de la voie, et 20,000 fr. environ pour les deux rampes.

qu'ayant égard à cette circonstance et observant que la fréquence des convois sur le chemin d'Orléans exige la présence de trois machines dans le dépôt d'Étampes, au lieu de deux qui suffisent dans les dépôts du chemin de Strasbourg, on trouve que le supplément de dépense occasionné sur le chemin d'Orléans par la seule rampe d'Étampes est, pour la traction seulement, de 132,000 fr., ce qui diffère peu de celle que nécessite le passage des deux rampes en sens contraire du chemin de Strasbourg.

A ce surcroît de dépense il faudrait encore ajouter l'accroissement des frais d'entretien, de police et de renouvellement des voies.

Sur le chemin d'Épernay à Reims¹, on trouve aussi deux rampes de 9 millimètres inclinées en sens contraire, longues de

¹ Le service de la ligne d'Épernay à Reims comprend trois trains de voyageurs ou mixtes et deux trains de marchandises.

Les trains de voyageurs, à raison du profil en rampes, ne peuvent se faire qu'à l'aide de machines mixtes. Ces machines consomment au moins 2 kilogrammes de coke de plus que les machines à roues libres, et l'usure des bandages beaucoup plus considérable, ainsi que celle des diverses pièces du mécanisme, conduit à un entretien plus coûteux d'environ 0 fr. 04 centimes par kilomètre. Ainsi l'on a : trois trains, à raison de 60 kilomètres, aller et retour, effectuent 180 kilomètres.

Excédant de consommation de coke : 2 kilogrammes à 0 fr. 04 centimes par kilomètre, ou 0 fr. 08 centimes, et pour 180 kilomètres.	14 fr. 40 c.
Usure du bandage, etc., à 0 fr. 04 centimes pour 180 kilomètres.	7 20

TOTAL.	21 fr. 60 c.
----------------	--------------

Quant aux machines à marchandises, elles ne remorquent que la moitié de la charge ordinaire. Donc la dépense de traction est doublée. Cette dépense, pour un train de marchandises, est d'au moins 1 franc 10 centimes. La dépense totale pour deux trains, ou 120 kilomètres, est de 132 francs, dont la moitié, 66 francs, représente l'excédant occasionné par la rampe.

Ainsi, on a par jour :

Excédant pour le service des trains mixtes.	21 fr. 60 c.
— — des marchandises.	66

TOTAL.	87 fr. 60 c.
----------------	--------------

Et pour l'année.	31,974 fr.
--------------------------	------------

A cela, il faut ajouter :

- 1° L'intérêt et l'amortissement du capital d'acquisition de deux machines et deux tenders qu'exige un service par petits trains, soit. 14,500
- 2° L'accroissement des frais d'entretien, police et renouvellement de la voie, estimé à 1,000 francs par kilomètre, soit, par 19 kilomètres de rampe. 19,000

TOTAL.	65,474 fr.
----------------	------------

Le parcours total effectué chaque année étant de 87,600 kilomètres, on a, par kilomètre, environ 75 centimes d'augmentation de dépense.

19,000 mètres; la première, du côté d'Épernay, d'environ 11,000 mètres de longueur, et l'autre, du côté de Reims, d'environ 8,000 mètres. L'existence de ces deux rampes entraîne un accroissement de frais de 65,474 fr. au moins, qui pèse lourdement sur l'exploitation du chemin de Reims.

De ces données on peut conclure :

1° Que, sur un chemin dont la pente, dans une grande partie de la longueur, serait de 8 millimètres et au delà, et dont les convois, généralement chargés à la remonte, nécessiteraient l'emploi fréquent d'une machine de renfort, ou celui d'une machine très-puissante, tel par exemple, que le chemin projeté de Thionville à Arlon, ou le chemin d'Épernay à Reims, les frais de traction seraient notablement plus élevés que sur un chemin à faible pente.

2° Que, sur un chemin également incliné, mais où les convois remontants seraient le plus faiblement chargés, comme, par exemple, sur les deux chemins de Versailles, l'influence de la pente sur la dépense serait peu sensible.

3° Que les frais de traction seraient aussi moins élevés si, comme au chemin de Saint-Étienne à Lyon et sur la plupart des chemins destinés au transport de la houille, les convois de marchandises chargés marchaient presque exclusivement à la descente.

4° Qu'il faut chercher à concentrer les rampes d'une certaine inclinaison sur un certain point en leur donnant une grande longueur plutôt que de les multiplier en les raccourcissant.

5° Qu'il faut autant que possible placer l'origine des fortes rampes en un point où le service de la ligne nécessiterait un dépôt, lors même que les pentes dans le voisinage seraient faibles¹.

6° Que l'accroissement des frais de traction résultant du passage de rampes de 8 à 10 millimètres d'une certaine longueur sur un chemin comme celui de Strasbourg où la totalité des frais de trac-

¹ Dans un premier projet étudié pour l'établissement d'un chemin de fer de Nancy à Épinal, on avait admis plusieurs rampes de 10 à 12 millimètres placées à une certaine distance les unes des autres, et dont chacune aurait nécessité la construction d'un dépôt spécial. Dans un nouveau projet mis à exécution, toutes ces rampes ont été concentrées sur un seul point voisin de la bifurcation de la ligne d'Épinal avec la ligne principale de Paris à Strasbourg, bifurcation placée à Blainville, où il existait déjà un dépôt indispensable pour le service de la grande ligne.

tion s'élève déjà en ce moment à 6,000,000 de francs, est insignifiant.

7° Que l'adoption de ces rampes sur le chemin de Strasbourg est suffisamment motivée par la dépense excessive qu'il eût fallu faire pour réduire l'inclinaison à 5 millimètres, dépense qui eût de beaucoup dépassé le capital dont l'intérêt égale l'accroissement ci-dessus indiqué des frais de traction.

M. Teisserenc peut alléguer sans doute à l'appui de son opinion que, pour les grandes vitesses, la résistance qu'oppose l'air à la marche des convois absorbant une partie considérable du travail développé par les moteurs, les trains de voyageurs pourront être remorqués sur de fortes rampes par des machines de puissance ordinaire moyennant un ralentissement convenable. Mais ce fait cesse d'être vrai pour les convois de marchandises marchant à une vitesse moyenne de 7 mètres par seconde.

Dans cette dernière condition, la résistance de l'air n'est plus qu'une fraction peu importante de l'effort de traction total, et il en résulte que, malgré une diminution notable de vitesse, la résistance totale du convoi croît très-rapidement avec l'inclinaison de la voie.

Or il est reconnu que le transport des marchandises n'est réellement avantageux que s'il se fait à charges complètes.

Il devient donc évident que les convois de marchandises auront besoin, sur les parties les plus inclinées de la voie, de tout le travail que peut développer la machine, et qu'ils ne pourront franchir les fortes rampes qu'à l'aide de machines de renfort.

M. Lechatelier professe une opinion semblable à la nôtre sur l'influence des pentes en ce qui concerne les frais d'exploitation; voici les termes dans lesquels il s'exprime dans son ouvrage sur les chemins de fer d'Allemagne :

« Les fortes pentes sont nécessairement une source de dépenses pour l'exploitation des chemins de fer. On ne doit évidemment les admettre dans un tracé qu'autant que les frais de travaux d'art et de terrassement nécessaires pour les éviter sont beaucoup plus considérables que le capital correspondant à l'augmentation des frais d'exploitation prévus. Il ne suffit pas que les charges imposées à la traction paraissent être sensiblement inférieures à l'intérêt du capi-

tal excédant qui serait déboursé pour éviter ces pentes ; il faut tenir compte aussi du développement progressif des chemins de fer, de l'importance inappréciable aujourd'hui que prendra leur trafic dans un certain nombre d'années, et ne sacrifier l'exploitation qu'en présence d'économies considérables à réaliser sur la construction.»

M. le comte Daru, dans son rapport à la Chambre des pairs sur le chemin de fer du Nord, a également combattu l'opinion de M. Teisserenc.

« Les chemins à fortes pentes, dit-il, n'ont pas, ainsi qu'on l'a prétendu, une supériorité économique sur les chemins à faibles pentes, loin de là. Cette thèse, soutenue récemment, n'est pas vraie. Les exemples sur lesquels on s'est appuyé pour essayer de la faire prévaloir n'ont rien de démonstratif. On ne peut pas en effet comparer les chemins d'Angleterre à plans inclinés, établis et exploités avec la plus grande économie, parce que ce sont justement ceux où la circulation est la plus faible, avec ces grandes lignes dont la construction a exigé des capitaux énormes, qui ont un mouvement immense de voyageurs, perçoivent de hauts tarifs et sont administrées dans un esprit et dans des conditions absolument différents. Sur ces voies, on n'épargne ni dépenses de commodité ni même dépenses de luxe pour satisfaire le public. Souvent il arrive que, pour diminuer les chances d'un faible retard, on double le moteur strictement nécessaire à la traction du convoi. De là des augmentations de frais ; de là aussi il résulte que les deux appareils locomoteurs, les deux mécanismes, ne sont nullement comparables. Ils portent le même nom, mais ils ne se ressemblent pas.

« La vérité est qu'une augmentation dans les pentes n'accroît pas autant qu'on se l'est imaginé dans le principe la dépense de traction. Ces prévisions théoriques ne sont pas dans cette matière plus que dans beaucoup d'autres réalisées par l'expérience. On peut, en roidissant les inclinaisons, obtenir une diminution sensible dans les frais de premier établissement sans nuire à un bon service. Il peut donc y avoir avantage à le faire ; mais l'exploitation se trouve par suite grevée d'une charge additionnelle, certaine, inévitable. »

M. Couche, enfin, exprime son opinion sur l'admission des fortes pentes dans les termes suivants : « Loin de modifier les idées reçues

sur l'influence des rampes en général, l'expérience n'a fait que confirmer les inconvénients qu'elles entraînent, même sous une faible inclinaison, dès que leur longueur exige l'établissement d'une vitesse uniforme. Très-courtes même, elles constituent une charge réelle pour l'exploitation quand elles coïncident avec des courbes prononcées, quand une station principale est placée à leur pied, etc., etc. Dans tous les cas, enfin, elles affectent bien plus gravement le service des marchandises que celui des voyageurs. Les sacrifices faits à l'abaissement de la limite des rampes sont donc fondés dans des circonstances ordinaires, c'est-à-dire quand on peut, à ce prix, éviter des conditions spéciales pour la traction.

« Mais il en est tout autrement dans les cas extrêmes où il faut, quoi qu'on fasse, accepter des inclinaisons exceptionnelles. »

« Aujourd'hui les locomotives laissent à cet égard aux ingénieurs une grande latitude dont ils devront user largement.

« Les rampes très-inclinées, telles que celles du Sommering, dont l'inclinaison est de 0.025, ne doivent toutefois, dit M. Couche¹, être admises qu'à la dernière extrémité et quand il faut recourir à tous les moyens pour frayer un passage au chemin de fer. »

Après avoir cité les ouvrages de MM. Teisserenc, Lechatelier, Daru et Couche, sur l'influence des pentes, nous devons appeler aussi l'attention de nos lecteurs sur une publication de M. Minard, publication qui a porté de vives lumières sur cette question dans un moment où elle était encore très-obscur pour un grand nombre d'ingénieurs.

Nous nous sommes longuement étendu sur la question de l'influence des pentes sur la dépense d'exploitation, parce qu'elle est grave, qu'elle a été fort controversée, et que d'ailleurs l'opinion d'un écrivain aussi habile que M. Teisserenc ne devait pas être rejetée sans une discussion approfondie.

Nous n'avons pas examiné jusqu'à quel point l'adoption du système Arnoux pourrait influer sur le choix des tracés, attendu que nous nous réservons d'exprimer notre opinion à cet égard en traitant plus spécialement des nouveaux systèmes de locomotion.

¹ *Annales des mines.*

S'il est essentiel de régler convenablement l'inclinaison des rampes sur un chemin de fer, leur mode de répartition n'est pas non plus sans importance.

Nous avons déjà établi qu'il fallait autant que possible concentrer les rampes sur un même point et dans le voisinage d'un dépôt de machines ; nous ajouterons que *les pentes variées, même d'une assez faible inclinaison, sont peu favorables à l'emploi des machines locomotives* ; car, si les pentes et les contre-pentes ne se succèdent pas de manière que les machines puissent remonter les rampes au moyen de la vitesse acquise sur les pentes descendantes qui les précèdent, on ne peut leur faire remorquer que la charge compatible avec leur adhérence et leur force sur les pentes les plus roides. Si, au contraire, les rampes sont assez courtes pour que l'ascension puisse avoir lieu sans un accroissement de force et sans ralentissement notable, les machines lancées avec toute leur puissance à la descente souffrent beaucoup de la vitesse excessive qu'elles acquièrent par moments. Cette dernière observation est également applicable au mode de tracé proposé par un ingénieur écossais et qui consisterait à diviser le profil en parties de niveau et en plans inclinés de petite longueur, en sorte que les machines puissent remonter les plans inclinés au moyen de la vitesse acquise sur les paliers. En outre, si les machines ainsi lancées sur les paliers venaient à rencontrer un obstacle qui en diminuerait un instant la vitesse, on ne pourrait les ramener à l'extrémité du palier pour les lancer de nouveau.

Cette raison seule suffirait pour faire rejeter ce profil, lors même qu'on n'y serait pas conduit par d'autres considérations théoriques.

Si, toutefois, la raison d'économie, devant laquelle le principe technique des pentes uniformes doit aussi plier, oblige à préférer une pente variée, il faut diviser, autant que possible, les lignes en parties sur lesquelles l'effort varierait du simple au double, ou à peu près.

Lorsque, au lieu de machines, on emploie des chevaux pour le halage, les pentes variées, convenablement disposées, sont préférées aux pentes uniformes. Le cheval se fatigue moins d'un effort varié

que d'un effort constant. Il n'est personne, ayant l'habitude de voyager à pied, qui n'ait reconnu que l'homme, ainsi que le cheval, se fatigue moins en parcourant une même distance sur un sol accidenté que sur un terrain parfaitement uni.

Une inclinaison très-avantageuse est celle pour laquelle l'effort du moteur est le même dans les deux sens, eu égard à la différence du chargement à la descente et à la remonte.

Tout ce que nous avons dit de l'influence qu'exercent les fortes pentes sur la dépense d'exploitation, nous pourrions le répéter pour les courbes de petit rayon.

Sous le rapport de l'économie de premier établissement, les courbes de petit rayon sont avantageuses, puisqu'elles permettent de tourner les difficultés au lieu de les vaincre au moyen de grands travaux d'art et de terrassement; mais elles exercent sur les frais de traction la même influence que les fortes pentes, elles forcent à réduire la vitesse des trains.

Ainsi, sur le Great-Northern railway, en Angleterre, dont le tracé est presque rectiligne, les trains express marchent à une vitesse de 75 à 76 kilomètres par heure. Sur le chemin de Londres à Birmingham, où les courbes sont de grand rayon, à la vitesse de 71 à 72 kilomètres. Sur le chemin de Birmingham à Gloucester, où les courbes sont de petit rayon, la vitesse des trains les plus rapides, dans les parties où se trouvent ces courbes, ne dépasse pas 50 kilomètres, et, sur celui de Newcastle à Carlisle, 45 à 48 kilomètres.

Sur nos grandes lignes françaises de l'Est, de Lyon et de Rouen, la vitesse de marche des trains express est de 60 à 66 kilomètres, et sur le chemin du Nord de 70 à 75 kilomètres. Sur le chemin d'Orléans, elle est plus faible, mais cela ne tient pas au tracé du chemin. Sur le chemin de Saint-Étienne à Lyon, où le rayon des courbes est généralement de 500 mètres, la vitesse maximum des trains en marche remorqués par des locomotives à la remonte entre Givors et Rive-de-Gier est de 42 kilomètres.

Sur les chemins allemands, dont le tracé est très-tourmenté, la plus grande vitesse des trains de voyageurs en marche est de 45 à 50 kilomètres.

Il est enfin un élément des frais d'exploitation sur lequel les

courbes de petit rayon agissent d'une manière très-fâcheuse, ce sont les frais d'entretien du matériel et de la voie.

En effet, le frottement des rebords des roues contre les rails et celui qui résulte du glissement des roues sur ces rails donnent lieu à une usure rapide des surfaces frottantes, aussi bien que celui que produit l'emploi des freins à la descente sur les fortes pentes.

Le tracé des embranchements n'exige pas la perfection que réclame celui des lignes principales.

Longtemps, en France, l'administration des ponts et chaussées s'est montrée d'une sévérité outrée lorsqu'il s'agissait de l'approbation des tracés qui lui étaient soumis par les Compagnies; mais elle n'avait pas encore construit de chemins de fer elle-même; éclairée aujourd'hui par sa propre expérience, elle est devenue beaucoup moins exigeante, et s'est même occupée tout dernièrement de l'étude d'un système de construction économique pour les embranchements.

Les embranchements sont une source de prospérité pour les grandes lignes; ce sont des rameaux qui fécondent le tronc. *Une des conditions auxquelles doit satisfaire le tracé de tout chemin destiné à unir de grands centres de population est donc de se prêter aisément à l'établissement de lignes secondaires.*

Les anciennes Chambres, appelées à se prononcer sur deux tracés proposés pour un chemin de fer entre Belfort et Besançon, l'un par la vallée du Doubs, l'autre par celle de l'Ognon, avaient opté pour ce dernier, en grande partie parce qu'il offrait pour la création d'embranchements plus de facilité que le premier.

Les voyageurs ne recherchent pas seulement, dans les chemins de fer, la rapidité et l'économie des transports, ils veulent aussi voyager sûrement. Il est par conséquent du devoir du gouvernement de prescrire aux Compagnies, dans le tracé des chemins de fer, certaines règles qui en rendent le parcours le moins dangereux possible; il est aussi de l'intérêt des Compagnies de ne jamais oublier que la sûreté est, aussi bien que l'économie des transports, une des principales conditions d'un bon tracé.

L'administration s'est montrée souvent trop facile pour admettre les tranchées ou les souterrains courbes, surtout aux abords des

stations. Rien n'est plus dangereux. Plusieurs accidents, celui de Bonnières, par exemple, sur le chemin de Rouen, le prouvent assez. Il importe que les convois puissent être aperçus d'une certaine distance; et cette condition n'est remplie que sur des parties rectilignes, ou lorsque les courbes sont en remblai. Il n'est pas toujours possible d'éviter une tranchée ou un souterrain courbe, mais encore faut-il les multiplier le moins possible, et, quand ils deviennent absolument nécessaires, en éloigner les stations et les faire précéder ou suivre par de longs alignements.

Les courbes de trop petit rayon, non-seulement augmentent les frais d'exploitation, mais encore deviennent une cause d'accidents.

On s'effraye également des fortes pentes, parce qu'on suppose que sur ces pentes il est impossible de contenir les convois. Ces pentes ne sont certainement pas sans danger, mais on en calculait mal les effets lorsqu'on proscrivait les pentes dépassant 5 millièmes, comme exposant les voyageurs à la descente à de nombreux accidents.

Il est reconnu aujourd'hui que, sur une pente de 1 centième en ligne droite, la résistance de l'air devient telle, à la vitesse de 60 à 70 kilomètres par heure, que les convois abandonnés à eux-mêmes ne peuvent la dépasser, et que, sur les plus fortes pentes en usage, les freins et les machines locomotives, agissant elles-mêmes comme les freins les plus puissants lorsqu'on renverse la vapeur, peuvent toujours arrêter les convois.

Ce ne serait donc que si, par hasard, un ou plusieurs wagons, en stationnement, se trouvaient poussés par une cause quelconque, telle que le vent, sur de fortes pentes, ou enfin si une partie du convoi s'en séparait par suite de la rupture d'une partie des chaînes d'attelage, qu'il pourrait résulter des accidents provenant de la trop grande inclinaison de la voie. Ce cas se présente malheureusement trop souvent, et il est miraculeux que jusqu'à ce jour aucun accident grave ne puisse être attribué à un événement de ce genre, surtout sur les chemins à fortes pentes, car la chance d'accident croît avec l'inclinaison du chemin. C'est, un jour, sur le chemin de Versailles (rive gauche), un train tout entier, chargé de voyageurs, qui est chassé par le vent sur une pente de 1 centième à la sortie

de la gare de Versailles et qui descend vers Paris avec une vitesse toujours croissante sur la pente de 4 millièmes, qui fait suite à celle de 1 centième. Un habile mécanicien, M. Caillet, aujourd'hui chef de la traction au chemin de fer Grand-Central, court après le train avec une machine locomotive, parvient à le rattraper, le suit doucement et s'accroche enfin au dernier waggon. Une autre fois, sur le chemin de Lausanne à Morges, un train de ballast, descend de Lausanne à Morges, sur la pente de 1 centième, et vient briser, heureusement sans accidents pour les hommes, tout ce qu'il rencontre dans la gare de Morges; sur le Scœmmering, un train de matériaux destinés aux réparations roule en arrière, acquiert bientôt une vitesse terrible, et eût certainement tué quarante ouvriers se trouvant dans le souterrain, si, l'entendant de loin venir, ils n'eussent jeté sur la voie tout ce qu'ils avaient sous la main et ne l'eussent ainsi forcé à quitter les rails; vers Prague, un train de vingt-cinq waggon de houille se détache, descend et rencontre une machine qu'il brise, et dont il tue le mécanicien ainsi que les deux chauffeurs; sur le chemin de Lyon, enfin, deux waggon chargés de pierre descendent de la station de Verrey au-devant d'un train de voyageurs, sur la pente de 1 centième, et viennent se briser eux-mêmes contre la machine, qui, fort heureusement, résiste au choc.

Une autre cause d'accident très-redoutable à laquelle on ne paraît pas attacher toute l'importance qu'elle mérite, c'est la multiplicité des passages à niveau.

Passages à niveau. — *Les passages à niveau, quand, sur des alignements ou sur des courbes en remblais, on peut les apercevoir de loin, ne sont pas dangereux; mais il en est tout autrement s'ils se trouvent à l'extrémité de tranchées ou de souterrains courbes.*

Ainsi, sur le chemin de Versailles (rive gauche), l'administration, pressée par les sollicitations de la Compagnie, qui avait épuisé ses capitaux, a toléré plusieurs passages à niveau qui, placés dans ces dernières conditions, ont failli occasionner des accidents.

Les réclamations des Compagnies, lorsqu'il s'agit de passages à niveau, sont d'autant moins fondées, qu'en général l'intérêt du ca-

pital qu'exige un pont remplaçant un passage de niveau ne dépasse pas le traitement d'un garde-barrière. L'administration ne devrait donc y céder que lorsque la nature du terrain ne permet l'établissement d'un pont qu'au prix de dépenses très-grandes.

Il faut aussi éviter de placer des passages à niveau à l'extrémité des gares.

Sur le chemin de Strasbourg, à l'entrée de la gare de Vitry, on en a établi un qui présente de très-graves inconvénients. Avant la construction récente d'une grue hydraulique spéciale pour les trains de marchandises, toutes les manœuvres se faisaient sur ce passage à niveau, et les barrières restaient souvent fermées pendant un si long espace de temps, qu'il a été constaté, dans une enquête faite à ce sujet, qu'au passage de ces trains, qui se suivent de très-près, la circulation se trouvait interdite pendant près de deux heures. Aujourd'hui la manœuvre est un peu moins gênante pour la circulation sur la route, mais elle n'en donne pas moins lieu à des temps d'arrêt très-fâcheux.

On eût évité ce passage à niveau en construisant un viaduc, ou, préférablement, en reculant la gare de 160 mètres environ. Sur le même chemin, on trouve des passages à niveau placés également à l'entrée des gares, à Lagny et à Bar-le-Duc.

Gares de rebroussement. — Les points de rebroussement dans les gares, sans présenter les mêmes dangers que les passages à niveau mal placés, peuvent aussi, en compliquant le service, devenir l'occasion d'accidents plus ou moins graves. Ils ont d'ailleurs pour conséquence une perte de temps, et, par suite, une perte d'argent. Ils changent la position des waggon dans les convois, de telle façon que les voyageurs ou les marchandises qui étaient placés en tête se trouvent placés en queue. Cette espèce de renversement des trains est désagréable pour les voyageurs et dangereux pour les marchandises. On a vu, sur le chemin du Nord, un waggon chargé de chiffons, qui, passant de la queue à la tête du convoi, a été incendié par la machine. Les rebroussements, enfin, en allongeant le parcours, augmentent le péage.

Il ne faut donc recourir, dans les tracés, aux rebroussements que dans quelques cas particuliers où ils deviennent indispensables

pour se rapprocher du centre des villes, et encore est-il nécessaire, dans ce cas, d'établir des courbes de raccordements pour éviter aux convois directs de pénétrer dans la station où ils seraient obligés de rebrousser.

Sur les chemins de fer français, il existe cependant plusieurs gares à points de rebroussement : celles d'Orléans, de Tours, d'Amiens, de Douai, de Lille, de Valenciennes et de Metz.

« Dans le tracé des chemins de fer allemands, dit M. Lechatekier, on ne s'est pas assez préoccupé des inconvénients que présentent les stations récurrentes. Cela tient en partie à ce qu'en Allemagne la plupart des lignes ont été projetées ou exécutées isolément et sans vues d'ensemble. Il est possible même que, dans quelques endroits, on se soit proposé, dans un intérêt mesquin de localité, de gêner le passage des voyageurs pour les retenir et prélever sur eux des impôts de séjour et de consommation.

« On doit, en France, où l'exécution des chemins de fer est favorisée par un élément qui manque partout ailleurs, la centralisation, éviter tout ce qui peut faire obstacle à la circulation rapide d'une extrémité à l'autre du territoire. On tend maintenant à abrégier la durée du trajet sur les chemins de fer ; c'est en diminuant la durée des arrêts qu'on y parviendra sans inconvénient et sans courir les risques d'une vitesse exagérée. »

Souterrains. — *Le passage des souterrains n'est pas, comme on l'a prétendu, nuisible à la santé des voyageurs ;* il convient cependant de réduire autant que possible le nombre et la longueur des tunnels, non-seulement par raison d'économie, mais encore pour l'agrément des voyageurs et dans le but de diminuer les chances d'accidents. La configuration du terrain force assez souvent d'en percer de très-longs. Il est important qu'ils soient autant que possible rectilignes.

Les fortes pentes sont plus nuisibles dans les souterrains que dans toute autre partie du chemin. L'humidité empêchant la boue qui imprègne les rails de sécher, l'ascension de fortes rampes y devient très-pénible. Il faut donc s'appliquer à les éviter plus encore sous les tunnels qu'à ciel ouvert.

Au chemin de Turin à Gênes, on a reconnu que les trains qui

remontent facilement les convois sur une rampe de 3 centièmes $1/2$ à ciel ouvert sont fréquemment obligés de s'arrêter ou ne peuvent avancer que péniblement sur la rampe de $28^{\circ},68$ en souterrain.

Compensation des déblais. — *Dans le tracé des routes de terre on cherche ordinairement à compenser les déblais par les remblais. Plusieurs ingénieurs ont cru devoir, à tort, étendre cette règle au tracé des chemins de fer.*

Sans doute, lorsque le volume des déblais dépasse celui des remblais, on est forcé de déposer l'excédant des terres extraites des tranchées, et, si ce volume lui est inférieur, d'emprunter les terres qui manquent pour compléter les remblais. De là des extractions ou des mouvements de terre souvent coûteux dont on se fût dispensé en compensant les déblais par les remblais. Mais, si, pour éviter ces terrassements et ces manœuvres, l'ingénieur s'est attaché à établir cette compensation, il peut en résulter la nécessité d'ouvrir de très-grandes tranchées dont l'exécution est toujours longue et difficile, s'il faut en porter toutes les terres sur l'axe du chemin, ou de creuser des tranchées dans des terrains glaiseux qui ne fournissent que de très-mauvais produits pour la confection des remblais adjacents. Dans le premier cas, l'économie n'est qu'apparente, car elle est plus que compensée par les pertes d'intérêts qui sont la conséquence d'un accroissement de durée des travaux, et qui, pour un chemin de fer, peuvent être énormes. Dans le second, la dépense peut dépasser de beaucoup les prévisions. En fût-il autrement d'ailleurs, le danger des éboulements auxquels on est exposé de la part des talus glaiseux de la tranchée ou des remblais en mauvaise terre est bien plus redoutable pour un chemin de fer que pour une route.

Il faut, par conséquent, détourner souvent le tracé d'un chemin de fer pour éviter certains terrains difficiles, ou recourir aux dépôts et aux emprunts.

Influence du vent et des neiges. — On a été conduit, en étudiant le chemin de Trieste à Venise, à reconnaître qu'un certain tracé, qui d'abord avait obtenu la préférence, laissait les trains exposés, pendant la plus grande partie de leur trajet, à des vents dont la violence et la continuité seraient un obstacle très-grave pour le service, et on a renoncé à ce tracé.

Il importe donc, en étudiant le tracé des chemins de fer, de se rendre compte de l'action que les vents pourraient avoir sur la marche des convois.

Il faut aussi, dans les pays de montagnes surtout, diriger les tracés de manière à se préserver, autant que possible, des amas de neige.

Toutefois la neige est moins redoutable qu'on ne l'a supposé.

On a exprimé la crainte que, dans les pays de montagnes et même dans les pays de plaine, où le froid est rigoureux, elle ne devint un obstacle insurmontable à l'exploitation des chemins de fer en hiver. Cette crainte n'est pas fondée.

Sur les chemins de Bavière et du Wurtemberg, qui se trouvent dans des conditions bien plus difficiles à l'égard des neiges que la plupart des chemins français, puisqu'ils ont à franchir des chaînes de montagnes assez élevées, on a employé, pour se garantir, sinon complètement, au moins en grande partie, de l'accumulation des neiges mouvantes, différents moyens que M. Muntz, ingénieur civil, a décrits dans le journal *l'Ingénieur*, et que nous ferons connaître plus loin.

Nous avons chargé M. Goschler, ancien élève de l'École centrale, ingénieur principal aux chemins de fer de l'Est, envoyé par la Compagnie en Suisse et en Allemagne, de recueillir également des renseignements à cet égard sur les lignes qui traversent des chaînes élevées, et nous en avons obtenu de M. Sauvage, ingénieur en chef de la traction de la même Compagnie sur le chemin de Saint-Petersbourg à Moscou. De ces renseignements il résulte que différentes circonstances, telles que la direction des vents, la latitude, la présence ou l'absence de grands arbres dans le voisinage de la ligne, exercent une certaine influence sur la quantité de neige qui peut s'accumuler sur la voie, mais que, dans tous les cas, on emploie des moyens tels que les interruptions de service, même dans les localités les moins favorisées, dépassent rarement deux ou trois jours.

En 1852, 1853 et 1854, d'après les renseignements fournis par M. Sauvage, le chemin de fer de Saint-Petersbourg à Moscou n'a pas été intercepté un seul jour par suite des neiges. Il était alors procédé à leur enlèvement en régie par les soins de l'administra-

tion. Depuis, ce travail a été compris dans l'entretien de la voie et donné comme le reste à l'entreprise. On a eu une interruption de deux jours en 1855 et d'un jour en 1856.

Les renseignements très-intéressants et très-détaillés qui nous ont été fournis par M. Goschler, ayant trait à l'exploitation plutôt qu'à la construction, seront reproduits aux documents. Ceux qu'a publiés M. Muntz, concernant la construction, trouveront leur place dans le texte.

Conditions stratégiques. — Le tracé d'un chemin de fer répondrait-il aux besoins du commerce et offrirait-il aux voyageurs toute la sûreté possible, cela ne suffirait pas encore : il faut aussi qu'il soit habilement combiné pour la défense du pays.

On divise en général les voies de fer stratégiques en voies parallèles à la frontière et voies perpendiculaires.

Il est essentiel que les voies parallèles, surtout si elles sont voisines de la frontière, soient protégées par un obstacle naturel quelconque, tel qu'un grand fleuve ou un rempart de hautes montagnes.

Les voies stratégiques, destinées à porter rapidement les troupes à de grandes distances, doivent être le plus directes possible. Elles n'ont, au point de vue militaire, que les places fortes pour stations. Elles doivent être tracées de manière à ne fournir à l'ennemi, aux abords de ces places, aucun abri soit dans les tranchées, soit dans les remblais, contre le feu des batteries. Les lignes qui peuvent être *enfilées* par le feu de la défense sont considérées comme bien préférables à celles qui ne peuvent être battues que *transversalement*.

On doit aussi éviter, aux abords des places fortes, les tranchées qui peuvent donner écoulement aux eaux de l'inondation, et tout ouvrage d'art difficile à détruire et qui pourrait livrer passage aux assaillants. Quelquefois on loge le chemin de fer dans les fossés de la place (Belfort).

Après ces considérations générales sur le tracé des chemins de fer, passons aux opérations qui en constituent l'étude proprement dite.

Étude proprement dite. — Cette étude n'est plus, en France du

moins, exclusivement abandonnée aux ingénieurs. Le gouvernement, représenté par le conseil d'État et par une commission consultative composée d'hommes distingués, choisis dans toutes les branches de la haute administration, en prend aussi sa part. Il étudie le tracé au point de vue de la politique et de la défense du pays; les ingénieurs ou les Compagnies l'étudient au point de vue de la spéculation. La tâche des Compagnies se trouve donc ainsi simplifiée, car le gouvernement les renferme dans un cercle d'où il ne leur est pas permis de sortir. Il limite le nombre des directions sur lesquelles les Compagnies peuvent arrêter leur choix. Quelquefois même il prescrit celle qu'il considère comme étant la seule à laquelle il puisse donner son approbation, ou il la fait étudier par ses propres ingénieurs. Les projets de tracés fournis par les Compagnies ne peuvent d'ailleurs être mis à exécution qu'après avoir été soumis successivement à l'examen du conseil des ponts et chaussées, du comité du génie et de la commission consultative, qui les rectifient, s'il y a lieu, dans l'intérêt des localités et de la défense du pays.

Les Compagnies, ainsi débarrassées du soin de sauvegarder les intérêts généraux, n'ont qu'à rechercher le tracé le plus avantageux financièrement parlant, en sorte que la question peut se poser pour leurs ingénieurs à peu près en ces termes : Quel est le tracé qui, eu égard à la dépense et aux revenus, procurera, dans un certain temps, les plus grands bénéfices?

C'est en nous plaçant à ce point de vue que nous allons essayer d'y répondre.

Calcul du bénéfice. — Nous appelons bénéfice la différence entre le revenu et les frais d'exploitation, en comprenant dans ces frais d'exploitation non-seulement les dépenses de traction immédiate, d'entretien du chemin et les frais généraux, mais encore l'intérêt du capital engagé dans la construction. Les revenus se composent des taxes prélevées sur les voyageurs et sur les marchandises transportées par le chemin, taxes qui sont ordinairement perçues à raison de tant par voyageur ou par tonne de marchandises transportés à 1 kilomètre. Le meilleur tracé sera donc, pour une même circulation et une même longueur de parcours, celui pour lequel les

frais d'exploitation par voyageur ou par tonne de marchandises et par kilomètre, y compris l'intérêt des capitaux et dépenses d'entretien, seront un minimum.

Mais, dès qu'on aborde le calcul de ces frais, on ne peut manquer de faire une observation importante, c'est que la dépense d'exploitation calculée pour une certaine unité, tonne de marchandises ou voyageur, se divise en deux parties distinctes : la première, qui, diminuant lorsque la quantité totale de voyageurs ou de marchandises augmente, comprend les intérêts, l'amortissement du capital, et les frais d'administration, entretien, etc., etc. ; la seconde, qui, tout à fait indépendante de cette quantité, se compose des frais de traction immédiate. Or, généralement, lorsque, pour améliorer le chemin, on augmente le capital engagé dans la construction, les frais de traction diminuent et les frais d'entretien peuvent, suivant les circonstances, diminuer, augmenter ou rester stationnaires. Si donc, dans ce cas, la diminution opérée par l'amélioration du chemin sur les frais de traction et sur les frais d'entretien, pour chaque tonne de marchandises ou pour chaque voyageur, excède la portion d'intérêt et d'amortissement du nouveau capital dont cette amélioration grèvera le transport de la tonne ou du voyageur, il est clair que la somme des frais d'exploitation sera réduite, et que, par conséquent, l'amélioration sera motivée.

Mais la diminution sur les frais de traction produite par des améliorations dans le tracé sera indépendante de la circulation sur la route ; les intérêts au contraire et l'amortissement du nouveau capital, par unité transportée, deviendront d'autant plus faibles que la circulation sera plus active. Nous arrivons ainsi à poser ce principe, que nous avons déjà indiqué dès le commencement de ce chapitre :

Le tracé le plus parfait au point de vue technique n'est pas toujours le plus convenable. Il n'est généralement avantageux d'améliorer un chemin de fer et même une voie de communication quelconque, ou, en d'autres termes, d'adopter, pour ce chemin ou cette voie de communication, un mode de construction et un tracé plus parfait, en augmentant le capital engagé, que lorsque la circulation est plus active.

Ce n'est là qu'une conséquence de ce grand axiome industriel que les manufactures assurées d'un grand débit peuvent et doivent seules employer les machines les mieux construites et les plus coûteuses. Quelque évident qu'il soit, on l'a si souvent oublié dans l'étude des chemins de fer, qu'il nous a paru nécessaire de ne pas traiter la question des tracés sans commencer par le rappeler.

Revenons actuellement à la comparaison des tracés possibles pour une même ligne.

Comparaison des tracés au point de vue de la spéculation. —

Comparer différents tracés, avons-nous dit, ce n'est ordinairement pour l'ingénieur qu'en rapprocher les revenus et les dépenses. Rien de plus facile en apparence que ce travail ; suivons cependant l'ingénieur dans ses opérations, et nous verrons combien, dans certains cas, elles exigent d'étude, de connaissances spéciales et de talent.

Nous avons montré précédemment que le choix d'un tracé dépendait autant de la circulation présumée que de la configuration du terrain. La première question dont l'ingénieur ait à s'occuper est donc celle du *tonnage* probable en voyageurs et en marchandises. On apprécie facilement les nombreuses difficultés qui se présentent pour réunir les éléments d'une réponse.

Ce travail achevé, l'ingénieur étudiera le terrain, d'abord au moyen de la carte seulement, marquant entre les deux points extrêmes ceux par lesquels il sera important de passer, puis il tracera les lignes qui, touchant à ces différents points, paraîtront le plus convenables pour le tracé d'une voie de communication.

Lorsque la configuration du sol permet de poser les chemins à peu près en ligne droite sans travaux extraordinaires, le choix est facile ; mais, dans les pays accidentés, il se présente un grand nombre de lignes qui paraissent au premier abord satisfaire aux conditions exigées pour le meilleur tracé. Chacune a ses avantages particuliers et ses inconvénients, qu'on ne peut apprécier avec exactitude sans avoir obtenu par des opérations géodésiques un relief du terrain. Ces opérations sont toujours coûteuses, et l'on doit éviter de les multiplier ; il faut donc que l'ingénieur, doué d'un coup d'œil sûr et rapide, choisisse à la seule inspection du terrain

celles qui doivent faire l'objet d'études spéciales, puis qu'il détermine par des nivellements la hauteur des différents points du sol. suivant chacune de ces directions et à quelques dizaines de mètres à droite et à gauche.

Il lui reste ensuite à *profiler ses tracés*, c'est-à-dire à en déterminer les pentes. C'est alors surtout qu'il est obligé de déployer une grande sagacité, car on conçoit qu'entre deux points donnés, sans même s'écarter d'une certaine direction, il existe un grand nombre de profils différents possibles. Si, par exemple, ces deux points sont séparés par une montagne, on peut, en suivant toujours la même ligne, gravir la montagne d'un côté jusqu'au sommet pour ensuite descendre de l'autre côté, ou bien ne la gravir que jusqu'à une certaine hauteur et la traverser par un souterrain, ou enfin ouvrir un souterrain dès qu'on en atteindra le pied. On peut aussi, dans une vallée, suivre toutes les sinuosités auxquelles donne lieu la projection des contre-forts ou coteaux qui s'avancent de l'un ou de l'autre côté, ou abrégé le chemin en coupant ces contre-forts.

L'ingénieur a donc à choisir en même temps entre plusieurs directions et plusieurs profils, et il n'a, pour calculer les avantages respectifs de ces différents tracés, que des données très-variables ou très-incertaines : le chiffre du tonnage, sur lequel on se trompe presque toujours, les frais de construction, dont un des éléments, l'indemnité aux propriétaires, est surtout bien difficile à apprécier, et enfin les frais d'exploitation, qu'on est loin encore de pouvoir établir avec une parfaite exactitude.

Il ne faut pas s'étonner par conséquent des défauts qu'on a signalés dans le tracé de presque tous les chemins de fer exécutés jusqu'à ce jour.

« Les voies de cette espèce aujourd'hui en activité, disait M. Paulin Talabot, directeur du chemin de Lyon à la Méditerranée, dans un mémoire inédit écrit il y a déjà quelques années, ont été exécutées à peu près au hasard et sans que l'ingénieur ait pu se rendre compte des conditions du problème qu'il avait à résoudre.

« Ainsi le chemin de Darlington à Stockton, desservi aujourd'hui par des machines, devait l'être par des chevaux dans la plus grande partie de sa longueur. On n'a déterminé le système des moteurs

qu'on emploierait sur le chemin de Liverpool qu'après que ce chemin a été exécuté, renversant ainsi l'ordre logique, qui voulait que le tracé fût fait pour le moteur, et non le moteur pour le tracé. Ce n'est pas seulement sur le choix du moteur que l'on s'est trompé dans l'étude du chemin de Liverpool à Manchester; les erreurs commises sur le chiffre et la nature du tonnage n'ont pas été moins graves : cette ligne avait été tracée dans la prévision d'un transport considérable de marchandises à la vitesse de 16 à 20 kilomètres par heure; aujourd'hui, au contraire, elle sert au transport d'un grand nombre de voyageurs à grande vitesse, et d'une quantité médiocre de marchandises.

« Les machines locomotives ne ressemblent en aucune manière à celles que l'on employait avant la construction de ces deux railways. Le poids, la force, la vitesse, le mode de construction de ces machines, tout cela a changé, tout cela varie encore tous les jours. »

Ce que M. Talabot disait du tracé des chemins de Liverpool à Manchester et de Darlington à Stockton, construits il y a vingt-cinq ou trente ans, on peut le dire également de celui de chemins beaucoup plus récemment établis. Aujourd'hui plus que jamais on altère à chaque instant et le mode de construction et la puissance des machines. Le problème du tracé d'un chemin de fer, toutes les fois qu'on se sert de machines, est, comme l'a dit avec beaucoup de justesse M. Minard, un véritable problème de mécanique. Le chemin et son système de chariots et de locomotives ont entre eux une telle corrélation, qu'on ne saurait les considérer isolément; car la moindre imperfection dans l'une des parties, le moindre défaut d'harmonie entre ces différents objets, ont une influence destructive sur l'ensemble. Ils forment par leur réunion un seul et même appareil, une immense machine.

Comment donc poser des principes absolus pour le tracé des chemins de fer, même en se bornant à étudier la question au point de vue technique et financier, comment surtout y appliquer le calcul mathématique, lorsqu'on manque de données pour estimer exactement la résistance dans certains cas¹, et que chaque jour

¹ On manque complètement de bases pour apprécier la résistance dans les courbes de différents rayons, à différentes vitesses, avec un matériel donné.

amène d'importants changements dans le matériel ou même dans l'art de les construire? On est réduit, nous regrettons de le dire, à se contenter de quelques règles empiriques déduites de l'étude des chemins de fer déjà établis, règles dont la plus grande partie a déjà été exposée précédemment en traitant des considérations générales qui doivent présider au choix des tracés, et qui se trouveront complétées par l'indication des limites de courbure ou de pentes adoptées dans certains cas donnés pour le tracé des chemins de fer.

Limites de courbure. — Les courbes sur les chemins de fer à *grandes vitesses* les mieux exécutés ont en général de 800 à 1,000 mètres de rayon au moins (chemins de Liverpool à Manchester, Liverpool à Birmingham, Londres à Birmingham, Londres à Bristol, Paris à Lyon, Paris à Strasbourg). Sur quelques chemins de fer d'Autriche, on n'a pas craint de réduire le rayon des courbes à 180 mètres, mais on ne marche sur ces chemins qu'à de petites vitesses (30 kilomètres à l'heure), avec des machines à 6 ou 8 roues à essieux mobiles du système américain. Sur les chemins américains, on est descendu même au-dessous de cette limite¹.

Ces chemins ont été construits il y a quelques années. Aujourd'hui, selon M. Couche, les Allemands renoncent assez généralement à l'emploi du matériel américain, 5 ou 600 mètres de rayon sont le minimum qu'ils cherchent à atteindre, au prix même de sacrifices assez grands. Ce n'est que dans les stations que les ingénieurs admettent sans scrupule des rayons qui nous paraissent d'une petitesse excessive, et dont l'influence sur le matériel est d'autant plus destructive, que les manœuvres se font, en Allemagne, presque exclusivement par les changements de voie.

Un rayon de 2 à 300 mètres suffit lorsqu'on emploie des chevaux courant au trot, ou qu'on se sert de machines traînant de fortes charges à de très-petites vitesses (chemin de Roanne à Saint-Étienne, chemin des houillères de Newcastle et du pays de Galles méridional).

¹ Michel Chevalier, *Voies de communication*.

Enfin, avec des chevaux allant au pas, on pourra adopter un rayon aussi petit qu'on le voudra, puisque alors rien n'empêchera d'employer les roues mobiles sur l'essieu, le système Laignel ou tout autre système ayant pour but de diminuer la résistance dans le circuit.

« Les courbes d'un très-faible rayon ne doivent plus d'ailleurs être considérées comme des obstacles insurmontables, dit M. Boulanger¹, même pour les grosses machines à marchandises à six roues couplées, telles que celles du chemin de Paris à Strasbourg. On sait en effet que le service du matériel et de la traction de cette Compagnie, placé sous la direction de M. Sauvage, a exploité, pendant quatre mois et sans aucun accident, l'embranchement de Metz à Forbach, sur la voie de ceinture exécutée provisoirement autour de la montagne de Steinberg, avec une rampe de 0^m,006 et des courbes de 150 mètres de rayon. On avait eu le soin d'augmenter quelque peu l'écartement des rails, de manière à diminuer les frottements. On usa quelques bandages, mais le service ne fut pas interrompu. »

Le fait articulé par M. Boulanger est vrai. Mais nous ajouterons, pour qu'on n'en tire pas des conséquences trop absolues, qu'en passant dans les courbes de 150 mètres avec une machine à six roues on a fait un véritable tour de force, afin de ne pas interrompre le service, que les machines ne marchaient qu'au pas et qu'elles éprouvaient une fatigue excessive.

Dans le voisinage des villes, ou aux points d'intersection avec les routes, lorsqu'il faut diminuer la vitesse, les courbes peuvent avoir de moins grands rayons.

Ainsi le chemin de Liverpool à Manchester entraînait anciennement à Manchester avec une courbe de 200 mètres, et il se soudait au chemin de Newton par une courbe de 360 mètres.

Sur le chemin de Chester à Crewe, on trouve à la station de Crewe une courbe dont le rayon n'a également que 360 mètres.

Dans les gares belges, on rencontre souvent des courbes de 200 mètres. Les anciennes machines Stephenson à six roues, très-

¹ *Annales des ponts et chaussées.*

communes en Belgique, y passent assez facilement; mais avec les nouvelles machines dans lesquelles un des essieux est placé à l'arrière de la boîte à feu, il convient de donner à ces courbes 250 à 300 mètres de rayon au moins.

On évite avec un soin particulier les courbes de petit rayon sur les fortes rampes, où les chariots descendants marchent souvent animés d'une grande vitesse, et où les chariots montants éprouvent un surcroît de résistance.

Sur le chemin de Vienne à Trieste, toutefois, on s'est trouvé conduit par la configuration du terrain à réduire le rayon des courbes à 180 mètres, même sur des rampes très-fortes au passage des montagnes; mais on ne marche sur ces portions de chemin qu'à de très-petites vitesses; sur celui de Heilbronn à Friedrichshafen, le rayon des courbes n'est que de 227 mètres, les pentes étant de 22 millimètres.

Lorsque deux courbes tournées en sens contraire viennent à la suite l'une de l'autre, il convient de les séparer par un alignement qui ait la longueur d'un convoi au moins; le convoi ne peut pas de cette manière se trouver en partie dans une des courbes et en partie dans l'autre.

Limites de pente. — Sur toutes les grandes lignes récemment construites en France, on s'est attaché à réduire les pentes à 8 ou 10 millimètres, comme au chemin de Strasbourg, et encore n'a-t-on adopté des pentes aussi fortes qu'au passage des portions les plus accidentées sur une petite partie du parcours, tandis que partout ailleurs on s'est attaché à ne pas dépasser la limite de 5 millièmes. Sur le chemin de Lyon, la pente de 8 millimètres s'étend sur un parcours de 35 kilomètres; au chemin de Strasbourg, celle de 8 millimètres sur 20 kilomètres; sur celui d'Orléans, les rampes d'Étampes, inclinées également de 8 millimètres, ont 6,300 mètres de longueur. Au chemin de Londres à Bristol, on trouve une rampe d'environ 1 centimètre, de 5,000 mètres de longueur, et, au chemin de Liverpool à Manchester, des rampes de 11 à 12 millièmes sur un parcours de 2,400 mètres; enfin, sur les chemins de Londres à Brighton et de Londres à Douvres faisant partie de la grande ligne de Londres à Paris, les locomotives re-

montent une pente de 1 centième sur 5,000 mètres de longueur.

Sur les chemins de Versailles, contruits à une époque où l'administration des ponts et chaussées attachait encore une importance extrême aux faibles pentes, il n'a pas été permis de dépasser 5 millièmes, si ce n'est sur une faible partie du parcours du chemin de la rive gauche à l'entrée de Versailles. Il est incontestable cependant que sur cette ligne, où les machines marchent rarement avec une charge complète, on aurait pu, sans inconvénient, tolérer des pentes de 8 à 10 millimètres, comme sur le chemin de Londres à Croydon, ce qui eût considérablement diminué la distance à parcourir et les frais de construction du chemin.

La limite de pente de 10 à 12 millimètres, adoptée sur les chemins français et anglais, quand on ne traverse pas de véritables montagnes, est aussi celle que l'on a cherché à ne pas dépasser en Allemagne, et même aux États-Unis.

Dans les régions montagneuses, là où il faudrait exécuter des travaux gigantesques pour descendre à des inclinaisons de 10 à 12 millimètres seulement, on admet aujourd'hui des pentes qui s'élèvent jusqu'à 35 millièmes et sur lesquelles pourtant on continue à remorquer les convois avec des machines locomotives.

M. Koller, ancien élève de l'École centrale, ingénieur en second au Chemin de fer central (Suisse), qui vient d'étudier l'exploitation du chemin de Turin à Gènes, où l'on trouve de fortes pentes, a bien voulu nous communiquer des données du plus grand intérêt sur la dépense. Il résulte de ces données :

1° Que sur la partie comprise entre Gènes et Pontedecimo, où la pente moyenne est de 5^{mm} 8, et la pente maxima de 11^{mm}, et les courbes de 400 à 500 mètres de rayon,

La dépense pour le transport des voyageurs est, par voiture de voyageurs à 1 kilomètre, de. 0 fr. 19
par tonne brute à 1 kilomètre, de. 0 029

2° Que, sur la même partie du chemin, la dépense pour le transport des marchandises est, par waggon, à 1 kilomètre, pour monter et descendre, de. 0 fr. 20
Par tonne brute, en montant, de. 0 038
Par tonne nette, en montant. 0 061

en admettant, pour les deux cas, le mouvement nul en descendant ¹.

3° Que sur la portion du chemin de Pontedecimo à Busalla, la pente moyenne étant de. 28^{mm}, 2

La pente maxima de. 35

A ciel ouvert de. 35

En souterrain, de. 28 7

Et les courbes ayant généralement de 400 à 500 mètres de rayon, le transport des voyageurs a coûté, par waggon, à 1 kilomètre. 0 fr. 37

Par tonne brute, d°. 0 057

4° Que, sur la même partie du chemin, le transport des marchandises a coûté, par waggon, à 1 kilomètre. . . . 0 fr. 49

¹ La dépense, pour le transport des voyageurs et des marchandises à Gênes et Pontedecimo, se décompose de la manière suivante :

Le nombre de waggons de voyageurs transportés à 1 kilomètre étant de. . . 57,450

Le nombre de tonnes brutes de 375,424

On trouve, pour les

FRAIS DES CONVOIS DE VOYAGEURS

1° Pour surveillance et entretien de la voie.	2,645	fr. 60 c.
2° Pour traction. Le coke coûtant 0 fr. 65 cent. le kilog.	5,103	00
3° Pour réparations des machines, 4,300 kilom. à 0 fr. 35 cent.	1,505	00
4° Pour réparation des voitures, 57,450 kilom. à 0 fr. 016 par voiture et par kilomètre.	919	20
5° Pour gardes-convois.	550	00
	10,724	fr. 80 c.

Une voiture de voyageurs transportée à 1 kilomètre revient donc à 10,724 f. 80 c.

57,450 = 0 fr. 19 cent., ou bien par tonne brute 0 fr. 029.

Le nombre de waggons transportés à 1 kilom. étant de. 66,297

Le nombre de tonnes brutes de. 348,048

Celui de tonnes nettes de. 217,564

On trouve pour les

FRAIS DES CONVOIS DE MARCHANDISES

1° Pour surveillance et entretien de la voie.	3,482	fr. 40 c.
2° Pour traction. Le coke coûtant 0 fr. 65 cent. le kilog.	6,719	80
3° Pour réparations des machines, 6,550 kilom., à 0 fr. 35 cent.	1,961	00
4° Pour réparation des waggons, 66,297 kilom. à 0 fr. 013 cent.	861	86
5° Pour deux gardes de marchandises.	200	00
	13,245	fr. 06 c.

Une voiture de marchandises transportée à 1 kilomètre revient donc à 13,245 f. 06 c.

66,297 = 0 fr. 20 cent. pour monter et descendre.

La tonne brute revient à 0 fr. 038 par kilomètre en montant ;
la tonne nette 0 fr. 001 cent. en montant.

En admettant, pour les deux cas, le mouvement nul en descendant.

LIMITES DE PENTE

129

Par tonne brute. 0 092

Par tonne nette¹. 0 149

D'où il suit que :

5° Sur la partie où la pente atteint 3 1/2 centièmes, la dépense est, pour les trains de voyageurs, le double de ce qu'elle est sur d'autres portions de la ligne où le maximum de l'inclinaison n'est que de 1 centième, et, pour ceux de marchandises, égale à deux fois et demie cette dépense.

D'un autre côté, rappelons-nous qu'aux chemins de l'Est la dé-

¹ La dépense, pour le transport des voyageurs et des marchandises, se décompose de la manière suivante :

Le nombre des waggons transportés à un kilomètre de Pontedecimo à Busalla étant de 20,895
Celui des tonnes brutes de. 135,806
On trouve pour les

FRAIS DES CONVOIS DE VOYAGEURS

1° Surveillance et entretien de la voie.	1,448 fr. 10 c.
2° Traction.	4,312 01
3° Réparation des machines, 1,974 kilom. à 0 fr. 80 cent.	1,579 20
4° Réparation des voitures, 20,895 kilom. à 0 fr. 16 cent.	334 32
5° Gardes-convois.	200 00

7,773 fr. 63 c.

Une voiture de voyageurs transportée à 1 kilomètre revient donc à

$\frac{7,773 \text{ f. } 63 \text{ c.}}{20,895} = 0 \text{ fr. } 37 \text{ cent.}, \text{ ou bien par tonne brute } 0 \text{ fr. } 057 \text{ c.}$

Le nombre des waggons de marchandise transportés à un kilomètre étant de 57,477
Le nombre de tonnes brutes. 301,749
Celui de tonnes nettes. 186,795
On trouve pour les

FRAIS DES CONVOIS DE MARCHANDISES.

1° Surveillance et entretien de la voie	5,391 fr. 90
2° Traction	15,683 04
3° Réparation des machines, 7,350 kilom., à 0 fr. 80 cent.	5,880 00
4° Réparation des waggons, 57,477 (1), à 0 fr. 013 cent.	747 20
5° Gardes convois	200 00

27,902 fr. 14 c.

(1) $57,477 = 10,5 \times 5 \times 2,797.$

Une voiture de marchandises transportée à 1 kilomètre revient donc

à $\frac{27,902 \text{ f. } 14 \text{ c.}}{57,477} = 0 \text{ fr. } 49 \text{ c. pour monter et descendre.}$

La tonne brute revient à $\frac{27,902 \text{ fr. } 14 \text{ c.}}{10,5 \times 28,738} = 0 \text{ fr. } 092 \text{ m. par kilom. en montant.}$

La tonne nette $\frac{27,902 \text{ f. } 14 \text{ c.}}{10,5 \times 17,790} = 0 \text{ fr. } 149 \text{ m. par kilom. en montant.}$

Le mouvement des marchandises en descendant étant supposé nul.

pense moyenne pour les trains de toute espèce est, sur les pentes de 9 millimètres de l'embranchement de Reims (voir la note, page 104) de 75 pour 100 environ plus forte que sur les autres portions du chemin où le maximum de la pente ne dépasse pas 5 millièmes, et nous concluons que sur une pente de 3 1/2 centièmes, avec des courbes de 400 à 800 mètres de rayon, cette dépense serait de 3 1/2 à 4 1/2 fois aussi forte que sur une pente de 5 millièmes.

Le prix de 0,37 par waggon de voyageurs à 1 kilomètre ferait ressortir le prix du voyageur à un kilomètre, si le waggon renfermant 24 voyageurs était entièrement plein à 1^e,5 environ, ou si le waggon ne portait moyennement que la moitié de sa charge à 3 centimes. Ce prix laisserait encore un bénéfice raisonnable en France, où le tarif moyen payé par les voyageurs est de 6 à 7 centimes par kilom.

Quant aux marchandises, il y en a beaucoup qui supporteraient difficilement un tarif qui devrait nécessairement dépasser 15 centimes par kilomètre, du moins sur un chemin où la pente de 3 1/2 centièmes dominerait.

Mais des pentes aussi fortes ne se rencontrant que sur une partie du parcours, le tarif ne se réglerait que sur une dépense moyenne inférieure, dépendant de leur longueur relative.

Les chiffres fournis par M. Koller expriment les résultats d'expériences faites avec le plus grand soin pendant un mois sur le chemin de Turin à Gênes; on a trouvé, en 1854, pour la moyenne de la dépense de toute l'année :

	En montant.	En montant et descendant.	En moyenne, de Turin à Gênes.
Par voyageur à 1 kilomètre. . .	0 fr. 085 c.	0 fr. 043 c.	0 fr. 027 c.
Par tonne de bagages et messagerie	0 » 271	0 » 181	0 » 155
Tonne de marchandises à petite vitesse	0 » 143	0 » 109	0 » 143
Équipages	0 » 802	0 » 498	0 » 241
Pièce de bétail, grande vitesse.	0 » 264	0 » 066	0 » 055
Id. petite vitesse	0 » »	0 » 020	0 » 018

Sur le chemin de Vienne à Trieste, au Sommering, bien que la pente soit moins forte qu'au chemin de Turin à Gênes, puisqu'elle ne dépasse pas 2 1/2 centièmes, le rayon des courbes descendant à

180 mètres, la dépense est, proportion gardée, plus élevée que sur le chemin piémontais.

Sur le chemin saxo-bavarois, on estime que la dépense sur les pentes de 2 1/2 centièmes est égale à peu près à deux fois et demie celle sur les pentes de 1 centième. (Voir plus loin la description du tracé de ce chemin.)

Sur le chemin de Rohrschach à Saint-Gall, la pente moyenne étant de 17 millimètres 70 millièmes, la pente maxima de 20 millimètres, le rayon moyen des courbes de 390 mètres, et le rayon minimum de 240 mètres, la dépense est, d'après M. Koller, deux fois et demie aussi forte que sur le chemin de Vintherthur à Saint-Gall, où la pente ne dépasse pas 6 1/2 millimètres et où les courbes sont d'assez grand rayon.

Ce n'est qu'en admettant des pentes de 20 à 35 millièmes qu'on a pu traverser les Alpes noriques et juliennes entre Vienne et Trieste, les Alpes rudes entre Heilbronn et Friedrichshafen, le Fichtelgebirge entre Newmarkt et Marckschorgast, et les Alpes génoises entre Turin et Gênes. C'est ainsi que l'on traversera le Jura entre Pontarlier et Lausanne, Pontarlier et Neufchâtel, le Luckmanier entre Coire et Bellinzzone.

. Les pentes dépassant 20 millimètres ne se trouvent pas en Europe uniquement sur les chemins allemands, suisses ou italiens. En Angleterre même, on rencontre sur le chemin de Birmingham à Gloucester une rampe de 27 millimètres, longue de 3,440 mètres; sur celui d'Édimbourg à Glasgow, une rampe de 24 millimètres sur 2,400 mètres de longueur, et une rampe de 20 millimètres sur celui de Manchester à Leeds. Sur les chemins aboutissant au port d'Hartlepool, on remonte des pentes plus fortes encore; mais ces chemins sont plutôt consacrés au transport du charbon qui descend vers ce port qu'à celui des voyageurs.

La question des pentes fortes sur les chemins de fer et de l'emploi des locomotives pour les remonter a été traitée d'une manière tout à fait supérieure par M. Couche, ingénieur en chef des mines, dans un article des *Annales des mines* intitulé : *Influence du progrès des locomotives sur le tracé des chemins de fer*¹.

¹ *Annales des mines*, 2^e livraison de 1852.

Nous engageons ceux de nos lecteurs qui voudraient l'approfondir à consulter ce mémoire.

Bien des personnes pensent que l'on pourrait dépasser même les pentes que nous venons d'indiquer en gravissant ces fortes rampes à l'aide de machines fixes. C'est ainsi que l'on a établi un grand plan incliné aux abords de la ville de Liège et qu'on l'a desservi à l'aide de machines fixes. Mais l'emploi des plans inclinés à machines fixes sur les chemins de fer a l'inconvénient d'occasionner une grande gêne dans le service de l'exploitation ainsi que de grands retards, et il n'a pas même l'avantage qu'on serait tenté de lui supposer de réduire notablement les frais de construction. En effet, le tracé sur ces sortes de plans inclinés n'admettant pas de grandes sinuosités et des pentes variées, on se trouve conduit, pour le plier à ces conditions, à exécuter des travaux d'art et de terrassement souvent considérables. C'est ainsi que sur le plan incliné de Liège, long de 4,000 mètres, le cube des terrassements s'est élevé à 560,000 mètres cubes.

Les transports s'effectuent aussi avec économie sur une pente de 5 à 6 millièmes. Sur le chemin de Rive-de-Gier à Givors (partie du chemin de Saint-Étienne à Lyon), les chariots descendent par l'effet seul de la gravité et remontent à l'aide de machines ou de chevaux.

Si par nécessité toutefois ou par raison d'économie, sur de petites lignes de second ordre, on fait usage de plans inclinés, on peut sans inconvénient leur donner, pour le transport des marchandises, l'inclinaison naturelle du sol, quelque forte qu'elle soit; mais on ne saurait transporter sans danger des voyageurs sur des pentes qui dépassent celles des plans inclinés du chemin de Roanne à Saint-Étienne, et dont la limite est de 5 centièmes.

L'autorité, en Angleterre, a défendu tout transport régulier de voyageurs sur le chemin de Cromfort à Peakforest dans le Derbyshire, parce que la pente s'y élevait en plusieurs points jusqu'à 11 centièmes.

Le chemin doit, autant que possible, entrer dans les stations extrêmes en rampes de 2 ou 3 millièmes. Ces rampes ont un double but, celui de ralentir les convois à l'arrivée et celui d'en faciliter le départ.

Dans les stations intermédiaires, où les trains partent tantôt dans une direction, tantôt dans l'autre, et où l'on est obligé quelquefois de faire pousser les wagons sur les voies de garage par des hommes dans tous les sens, le rail doit être de niveau.

Il faut aussi établir le chemin de niveau à l'emplacement des changements de voie ou dans toute autre partie où la résistance se trouve déjà augmentée par d'autres causes que la pente.

Nous avons dit que la théorie des machines locomotives était encore trop incomplète et le mode de construction de ces machines encore trop variable pour qu'on pût déterminer, par des calculs certains, des rapports mathématiques entre les dimensions de ces moteurs et le tracé d'un chemin de fer. Nous indiquerons néanmoins, au chapitre des locomotives, quelle est la marche que l'on doit suivre si on veut se contenter d'approximations. On prend alors pour types certains modèles de machines en usage et pour base du calcul certains résultats d'expérience.

ÉTENDUE DES GARES ET DIMENSIONS DE LA VOIE.

Étendue des gares. — Nous avons montré que le choix de l'emplacement d'une gare n'était pas toujours sans influence sur le tracé. L'étude des gares, du moins en ce qui concerne leur emplacement et leur étendue, doit donc avoir lieu en même temps que celle du tracé de la ligne proprement dite.

Il nous reste à présenter quelques considérations à ce sujet.

Déjà nous avons signalé les inconvénients et les avantages des gares communes ; nous avons essayé de faire comprendre que les gares extrêmes doivent être établies à une plus ou moins grande distance du centre des villes, suivant que les terrains sur lesquels le chemin de fer doit être construit dans l'intérieur de la ville sont plus ou moins coûteux, suivant la longueur du chemin, la nature du tonnage, etc. Nous avons dit aussi combien il importait d'éloigner les gares de voyageurs ou de marchandises des tranchées ou des souterrains courbes.

Il est rare que, quelque soin qu'ait pris un ingénieur de placer

une gare à la plus petite distance possible des villes que le chemin de fer dessert, les conseils municipaux de ces villes ne tentent d'obtenir par la voie des enquêtes des modifications dans le tracé ayant pour but de le conduire plus près encore du centre. Il faut prévoir cette opposition et réunir à l'avance tous les éléments nécessaires pour la combattre ¹.

Il ne suffit pas qu'une station soit à proximité des quartiers populeux d'une ville, il faut encore que les abords en soient faciles. C'est une des principales conditions à remplir.

Il n'est pas moins utile de donner à la station l'étendue nécessaire aux besoins du service. Cette étendue varie suivant la nature et l'importance de ce service.

L'étendue d'une gare extrême de chemin de fer est ordinairement considérable. Dans les grandes villes, où viennent se croiser des chemins de fer qui traversent le pays d'une extrémité à l'autre et auxquels viendront se souder dans l'avenir une infinité de branches plus ou moins longues, on ne saurait faire les gares trop vastes.

Personne ne peut prévoir quelle limite atteindra un jour le mouvement toujours croissant des voyageurs et des marchandises, et, si on n'agrandissait les gares qu'au fur et à mesure des besoins, on s'exposerait à payer à un prix exorbitant les terrains nécessaires.

Il y a une dizaine d'années, on considérait comme assez spacieuse, pour un service de voyageurs seulement, une gare de deux hectares environ, telle que la gare du chemin de Saint-Germain à Paris, commune au chemin de Versailles, rive droite, et de Paris à Rouen ; mais cette gare, déjà trop exiguë pour ces trois chemins, a dû être considérablement agrandie afin de pouvoir raccorder le chemin de Versailles, rive droite, avec celui de l'Ouest.

Le plan ci-joint indique l'espace occupé par l'ancienne gare et

¹ Le chemin de Nancy à Thionville, par Metz, possède deux gares aux abords de cette dernière ville. C'est le seul exemple que nous connaissions d'une ville aussi peu importante desservie par deux gares. La Compagnie n'en avait projeté qu'une seule. C'est le conseil municipal de Metz qui, par sa vive opposition, est parvenu à obtenir du conseil des ponts et chaussées l'établissement de la seconde.

celui dans lequel se trouvait renfermée la gare actuelle l'année dernière. Cette gare vient encore d'être agrandie.

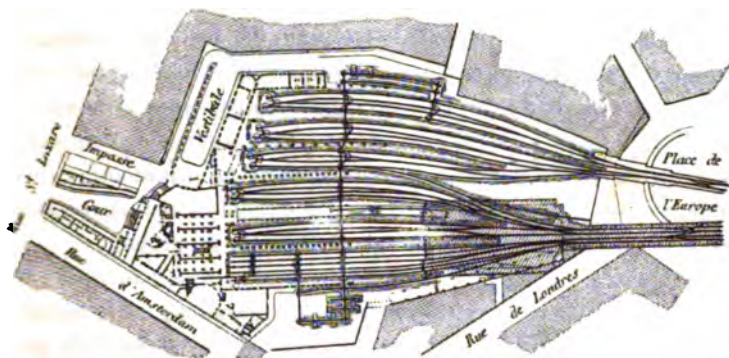


Fig. 7. — Plan de la gare des chemins de l'Ouest à Paris.

La gare des voyageurs du chemin de fer du Nord à Paris couvre un espace de 7 hectares 90 ares, et elle semble insuffisante, puisque la Compagnie est sur le point d'en établir une nouvelle dans le quartier des Champs-Élysées.

Celle du chemin de Strasbourg, occupant dans l'origine 4 hectares 57 ares, était beaucoup trop petite. La surface du terrain acheté pour l'agrandir est de 1 hectare 23 ares, ce qui porte sa contenance à 5 hectares 60 ares.

Mais c'est bien plus encore les gares pour les marchandises et les gares pour les ateliers que l'on sent aujourd'hui la nécessité d'augmenter. Tant qu'on s'est figuré que les chemins de fer n'étaient guère propres qu'aux transports des voyageurs, on s'est médiocrement préoccupé des dispositions à prendre pour le service des marchandises ; mais les faits n'ont pas tardé à démentir cette idée fausse, et sur toutes les lignes importantes, en Angleterre et en France, on augmente aujourd'hui les gares de marchandises. Partout on a reconnu que les anciennes étaient trop petites, non-seulement parce que le chiffre du mouvement des marchandises s'était élevé, mais aussi parce que les manœuvres dans les magasins ne pouvaient se faire avec rapidité et économie si l'espace était trop restreint.

En Angleterre, où cependant on devait être préparé à d'énormes transports de marchandises, où l'emploi des moyens mécaniques était depuis longtemps perfectionné, et où l'exploitation des canaux avait dû fournir des données précieuses sur le mouvement et l'emmagasinage de la marchandise, les gares des principaux chemins de fer ont subi ou doivent subir d'importantes modifications qui toutes ont pour objet, en accroissant l'étendue, en multipliant les quais et les hangars, de donner de nouvelles facilités au commerce et d'introduire de notables économies dans la manutention. Ces changements ne s'opèrent qu'avec des difficultés qui ne peuvent pas toujours être levées par de grands sacrifices d'argent.

Au chemin du Nord, la gare de la Chapelle, contenant une gare de marchandises et de grands ateliers de réparation, a 34 hectares 80 ares de superficie. Les ateliers occupent 14 hectares, et la gare des marchandises 20 hectares 8/10.

La gare de la Villette au chemin de Strasbourg, dont la contenance ne devait être, d'après les premiers projets, que de 6 hectares 28 ares, a été, depuis, considérablement augmentée, et son étendue est aujourd'hui de 34 hectares 50 ares, dont 9 hectares environ ont été consacrés à l'établissement d'une vaste carrosserie et de ses dépendances ainsi qu'à des remises de locomotives et de waggon, et 20 hectares seront affectés exclusivement aux voies principales et aux voies des marchandises. Il est vrai qu'en lui donnant d'aussi grandes dimensions on a eu en vue, non-seulement l'exploitation du chemin de Strasbourg, mais encore celle des autres chemins de fer de l'Est de la France.

Au chemin de Rouen, la gare des Batignolles a 31 hectares 70 ares de superficie; 12 hectares 60 ares sont consacrés au service des marchandises, et le reste à des ateliers, remises, chantiers, voies, etc. A Bercy, la gare du chemin de Lyon occupe 24 hectares 80 ares, sur lesquels 9 hectares 11 ares servent à loger de grands ateliers, et le reste les bâtiments ainsi que les cours du service des marchandises.

Ce n'est qu'à la condition de créer des gares de marchandises extrêmes et même des gares intermédiaires très-vastes que les chemins de fer peuvent lutter avantageusement avec les voies navigables

pour le transport des objets de peu de valeur, dont le volume est souvent considérable, et qui doivent être approvisionnés en grandes quantités pour pouvoir être transportés économiquement par convois complets.

Les gares de marchandises exigeant une aussi grande étendue de terrain, il devient presque toujours impossible de les loger dans l'intérieur des villes. C'est une des raisons pour lesquelles on les place en dehors, ou au moins dans les faubourgs.

Nous avons vu que les ateliers principaux, souvent contigus aux gares de marchandises extrêmes, occupent aussi un grand espace. Le chemin de Strasbourg, indépendamment de la carrosserie voisine de la gare des marchandises de la Villette, possède à Épernay, pour la réparation des locomotives, un grand atelier qui couvre une surface de 9 hectares et des ateliers auxiliaires près de Metz. Lorsque le chemin de Paris à Mulhouse sera livré à l'exploitation, un nouvel atelier aussi vaste que le premier deviendra nécessaire à Mulhouse.

Les gares intermédiaires, qui généralement admettent le service des marchandises aussi bien que celui des voyageurs, varient d'étendue suivant leur importance.

On peut les diviser, ainsi que nous l'avons fait, M. Polonceau et moi, dans le *Portefeuille de l'Ingénieur*, en six classes, comme suit :

Première classe. — Gares de passage hors ligne, telles que celles de Lyon, d'Orléans, de Tours, de Strasbourg, de Metz et de Nancy, et gares d'embranchement, où se trouvent ordinairement un dépôt de machines, des ateliers de réparation plus ou moins considérables, un buffet, etc., telles que celles de Montereau, Troyes, Épernay, Vierzon, Poitiers, Amiens et Lille.

Souvent les stations d'embranchement sont en même temps des stations hors ligne.

Deuxième classe. — Stations intermédiaires de première classe, admettant un mouvement considérable de voyageurs et un mouvement plus ou moins important des marchandises.

Troisième classe. — Stations de banlieue des chemins parisiens, où le mouvement des voyageurs est très-grand, et celui des marchandises nul.

Quatrième classe. — Stations intermédiaires de seconde classe,

qui, pour l'ensemble du mouvement, peuvent être comparées à celles de Lagny, la Ferté-sous-Jouarre, etc.

Cinquième classe. — Stations intermédiaires de troisième classe, telles que celles d'Ars-sur-Moselle, Brunoy, etc., etc.

Sixième classe. — Stations très-petites, où le mouvement des voyageurs est très-peu considérable et le mouvement des marchandises insignifiant.

Des tableaux publiés dans le *Portefeuille de l'Ingénieur*, qui donnent les dimensions d'un grand nombre de stations de différentes classes des chemins français et étrangers, il résulte que :

La surface occupée par les grandes gares intermédiaires hors ligne et par les gares terminales autres que les gares parisiennes, celles de Londres et de Bruxelles, abstraction faite de celles de Pesth, de Lyon et de Valenciennes, qui sont exceptionnelles, serait de 8 à 12 hectares.

Par les stations d'embranchement, abstraction faite de celle d'Épernay, qui contient de vastes ateliers, et de celle de Juvisy, qui est exceptionnellement petite, de 6 1/2 à 7 hectares.

Par les stations de banlieue :

1° D'un chemin placé dans les conditions du chemin d'Autueil, de 3,000 à 4,000 mètres carrés ;

2° D'un chemin placé dans les conditions probables du chemin de Vincennes, de 10,000 à 20,000 mètres carrés.

Par les stations intermédiaires de première classe, de 3 à 6 hectares 1/2, suivant l'importance et la nature du mouvement des marchandises.

Par les stations intermédiaires de deuxième classe, 2 hectares 1/2 environ.

Par celles de troisième classe, de 1 1/2 à 2 hectares.

Par celles du dernier ordre, de 1/2 à 1 hectare, rarement 1 hectare.

Le bâtiment des voyageurs, dans les stations hors ligne, est beaucoup plus grand que dans les stations intermédiaires de première classe. Cela tient souvent à ce qu'il contient un grand buffet.

Dans les stations d'embranchement, le bâtiment est également

plus grand que dans les stations de première classe, et se rapproche, pour l'étendue, du bâtiment des stations hors ligne; cela tient encore à la présence d'un buffet.

La partie consacrée aux voyageurs, abstraction faite du buffet, ne s'éloigne pas beaucoup, pour l'étendue, de la partie correspondante dans les stations de première classe.

Le bâtiment des stations de banlieue est généralement petit, eu égard au grand nombre de voyageurs : sa surface ne dépasse pas 435 mètres (Enghien); mais la surface des marquises ou halles couvertes est très-grande (chemins d'Auteuil et de Vincennes, Saint-Mandé).

La surface du bâtiment des voyageurs, pour les stations de première classe, varie de 400 à 450 mètres carrés.

Pour celles de deuxième classe, de 275 à 330 mètres carrés; pour celles de troisième classe, de 200 mètres carrés; celles du dernier ordre sont de moins de 100 mètres carrés.

L'étendue de l'espace consacré au service des marchandises, dans les différentes stations intermédiaires, diffère sensiblement, suivant l'importance très-variable de mouvement et suivant la nature des marchandises manutentionnées.

Il en est de même de la surface couverte. Cette surface varie ordinairement de 5 à 20 mètres par tonne de marchandises.

Une même surface couverte pouvant aisément servir pour un nombre plus ou moins considérable de voyageurs, selon que le nombre des trains desservant la station chaque jour est plus ou moins grand, il ne faudrait pas établir la même proportionnalité entre le nombre des voyageurs et la surface couverte qu'entre la quantité de marchandises.

Dimensions de la voie. — Après avoir déterminé l'emplacement et l'étendue des gares, il faut, pour compléter l'étude du chemin telle qu'elle doit être faite avant que l'on commence les travaux fixer les dimensions de la voie et de ses dépendances.

La largeur de la voie sur tous les chemins de fer servant au transport des voyageurs, en France et en Belgique, ainsi que sur la plupart des chemins anglais, est de 1^m,50 à 1^m,51 d'axe en axe des

rails, ou de 1^m,44 à 1^m,46 seulement, si on la mesure de la face intérieure des rails.

Au chemin de Londres à Yarmouth, dit *Eastern-Counties-Railway*, la voie a été établie avec 1^m,52 de largeur; sur les chemins de Dundee à Arbroath, et d'Arbroath à Forfar, cette largeur est de 1^m,68. Sur les chemins d'Irlande, et sur celui de Saint-Pétersbourg à Paulosk, on l'a portée à 1^m,85; sur ceux de Hollande, à 1^m,93; enfin, sur le chemin de Bristol, M. Brunel a adopté une voie large de 2^m,13 de dedans en dedans, ou moitié en sus de la distance usitée de 1^m,44. En Espagne, on a adopté la largeur de 1^m,70.

Le tableau suivant indique la longueur des chemins à voies étroites et à voies larges construits en Angleterre, en 1853, ainsi que celle des chemins de fer sur lesquels on a posé trois files de rails, afin de pouvoir marcher sur des voies de deux largeurs différentes.

Chemins de fer anglais exploités au 31 décembre 1853.

	VOIE ÉTROITE (1 ^m ,44).	VOIE D'IRLANDE (1 ^m ,70).	VOIE LARGE (2 ^m ,15).	VOIE MIXTE.	TOTAL.
Angleterre. . . .	8,252 ^h	»	1,007 ^h	155 ^h	9,412 ^h
Écosse.	1,600	»	»	»	1,600
Irlande.	15	1,548 ^h	»	»	1,561
TOTAUX. . . .	9,865 ^h	1,548 ^h	1,007 ^h	155 ^h	12,573 ^h

Le but que l'on s'est proposé principalement en agrandissant l'espace entre les rails est de se ménager la possibilité de construire des machines locomotives plus larges avec des roues d'un plus grand diamètre, munies de chaudières plus puissantes, et, par suite, capables de marcher à des vitesses supérieures.

Quelques fabricants de machines ont aussi demandé que la voie fût élargie, afin, disaient-ils, que, les pièces du mécanisme placées

entre les roues occupant un plus grand espace, il en résultât plus de facilité dans la construction et l'entretien.

La controverse sur la question de savoir quelle était la largeur de voie la plus convenable a été très-vive, surtout entre les ingénieurs anglais. Une commission a été nommée par le gouvernement anglais pour l'examiner. Voici quelles ont été les conclusions du rapport qu'elle a publié :

1° L'élargissement de la voie ne présente aucun avantage en ce qui concerne la sûreté et le confort des voyageurs.

2° On peut, avec de larges voies, atteindre de plus grandes vitesses qu'avec les voies ordinaires ; mais il y aurait du danger à dépasser le maximum de vitesse obtenu sur les voies ordinaires avec des chemins construits comme le sont les chemins actuels. (Cette vitesse, avec les nouvelles machines de Crampton, peut atteindre de 100 à 110 kilomètres par heure.)

3° La voie ordinaire est préférable pour le transport des marchandises, elle est mieux appropriée aux exigences du commerce.

4° L'usage des larges voies nécessite de plus grandes dépenses d'établissement, et la réduction qui en résulterait dans les frais d'entretien et de locomotion ne paraît pas être de nature à compenser l'accroissement des premiers frais.

5° Il est très-important que, dans un même pays, la largeur de la voie soit uniforme. On éprouve de grands inconvénients des différences de largeur des voies du chemin de Bristol et du chemin de Gloucester, et on a dépensé une somme considérable pour ramener, sans interrompre l'exploitation, la voie du North-Eastern-Railway à la dimension ordinaire (1^m,44).

6° Le mécanisme des nouvelles machines étant beaucoup plus simple que celui des anciennes et étant placé en grande partie, ainsi que les cylindres, en dehors des roues, l'objection des fabricants qui réclamaient une plus grande largeur de voie, afin de le loger plus facilement, est devenue sans valeur.

7° La commission ne voit donc aucune raison pour opérer un changement dans la largeur de la voie (1^m,44 intérieurement).

Nous avons exprimé, dans la première édition de cet ouvrage, une opinion semblable à celle de la commission anglaise ; mais

nous nous rangeons à l'opinion de M. Polonceau, qui a une plus grande expérience que nous de la construction des machines, et qui est d'un avis contraire.

L'agrandissement de la voie est, du reste, impossible dans des pays comme la France, la Belgique, l'Allemagne, etc., où de grands réseaux sont déjà livrés à l'exploitation, et où il serait très-fâcheux d'introduire de nouvelles lignes avec une voie différente. Mais il y aurait sans doute des avantages à adopter une voie plus large dans certains pays comme la Russie ou l'Espagne, qui ne possèdent encore qu'un très-petit nombre de chemins de fer. En Russie, surtout, où le terrain est peu coûteux, et où les ouvrages d'art, les grandes tranchées et les grands remblais sont peu nombreux, la voie large semble devoir obtenir la préférence.

En France, sur plusieurs lignes récemment construites, on a augmenté la largeur entre les faces intérieures des rails d'environ 1 centimètre, afin de faciliter le mouvement oscillatoire des roues connu sous le nom de lacet. Une différence aussi légère entre les nouvelles et les anciennes voies n'oblige en aucune manière à employer des machines différentes.

La largeur de l'entre-voie (espace entre les deux voies parallèles), sur la plupart des chemins de fer de France et de Belgique, est de 1^m,80; sur le chemin de Lyon, elle est de 2^m,20; sur le chemin de Londres à Birmingham, de 1^m,92; sur le chemin de Bristol, de 1^m,87; sur le chemin de Bruxelles à Mons, de 2^m,50.

On détermine la largeur de l'entre-voie de manière que, deux convois qui marchent en sens contraire venant à se croiser, il reste entre les caisses des voitures un espace libre assez grand pour que les marchepieds ne puissent se choquer et que les voyageurs ne puissent se blesser en sortant la tête par la portière.

La largeur de l'entre-voie sur le chemin de Lyon nous paraît la plus convenable. Nous ne verrions même que des avantages à l'augmenter de quelques centimètres. On pourrait alors donner un peu plus de largeur aux caisses des voitures et établir au dehors des galeries qui seraient d'une grande utilité.

Sur le chemin de Saint-Étienne à Lyon, l'entre-voie n'étant que de 1 mètre, on s'est trouvé fort gêné pour la construction des voi-

tures, et on a été obligé de leur donner une grande longueur en faisant porter la caisse sur deux trains séparés.

Sur le chemin de Liverpool à Manchester, construit vers la même époque que celui de Saint-Étienne à Lyon, l'entre-voie est plus grande; elle est de 1^m,55.

Si le matériel du chemin de Paris à Mulhouse n'eût pas dû circuler sur toutes les autres lignes du réseau de l'Est, on eût certainement donné 2^m,20 au moins de largeur à l'entre-voie de ce chemin; mais, eu égard à cette circonstance, on s'est borné à adopter la largeur de 2 mètres, qui est de 20 centimètres plus grande que celle du chemin de Paris à Strasbourg, uniquement parce qu'il a été reconnu que, avec la largeur de 1^m,80 et le matériel ordinaire, le service était souvent dangereux. On a aussi adopté cette largeur de 2 mètres pour les nouvelles lignes du réseau du Nord.

Pour les chemins du Midi, l'entre-voie sera de 1^m,86.

La largeur des accotements varie ainsi que l'inclinaison des talus avec la nature des terrains. Elle doit être d'autant plus grande que le sol sur lequel repose la voie est plus mauvais. Ainsi, sur les remblais en terrains ordinaires, elle est de 0^m,50 plus grande que dans les tranchées. Lorsque le terrain est marécageux, c'est au contraire dans les tranchées qu'elle est la plus grande. Dans certains terrains de ce genre, elle est de 5 mètres en tranchée et de 1^m,50 à 2 mètres en remblai.

Cette largeur est nécessaire pour que l'ébranlement produit lors du passage des convois ne puisse déterminer facilement des éboulements et pour que, dans le cas où des éboulements auraient lieu, les voies ne puissent pas être entraînées ou couvertes facilement.

On proportionne aussi la largeur de l'accotement à la résistance que présente le ballast au déplacement latéral des traverses. Plus le ballast est résistant, moins il est sujet à *couler*, plus est faible la largeur de l'accotement.

Sur le chemin de Bristol, en terrain ordinaire, la distance de la face extérieure du rail à la crête du remblai ou à l'arête du fossé est de 1^m,45; sur le chemin de Liverpool à Manchester, de 1^m,52; sur celui de Londres à Birmingham, de 2^m,20; sur les nouveaux chemins belges, elle est de 1^m,75.

Sur les chemins de fer français récemment construits, elle doit être, aux termes du cahier des charges, en bon terrain, de 1 mètre en déblai et de 1^m,50 en remblai.

Dans les souterrains, et quelquefois sur les ouvrages d'art, on diminue la largeur de l'accotement afin de réduire la dépense. Les eaux s'écoulent alors par un fossé ou par un aqueduc placé au milieu. Il ne faut pas oublier qu'une trop grande réduction de la largeur de l'accotement dans les souterrains peut exposer à de graves accidents.

La largeur des fossés creusés le long de la chaussée dans la tranchée et le long des talus des tranchées ou des remblais, et, en général, toutes leurs dimensions, doivent être en rapport avec le maximum de la quantité d'eau qu'ils sont destinés à recevoir.

Au chemin de Strasbourg, dans une partie du chemin voisine de Nancy, les fossés étant de dimensions insuffisantes pour donner écoulement aux eaux au moment d'une grande crue, la chaussée a été inondée, le ballast a été enlevé, et la voie dérangée à tel point, qu'il en est résulté le déraillement d'un convoi, accident qui aurait pu avoir les plus graves conséquences.

Il est donc de la plus haute importance de préserver aussi bien que possible, par des moyens quelconques, tous les ouvrages d'un chemin de fer, et notamment la voie, du contact des eaux, soit souterraines, soit pluviales. On ne doit rien épargner pour atteindre ce but.

Les règles qui servent à déterminer l'inclinaison des talus des tranchées ou des remblais pour les routes ou pour les canaux s'appliquent aussi aux chemins de fer. Nous devons néanmoins faire observer que, sur un chemin de fer, les conséquences d'un éboulement sont bien autrement graves que sur une route ordinaire, bien plus difficiles à réparer, et que les dépenses pour modifier les talus d'une tranchée, une fois le chemin en activité, sont bien plus considérables.

Il est donc essentiel, sur un chemin de fer, de déterminer l'inclinaison des talus avec assez d'exactitude pour qu'il ne devienne pas nécessaire de les retoucher après l'ouverture du chemin.

Sur le chemin d'Alais à Beaucaire, l'éboulement du talus d'une

tranchée a occasionné, en barrant la voie, la rupture d'une locomotive et de plusieurs waggons chargés de charbon. Sur celui de Londres à Bristol, un accident du même genre a eu pour conséquence la mort de plusieurs voyageurs. Sur le chemin de Versailles (rive gauche), dans la grande tranchée de Clamart, la rectification d'une partie des talus, après l'ouverture du chemin, a exigé une dépense double de celle qui eût été nécessaire pour le même travail s'il eût été fait de prime abord.

L'angle sous lequel se soutiennent les talus des tranchées varie suivant la nature du terrain. On trouvera de précieuses indications à cet égard dans l'ouvrage de M. Minard *sur les ouvrages qui établissent la navigation des rivières et des canaux*, et dans l'ouvrage anglais de Brees, traduit en français sous le nom de *Science pratique des chemins de fer*.

Quel que soit cet angle, il ne faut pas oublier que tel terrain qui résistera avec un talus d'une grande inclinaison avant d'être exposé aux intempéries de l'air pourra s'écrouler sous le même angle lorsqu'il en aura subi l'influence. Certains schistes, surtout, s'attendrissent en peu de temps au contact de l'air.

Lorsque le terrain est très-coulant, les talus ne se soutiennent sous aucun angle, et il faut dans ce cas employer différents moyens que nous indiquerons au chapitre des terrassements.

Anciennement, on était dans l'usage de ménager, sur les talus des grandes tranchées, à une petite hauteur au-dessus du fossé, une

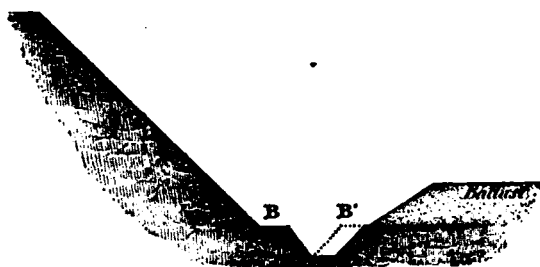


Fig. 8. — Banquettes.

banquette d'environ 0^m,30 de largeur, sensiblement inclinée contre les talus. Cette banquette avait pour but d'empêcher les petites

pierres qui se détachent des talus, surtout par l'action de la gelée et du dégel, de descendre dans le fossé et de l'obstruer. Elle recevait aussi, comme lieu de dépôt momentané, des boues dépendant du nettoyage des fossés. Aujourd'hui on supprime la banquette B (fig. 7), et on remplace le profil en ligne pleine au bas du talus par le profil en ligne ponctuée. La banquette se trouve alors transportée en B' le long de la chaussée, et elle sert en même temps au dépôt momentané des boues et à la circulation des cantonniers.

Quant aux pierres détachées des talus, elles descendent dans le fossé, d'où on les retire en le nettoyant.

Quelques ingénieurs, cependant, ayant remarqué que les boues déposées sur la banquette qui longe la voie nuisaient à l'écoulement des eaux qui traversent la chaussée et gênaient pour la circulation, ont maintenu la banquette sur le talus.

On a aussi ménagé des banquettes ou construit des cavaliers du côté des vents dominants et planté des arbres.

Souvent encore on a établi d'autres banquettes espacées de quatre mètres en quatre mètres ; elles divisent les lignes de plus grandes pentes de talus en plusieurs parties sur lesquelles les eaux pluviales ne peuvent pas acquérir une vitesse capable de les raviner. Néanmoins l'expérience a démontré que ces banquettes étaient plutôt nuisibles qu'utiles si on ne les disposait pas en forme de fossés dans toute leur longueur. Dans ce cas, on donne écoulement aux eaux de ces fossés au moyen de rigoles en maçonnerie établies de distance en distance sur la surface des talus.

Sur certains chemins de fer, celui de Lyon, par exemple, on a placé avec avantage des cavaliers ou des petits murs au sommet des talus des tranchées.

Au chemin de Strasbourg, dans les mois de février et décembre 1855, et dans les premiers jours de janvier 1854, des encombrements de neige ont, sur divers points, forcé à suspendre la marche des trains. Ces encombrements ont été produits par des quantités de neige considérables qu'une tempête de vent ouest-sud-ouest balayait dans la plaine et chassait dans les tranchées. Ce sont surtout les tranchées peu profondes qui ont été comblées ; les grandes tranchées ont été épargnées, les neiges se sont accumulées dans le haut

des talus, mais sans s'étendre sur la voie de fer. Dans les parties boisées, les tranchées peu profondes ont été préservées des neiges aussi bien que celles d'une grande profondeur.

Pour se préserver autant que possible de ces envahissements de la neige, les clôtures sèches ont été remplacées par des écrans en planches. Ces écrans ont produit un assez bon effet; et nous en avons fait usage fréquemment depuis lors.

« Les accumulations de neige, dit M. Muntz, ont lieu principalement du côté des vents dominants, dans les tranchées, dans les passages des remblais aux déblais, et sur les points où une barrière ou un passage par-dessus forme un obstacle qui arrête l'action des vents.

« Le moyen le plus efficace qu'on emploie pour garantir les points les plus exposés consiste dans l'élargissement de la tranchée par la création d'une banquette de 2^m,50 à 4^m,00 de largeur, établie du côté des vents dominants; de plus, dans la construction d'un cavalier de 1^m,20 à 1^m,50 de hauteur et élevé à une certaine distance de la crête du talus.

« Ces deux précautions réunies suffisent pour forcer les neiges à se déposer sur les banquettes et à n'envahir que faiblement la voie proprement dite. L'élargissement de la tranchée présente encore l'avantage de faciliter le passage de la grande charrue à neige, qui, sans cette précaution, comprimerait tellement la masse, qu'elle pourrait difficilement la traverser quand les hauteurs de neige atteignent de 1^m,00 à 1^m,20.

« En Bavière, on se contente quelquefois, au lieu de former une banquette, de donner au talus des tranchées exposées aux neiges mouvantes une inclinaison de 5 de base pour 1 de hauteur, pour conserver aux vents la possibilité de chasser la neige, qui se dépose sans cette précaution. »

« Sur les points où il n'existe ni cavaliers ni banquettes, et où les encombrements se produisent sous l'action des vents forts et continus, on remplace les cavaliers par des clôtures en planches de 1^m,50 à 2 mètres de hauteur, placées de 7 à 10 mètres en arrière de la crête des talus, ou par des haies vives et des plantations d'épicéas et d'autres arbustes d'une croissance rapide. Ces plantations

sont établies sur trois rangs parallèles si elles ne se font pas en massif.

« Les plantations essayées sur une vaste échelle ont rendu de très-bons services dès qu'elles avaient atteint une hauteur de 2 mètres, et les effets obtenus par ces moyens combinés ont été tellement favorables, que la circulation n'a dû être interrompue, même dans les points les plus exposés, que pendant quelques heures, et à des époques éloignées de plus d'une année.

« Sur le Fichtelberg, on s'est contenté de former des haies avec des branches de pins et de sapins dont on pouvait disposer dans la localité, en attendant que les plantations eussent acquis la hauteur nécessaire pour servir d'abri. »

L'inclinaison du talus des remblais est ordinairement de 1,5 sur 1. Elle est plus faible lorsque la nature du terrain oblige à donner de l'empatement au remblai.

Il est nécessaire aussi d'intercepter, au moyen de cavaliers ou de fossés, les eaux qui coulent à la surface, et qui pourraient endommager les grands talus. La bande de terrain nécessaire pour loger les cavaliers, les fossés, les treillages, les haies et les sentiers qui bordent les grandes tranchées doit avoir de 1^m,50 à 3 mètres de largeur, suivant les circonstances. On creuse également un fossé au pied des remblais quand l'inclinaison générale du terrain amène vers leur pied les eaux pluviales.

Les figures 9 et 10 représentent les coupes adoptées comme types pour la voie sur les nouvelles lignes du réseau de l'Est.

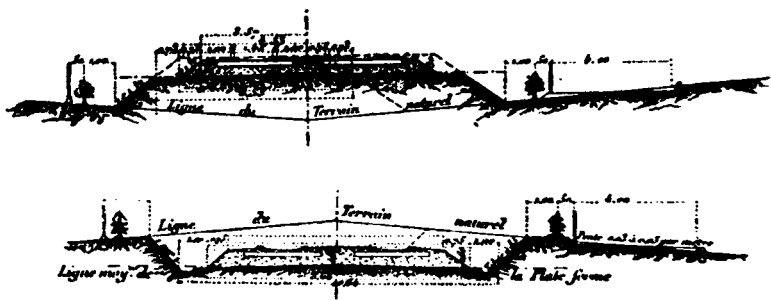


Fig. 9 et 10 — Profils en travers des chemins de l'Est.

La largeur des fossés et de la bande de terrain qui bordent les tranchées et les remblais varie comme nous l'avons indiqué.

Quelquefois, lorsqu'il se trouve de grands arbres près de la voie, il peut être utile d'acheter le terrain qu'ils occupent, afin de les abattre. Leur voisinage n'est pas sans inconvénients et même sans danger. Ils entretiennent sur la voie une humidité qui rend la traction difficile. Ils sont assez souvent mis en feu par des étincelles échappées de la locomotive. Enfin leur chute sur le chemin peut occasionner des accidents.

Les renseignements suivants, empruntés aux *Documents statistiques*, publiés par le gouvernement en 1856, indiquent exactement l'espace moyen occupé par les différentes parties des chemins de fer construits en France à la fin de 1853.

L'ensemble des terrains acquis pour l'établissement des 4,063 kilomètres livrés à l'exploitation à la fin de l'année 1853 était d'environ 13,800 hectares, représentant 0,00027 de la surface de la France, et environ 34 hectares par myriamètre de chemin.

Cette moyenne, par myriamètre, varie d'une ligne à l'autre. Elle ne descend pas au-dessous de 16 hectares, et s'élève à 43 1/2 hectares pour le chemin de fer de Frouard à Forbach.

D'après un relevé fait sur un assez grand nombre de chemins, les 34 hectares par myriamètre se décomposeraient comme suit :

			Hectares.
1° Voie ou largeur en couronne.	Superficie. . .	9	ou 26 0/0
2° Stations, ateliers, cours, voies d'évitement.	Id. . .	3	— 9
3° Talus, fossés, banquettes, perrés. . .	Id. . .	17	— 50
4° Déviations de chemins et cours (hors clôture).	Id. . .	4	— 12
5° Terrains pouvant être revendus.	Id. . .	1	— 3
Ensemble.	Id. . .	34	ou 100 0/0

Ainsi, de toute la superficie acquise pour l'établissement des chemins de fer, les 85 centièmes sont compris entre clôtures, dont 35 centièmes seulement occupés utilement par la ligne, la voie et les gares.

La largeur de la bande occupée est ainsi de 34 mètres en

moyenne. Celle des différents chemins de fer s'écarte plus ou moins de cette moyenne.

Ainsi elle a sur le chemin de Lyon :	34,03
De Strasbourg.	28,03
Du Nord.	33,05
D'Orléans.	42, »
D'Orléans à Bordeaux.	35,10
De Mulhouse.	35,00
Du Centre.	23,20
De Blesmes à Gray.	36,48
De Tours à Nantes.	37,50
De Frouard à Forbach.	43,60
De Creil à Saint-Quentin.	38,10
D'Amiens à Boulogne.	34,10

Nous avons présenté quelques considérations générales sur le tracé des chemins de fer, nous avons établi certaines règles pour le choix de la meilleure ligne à suivre; ce sera placer l'exemple à côté du précepte que de nous livrer à l'examen critique du tracé de quelques-uns des chemins de fer déjà exécutés.

Du tracé de quelques chemins de fer remarquables.

Les chemins de fer, au point de vue de leur tracé, peuvent se diviser en :

Chemins à pentes faibles.

Chemins à pentes moyennes.

Chemins à fortes pentes.

Nous appelons :

Chemins à pentes faibles ceux dont l'inclinaison, à quelques exceptions près, reste au-dessous de 8 à 10 millimètres;

Chemins à pentes moyennes ceux sur lesquels on rencontre, sur une partie notable du parcours, des pentes atteignant 8 à 10 millimètres;

Chemins à pentes fortes ceux dont le tracé admet, sur une certaine étendue, des rampes inclinées de plus de 10 millimètres.

Les chemins à faibles pentes, sur lesquels le transport des voyageurs s'opère à grande vitesse, sont généralement desservis dans toute leur longueur par des machines locomotives. Ce n'est que par exception que l'on a établi, dans le voisinage des stations extrêmes, des plans inclinés à machines fixes. Encore renonce-t-on depuis quelques années à ces machines pour leur substituer de puissantes locomotives.

Nous décrirons parmi ces chemins :

1° Le chemin de fer de Paris à Lille et Valenciennes (chemin du Nord).

2° Les chemins de Paris à Rouen, de Lyon à Avignon et d'Avignon à Marseille, chemins qui, avec ceux de Lyon et du Havre, constituent la grande ligne du Havre à Marseille.

3° Le chemin de Paris à Mulhouse.

4° Les chemins de Saint-Germain et de Versailles, rive droite et rive gauche, et le chemin de Paris à Auteuil.

5° Les chemins anglais de Londres à Birmingham, Midland-Counties-Railway, North-Midland-Railway, et Great-Northern-Railway, qui forment ensemble une des grandes artères qui s'étendent du sud au nord de l'Angleterre, de Londres à Newcastle. Sur toute l'étendue de cette ligne, les pentes ne dépassent jamais 4 millimètres, et le rayon des courbes est généralement de plus de 1,500 mètres.

6° Le chemin de Londres à Bristol (Great-Western-Railway), l'un des chemins de l'Angleterre le plus remarquable par son mode de construction et l'un des plus fréquentés.

7° Les chemins de Dublin à Kingstown et de Londres à Blackwall, établis pour de petits parcours aux abords de la capitale.

8° Enfin les chemins allemands du Nord, de Vienne à Gloggnitz, le chemin Badois et celui de Munich à Augsbourg.

Parmi les chemins à pentes moyennes, nous avons choisi comme les plus dignes d'étude :

1° Les chemins de Rouen au Havre, de Paris à Lyon, de Paris à Orléans, de Paris à Strasbourg et le chemin de ceinture de Paris.

2° Le chemin anglais de Londres à Brighton, qui peut être con-

sidéré comme le prolongement de la grande ligne de Newcastle ou d'Édimbourg à Londres vers la mer.

3° Le chemin de Londres à Douvres (South-Eastern-Railway), qui, avec celui de Londres à Bristol, établit, dans le sud de l'Angleterre, la communication entre la mer du Nord et l'Océan.

4° Les chemins de Liverpool à Manchester et de Manchester à Leeds, qui forment les deux chaînons les plus importants de la ligne qui réunit l'Océan à la mer du Nord, aboutissant d'une part à Liverpool, et de l'autre à Hull.

5° Les chemins de Newcastle à Carlisle et de North-Shields, qui traversent, comme les précédents, l'Angleterre de l'orient à l'occident.

6° Le chemin belge de la vallée de la Vesdre entre Liège et Aix-la-Chapelle.

7° Les chemins du midi de la Suisse dits chemins de l'Ouest.

Enfin nous classerons parmi les chemins à pentes fortes :

1° Les chemins de Gloucester à Birmingham, de Hetton à Sunderland, de Darlington à Stockton, et de Cromford à Peakforest en Angleterre.

2° Ceux de Saint-Étienne à Andrieux, Saint-Étienne à Lyon et Roanne à Saint-Étienne, d'Alais à Beaucaire, en France.

3° Les chemins allemands de Vienne à Trieste, les chemins saxon-bavarois de Brunswick à Harzbourg et de Stuttgart à Ulm.

4° Les chemins du nord de la Suisse et du Jura industriel.

5° Le chemin italien de Turin à Gènes.

CHEMINS A PENTES FAIBLES.

De Paris à Lille, Valenciennes, Boulogne. (CHEMIN DU NORD.) —

Les premières études du tracé du chemin du Nord remontent à une époque déjà éloignée.

Dès 1834 et dans les années qui suivirent, des plans dressés par les soins d'une société particulière furent successivement débattus au sein des conseils municipaux et des conseils généraux des départements. A cette époque, la lutte commença entre les localités dont les intérêts étaient contraires. Elle devint plus vive lorsque les en-

quêtes s'ouvrirent sur les projets de M. Vallée, ingénieur en chef, chargé, en 1834, par le gouvernement, « de chercher le moyen le meilleur de réunir entre eux les trois royaumes de France, d'Angleterre et de Belgique. » Telle était la lettre de ses instructions.

Le tracé de la ligne mère avait été étudié dans deux directions principales : l'une par Saint-Denis, Creil, Saint-Quentin, pour aboutir à Valenciennes ; l'autre par Saint-Denis, Creil, Amiens, Arras et Lille. La première ligne conduisait directement à Bruxelles, mais elle allongeait sensiblement le parcours de Paris à Londres. La seconde entraînait en communication directe avec les chemins du nord de la Belgique en se prolongeant sur Roubaix et Turcoing ; elle se liait aux chemins du Midi par un embranchement entre Douai et Valenciennes, et se prêtait mieux que la ligne par Saint-Quentin à la construction d'embranchements sur Boulogne, Calais et Dunkerque. Mais ce ne furent pas là les raisons qui lui firent accorder la préférence par le gouvernement. Le ministre des travaux publics, dans le rapport qu'il présenta aux Chambres le 15 février 1838, adoptant le système défendu depuis lors par M. Teisserenc, fit valoir en faveur du tracé par Amiens le parallélisme de la ligne de Saint-Quentin et des canaux.

« Déjà la ligne par Saint-Quentin, dit le rapport, possède une série de voies navigables les plus actives, les plus perfectionnées qui existent sur la surface du royaume ; ces voies ont contribué à un développement rapide de l'industrie des contrées qu'elles traversent et à raison de la nature des marchandises qu'elles transportent et du faible prix auquel ces transports s'effectuent ; elles feraient aux chemins de fer une concurrence nuisible et peut-être ruineuse. La ligne d'Amiens, au contraire, trouve sur une partie de son développement une contrée dépourvue de communications faciles et économiques avec le centre du royaume, et qui n'attend, pour donner son essor au commerce et à son industrie que les débouchés qui lui manquent ; enfin elle rencontre un canal qui aboutit à la mer, et qui, cette fois, loin de nuire au chemin de fer, comme la ligne de Saint-Quentin, lui viendra en aide en lui permettant de s'approprier toutes les marchandises que le canal amènera dans l'intérieur du pays. »

A cette époque, on attachait encore une grande importance aux faibles pentes. « Le tracé par Amiens et Arras, dit le ministre, admet des pentes dont le maximum est de 3 1/2 millimètres; mais *cette infériorité* sur le tracé primitif par Saint-Quentin, dont les pentes n'étaient que de 5 millimètres, est peu sensible dans la pratique, et il n'est pas démontré que les études définitives ne puissent la faire disparaître. »

Les études définitives, en réalité, loin de conduire à une réduction dans le maximum des pentes, ont porté ce maximum à 5 millièmes.

Le tracé de la ligne mère une fois arrêté, les débats ont eu lieu sur celui des embranchements vers l'Angleterre. M. Vallée avait étudié deux combinaisons différentes, et donné la préférence à la construction simultanée de trois lignes, savoir : la ligne d'Amiens à Boulogne par Abbeville et Etaples; celle de Lille à Calais par Aire, Saint-Omer et Watten; et enfin celle de Watten à Dunkerque.

De 1838 à 1843, plusieurs commissions de la Chambre des députés, la Chambre elle-même, les ministres enfin qui se succédèrent au pouvoir, eurent tour à tour à exprimer leur opinion sur la combinaison proposée par M. Vallée. Partout elle rencontra une approbation pour ainsi dire unanime.

En 1843, la Compagnie avec laquelle M. le ministre des travaux publics avait traité pour l'exploitation du chemin de fer du Nord introduisait à son tour dans le débat un tracé nouveau, dû à la main habile et expérimentée d'un ingénieur anglais, M. Robert Stephenson. Dans ce tracé, le point d'intersection de l'embranchement de Calais avec le tronc principal se trouvait placé, non plus à Arras, mais à Ostricourt, petit village situé entre Lille et Douai.

Une commission de la Chambre des députés se prononça en faveur du tracé de M. Stephenson; mais ce tracé fut repoussé par la Chambre des pairs.

Citer le rapport rédigé à cette occasion par M. le comte Daru, c'est présenter le résumé des plus hautes considérations que l'on puisse faire valoir à l'appui du tracé d'un chemin de fer.

« Les bénéfices de l'exploitation du chemin d'Ostricourt, dit M. Daru, seront incontestablement plus considérables que ceux ré-

sultant de l'exploitation de tous les autres tracés. Non que cette augmentation probable de produits soit due à la présence, sur cette direction, de villes plus peuplées, plus riches, de routes plus fréquentées : les circonstances, à cet égard, sont analogues de part et d'autre; mais elle provient de ce que les inflexions de cette ligne imposent à la circulation existante un détour, un déplacement dont le revenu profite. Autrement dit, le nombre de kilomètres parcourus est plus grand pour un même nombre de voyageurs. »

Nous avons vu d'ailleurs que ce tracé économiserait au Trésor (l'État construisant le chemin) dix à douze millions.

« Voilà les avantages réels, incontestables, qu'il présente. Au point de vue financier, il n'y en a pas qui puisse lui être comparé.

« Dès lors on comprend que M. Stephenson, qui opérait pour le compte d'une Compagnie particulière, et la commission de la Chambre des députés, qui délibérait à une époque où l'industrie des chemins de fer était en souffrance, où les capitalistes se montraient timides, défiants; où la formation des associations nécessaires pour l'application de la loi du 11 juin 1842 était tout au moins fort incertaine, on comprend que M. Stephenson et la commission de la Chambre des députés se soient prononcés en faveur de la ligne d'Ostricourt.

« Reste à savoir si, abstraction faite de ces considérations particulières, le double avantage que nous venons d'indiquer (peu de frais de premier établissement et concentration du trafic) l'emporte sur le double inconvénient inhérent à l'exécution de cette ligne : l'allongement de 20 kilomètres de la distance comprise entre Paris et Londres, et l'allongement de 22 kilomètres de la distance comprise entre Lille et Dunkerque.

« La majorité de votre commission, messieurs, ne le pense pas. Le rattachement de la ligne de Calais du côté de Carvin lui paraît grever d'une manière fâcheuse et permanente des transports dont le bas prix est absolument nécessaire, ceux de la circulation partielle.

« En effet, 1° si ce tracé était adopté, Arras, chef-lieu du département du Pas-de-Calais, centre important d'expédition vers la capitale, se trouverait privé de moyens de communication avec Béthune,

Lillers, Aire, Saint-Omer, c'est-à-dire avec les principaux sièges du commerce local, qui resteraient eux-mêmes sans liaison entre eux, ou, du moins, qui auraient à parcourir, pour communiquer les uns avec les autres, des distances doubles ou triples des distances réelles qui les séparent. Or, entre ces villes, les échanges sont continus et les rapports fréquents. Les marchés qui s'y tiennent chaque semaine, ici pour les toiles, là pour les grains, ailleurs pour les huiles, attirent un grand nombre d'individus allant et venant sans cesse. Arras est le marché central vers lequel gravitent ces divers mouvements, qui se déplaceraient par suite des inflexions de la ligne projetée. Le chemin de fer de Carvin les attirerait vers Douai, ville aujourd'hui sans commerce, sans industrie, qui deviendrait avant peu le centre de toutes les opérations commerciales, car Ostricourt est une station trop insignifiante pour pouvoir être jamais autre chose qu'un lieu de passage sans importance. La circulation serait donc plus coûteuse, plus compliquée, et troublée dans son cours et dans sa pente naturelle.

« 2° La voie de Boulogne, par le littoral de la Manche, étant écartée, il convient de ne pas allonger outre mesure la route d'Angleterre, de ne pas ajouter 20 ou 25 kilomètres encore aux 55 kilomètres de longueur que la ligne d'Arras présente de plus que la ligne de Boulogne. On peut bien penser qu'une heure d'augmentation dans la durée du trajet influera peu sur l'activité des voyages de long cours; mais on ne saurait affirmer que la circulation internationale ne souffrira point d'un allongement de 80 kilomètres et de l'élévation de la dépense qui en résulterait.

« 3° Dunkerque se trouve déjà à une grande distance de Lille par le tracé d'Hazebrouck; il en est à 86 kilomètres, tandis que la ligne de fer directe aurait 75 kilomètres seulement. On a rejeté la pensée d'une ligne droite, comme trop dispendieuse et comme ne se reliant pas au réseau du Nord. En subissant cette nécessité, il faut éviter au moins de trop séparer l'une de l'autre deux villes dont la communauté d'intérêts est visible et se révèle par une circulation très-considérable. Sans parler du transport des marchandises, le mouvement seul des voyageurs de l'une ou l'autre extrémité est en effet représenté par 2 millions de kilomètres parcourus chaque

année. L'économie résultant pour les voyageurs d'une abréviation de 20 kilomètres sera donc représentée par un nombre total de 480,000 kilomètres, et, si l'on suppose que cette circulation double, hypothèse bien modérée assurément, par l'effet du chemin de fer, l'économie sera de 960,000 kilomètres, ce qui équivaut, en formant pour tarif appliqué 7 actions, à une valeur de 67,000 fr. par année, laquelle somme, capitalisée à 4 pour 100, représente 1,680,000 fr.

« Pour apprécier l'avantage financier de la combinaison d'Ostricourt, il faut tout compter : il faudrait, par conséquent, retrancher de la somme de 12 millions, provenant de la différence des devis, celle de 1,680,000 fr. qui profiterait sans doute à la Compagnie exploitante, mais au préjudice des populations traversées. On voit donc que l'épargne est moins considérable qu'on ne le suppose; elle se réduit à 8 ou 10 millions selon les tracés; que serait-ce si l'on faisait le même calcul pour la circulation de la ligne d'Arras à Dunkerque et à Calais ?

« 4° Enfin la ligne d'Ostricourt satisfait moins bien que celle d'Arras aux conditions de la défense. L'une se replie, en effet, vers la capitale, s'abrite derrière les rives de l'Aa, de la Deule, de la Lys et des canaux, touche à des places importantes, etc., tandis que l'autre, au contraire, remonte vers le Nord, se rapproche de la frontière, et est par cela même plus accessible aux tentatives de l'ennemi. Elle ne permet pas, en cas d'attaque, de faire arriver aussi promptement des ordres, des troupes ou des munitions sur les points menacés.

« La majorité de votre commission pense donc que de pareils inconvénients sont de nature à contre-balancer les avantages d'une exécution plus économique et d'une exploitation plus fructueuse. »

Dans une autre partie de son rapport, M. Daru s'exprimait dans les termes suivants sur le degré d'importance qu'un gouvernement doit attacher aux économies à faire sur le capital de la construction.

« Une économie de 7,630,000 fr. est certes un argument considérable en faveur du tracé de M. Stephenson. Nous n'admettons pas que l'on soit recevable à le traiter avec dédain. Nous avons bien

entendu formuler, nous avons même lu, dans le rapport des ingénieurs, le singulier reproche que voici : « C'est là, dit-on, un « tracé de compagnie, cherchant les longs détours pour gagner « davantage, et les travaux faciles pour dépenser moins. » Et l'on ajoute d'ordinaire que le gouvernement doit être animé de préoccupations différentes, qu'il doit avoir plus de prévoyance de l'avenir, plus de soins des intérêts généraux, moins de soucis du produit net et de la dépense. Messieurs, sans discuter en ce moment les avantages ou les inconvénients des deux systèmes, nous nous permettons dès à présent de rappeler qu'aux termes de la loi du 11 juin 1842 ce n'est pas seulement la compagnie exploitante, c'est aussi et surtout le Trésor qui paye les frais de construction première. Or l'État est intéressé, tout comme les compagnies, à mesurer les travaux sur leur utilité réelle, à proportionner les sacrifices qu'il s'impose aux avantages qu'il espère. Le point de vue du gouvernement et celui de l'industrie privée ne sont pas aussi divergents qu'on le suppose et qu'on aime à le répéter. L'administration doit compter; elle ne doit pas affecter trop de mépris pour les considérations économiques et financières. Cela peut paraître mesquin, puéril, indigne d'un grand pays comme la France et de son gouvernement; mais, à notre avis, rien n'est plus sérieux, plus nécessaire et plus sage. Pour nous, la question n'est pas de savoir s'il est théoriquement vrai que les compagnies ont telle ou telle tendance, que l'administration tombe dans tel ou tel excès contraire; si ces reproches, que mutuellement on se renvoie, de préoccupations avides ou de profusions ruineuses sont plus ou moins mérités; tout cela peut trouver place dans des discussions de système, et nous n'avons pas à nous en préoccuper ici. Nous avons uniquement à voir, dans chaque cas particulier, si l'importance des travaux que l'on demande est justifiée par l'importance des besoins auxquels ces travaux s'appliquent, et cela, quel que soit le moyen d'action que l'on emploie; nous avons donc à examiner si une économie de 7,630,000 fr. est achetée trop cher au prix d'un allongement de parcours de 20 kilomètres. Toute la question est là; nous ne faisons que la poser en ce moment; plus tard nous chercherons à la résoudre. »

Ailleurs, M. Daru examine jusqu'à quel point le gouvernement doit, en déterminant le tracé des grandes lignes de chemin de fer, respecter les existences créées, les droits acquis.

« De l'examen des faits, dit-il, il résulte que, pour respecter les droits acquis, ou plutôt les existences créées, établies sous la garantie et par l'effet d'habitudes anciennes, pour éviter des perturbations toujours fâcheuses dans la situation économique du pays, il faudrait donner la préférence à la ligne d'Amiens.

« D'un autre côté, pour satisfaire un plus grand nombre d'intérêts, pour rendre plus productifs les capitaux engagés dans la spéculation, il faudrait donner la préférence à la ligne d'Arras.

« Ainsi voilà deux principes en présence, tous les deux utiles et bons à observer, et que l'on ne peut pas appliquer simultanément. Lequel doit fléchir ? Lequel doit l'emporter ? Telle était la question à résoudre. Votre commission, messieurs, l'a mûrement examinée. Voici le résultat de ses délibérations.

« Il n'en est pas des chemins de fer comme des moyens vulgaires de locomotion. Les routes peuvent se multiplier, se ramifier à l'infini sur la surface du territoire, aller chercher en quelque sorte tous les besoins. Les voies de fer ne le peuvent pas. Elles entraînent avec elles trop de dépenses de construction, de surveillance, d'administration, pour que, dans l'état actuel des faits connus, on puisse songer à les distribuer, nous ne disons pas avec cette profusion, mais en proportion même de tous les besoins. Bien des révolutions s'accompliront dans la science, bien des changements s'opéreront dans la situation de l'industrie, avant que le réseau voté en 1842, où les lignes les plus importantes ont pu seules trouver place, soit construit. Par conséquent, il y aura bien des souffrances, il y aura un grand trouble porté dans la situation respective des diverses localités et dans les conditions de leur richesse relative. Aussi approuvons-nous hautement la juste sollicitude avec laquelle le gouvernement et les Chambres cherchent à diminuer, autant que possible, les maux inévitables, à ménager les transitions, à éviter ces déplacements de circulation qui dépouillent les uns au profit des autres. La sagesse, la justice, l'intérêt à venir des chemins de fer, le commandent. C'est une règle en dessous de toute application aux

cas spéciaux ; la commission veut avec raison généralement l'appliquer.

« Mais, lorsque l'application de cette règle a pour résultat de porter atteinte au principe fondamental de l'établissement des voies de fer, lorsqu'elle conduit à en multiplier l'emploi au delà des besoins, sans les proportionner à l'activité des relations existantes, ou à rendre ruineuses des entreprises qui auraient pu sans cela être profitables ; alors mieux vaut, selon nous, produire un mal en quelque sorte individuel et local, par des mesures toujours regrettables en elles-mêmes, mais nécessaires, qu'un mal public et général, par des mesures conçues dans un faux esprit de conciliation. »

Les pentes du chemin de fer du Nord ne dépassent jamais 5 millièmes. De Paris à Soisy, dans la vallée de Montmorency, elles sont généralement de moins de 3 millièmes ; à Soisy, on commence à s'élever vers Franconville, en suivant une rampe qui a environ 6 kilomètres de longueur, et dont la pente a 3 ou 4 millièmes ; de Franconville, on descend à Pontoise par une pente à peu près semblable. De Pontoise à Clermont, les pentes sont ordinairement de 3 millièmes et au-dessous ; de Clermont à Quincampoix, on gravit une rampe d'environ 4 millièmes, de 21 kilomètres de longueur, et de Quincampoix, on redescend vers Amiens par une pente qui varie de 2 à 4 millièmes. D'Amiens à Miraumont, les pentes ne dépassent généralement pas 3 millièmes. Un peu plus loin, on trouve une rampe de 4 à 5 millièmes sur une longueur de 8 kilomètres, puis une pente de même inclinaison sur 5 kilomètres. Les pentes varient jusqu'à Douai entre 3, 4 et 5 millièmes ; mais, comme elles se succèdent sur de petites longueurs avec des inclinaisons en sens contraire, elles ne sont pas défavorables à la traction. Le profil de Douai à Templemar est à peu près semblable. De Templemar à Wattignies, on suit une rampe de 5 millièmes sur 2,500 mètres environ ; puis le profil jusqu'à Turcoing offre une série de pentes et contre-pentes variant de 1 à 5 millièmes. Le profil de l'embranchement de Douai à Valenciennes présente une grande analogie avec celui de Douai à Turcoing.

Les courbes de Paris à Saint-Just ont toutes au delà de 1,000 mètres de rayon. De Saint-Just à Amiens, on trouve deux courbes de

800 mètres. Au delà d'Amiens, les courbes ont également 1,000 mètres au moins de rayon, à l'exception de celle de 524 mètres de rayon au raccordement de l'embranchement de Valenciennes, tout près de Douai ; d'une autre de 500 mètres, près de la station de Lille, et d'une troisième de 620 mètres à la station de Turcoing.

Les pentes de 4 à 5 millièmes ne paraissent pas nuire à l'exploitation en ce qui concerne le transport des voyageurs ; mais, lorsqu'elles s'étendent sur une certaine longueur et se trouvent sur des parties de trajet où la courbure du chemin accroît déjà la résistance, elles nécessitent quelquefois pour la traction des convois de marchandises l'emploi de machines de renfort.

On reproche au tracé du chemin du Nord le grand nombre de courbes, surtout dans certaines parties du trajet où il semble qu'on aurait pu les éviter, et la fâcheuse position de ces courbes dans des tranchées aux abords des stations.

A peine sorti de Paris, entre cette ville et la Chapelle-Saint-Denis, où sont placés les ateliers et la gare des marchandises, on trouve une partie de la ligne recourbée en S dans une tranchée où les trains ne peuvent s'apercevoir que d'une petite distance.

A Pontoise, les abords de la station, placée à l'extrémité d'une tranchée courbe et près d'un pont dont les remblais masquent les convois, sont considérés comme très-dangereux. Un passage à niveau dans ces conditions eût été préférable à un pont.

A Saint-Denis, la station se trouve également près d'un pont, et entre deux tranchées dont la courbure est en sens contraire.

De Clermont à Ailly, le tracé est très-tortueux et presque toujours en tranchées ou en remblais.

A Douai, les fortifications masquent les abords de la station, et on avait laissé subsister, tout auprès, des ponts tournants que la Compagnie a regardés comme tellement dangereux, qu'elle leur substitue des ponts fixes.

La station de Breteuil est placée sur une rampe de 2 millièmes et demi, qui rend souvent difficiles la manœuvre et le départ des trains de marchandises.

On reproche aussi au tracé du chemin du Nord la multiplicité des passages à niveau : on en compte 1 par 1,200 mètres ; c'est en

même temps une cause d'accidents et une lourde charge pour l'exploitation.

Les travaux d'art du chemin du Nord n'offrent aucune particularité digne d'intérêt. Les travaux de terrassement ont été assez considérables. Sur certains points, ils ont présenté de grandes difficultés d'exécution, par exemple, la tranchée des Ogiers, entre Lille et la frontière belge, tranchée qui a été creusée par des procédés décrits dans le *Portefeuille de l'Ingénieur*.

Deux stations sur le chemin du Nord méritent d'être étudiées : la station de départ à Paris et la station d'Amiens, commune aux chemins du Nord et d'Amiens à Boulogne. La charpente de la station de Paris est remarquable par sa légèreté.

On trouve, sur le chemin du Nord, quatre stations à point de rebroussement : celle d'Amiens, de Lille, de Valenciennes et de Douai. On a établi des courbes de raccordement pour éviter aux convois l'entrée dans la station.

Le chemin du Nord est l'œuvre de deux habiles ingénieurs des ponts et chaussées, MM. Onfroy de Bréville et Busche.

Chemin de Paris à Rouen. — Le chemin de Rouen est l'un des chemins projetés, il y a quelques années, dans le système des pentes les plus faibles. Les études du projet, qui a été mis à exécution, ont été faites par deux ingénieurs distingués du corps des ponts et chaussées, MM. Bellanger et Polonceau, que l'on a vus avec peine privés de la gloire de mettre à exécution cette grande œuvre qu'ils avaient si habilement préparée.

Ce chemin, qui longe sur une grande partie de son parcours les rives de la Seine, ne présente nulle part des pentes dépassant 0^m,00562 par mètre, et le rayon des courbes n'y est pas de moins de 1,285 mètres.

Pour obtenir ce double résultat et pour diminuer le parcours, on a dû percer quelques-uns des mamelons que la rivière contourne. Aussi trouve-t-on sur le chemin de Rouen plusieurs tunnels d'une certaine longueur, parmi lesquels nous citerons celui de Rolleboise, long de 2,700 mètres, et exécuté en deux années.


Le tracé du chemin de Rouen, adopté à une époque où déjà l'on attachait moins d'importance à suivre la ligne la plus directe, passe

cependant à 6 kilomètres environ de la ville de Louviers, et à 10 kilomètres d'Elbeuf, lorsqu'on aurait pu, sans de très-grandes dépenses, s'en rapprocher davantage.

Ce tracé n'est pas le seul qui ait été étudié : en 1834, un premier projet fut soumis aux enquêtes. Le chemin, d'après ce projet, s'éloignait considérablement de la rivière. De Paris, il se dirigeait sur Saint-Denis, Pontoise, Gisors, Charleval, puis, arrivé à Blainville-sur-Ry, au lieu de se porter vers Rouen, il se prolongeait directement et presque en ligne droite jusqu'au Havre d'un côté, et jusqu'à Dieppe de l'autre. Rouen n'était alors desservi qu'au moyen d'un embranchement jeté dans la vallée de Robec, et se trouvait ainsi délaissé à 20 kilomètres, sur la gauche, au fond d'une impasse et en dehors de la grande ligne de Paris à la mer.

Ce projet fut accueilli par un cri presque général de réprobation. Non-seulement la ville de Rouen fit entendre ses plaintes comme ancienne métropole de la province, comme centre du mouvement entre le Havre et Paris ; mais le Havre lui-même et les populations du pays de Caux qui entretiennent avec Rouen des rapports continuels protestèrent contre cette espèce de divorce auquel on les condamnait, ou tout au moins contre un circuit qui devait rendre presque nul le bienfait de la vitesse.

De nouveaux projets, toujours sur la rive droite et par les plateaux, furent étudiés. De nombreuses et importantes modifications furent apportées au projet primitif. Un tracé fut proposé qui desservait la ville de Rouen, non plus au moyen d'un embranchement, mais par le chemin principal, qui touchait un des boulevards de la ville, et se prolongeait ensuite sur la vallée de Déville jusqu'à la mer ; d'un autre côté, le Havre et le pays de Caux étaient mis en communication directe avec Rouen ; enfin, pour aller au-devant de toutes les objections, pour procurer à cette dernière ville un des avantages qui l'avaient séduite dans le projet de la vallée, un embranchement détaché de Charleval et descendant par la vallée de l'Andelle venait aboutir au faubourg Saint-Sever, et offrait en même temps le précieux avantage d'établir des communications rapides avec les villes d'Elbeuf et de Louviers, ainsi qu'avec toutes les populations environnantes. Ce tracé fut sur le point d'être exécuté par



l'ancienne Compagnie, dite des Plateaux, Compagnie qui entra en liquidation avant même d'avoir commencé les travaux.

Ce tracé des plateaux desservait la vallée de Montmorency, et, tout en se prolongeant aisément d'une part sur Dieppe, et d'autre part sur le Havre, il se prêtait facilement à des embranchements sur Bruxelles, Calais et Boulogne. Il était donc, au point de vue politique, préférable au tracé sur la rive gauche. Il mariait pour ainsi dire la France avec l'Angleterre et la Belgique; mais, d'un autre côté, il négligeait les riches et nombreuses populations de la partie de la vallée de la Seine comprise entre Louviers et Paris; il ne facilitait pas les rapports avec l'ouest de la France, et n'était pas protégé par le fleuve contre les agressions de l'ennemi. Enfin, et cette dernière considération a exercé, fort à tort, selon nous, une grande influence sur le choix de l'administration, il ne venait pas se souder comme le chemin actuel au chemin de Saint-Germain, et nécessitait par conséquent la construction d'une gare spéciale dans Paris.

Les chemins de Paris à Rouen, et de Rouen au Havre, ont été construits par M. Locke, ingénieur de plusieurs grandes lignes en Angleterre. Les travaux de maçonnerie de ces deux chemins ont un caractère de hardiesse particulier aux œuvres des ingénieurs anglais; cette hardiesse dans les constructions n'a rien de dangereux; et, si l'un des plus grands viaducs du chemin du Havre s'est écroulé, cela tenait, non à ses dimensions, qui étaient suffisantes, mais au peu de soin apporté dans la confection des mortiers.

Les Anglais ont aussi introduit en France d'excellentes méthodes pour l'exécution des terrassements au waggon.

Chemin de Lyon à Avignon. — Le chemin de Lyon à Avignon forme le complément de la grande ligne de communication de Paris à Marseille, de l'Océan et de la mer du Nord à la Méditerranée. Cette ligne a toujours été considérée comme l'une des plus importantes à ouvrir sur le territoire du royaume; elle se recommande d'ailleurs sous d'autres points de vue non moins dignes d'intérêt, et doit affranchir le commerce des entraves qu'apporte et qu'apportera toujours à la remonte la navigation du Rhône; elle tend, en outre, à maintenir au travers de notre territoire le commerce de transit de la Méditerranée sur la Suisse et sur le Rhin.

Les cotons de l'Égypte et du Levant arrivent par Trieste à Zurich et en Allemagne à bien meilleur marché que par Marseille, et, sans les douanes, qui prohibent l'entrée de cette marchandise en France par la voie de terre, tous les manufacturiers de l'Alsace préféreraient la tirer de Trieste par la voie de Zurich que de Marseille.

La vallée du Rhône étant plus favorable que toute autre voie pour arriver en Alsace et en Allemagne, le contraire arrivera lorsque les chemins de fer de Marseille à Lyon et de Dijon à Mulhouse seront livrés à la circulation sur toute l'étendue du parcours.

Marseille est non-seulement le chef-lieu du Midi, mais il est encore le centre du commerce de la Méditerranée. Ses relations avec le Levant, l'Égypte, l'Amérique et les Indes, sont immenses; elle en a lié de plus récentes avec Odessa et Trieste, et sa position est naturellement le nœud entre la métropole et la belle colonie d'Alger, appelée à prendre dans un avenir prochain un grand développement.

Par une conséquence naturelle de ces faits, Marseille est l'une des artères qui répandent au sein du royaume le plus de vie. Ses douanes, plus productives que celles du Havre, en font foi.

Il est donc vrai de dire que sa prospérité est, dans toute la force du terme, une richesse nationale; la France tout entière est intéressée à ce que les sources n'en tarissent pas.

Les premières études du chemin de fer de Lyon à Avignon ont été entreprises à l'aide du fonds de 500,000 fr., voté par la loi du 27 juin 1835, et, dès l'année 1837, un projet complet, revêtu de l'approbation du conseil général des ponts et chaussées, avait pu être mis sous les yeux de la Chambre; ce projet, sauf quelques modifications que nous allons indiquer, a été adopté tel qu'il avait été arrêté à l'époque dont nous parlons.

Le tracé se raccorde à Lyon avec celui du chemin venant de Paris dans la gare de voyageurs de la presqu'île de Perrache, traverse le Rhône sur un pont à arches de fonte, tranche le faubourg de la Guillotière, et s'établit sur la rive gauche du Rhône. De ce point, il se développe dans la plaine basse de la rive gauche du fleuve jusqu'au pied du coteau de Saint-Fond; après quoi, il passe au-dessous de Feyssin, Solaize, Ternay, Chasse, Seyssuel et Estreis-

sin, et, se développant quelquefois au pied du coteau qui limite ces plaines, en longeant le Rhône au passage des rochers de Grabatton, des Roches-Piquées et des roches de Seyssuel, il s'avance jusqu'au fleuve. On arrive ainsi, après avoir traversé en coupure le petit seuil de Puissant-Dieu, à l'entrée de Vienne, sur un viaduc de 200 mètres de longueur, construit au bord du Rhône. Là, le chemin de fer franchit la route impériale de Marseille à Lyon, passe en souterrain sous le coteau de la Dâtie, sur un pont la rivière de la Gère, de nouveau en souterrain sous la ville de Vienne, et débouche derrière les casernes de cavalerie, à l'extrémité sud de la ville.

De ce point, le tracé se dirige successivement vers les plaines de l'Aiguille et du Bas-Pavé, se déroule entre la route impériale et le Rhône, puis longe le fleuve au passage des rochers de Harçon, coupe la plaine de Gerbay, se retrouve de nouveau au bord du fleuve au pied des rochers qui précèdent le village près de Condrieu, et traverse en souterrain la partie supérieure de ce village; le tracé est ensuite disposé de manière à passer au-dessous de Saint-Clair, puis dans la belle plaine basse du Péage, d'où il gagne le plateau de Saint-Rambert, en longeant immédiatement le Rhône au-devant de ce village.

Après avoir parcouru le plateau de Saint-Rambert, le tracé se développe dans la plaine basse du Creux-de-la-Tuine, laisse derrière lui Andancelle, franchit le torrent de Bancel un peu au-dessous du rocher d'Isard, coupe la plaine de l'Aveyron, traverse de nouveau la route impériale, qu'il abandonne à sa droite, et se dirige sur Saint-Vallier, où il arrive par une longue tranchée.

Alors il s'établit derrière le bourg, sous la partie supérieure duquel il passe, puis il traverse le torrent de la Galaure, après quoi il longe la route impériale, dont il contourne les sinuosités jusqu'à Ponsas. De là, il suit la base des rochers, ayant à sa droite la route et le Rhône, et arrive au village de Serves, derrière lequel il disparaît souterrainement. Après ce village, le tracé se maintient au pied des coteaux entre les villages d'Érôme et de Gervans jusqu'au commencement des rochers d'Aiguille, qui le rejettent en dehors de la route, et le forcent à passer derrière la ville de Tains. Il quitte

alors cette route pour traverser la plaine à l'extrémité de laquelle il rencontre de nouveau, près de l'auberge de la Mule blanche, la route impériale, sous laquelle il passe, et se dirige ensuite à peu près en ligne droite vers le plateau de la roche de Glun, jusqu'à la rivière de l'Isère, qu'il traverse immédiatement en aval du pont de la route impériale.

Au delà de l'Isère, le tracé se prolonge presque en ligne droite, et parallèlement à la route, vers la ville de Valence, traverse en remblai le faubourg du Nord, et en souterrain le polygone et la promenade du Cagnard, et débouche au sud de la ville jusqu'au-près de Livron, où il est établi sur de longs alignements au-dessous de la route impériale jusqu'à la Drôme, qu'il traverse à 1,460 mètres en aval du pont de ladite route. De la Drôme, le tracé se replie en se rapprochant du Rhône pour venir contourner un coteau, sillonner la plaine de Mirmande, et passer au-dessous du Logis-Neuf, de la Concourde, de Laine et de Derbières, dans l'espace resserré compris entre la route impériale et le fleuve. Il coupe ensuite en ligne droite la plaine de Montélimart, franchit la rivière torrentielle du Roubion, à environ 800 mètres en aval du pont de la route, et, après s'être développé dans la plaine, contourne le coteau de Châteauneuf, pour venir côtoyer le Rhône, au-devant des rochers de Malmouche, jusqu'à la prise d'eau du canal de Pierrelatte, où il s'établit derrière le mur intérieur de ce canal et sur un mur de soutènement de 3,000 mètres de longueur, jusqu'au robinet de Douzères.

Depuis le robinet de Douzères jusqu'à Mondragon, le tracé est établi d'abord à droite, puis à gauche de la route impériale, sur de beaux alignements, se rapprochant de Pierrelatte et de la Palud; arrivé à Mondragon, il contourne ce village en traversant deux fois la route, puis se développe le long des coteaux qui bordent la route jusqu'à Mornas et Piolenc, arrive dans Mornas en tranchée profonde au pied des grands rochers qui dominent le village, rencontre Piolenc, coupe le seuil de Beauchêne et la vallée d'Aygues, et vient desservir à l'est la ville d'Orange.

De là il se rend, par de grands alignements, vers la vallée de l'Ourèze, en coupant le faite de Pécoulette, et la descend jusqu'à

Sorgues, en touchant les riches villages de Courthejon et de Bédarides. De Sorgues, il gagne le hameau du Pontet, laisse la route à gauche, et, franchissant en remblai la plaine submersible d'Avignon, le long du Rhône, il contourne les remparts de cette ville à l'est et au midi, et vient enfin se rattacher à l'origine du chemin de fer d'Avignon à Marseille.

Le développement total de ce chemin, depuis sa sortie de Lyon jusqu'à Avignon, est de 231 kilomètres.

Le maximum des rampes et des pentes est de 5 millimètres, et encore n'en trouve-t-on d'aussi fortes que sur une longueur de 600 mètres, et de 4 millimètres sur une longueur de 375 mètres. Sur 186 kilomètres, la pente ne dépasse pas 3 millimètres; le reste du chemin est divisé en 84 paliers formant ensemble une longueur de 44 kilomètres.

Trois courbes, une de 500 mètres de rayon et de 800 mètres de longueur, une seconde de 520 mètres de rayon et de 600 mètres de longueur, et une troisième de 600 mètres de rayon et de 859 mètres de longueur, sont placées à l'entrée de stations principales. Deux courbes ont 650 mètres de rayon, et toutes les autres au delà de 700 mètres.

Le cube total des terrassements est de 6,600,000 mètres cubes, soit, par kilomètre, environ 29,000 mètres cubes.

On ne trouve, sur ce chemin, aucune tranchée d'une grande importance. La plus considérable ne cube que 210,000 mètres.

La ligne comprend 36 gares ou stations. La gare la plus importante est celle de la Guillotière, destinée spécialement au service des marchandises.

Les stations les plus considérables sont, en suivant leur ordre d'importance, celles d'Avignon, Valence, Vienne, Montélimart, Orange et Tain. L'exécution de ce chemin, livré depuis peu à l'exploitation sur la totalité de son parcours, fait honneur en même temps à M. Thirion, ingénieur en chef, à M. Paulin Talabot, directeur, et à MM. Parent, Shaken, Peto, Brassey et compagnie, entrepreneurs.

Chemin d'Avignon à Marseille. — Les débats, quant au choix de la direction générale de ce chemin par Tarascon et Arles, n'ont

pas été extrêmement vifs; mais, dans les détails du tracé et dans ceux de l'exécution, deux projets se trouvèrent en présence, celui de M. Kermaingant et celui de M. Talabot.

La première difficulté qu'il avait fallu résoudre, c'était, entre Avignon et Arles, de mettre le chemin à l'abri des inondations de la Durance et du Rhône.

M. Kermaingant proposait de renforcer seulement les digues existantes et d'établir au delà de ces digues le chemin au niveau du sol, comme le permettait sa conformation peu accidentée.

M. Talabot, au contraire, voulait, en laissant les digues pour ce qu'elles étaient, placer le chemin de fer en deçà, sur un remblai assez élevé pour se trouver toujours au-dessus des inondations.

Le cube de terrassement nécessaire à la formation de cette levée devait être de 4,750,000 mètres cubes, et la différence qui en résultait entre les devis des deux projets s'élevait à 2 millions de francs, somme dont une partie aurait certainement suffi à la mise en état des digues actuelles.

Mais la question de sécurité devait avoir le pas sur celle d'économie. Il parut indispensable de mettre ce chemin pour ainsi dire en état de se défendre lui-même; et, d'ailleurs, ne protégerait-il pas, comme première digue, les territoires compris dans son enceinte?

Le projet de M. Talabot fut donc adopté dès 1842, à cette légère modification près, que le niveau des rails, qu'il avait d'abord placé à une hauteur de 2 mètres au-dessus de la crue extraordinaire de 1840, fut abaissé de 50 centimètres par le conseil général des ponts et chaussées.

Quant à la section d'Arles à Marseille, serait-elle dirigée par le nord de l'Étang de Berre, c'est-à-dire par Saint-Chamas, comme le proposait M. Talabot; le serait-elle par le sud par Bouc et les Martigues, comme le voulait M. Kermaingant?

Telle était la question.

Le conseil général, puis les Chambres, la décidèrent en faveur du nord par diverses considérations, dont la plus puissante était la plus grande facilité d'un embranchement sur Aix, ville importante par elle-même, et destinée d'ailleurs à devenir un jour la tête de la ligne directe de Toulon à l'Italie.

Cependant les deux tracés, ayant atteint la chaîne de l'Estaque, se retrouvaient en conflit devant un commun obstacle, qu'à une époque moins avancée de l'art on eût considéré comme insurmontable : il s'agissait de traverser la montagne de la Nerthe, haute de 240 mètres au-dessus du niveau de la mer. Les deux projets et tous ceux que suscita cette difficulté étaient d'accord qu'on ne pouvait la vaincre qu'au moyen d'un souterrain.

Mais les opinions se divisaient sur la hauteur à laquelle il serait ouvert.

M. Talabot proposait de percer la Nerthe à 53 mètres au-dessus du niveau de la mer, ce qui plaçait la voie à 187 mètres au-dessous du point culminant du terrain supérieur, et donnait lieu à un tunnel de 4,600 mètres de longueur. On fut d'abord effrayé des difficultés, des dépenses et de l'incertitude d'un pareil travail ; mais les autres propositions échouèrent toutes devant des objections plus graves encore.

On avait songé à élever le souterrain à 140 mètres, ce qui lui laissait encore une longueur de 1,500 mètres ; mais il n'aurait pu être atteint qu'au moyen de deux plans inclinés prolongés sur les deux versants et franchis à l'aide de machines fixes ou de machines de renfort dont l'usage eût été onéreux à l'exploitation. D'ailleurs, à cette hauteur, le tracé à travers l'Estaque eût été très-tourmenté et l'ensemble du travail eût rencontré plus d'obstacles que le souterrain entier de 4,600 mètres.

Tout en restant à la hauteur de 53 mètres, on aurait pu diminuer de 500 mètres la longueur du souterrain à l'aide d'une pente de 7 millimètres. Cette faible abréviation ne compensant pas les inconvénients d'une inclinaison plus que double de celle des autres parties du chemin, on y renonça.

Enfin, en donnant au souterrain une inclinaison de 5 millimètres on aurait pu relever de 13 mètres sa côte de sortie. Mais, outre que cette rampe, dans une si longue voie souterraine, pouvait n'être pas sans inconvénients, on n'abrégait le trajet intérieur que de 100 mètres, et le chemin devait, dans ce système, suivre une direction qui l'allongeait de 7,700 mètres.

Le projet de M. Talabot prévalut donc sur ce point encore. Voté

en 1845, exécuté depuis sous la direction de cet ingénieur, le chemin d'Avignon à Marseille est, depuis 1847, livré à la circulation tel que nous allons le décrire.

Le départ se fait en aval de la ville d'Avignon, selon une courbe de 1,000 mètres de rayon et avec une rampe de 5 millièmes par mètre sur 1,200 mètres de longueur.

Le chemin traverse la Durance sur un grand viaduc de vingt et une arches en anse de panier de 20 mètres d'ouverture chacune. Sa longueur totale est de 533 mètres; sa hauteur de 9 mètres au-dessus de l'étiage. Après quoi, jusqu'à Tarascon, rien de remarquable, les pentes étant toujours de 2^{mm},5 au plus et les rayons des courbes de 1,000 mètres au moins.

C'est à Tarascon que se fait l'embranchement de jonction avec le chemin du Gard. A cet effet, un pont a été jeté sur le Rhône, et l'embranchement, passant à Beaucaire, va rejoindre le chemin du Gard un peu au delà de cette ville.

De Tarascon à Arles, le terrain et le tracé sont encore moins accidentés que d'Avignon à Tarascon. Les pentes n'y sont plus que de 1 millième, et, tandis que, précédemment, le remblai atteignait 9 mètres de hauteur en quelques points, comme au viaduc de la Durance, tandis qu'on y rencontrait quelques tranchées assez notables, telles que celles de la Roque, on ne trouve ici qu'un remblai continu haut de 5 mètres au plus, mais le plus souvent de 2 ou 3 mètres. Enfin on n'y compte que deux courbes de 2,000 mètres de rayon chacune.

La station d'Arles est d'une grande importance. C'est là qu'est établi l'atelier central d'entretien et de réparation de tout le matériel.

Peu après ces ateliers, le chemin traverse divers canaux et fossés sur le grand viaduc d'Arles, composé de trente et une arches en anse de panier de 21 mètres d'ouverture chacune. Ce bel ouvrage d'art présente une longueur totale de 769 mètres; mais sa hauteur maxima n'est que de 8 mètres. Au delà, le tracé présente, à la suite d'une courbe de 1,500 mètres de rayon, un alignement droit de 53 kilomètres environ. Il passe ainsi à Raphèle, à Saint-Martin-la-Crau, à Entressen, à Constantine, quelquefois en faible

tranchée, mais le plus souvent en remblai peu élevé, ou même au niveau du sol. C'est seulement entre Constantine et Saint-Chamas que, rencontrant les croupes des chaînes qui viennent mourir près de l'étang de Berre et y forment une succession continue de rochers et de ravins, il présente, en plan, une série de courbes, la plupart de 1,000 mètres de rayon, mais parmi lesquelles il s'en trouve une de 800 mètres dans une assez forte tranchée, et, en profil, des alternances sans cesse répétées de remblais et de tranchées, dont, au reste, le cube ne s'élève guère au-dessus de 50,000 mètres.

Quant aux pentes, elles ne dépassent pas 3 millimètres.

Après Saint-Chamas, on remarque une courbe, dite de Versailles, de 900 mètres de rayon; une autre de 1,000 mètres lui succède, et c'est dans celle-ci que se trouve compris le viaduc de Saint-Chamas. Ce viaduc est jeté sur un ravin de 385 mètres de largeur et d'une profondeur maxima de 22 mètres.

Il est formé de quarante-neuf arches en ogive de 6 mètres d'ouverture chacune, ou plutôt de vingt-quatre arches et demie en plein cintre de 12 mètres, entrelacées de telle sorte qu'une pile de l'une se trouve dans l'axe de l'autre et que la clef de la seconde forme la partie supérieure d'un évidement dans le tympan de la première.

Ce genre de construction tout à fait nouveau ne manque ni de solidité, ni d'élégance, ni d'originalité.

Alors se continue, sur les bords de l'étang de Berre, la succession des remblais et déblais à travers ravins et rochers, sur une longueur de 6 kilomètres, et, à la suite de courbes successives de 1,000 mètres et au delà, elle se poursuit jusqu'à 5 kilomètres de Saint-Chamas. Puis le chemin redevient rectiligne et se tient presque au niveau du sol, sur une longueur de 7 kilomètres, jusqu'au delà de la station de Berre. Vers ce point, à Brani, on trouve une courbe de 870 mètres de rayon, de 1,316 mètres de développement; puis une autre à Rognac, d'une longueur de 2,472 mètres, mais de 1,000 mètres de rayon.

On se dirige ensuite en ligne droite sur le Baoü, où se trouve un viaduc de 75 mètres de longueur et de 9 mètres de hauteur seule-

ment, composé de sept arches inégales dont la plus grande a 12 mètres d'ouverture.

Ici reparaissent les courbes de 1,000 mètres environ ; l'importance des terrassements augmente, et une rampe de 3 millimètres sur 8 kilomètres conduit au viaduc de la Cudière, qui, d'une longueur totale de 65 mètres seulement, est formé de sept arches en ogive de 7 mètres d'ouverture chacune, construites dans le même système que celles du viaduc de Saint-Chamas.


De là enfin, par une rampe de 2 millimètres par mètre sur 1,000 mètres, on arrive à la tête nord du souterrain de la Nerthe.

La longueur de ce souterrain est de 4,620 mètres, sa hauteur sous clef est de 8 mètres. Il se trouve en rampe de 2 millimètres sur la moitié de sa longueur, en pente de 1 millimètre sur l'autre moitié. Il a été déblayé, à l'aide de vingt-quatre puits espacés moyennement de 200 mètres, et dont le plus grand a 180 mètres de profondeur.

Les difficultés de ce percement et son prix de revient par mètre ont été à peu près les mêmes que pour le souterrain de Blaizy sur la ligne de Paris à Lyon ; nous renvoyons donc pour plus de détails à la description de ce dernier chemin.

A la sortie de la Nerthe le tracé présente, en plan, plusieurs courbes consécutives de 1,000 mètres de rayon et une de 850, et, sur le profil, une suite de ravins, dont le plus grand a 17 mètres de profondeur, et que l'on franchit au moyen : 1° de deux viaducs, l'un de cinq arches ogivales ordinaires de 8 mètres, l'autre de sept arches en plein cintre aussi de 8 mètres d'ouverture ; 2° d'un remblai avec mur de soutènement de 90 mètres de long, indépendamment des remblais ordinaires.

On arrive ainsi à la station de l'Estaque, d'où l'on sort par une courbe de 1,000 mètres, puis, dans le cours d'un alignement droit de 5 kilomètres, on passe à Séon, où l'on trouve un petit souterrain de 460 mètres seulement, et l'on continue jusqu'à Saint-Joseph. On parvient ensuite à Saint-Barthélemy par une courbe de 2,000 mètres de rayon, et enfin à Marseille par une dernière de 1,000 mètres.



Dans ce trajet de 11 kilomètres entre la Nerthe et Marseille, mais surtout jusqu'au petit souterrain dont nous avons parlé, le remblai succède continuellement au déblai, et *vice versa*, donnant lieu ainsi à des terrassements plus multipliés et irréguliers que considérables.

Quant aux pentes et rampes, elles y sont toutes de 1 millimètre, à l'exception de celle d'arrivée à Marseille, qui est de 2 millimètres 1/2.

En résumé, le chemin d'Avignon à Marseille a cela de particulier que, sur un parcours total de 120 kilomètres, dont près de la moitié à travers un pays de montagnes, il ne présente aucune pente supérieure à 3 millimètres, et n'a nécessité que fort peu de courbes de moins de 1,000 mètres de rayon.

Chemin de fer de Mulhouse. — Le chemin de Mulhouse, soudé au chemin de Strasbourg à Noisy-le-Sec (9 kilomètres de Paris), traverse la Marne à une grande hauteur tout près de Nogent; il monte ensuite sur les plateaux de la Brie, qu'il traverse sur 50 kilomètres de longueur, en desservant la ville de Nangis, se confond à Flamboin avec le chemin de Montereau à Troyes. De Troyes à Chaumont, il suit la vallée de la Barse, traverse le faite séparatif des vallées de la Seine et de l'Aube, en passant par Vandœuvre, et arrive à Chaumont, où se trouve un tronc commun aux deux lignes de Mulhouse et de Blesmes à Gray. La première ligne quitte la seconde à Chalindrey, à 11 kilomètres de Langres, franchit les vallées de la Marne et de la Saône, dessert Vesoul, traverse le faite séparatif des vallées de la Saône et de l'Ognon, dessert Lure et Belfort, franchit au delà de ce point le grand faite séparatif des cours d'eau du bassin de la Méditerranée et de celui de l'Océan; puis enfin aboutit à Mulhouse, après avoir suivi les vallées de la Savoureuse et de l'Ill.

La pente maxima du chemin de Mulhouse ne dépasse pas 6 millèmes, et le rayon des courbes, si ce n'est dans les stations, ne descend pas au-dessous de 800 mètres.

Les travaux ont une grande importance. Le cube des terrassements est de 14 millions de mètres cubes, soit 38,000 mètres cubes par kilomètre.

Une partie assez considérable des tranchées sont dans l'argile ou dans des terrains de roche fort dure.

Parmi ces tranchées, on distingue celles de Maurevert, Chalmaison, Chamarande, Jessains, etc.

Comme souterrain, nous citerons ceux de Culmont, long de 1,320 mètres, Torcenay, Grattery, Genevreuille et la Challière.

Ce dernier est un des plus importants : il a 1,100 mètres de longueur.

On trouve sur le chemin de Mulhouse le plus bel ouvrage d'art qui ait été exécuté en France sur un chemin de fer, le grand pont de Nogent-sur-Marne et les viaducs aux abords. Nous décrirons plus loin cet ouvrage remarquable, dont les projets ont été rédigés par MM. Vuigner, ingénieur en chef; Collet Meygret, ingénieur principal, et Pluyette, ingénieur ordinaire, et qui a été exécuté, sous la direction immédiate de M. Pluyette, par M. Duplaquet, chef du service des entrepreneurs MM. Parent et Shacken. Outre ces viaducs, on en rencontre quelques autres qui ne sont pas moins dignes d'intérêt. Tels le viaduc de la Voulzie, près Provins; celui de Chaumont, et le viaduc de la Largue, entre Belfort et Mulhouse. Les fondations du viaduc de la Voulzie, s'enfonçant de 15 mètres dans la tourbe, ont présenté d'immenses difficultés qui ont été surmontées, avec autant de talent que de bonheur, par M. l'ingénieur Siben, sous la direction de MM. Vuigner et Collet Meygret. Ce viaduc est remarquable aussi par la légèreté de ses arches et par l'économie apportée dans chacun des détails de la construction. Le viaduc de Chaumont, long de 600 mètres et haut de 50 mètres au maximum, cube près de 60,000 mètres. Ce magnifique travail, qui fait le plus grand honneur à M. l'ingénieur en chef Zeiller, et à M. l'ingénieur ordinaire Decomble, a été construit en moins d'une année. Le mérite de l'exécution est partagé par les ingénieurs avec le chef de service de l'entrepreneur M. Gourdin.

Le viaduc de la Largue, moins important que les précédents, est entièrement en briques, et réunit une grande solidité à une grande élégance. Ce n'est que justice de nommer l'ingénieur ordinaire, M. Daigremont; l'ingénieur principal, M. Fleur-Saint-Denis, et l'ingénieur en chef, M. Vuigner.

Nous publierons, dans le *Portefeuille de l'Ingénieur*, les plans, coupes et élévation de ces différents viaducs, et décrirons l'organisation des chantiers établis pour la construction du pont de Nogent et du viaduc de Chaumont.

La plupart des stations du chemin de Mulhouse sont remarquables par leur bonne disposition et par leur élégance. Elles sont l'œuvre de M. Bellanger, architecte de la compagnie.

Chemin de Paris à Saint-Germain et de Paris à Auteuil. — Le chemin de fer de Saint-Germain, construit par MM. Lamé, Clapeyron et Stéphane Mony, à une époque où les machines locomotives étaient loin d'avoir atteint leur état de perfection actuel, a été établi à grands frais avec des pentes qui ne dépassent pas 1 millimètre, et des courbes dont le rayon ne descend pas au-dessous de 2,000 mètres.

Les courbes étant de niveau tandis que les alignements ont 1 millimètre de pente, les ingénieurs avaient calculé que l'effort de traction nécessaire pour gravir les pentes en ligne droite était égal à celui qu'exigeait le parcours des courbes de 2,000 mètres de rayon et de niveau, en sorte que l'effort des locomotives serait le même sur des rampes ou dans les parties de niveau.

On aurait évité de grandes dépenses de construction sans augmenter sensiblement les frais d'exploitation en admettant des pentes plus fortes et en réduisant le rayon des courbes.

Le chemin de fer de Saint-Germain devait, dans l'origine, s'étendre jusqu'à la Madeleine. On a sagement renoncé à ce projet, et la gare d'arrivée s'est trouvée définitivement placée rue Saint-Lazare, où elle dessert en même temps les chemins de Versailles (rive droite), d'Auteuil, de Rouen et de l'Ouest.

En revanche, le railway, qui, pendant longtemps, s'est arrêté au Pecq, au bas de la colline de Saint-Germain, a été prolongé jusqu'à l'entrée de la forêt au moyen d'un plan incliné que l'on remonte à l'aide du système atmosphérique.

Les travaux de ce plan incliné ont été étudiés et conduits avec une rare habileté par M. Eugène Flachet, ingénieur civil, l'un des auteurs du projet primitif du chemin de Saint-Germain. Nous aurons l'occasion de les décrire plus loin, en traitant de ce nouveau système de locomotion.

Tout récemment enfin, la Compagnie de Saint-Germain a construit un embranchement de 4,200 mètres de longueur entre Asnières et Argenteuil, et, le 2 mai 1854, elle a inauguré le chemin d'Auteuil¹. Par les conditions spéciales de son établissement et de son exploitation, avec une circulation qui atteignait déjà 8,000 personnes par jour pendant le mois de mai dernier, et qui s'élevait au chiffre énorme de 20,130 voyageurs le premier dimanche de sa mise en exploitation, cette dernière ligne offre, sans contredit, le plus curieux exemple de chemin de banlieue qu'il soit possible de rencontrer. Les renseignements suivants, que nous devons à l'obligeance de MM. les ingénieurs de Saint-Germain, feront bien comprendre les sujétions imposées à cet embranchement et les procédés élégants adoptés pour son exécution.

L'embranchement sur Auteuil se détache du chemin de fer de Saint-Germain, à la sortie du souterrain des Batignolles, à 1,100 mètres environ de l'origine du chemin de fer. Son tracé est compris, comme celui du chemin de fer de ceinture, entre le mur d'octroi et l'enceinte fortifiée; il traverse la plaine de Courcelles, à peu près à égale distance de ces deux murs; il suit cette direction dans le village des Thernes, en appuyant un peu sur la droite, et arrive au pied des fortifications, à l'avenue de Neuilly (route n° 13); au delà de cette avenue, il prend un peu sur la route militaire, qu'il suit régulièrement jusqu'à l'avenue Dauphine.

Le tracé s'éloigne alors des fortifications pour éviter le parc de la Muette; il traverse l'avenue de Saint-Cloud (route départementale n° 46), au point où la rue de la Tour vient y déboucher, passe derrière la grande Muette, et arrive sur le quinconce de Passy après avoir traversé la petite Muette. Il suit, au delà, la ligne des maisons qui bordent le quinconce, et vient retrouver la route stratégique, qu'il laisse à sa droite, pour entrer dans le parc de Montmorency, à l'extrémité duquel se trouve la station d'Auteuil sur la route départementale n° 29, de Paris à Boulogne.

Une condition expresse de la concession a été de passer sous

¹ La description de ce chemin, construit par M. Eugène Flachet, est extraite des *Annales des ponts et chaussées* (mai et juin 1854).

toutes les routes que rencontre le tracé; le profil, pour satisfaire à cette condition et avoir le moins de déblais possible, a dû être accidenté. En quittant la ligne de Saint-Germain, il descend par une pente de 0^m,005, et passe à Batignolles sous les rues d'Orléans, Cardinet, de la Gare, de la Santé, sous la route départementale n° 35, de Paris à Asnières; puis il traverse en palier sous les rues de Courcelles, Lombard, de la Chaumière et de l'Arcade; il passe sous la rue de Villiers avec une pente de 0^m,003, et remonte ensuite par une pente de 0^m,009, jusqu'au delà de la route impériale n° 12 (vieille route de Neuilly), et, après avoir coupé les terrains non bâtis de Ferdinanville, entre sous la route impériale n° 15 (avenue de Neuilly), dans un souterrain de 140 mètres de longueur, sur lequel est ouverte aussi l'avenue de Saint-Denis (route départementale n° 9). Après une rampe de 0^m,001 jusqu'à l'avenue Dauphine, on reprend une rampe de 0^m,0088 sous l'avenue de Saint-Cloud, et on arrive à Passy par un palier, sous la chaussée de la Muette (route départementale n° 2). On se retrouve alors, pour la première fois, hors du sol, sur le quinconce de Passy, que l'on suit par un remblai de 1 mètre au maximum, toujours en palier. A l'extrémité du quinconce, commence une pente de 0^m,004 pour descendre sur Auteuil; les déblais recommencent jusqu'à l'extrémité du parc, et on arrive à la station d'Auteuil, sur le chemin de Boulogne (route départementale n° 29), par un remblai de 4^m,50 de hauteur.

Tous ces passages en dessous ont été faits sur le même type, quelle que soit la largeur que le décret ait imposée aux différents passages.

Dans les passages trop biais pour faire des poutres d'une seule portée, parce que l'épaisseur du tablier ne permettait pas d'augmenter la hauteur des poutres, on a dû mettre dans l'entre-voie des colonnes en fonte qui ont divisé la poutre en deux. Dans ce cas, l'espace entre les culées a été porté de 7 mètres à 7^m,60, pour laisser le rail toujours à la même distance des supports. Toutes les dimensions des fontes ont été calculées pour ne pas travailler à un effort de plus de 3 kilogrammes par millimètre carré de section.

Le tracé passe ainsi sous quinze voies de communication. Les

onze premières, qui sont des voies communales, sauf la route d'Asnières, ont de 8 à 9 mètres de largeur; la route d'Asnières en a 12. L'avenue des Thernes a 35 mètres de largeur; l'avenue de Neuilly, 144; l'avenue Dauphine, 185; l'avenue de Saint-Cloud, 56, et l'avenue de la Muette, 120.

Un point assez intéressant a été le passage du chemin de fer sous une maison à deux étages, située sur le quinconce de Passy. Cette maison était construite sur la masse à enlever. On a posé des chevalements qui permettaient le passage de la tranchée nécessaire pour la construction des murs de soutènement; les murs construits, on a posé des poutres en tôle au lieu de poutres en fonte, avec des sommiers et des voûtes en briques; enfin, sur ces poutres, on a placé d'autres poutres en tôle sous les murs de la maison; malgré le peu de solidité de la construction de cette dernière, le travail s'est fait sans mouvement apparent dans les plâtres.

La disposition des stations a été faite sur un même type. Sauf celle d'Auteuil, elles sont toutes placées au-dessus du chemin de fer et forment une continuation des souterrains, dont la longueur imposée à la Compagnie était beaucoup plus que suffisante pour le passage des routes. Elles se composent d'une salle d'attente avec un bureau de distribution, et d'un grand corridor conduisant aux escaliers qui mènent aux quais.

Les quais ont une hauteur de 1 mètre, et sont recouverts par une toiture métallique portée sur des colonnes et sur les murs.

Les colonnes sont placées sur le quai, à 2 mètres des bords; elles portent des chéneaux qui forment entablement; sur ces chéneaux viennent s'ajuster, du côté de la voie, un arc en tôle ondulée, qui va d'un quai à l'autre, et, du côté du mur, une petite ferme en fonte qui supporte une vitrine. Dans la tôle ondulée, les jours sont pris par des arcs en fer à vitres, qui s'assemblent aux tôles.

Dans deux stations, cette disposition a été simplifiée, et les chéneaux portent directement sur les murs; l'arc en tôle ondulée couvre alors toute la station.

L'embranchement d'Auteuil, sur ses 8 kilomètres de parcours, dessert six stations à la rencontre des principales voies de communication.

L'exploitation du chemin de fer d'Auteuil a nécessité la création d'un matériel supplémentaire de celui de la Compagnie de Paris à Saint-Germain.

Pour satisfaire à l'exigence d'un parcours rapide, malgré l'extrême rapprochement des stations, les locomotives devaient pouvoir démarrer et s'arrêter beaucoup plus vite qu'on ne le fait sur les grandes lignes. Les dispositions arrêtées par M. Charles Rhoné, ancien élève de l'École centrale, atteignent parfaitement le but proposé, et méritent au plus haut degré de fixer l'attention des ingénieurs et des constructeurs. Nous les décrirons au chapitre des locomotives.

Chemin de Dublin à Kingstown¹. — Le point de départ du chemin de fer de Dublin à Kingstown est situé dans l'intérieur même de la ville de Dublin, à 20 pieds au-dessus du sol, dans une rue appelée *Westland-Row*.

Ce chemin traverse les rues étroites sur des ponts élégants d'une seule arche et les rues les plus larges sur des ponts composés de trois arches; une petite au-dessus de chaque trottoir et une grande au-dessus de la chaussée.

L'espace d'une rue à l'autre est occupé par des remblais de sable, gravier, etc., compris entre de grands murs en pierre calcaire provenant des carrières de Donybrook.

La largeur du railway, du point de départ à *Westland-Row* jusqu'au quai de Dublin, est de 18 mètres entre les parapets, et est calculée pour permettre la pose de quatre voies.

De ces quatre voies, les deux du milieu sont destinées aux voyageurs allant dans un sens ou dans l'autre, et les deux voies extrêmes sont consacrées au transport des marchandises.

Cette disposition permet d'opérer le chargement et le déchargement des marchandises avec la plus grande facilité, sans gêner en aucune manière le service des voyageurs.

Arrivé au quai des docks, on trouve le chemin de fer établi sur un magnifique pont bâti en granit à trois arches, posées en partie sur ce quai, et en partie dans le dock même.

¹ Extrait du *Journal de l'industriel et du capitaliste*.

Une des arches couvre une nouvelle rue qui occupe une partie de la largeur du quai qu'on laisse subsister ; sous la troisième passent les bateaux naviguant le long des murs des docks.

Au delà des docks, la largeur du chemin de fer diminue, et les quatre voies se réduisent à deux, dont l'écartement toutefois est encore de 2^m,50 environ, ce qui est considérable.

Les remblais s'abaissent ; on rencontre encore plusieurs ponts servant à passer au-dessus des routes, puis un pont sur la rivière Dodder, et enfin le chemin de fer se trouve au niveau du sol. C'est dans cet endroit, où le chemin rencontre la surface du sol, que l'on a établi les ateliers de construction et de réparation des machines.

De ce point jusqu'aux rivages de la mer, le chemin de fer, établi en plaine, est bordé par de larges fossés, dont le but n'est pas seulement de donner écoulement aux eaux qui pourraient le dégrader, mais encore de le protéger contre les irrutions du hétéail. Il traverse plusieurs routes de niveau, entre des barrières confiées aux soins de gardes spéciaux.

A Old-Merrion, le spectacle change : au moment du flux, on découvre tout à coup une immense jetée baignée par les eaux de la mer. C'est le chemin lui-même, qui, construit sur cette jetée, plonge pour ainsi dire dans la mer, et sur lequel on voit par moment apparaître subitement et disparaître avec la rapidité de l'éclair des machines locomotives qui semblent glisser à la surface de l'eau.

Si l'on est frappé d'admiration devant ce magnifique travail, on éprouve aussi un sentiment de satisfaction en voyant la mer déposer tranquillement des amas de sable qui protègent le talus contre l'action des vagues, à laquelle on prétendait qu'il ne pourrait pas résister.

Aux basses eaux, la jetée, percée d'arches nombreuses donnant passage à l'eau qui alimente plusieurs établissements de bains, n'est plus qu'un simple viaduc établi sur le rivage.

Le railway n'a pas seul trouvé place sur cette digue colossale. Une promenade délicieuse, pendant les soirées d'été, a été ménagée parallèlement au chemin de fer.

A Booters-Town, on a établi une jetée perpendiculaire à celle que nous venons de décrire, pour communiquer avec la côte, et on a

de cette manière rendu à l'agriculture une étendue de terrain qui n'a pas moins de 50 acres.

A Black-Rock, où se termine la grande jetée, la Compagnie du chemin de fer elle-même a fait construire un superbe établissement de bains.

De Black-Rock à Kingstown, le chemin de fer est établi sur une chaussée à mi-côte, remarquable par la hauteur des murs qui la protègent contre les éboulements du côté de la terre; puis il traverse la délicieuse propriété de lord Cloncurry, pénètre sous terre par une galerie suivie d'une tranchée profonde de 12 mètres, et enfin arrive à Kingstown, après avoir sauté de rocher en rocher.

A Kingstown, il traverse l'ancien port de Dunleary, dont une partie a été comblée.

Il passe ensuite entre la tour de Martello et la batterie opposée à Crofton-Terrace, dans une profonde tranchée.

De la batterie aux dépôts de l'amirauté, le chemin côtoie le port au travers de chantiers où se rencontrent les bois du Canada et ceux de la Norvège.

Le chemin passe enfin derrière les dépôts de l'amirauté et se termine par une gare vis-à-vis la cour des commissaires (Commissioners' yard).

De Dunleary jusqu'à ce point extrême, le chemin de fer marche parallèlement à une route dont il est séparé par une grille de fer.

Le chemin de Dublin à Kingstown a été établi, comme une partie des chemins de fer de construction ancienne, sur des dés qui ont 0^m,60 de côté, éloignés de 0^m,90 d'axe en axe, suivant la longueur du chemin.

Ces dés sont en granit, et, de 4^m,60 en 4^m,60, c'est-à-dire aux extrémités de chaque rail, on a placé un dé qui traverse la voie, de manière à relier les bandes de fer placées de l'un et de l'autre côté du chemin.

Nous ne connaissons pas la longueur exacte de ce chemin; elle doit être d'environ 10 à 12 kilomètres seulement.

Chemin de Londres à Birmingham. — Georges Stephenson venait de terminer le chemin de Liverpool à Manchester, lorsque son fils Robert entreprit celui de Londres à Birmingham.

Ce chemin est un des plus importants de l'Angleterre, puisque c'est la grande route de Londres vers le Nord ; c'est aussi un des chemins établis avec le plus de soin.

Construit à une époque où les machines locomotives en usage étaient faibles comparativement à celles que l'on emploie aujourd'hui, et où d'ailleurs on sacrifiait assez volontiers la question financière à la question d'art, le chemin de Londres à Birmingham a été établi à grands frais dans le système des plus faibles pentes.

Il est vrai que, à la sortie de Londres, les voyageurs sont obligés de remonter une rampe dont l'inclinaison, variant de 1 1/2 centième à 7 millièmes, est, en moyenne, de 1 centième ; mais, du sommet de cette rampe jusqu'à Birmingham, les pentes ne dépassent pas 3 millimètres par mètre, et le rayon des courbes ne descend que dans un seul cas, par exception, à 540 mètres.

Le plan incliné à la sortie de Londres a été longtemps desservi par deux puissantes machines fixes. Si l'on se servait alors de machines fixes, ce n'était pas que l'on considérât la rampe comme impraticable pour les locomotives, mais le mode d'exploitation par locomotives paraissait peu avantageux, parce que, le plan incliné se trouvant à la sortie de la station, les locomotives n'avaient pas le temps d'acquiescer une vitesse suffisante au moment où elles atteignaient le pied de la rampe, et qu'ainsi la vitesse avec laquelle elles pouvaient remonter les convois était généralement plus faible que celle que produisaient les machines fixes. D'ailleurs, comme les locomotives ne peuvent développer leur force qu'en vertu de l'adhérence de leurs roues motrices sur les rails, on craignait que, comme les brouillards de la Tamise rendent les rails constamment humides, deux locomotives, telles qu'on les construisait alors, ne fussent insuffisantes pour remorquer un convoi de huit voitures.

Aujourd'hui que l'on emploie des locomotives plus puissantes, on a entièrement renoncé au service des machines fixes.

Les travaux de terrassement exécutés pour l'établissement du chemin de Londres à Birmingham sont immenses.

Parmi plusieurs tranchées considérables ouvertes sur cette ligne, on distingue la tranchée du Tring, qui a 4,000 mètres environ de

longueur, et 17 mètres de profondeur sur près de 400 mètres. Le cube des terres extraites de cette immense tranchée n'est pas moindre de 1,100,000 mètres. Une partie de ces terres, déposées en cavaliers sur les bords de l'excavation, a été élevée à la surface par des procédés que nous décrirons plus loin.

La tranchée de Blisworth, la plus importante du chemin de Londres à Birmingham après celle de Tring, cube 700,000 mètres. On a rencontré, dans l'exécution de ce travail, de grandes difficultés; la partie supérieure, composée de roc dur, a été enlevée à la poudre. Sous ce rocher, se trouvait une couche d'argile coulante; on n'a pu soutenir les talus dans cette argile qu'au moyen de murs très-suspendieux réunis dans le bas par un radier.

Dans d'autres tranchées, il s'est manifesté des éboulements que l'on a eu grand'peine à contenir.

Le volume de certains remblais du chemin de Londres à Birmingham, sans atteindre celui des tranchées, n'en est pas moins considérable. Le remblai de Wolverton, cubant environ 400,000 mètres, élevé sur un terrain marécageux, n'a cessé de s'affaisser que, lorsqu'en élargissant sa base on est parvenu à en diminuer suffisamment la pression sur le sol.

Le viaduc de Wolverton, composé de six arches surbaissées en briques, a 200 mètres de longueur.

A Birmingham et sur plusieurs points de la ligne, on trouve d'autres viaducs en briques également importants.

Middland-Counties-Railway. — Le Middland-Counties-Railway, réunissant le chemin de Londres à Birmingham au Nord-Middland, se détache du premier à la station de Rugby et se soude au North-Middland à Derby. Il passe à Nottingham et Leicester. C'est en 1836 que la Compagnie concessionnaire a obtenu l'autorisation de le construire. Il a été ouvert dans toute sa longueur en mai 1840.

Les plus fortes pentes y sont de 3 millièmes. Les courbes y sont toutes de grand rayon.

Le cube moyen des terrassements, sur ce chemin, est de 45,600 mètres cubes par kilomètre.

Le nombre des ponts en dessus ou en dessous est de 148. Les

souterrains sont au nombre de trois, dont la longueur totale n'est que de 285 mètres.

Granth-North-Railway. — Ce chemin, long de 75^t,623, a été concédé en 1836, avec un grand nombre d'autres. Il s'étend de York à Newcastle et se relie au North-Middland par un embranchement. On n'y trouve pas de pentes dépassant 2 1/2 millimètres. Son tracé est presque entièrement en ligne droite.

Le cube des terrassements n'est que de 15,290 mètres cubes par kilomètre; le nombre des ponts en dessus ou en dessous est de 42.

North-Middland-Railway. — Le North-Middland-Railway, ainsi qu'on peut le voir sur la carte, constitue, avec le Midland-Counties-Railway et une grande partie du chemin de Londres à Birmingham, une des grandes lignes qui s'étendent du sud au nord de l'Angleterre, de Londres à Newcastle; sa longueur est de 117 kilomètres.

Toutes les courbes, sur ce chemin, ont 1,600 mètres au moins de rayon, et les pentes n'y dépassent pas 4 millimètres. Si donc on se reporte à la description que nous avons donnée du tracé du chemin de Londres à Birmingham et du Midland-Counties-Railway, on remarquera que, nulle part, sur le chemin de Londres à Newcastle, par Rugby, exception faite d'une très-petite partie du parcours, les pentes ne dépassent 4 millièmes et que le rayon des courbes excède généralement 1,500 mètres. Il en est de même sur le grand chemin transversal de Douvres à Bristol, tandis que les lignes de Liverpool à Hull et de Newcastle à Carlisle ont été tracées, au contraire, avec des pentes d'environ 1 centième et des courbes de moindre rayon.

Les travaux de terrassement du North-Middland-Railway, s'élevant à 62,000 mètres cubes par kilomètre, sont considérables. /

Les plus importants sont la tranchée de Wakecshan, dont le cube est de 460,000 mètres, et celle de Normanthon, cubant 382,000 mètres. Les souterrains sont au nombre de sept, longs de 3,500 mètres; le plus considérable a 536 mètres.

On trouve sur le North-Middland-Counties-Railway cent trente-trois ponts ou viaducs, parmi lesquels on distingue le grand viaduc

de Calder composé d'une arche de 27 mètres d'ouverture, et de cinq autres de 18 mètres.

Le North-Middland-Railway est le plus remarquable de l'Angleterre, avec le Great-Western ou le chemin de Bristol, pour le luxe des stations.

La grande station de Derby, où se croisent trois chemins de fer, et dans laquelle on a concentré le service des voyageurs, des marchandises et des ateliers, est une des plus intéressantes à étudier. Elle a été décrite dans le *Portefeuille de l'Ingénieur*.

Les autres stations ont été construites dans un style d'architecture élégant et varié.

Chemin de Londres à Bristol. — Le chemin de Londres à Bristol, désigné en Angleterre par le nom de Grand-Occident (Great-Western-Railway), n'est pas seulement l'un des plus importants de la Grande-Bretagne comme l'une des lignes les plus commerciales de ce pays, il est encore, au point de vue technique, l'un des plus dignes d'étude.

Tout, sur ce chemin construit par Brunel fils, porte un cachet d'originalité. Le tracé en est remarquable ; la voie, le matériel, les stations, présentent des dispositions qui fixent l'attention des ingénieurs.

La pensée qui a présidé au choix du tracé est la même que celle qui a guidé dans l'étude du chemin de Londres à Birmingham. construit vers la même époque. On n'a épargné ni soins ni dépenses pour réduire autant que possible l'inclinaison des rampes et pour agrandir le rayon des courbes.

De Londres à l'embranchement d'Oxford, partie de la ligne la plus fréquentée, les pentes, sur une grande longueur, n'excèdent pas 7 dixièmes de millimètre. Puis, jusqu'au plateau le plus élevé, à Swindon, le chemin continue à s'élever graduellement, sans aucune ondulation, avec une inclinaison de 11 dixièmes de millimètre. De ce point culminant, enfin, le chemin redescend vers Bristol.

Sur cette partie de la ligne, la configuration du terrain a nécessité des pentes supérieures à celles qui précèdent ; mais l'ingénieur les a concentrées sur un espace comparativement court en adoptant

des rampes opposées inclinées chacune de 9 millièmes $\frac{1}{2}$, l'une ayant 1,200 mètres de longueur, l'autre 4,000 mètres. Les pentes intermédiaires ne dépassent nulle part 2^{mm},9. C'est sur la dernière rampe de 9 millièmes $\frac{1}{2}$ que se trouve le souterrain de Box, qui est le seul passage difficile de toute la ligne.

Le rayon des courbes est plus grand que sur tout autre chemin de fer, puisqu'il est généralement de 6,400 à 11,000 mètres.

Parmi les travaux remarquables exécutés sur le chemin de Bristol, il faut nommer le pont sur la Tamise, à Maidenhead ; c'est le travail le plus hardi qui ait été exécuté en petits matériaux.

Il se compose de deux grandes arches elliptiques ayant chacune 28 mètres 90 centimètres d'ouverture, c'est-à-dire 60 centimètres seulement de moins que le nouveau pont de Londres, construit en granit et l'un des plus beaux ponts en pierre que l'on connaisse.

La largeur de la voie, sur le chemin de Londres à Bristol, est presque le double de celle de la plupart des grandes lignes d'Angleterre (7 pieds au lieu de 4 pieds 8 pouces). M. Brunel, en élargissant ainsi la voie, s'est proposé principalement de faciliter l'emploi de machines de plus grandes dimensions, capables de traîner de plus lourdes charges à de plus grandes vitesses. Nous verrons plus loin jusqu'à quel point cette modification est heureuse.

Ce n'est pas seulement par les dimensions que la voie du chemin de Bristol diffère des autres chemins de fer, elle offre aussi un mode de construction qui lui est particulier.

Sur la plupart des autres chemins, les rails sont en fer plein, et ils sont fixés par des pièces en fonte nommées coussinets et des traversines en bois qui servent de fondation à la voie ; sur le chemin de Bristol, les rails sont, au contraire, en fer creux, cloués à des solives en bois qui en deviennent pour ainsi dire parties intégrantes, et ces rails en bois et fer sont fixés sans intermédiaire aux traversines qui reposent sur la chaussée. Le chemin ainsi construit est plus élastique, et, par suite, le mouvement des machines et des voitures y est plus doux.

Dans l'origine, une partie des traverses étaient fixées au sol au moyen de pieux faisant office de pilotis ; mais on a, depuis lors,

supprimé ces pieux, entre lesquels la voie, fléchissant outre mesure, finissait par se courber.

Les machines locomotives et les voitures du chemin de Bristol, aussi bien que la voie, ne sont pas seulement intéressantes par leurs dimensions exceptionnelles, elles présentent des dispositions particulières. Nous nous réservons d'en parler dans le second volume de cet ouvrage.

Plusieurs des stations, celle de Windsor, par exemple, ont cela de remarquable que, par suite d'une combinaison des voies que nous décrirons plus loin, le départ et l'arrivée ont lieu du même côté, tandis que sur les autres chemins, ainsi que chacun le sait, on part d'un côté et on arrive de l'autre.

Le chemin de Bristol a coûté excessivement cher, puisque le prix du kilomètre s'élève à 886,000 fr.; mais les produits se sont heureusement trouvés en rapport avec la dépense.

Chemins de Versailles. — Des deux chemins de Paris à Versailles, celui de la rive gauche, plus particulièrement, offre une preuve frappante de la nécessité de ne pas sacrifier dans l'étude des chemins de fer toute considération financière aux considérations techniques.

Tout le monde conviendra aujourd'hui qu'aucun des deux tracés admis pour ces deux chemins n'était le meilleur.

On avait proposé un troisième tracé bien préférable. Ce tracé, partant de l'extrémité du Cours-la-Reine, passait sous la montagne de Chaillot par un souterrain de 940 mètres, traversait la plaine de Passy et le bois de Boulogne, franchissait la Seine sur un pont à 13^m, 28^c au-dessus de l'étiage, puis se développait sur les coteaux de la rive gauche, passait derrière les villages de Suresnes et de Puteaux, entraînait dans le parc de Saint-Cloud et suivait jusqu'à Versailles une direction à peu près semblable à celle que suit celui de la rive droite.


Les résultats de l'enquête avaient été favorables à ce projet, mais il a été rejeté par l'administration des ponts et chaussées à cause de la grandeur des pentes, qui étaient, sur une partie du parcours, de 8 millimètres 1/2.

Cette pente était cependant parfaitement admissible, même en

supposant l'emploi de machines médiocrement puissantes, pour ce chemin, sur lequel les convois de voyageurs ne marchent avec charge complète que les jours de fête, et, comme nous l'avons déjà fait observer, elle n'était nullement dangereuse. Elle est plus faible que la pente adoptée sur le tronc commun aux chemins de Londres à Douvres et de Londres à Brighton. Ce chemin central n'eût pas coûté plus cher que chacun des chemins de Versailles (rive droite et rive gauche), il eût été plus court, son point d'arrivée dans Paris eût été infiniment mieux placé. Il eût desservi Saint-Cloud et une partie des villages auxquels aboutissent les chemins actuels, enfin il eût donné lieu à une excellente spéculation, tandis que les chemins actuels ont été peu avantageux à leurs actionnaires. Mais revenons au chemin de Versailles (rive gauche).

Ce chemin devait partir, dès l'origine, d'un point situé dans l'intérieur de Paris, soit rue d'Assas, soit au carrefour de la Croix-Rouge, soit à la place Saint-Sulpice; mais la Compagnie adjudicataire, effrayée du surcroît des dépenses, crut devoir s'arrêter provisoirement au dehors de la barrière, sur la chaussée du Maine.

De ce point, le chemin s'élève, par une rampe uniforme de 4 millimètres, jusqu'aux portes de Versailles, et il entre dans cette ville par une rampe de 935 mètres de longueur et de 1 centimètre d'inclinaison. On a été obligé, pour maintenir l'inclinaison de 4 millimètres prescrite par les cahiers des charges, d'exécuter des travaux immenses de terrassement, et d'élever un grand viaduc sur un mauvais sol. On eût évité une partie de ces travaux et économisé plusieurs millions en augmentant cette rampe; mais l'administration s'est montrée d'une rigueur extrême à l'égard de la Compagnie en lui refusant un accroissement de 1 dixième de millimètre seulement!!!... Puis, lorsque, plus tard, les travaux ont été suspendus par défaut de capitaux, elle a passé d'une sévérité exagérée à une indulgence excessive, en accordant à la Compagnie, non-seulement l'établissement d'une rampe de 1 centième à l'entrée de Versailles, ce qui était sans inconvénient, mais encore en autorisant la substitution de passages de niveau à des ponts, sur certains points où ces passages, placés à l'extrémité de courbes en tranchée, sont fort dangereux, et en permettant l'ouverture d'un chemin inachevé,



et, par suite, très-imparfait. Les travaux de terrassement sur cette ligne ont été considérables, puisque le cube moyen des terrassements par kilomètre s'est élevé à 72,000 mètres, atteignant ainsi le chiffre des terrassements sur le chemin de Bristol.

Le principal travail d'art du chemin de Versailles (rive gauche) est le grand viaduc du Val-Fleury, étudié par M. Payen, inspecteur général des ponts et chaussées. Nous donnerons plus loin la description de ce viaduc.

On remarque aussi sur ce chemin les moyens employés pour consolider les talus de plusieurs tranchées ouvertes dans le sable glaiseux et ceux des remblais voisins.

Le chemin de fer de Versailles (rive gauche), devenu l'une des têtes du chemin de l'Ouest, a été prolongé jusqu'au boulevard Montparnasse.

Chemin de fer du Nord en Autriche.— Ce chemin, dont les études remontent à 1830, a été concédé en 1836 à la maison Rotschild. Commencant au Prater, à Vienne, il franchit le Danube au moyen de deux ponts sur palées en bois. Le tracé a présenté peu de difficultés, si ce n'est sur l'embranchement de Brünn, où il a fallu mettre la voie à l'abri des inondations et franchir quelques vallées transversales sur des viaducs d'une grande longueur. Ses pentes sont très-favorables et ne dépassent pas $3^{\text{mm}},3$ par mètre, même au passage de la ligne de faite qui sépare le bassin du Danube de celui de l'Oder ; mais on y rencontre des courbes de 570 mètres de rayon.

Chemin de fer de Vienne à Gloggnitz.— Le chemin de Vienne à Gloggnitz fut concédé à M. le baron de Sina en 1836, à peu près à la même époque que le chemin du Nord à M. le baron de Rotschild. Il fait partie de la grande ligne de Vienne à Trieste, qui servira d'intermédiaire pour toutes les relations de l'Allemagne avec la Méditerranée.

Sur une longueur de $18^{\text{k}},40$, qui représente à peu près le quart du parcours total, les pentes de ce chemin atteignent de $6^{\text{mm}},6$ à $7^{\text{mm}},7$; le rayon minimum des courbes est de 1,600 mètres.

Les ouvrages les plus remarquables du chemin de Gloggnitz sont le viaduc de Baden, de trente arches; un pont en bois dans le système américain, d'une portée de $57^{\text{m}},95$, et le passage du cours

d'eau qui alimente le moulin de Perchtolsdorf au moyen d'un siphon en fonte.

Il faut aussi indiquer comme méritant une attention particulière les différentes gares de ce chemin, notamment celle de Vienne, décrite dans le *Portefeuille de l'Ingénieur* sous le nom de *Gare du chemin de fer de Vienne à Raab*.

Chemin de Munich à Augsbourg. — Ce chemin, établi à une seule voie, comme le précédent, avec terrassements et ouvrages d'art pour deux voies, ne présente dans son tracé aucune particularité digne d'être citée. Les pentes sont très-faibles, les courbes de grand rayon; les rails, du modèle anglais, ne pèsent que 11^{kilogr.}, 8 par mètre courant.

Il n'y a de remarquable sur ce chemin que les travaux exécutés pour la traversée des marais aux abords de Hattenhofer. Renonçant à assurer la résistance du terrain dans ces marais, soit par le battage d'une forêt de pieux d'une longueur de 12 à 15 mètres, ce qui eût considérablement augmenté la dépense, soit par l'emploi de fascines d'un prix également élevé et laissant craindre, pour le moment où elles viendraient à pourrir, des tassements considérables, le directeur des travaux fit au préalable assainir autant que possible, par des fossés d'écoulement, les parties de marais traversées; puis on pratiqua en échiquier, et avec espacement de 0^m,876 des trous carrés de 1^m,168 de profondeur, ayant au bas 0^m,582 de côté, au haut 0^m,876. Ces trous furent remplis de terre grasse imperméable à l'eau.

La disposition inclinée des faces des trous ayant pour effet de comprimer la terre tourbeuse du marais, on put effectuer sur cette masse rendue homogène des remblais avec un tel succès, que, depuis la mise en exploitation du chemin, aucun tassement n'a eu lieu.

Chemin badois. — Nous empruntons à M. le Chatelier la description de ce chemin.

Long de 279 kilomètres, il sillonne le grand-duché de Bade dans toute sa longueur, depuis Manheim jusqu'à Lorrach, à la frontière de Suisse, près de la ville de Bâle, court du sud au nord au pied des montagnes de la forêt Noire, et atteint tous les centres de popula-

tion de quelque importance situés à leur base. Arrivé à Heidelberg, il se rejette, par un rebroussement de l'est à l'ouest, vers Mannheim, parallèlement au cours du Neckar. Un embranchement de 13^k,5 le relie à la tête du pont de Kehl; un second embranchement, partant de la station d'Oos, atteint Baden-Baden depuis le commencement du mois d'août 1845. Ce chemin de fer fait concurrence au chemin de Strasbourg à Bâle pour le transit des voyageurs entre l'Allemagne et la Suisse. On s'occupe de le faire arriver jusqu'aux portes de la ville de Bâle, et même de le prolonger jusqu'à Schaffhouse. Il est exécuté et exploité par l'État, en vertu d'une loi en date du 29 mars 1838; les travaux ont été commencés le 1^{er} septembre de la même année, et les diverses sections ont été livrées à la circulation, de Mannheim à Heidelberg, le 11 septembre 1840; d'Heidelberg à Carlsruhe, le 15 avril 1843; de Carlsruhe à Offenbourg et Kehl, le 1^{er} juin 1844; d'Offenbourg à Freyburg, en août 1845, sur une longueur totale de 220^k,5.

Les travaux d'art et les terrassements ont été exécutés pour deux voies; mais jusqu'ici on n'en a posé qu'une seule. C'est en 1845 seulement que les Chambres ont voté les crédits nécessaires pour la pose de la seconde voie.

Le tracé présentait, comme pour le chemin d'Alsace, les plus grandes facilités; cependant on l'a tourmenté sur plusieurs points pour atteindre, conformément au programme dressé par les Chambres, toutes les villes voisines de sa direction. Néanmoins il est de niveau sur 38 centièmes, et il ne présente de pentes supérieures à 4 millimètres par mètre (de 4 à 5^{mm},3) que sur 6 centièmes de sa longueur totale. Pour obéir servilement aux conditions du programme et par une raison d'économie mal entendue, sur un terrain aussi peu accidenté, on a fait descendre au-dessous de 400 mètres et jusqu'à 180 mètres le rayon de quelques courbes. Bien que ces courbes de petit rayon soient pour la plupart voisines des stations où tous les trains s'arrêtent, elles exercent une influence d'autant plus fâcheuse sur l'exploitation, qu'on a fait choix du matériel anglais sans l'approprier à un pareil service. Ce chemin est le seul en Allemagne, parmi les grandes lignes, pour lequel on ait adopté une largeur de voie supérieure à 1^m,435; mais on n'est entré que timi-

dement dans ce système d'innovation en restreignant l'écartement à 1^m,60. Par suite, sans pouvoir jouir de tous les avantages que les partisans des larges voies leur attribuent, on s'est fermé toute communication directe avec les chemins des pays voisins.

Depuis la publication de l'ouvrage de M. le Chatelier, la seconde voie du chemin badois a été posée, le chemin s'est approché de la ville de Bâle, et la voie a été rétrécie. La construction d'un pont sur le Rhin à Kehl aura lieu prochainement et mettra ce chemin en relation avec les chemins français.

CHEMINS A PENTES MOYENNES.

Parmi les chemins de fer qui se rangent dans cette classe, il en est un grand nombre sur lesquels les transports s'opèrent à grande vitesse; ceux-là, à l'exception des chemins anglais de Newcastle à Carlisle, et de Liverpool à Manchester, ont été tous étudiés en dehors des idées exclusives qui ont présidé au tracé des lignes de Londres à Birmingham, de Paris à Rouen, de Paris à Saint-Germain, etc. Nous commencerons par la description de celui de Rouen au Havre, l'un des plus curieux par les ouvrages importants que son établissement a nécessités.

Chemin de Rouen au Havre. — Le chemin de fer de Rouen au Havre s'embranché sur celui de Paris à Rouen, à Sotteville, près Rouen, et arrive, par une rampe de 5 millimètres sur 1,100 mètres, à un pont en charpente formé de huit arches de 40 mètres d'ouverture chacune, au moyen duquel il traverse la Seine à 12 mètres au-dessus de l'étiage. Il ne tarde pas à s'engager dans le tunnel de Bonsecours, qui, percé dans la montagne Sainte-Catherine, a 1,055 mètres de longueur et 6 mètres de hauteur sous clef. Ce tunnel présente une faible pente de 1^{mm},4 par mètre. Il se trouve, en partie, dans une courbe de 750 mètres de rayon et de 880 mètres de développement. A cette courbe en succède une autre de 925 mètres de rayon, puis, après un remblai et une tranchée assez considérables, on arrive ainsi à un second tunnel de 1,500 mètres de longueur, droit d'abord, puis en courbe de 1,600 mètres de rayon. Il présente, sur toute sa longueur, une rampe de 5^{mm},35. Le chemin passe

par ce tunnel sous les boulevards Saint-Hilaire et Beauvoisine, puis, après un court déblai, nécessité par la station de la rue Verte, il entre, avec la même rampe, dans un nouveau tunnel de 1,184 mètres, situé sous les cimetières Saint-Maur et Saint-Gervais. Il est bon de remarquer qu'en amont et en aval de la station la rampe est de 6^{mm},55 sur 300 mètres environ, afin d'en racheter une de 0,002 seulement en guise de palier au droit de la rue Verte. Au sortir du tunnel de Saint-Gervais, on se trouve en tranchée, puis en remblai, ce dernier ayant jusqu'à 18 mètres de hauteur, et l'on arrive ainsi à un quatrième tunnel, qui n'a que 360 mètres de longueur, mais qui est percé en courbe de 800 mètres de rayon et fait partie d'une rampe de 3^{mm},3, qui s'étend, au reste, sur une longueur totale de 3,420 mètres. Ici se termine la traversée de Rouen, qui est la partie du chemin où s'étaient accumulées les difficultés les plus sérieuses et qui a occasionné la plus grande dépense.

Après quoi, jusqu'à Malaunay, le tracé ne présente que des courbes de grand rayon, mais assez multipliées, et des rampes faibles, mais presque sans interruption. Néanmoins il s'en trouve une de 5 millimètres sur 1,280 mètres, à Houpeville.

Dans ce trajet d'environ 7 kilomètres, quoique le terrain ne soit pas très-accidenté, on trouve un remblai de 250,000 mètres cubes et d'une hauteur de 28 mètres. Ce travail est le plus grand terrassement que l'on rencontre jusque-là, tous ceux qui précèdent ayant environ 100,000 mètres cubes. La vallée de Malaunay, dont le sol est de 25 mètres au-dessous des rails, est traversée par un remblai et deux viaducs. Le remblai a 400 mètres de long et 25 mètres de hauteur; son volume est de 624,000 mètres cubes. Les deux viaducs ont, l'un quatre arches, l'autre huit de 15 mètres d'ouverture; ils sont séparés par le grand remblai; le premier est précédé, et le second est suivi d'une tranchée de 250,000 mètres cubes, de sorte qu'à elles deux elles ont pu suffire au remblayement de la vallée; ces tranchées sont l'une et l'autre en courbe de 800 mètres de rayon sur un développement, l'une de 200 mètres, l'autre de 500. A la suite de cette dernière se trouve un tunnel de 2,200 mètres; la rampe y est de 5 millimètres et s'étend au delà jusqu'à un développement total de 3,240 mètres; puis les rampes deviennent plus fai-

bles, et, à part un remblai de 25 mètres, mais d'un cube total de 240,000 mètres seulement, on arrive sans difficultés à Barentin.

Là se trouve un viaduc en briques, comme tous ceux de la ligne, de vingt-sept arches de 15 mètres d'ouverture chacune, de 32 mètres de hauteur, et d'une longueur totale de 500 mètres; la rampe n'y est plus que de 1^{mm},6, et on a eu soin de ménager en amont un palier de 580 mètres. On sait que, construit une première fois avec des matériaux peu convenables, il s'écroula entièrement, causant ainsi un grand dommage et un long retard à la Compagnie.

On ne manqua pas d'attribuer cet accident à la hardiesse peu commune des proportions de ce monument. Cependant, reconstruit sur les mêmes plans, mais avec plus de précautions, il a résisté à toutes les épreuves et ne laisse pas plus à désirer sous le rapport de la solidité que sous celui du grandiose.

A l'issue du viaduc, la rampe s'élève à 5^{mm},5. Le tracé décrit en outre, sur 1,200 mètres environ, une courbe de 940 mètres de rayon; puis une de 800 mètres dans une tranchée de 20 mètres de hauteur. Au reste, le terrain, étant ici très-accidenté, a nécessité un certain nombre de courbes successives et une alternance continuelle de remblais et de déblais de 100,000 mètres cubes environ, le tout dans le cours d'une rampe de 5 millimètres sur un développement presque continu de 11,000 mètres. En outre, il existe une courbe de 700 mètres de rayon à Mesnil-Panneville, et une de 838 mètres aux abords de la station de Motteville, à la suite de laquelle se trouve un grand palier de 4,000 mètres. De Motteville à Bolbec, le chemin est presque toujours au niveau du sol; les courbes y sont rares et de grand rayon. Les rampes se soutiennent jusqu'à Yvetot, mais elles sont très-faibles. De ce point, on redescend par des pentes variées, dont la plus forte est de 5^{mm},3 sur 5,580 mètres; mais la plupart ne dépassent guère 1 millième.

De Bolbec à Mirreville reparaissent les tranchées et remblais successifs de 100,000 mètres cubes environ, les courbes de 1,000 à 1,200 mètres se multiplient, et la pente s'élève à 3^{mm},3 sur 4,400 mètres de longueur. Le viaduc de Mirreville est compris dans cette pente. Il y a une partie courbe de 1,000 mètres de rayon sur 340 mètres de développement. Sa longueur totale est de 530 mè-

tres, sa hauteur de 32 mètres ; il a quarante-huit arches de 9^m,20 d'ouverture chacune ; à la suite se trouve un palier ; puis recommencent les courbes de rayon plus grandes que 1,000 mètres, les terrassements peu importants, mais très-multipliés, les faibles pentes moindres de 3^{mm},5. Mais tout à coup celles-ci s'élèvent à 8 millièmes d'abord sur 3,300 mètres jusqu'à Épretot, puis sur 8 kilomètres d'Épretot à Harfleur, où le chemin avance toujours par une succession de remblais et de tranchées dont la dernière est de 140,000 mètres cubes. Là, en amont, en guise de palier, se trouve une rampe de 1^{mm},5 sur 180 mètres seulement, et de nouveau une pente de 8 millièmes dont fait partie le premier viaduc d'Harfleur, qui n'offre rien de remarquable et est composé de cinq arches de 9 mètres d'ouverture et de 16 de hauteur et d'une longueur totale de 60 mètres. Il est uni, par un remblai de 180,000 mètres cubes, en courbe de 1,600 à 2,400 mètres de rayon, à un autre viaduc parfaitement identique au premier, sauf que le second est en palier, ainsi qu'une grande partie du remblai.

On rencontre ensuite, à la naissance d'une pente de 300 mètres de longueur, une tranchée de 180 mètres de long et d'une hauteur maxima de 18 mètres, en courbe de 1,200 mètres de rayon ; enfin le chemin, après un parcours total de 95 kilomètres, arrive au Havre au niveau du sol, en palier sur 1,200 mètres, et selon un alignement droit de 2,200 mètres.

Chemin de Paris à Lyon. — La construction du chemin du Havre décidée, l'importance de l'établissement d'un chemin de fer de Paris à Lyon, et, dans l'avenir, de l'Océan à la Méditerranée, fut unanimement reconnue.

Déjà l'Océan se trouvant uni à la capitale par le chemin de Rouen au Havre, il ne s'agissait plus que de diriger un railway sur Marseille pour compléter la ligne du Havre à la Méditerranée.

Avant l'achèvement de cette grande entreprise, on pouvait en retirer déjà des avantages précieux. La navigation à vapeur n'avait-elle pas atteint sur le Rhône et sur la Saône jusqu'à Châlons, un degré de célérité très-satisfaisant même à la remonte ? Une fois donc Paris en communication avec Châlons par un chemin de fer, les relations avec la Méditerranée acquerraient aussitôt une merveilleuse

activité. C'est pourquoi l'on entreprit d'abord les sections de Paris à Châlons et d'Avignon à Marseille.

L'importance des relations entre les points extrêmes semblait devoir conduire à adopter jusqu'à Châlons le tracé le plus direct. Mais il y eut des personnes qui virent dans le chemin du Sud-Est autre chose que le but déjà si vaste que nous venons d'indiquer. A leurs yeux, il devait, en outre, unir Paris ainsi que la Méditerranée au Rhin par un embranchement sur Mulhouse. Or cet embranchement pouvait-il mieux se faire qu'à Dijon, depuis longtemps en communication avec Mulhouse par une route impériale sur laquelle existe déjà une circulation des plus actives? En envisageant ainsi la question, Dijon devenait un point obligé du chemin de Lyon, et, nonobstant le détour considérable qui en devait résulter, ce fut cet avis qui prévalut.

Ce programme ainsi arrêté, on étudia plusieurs projets pour en mettre à exécution la première partie.

La plus grande difficulté qui se présenta pour la section de Paris à Dijon consistait dans l'obligation de franchir le faite des monts vosgiens, qui séparent le bassin de la Seine de celui de la Saône.

On étudia ce faite, et l'on y reconnut d'abord trois dépressions principales, dont on se proposa de profiter pour passer de l'un des bassins dans l'autre. Or, pour parvenir à chacun de ces points de plus facile accès, il se trouva qu'il fallait suivre chacune des trois principales vallées qui forment le bassin de la Seine; de là, naquirent trois tracés : celui de la Seine, celui de l'Aube, et celui de l'Yonne.

Le premier avait son point culminant près des sources de la Seine, au col de Poiseul, dont la hauteur, 472 mètres au-dessus du niveau de la mer, pouvait être réduite à 393 mètres, au moyen d'un souterrain de 2,700 mètres de longueur.

Le second eût franchi le faite vers les sources de l'Aube, au col de Vivey, non loin de Chalmessin. La côte, à ce point, est de 426 mètres, mais elle pouvait se réduire à 385 mètres, au moyen d'un souterrain de 1,550 mètres.

Enfin, le troisième passage était praticable à travers la crête de Pouilly, située près des sources de l'Armançon, affluent de l'Yonne;

à ce point, la continuité de la chaîne est interrompue par une déchirure profonde au fond de laquelle roule la rivière de l'Ouche. Déjà les ingénieurs avaient tiré parti de cet accident de terrain en plaçant à Pouilly le point de partage du canal de Bourgogne. Sa côte n'est qu'à 411 mètres au-dessus du niveau de la mer. Il n'exigeait, pour le passage du chemin de fer, qu'une tranchée de 1,800 mètres de longueur sur 18 mètres de hauteur maxima.

Le tracé de la Seine et celui de l'Aube avaient une partie commune ; l'un et l'autre empruntaient dans son entier la ligne de Corbeil, tout en se réservant une gare spéciale ; l'un et l'autre restaient constamment sur la rive droite de la Seine jusqu'à Romilly, traversant successivement l'Yonne et le Loing, touchant Melun, Montereau, Bray, Pont-sur-Seine et Nogent, et évitant les percées souterraines et les courbes roides, malgré les sinuosités de la Seine et les coteaux abrupts qui la bordent entre Corbeil et Melun. A Romilly, les deux tracés se séparaient : le premier passait à Troyes, à Bar-sur-Seine, à Châtillon, puis arrivait par la vallée du Revinçon au souterrain de Poiseul, au delà duquel, par divers vallons intermédiaires, il gagnait la vallée du Suzon, d'où il se dirigeait en ligne droite sur Dijon. Le second passait à Arcis-sur-Aube, Borey, Brienne-le-Château (où l'on projetait un embranchement sur Strasbourg), Bar-sur-Aube, Clairvaux, puis arrivait au souterrain de Vivey, en suivant le cours sinueux de l'Aube : du côté opposé de ce tunnel, il descendait dans la vallée de la Tille, franchissait cette rivière sur un grand viaduc de 550 mètres de long sur 26 de haut avec une pente de 5 millimètres et à force de terrassements. Enfin, après un assez long parcours en plaine, il se raccordait de nouveau avec le tracé de la Seine à 300 mètres de Dijon.

La seconde partie du tracé de la Seine lui était commune avec un quatrième tracé que nous n'avons pas encore mentionné, et qui se désignait sous le nom de tracé de la Brie et de la Haute-Seine. Partant de Paris par la barrière des Vertus, ce tracé aurait suivi le canal de l'Ourq, puis la Marne jusqu'à Chalifert, où il l'eût quittée par un souterrain de 1,000 mètres. Il se fût engagé dans le vallon sinueux et étroit de l'Aubetin, eût été obligé de se mettre de nouveau en souterrain sur une longueur de 2,700 mètres pour rentrer

dans la vallée de la Seine, et, sans avoir touché aucune ville importante, il eût rejoint à Romilly le tracé de la Seine.

Enfin le tracé de l'Yonne, quittant celui de la Seine à Montereau, longeait d'abord l'Yonne jusqu'à la Roche, puis le canal de Bourgogne, puis l'Armançon jusqu'à Tonnerre, et par le souterrain de Lesiers arrivait à Aisy; ici il fallait opter entre la vallée de la Brenne, que suit le canal, et celle de l'Armançon. Les coteaux de la première étaient formés d'un terrain glaiseux; on redouta l'exemple d'Ablon, et l'on préféra adopter la seconde, malgré ses roches granitiques et les difficultés qui en pouvaient résulter. Le tracé passait ainsi à Semur, et arrivait enfin au col de Pouilly. Au sortir de la grande tranchée par laquelle on devait le traverser, on s'engageait dans la vallée de l'Ouche, et, décrivant une grande courbe perpendiculairement à la direction voulue, on tournait le mont Alfrigue, et l'on arrivait ainsi à Dijon. La vallée de l'Ouche est fort étroite et assez sinueuse, elle contient déjà le canal de Bourgogne et la rivière de l'Ouche; on comprend qu'il eût été difficile d'y loger aussi le chemin de fer dans des conditions d'art bien favorables, surtout sous le rapport des courbes. C'était là une grave objection pour le tracé de l'Yonne; mais l'absence de souterrain parut une considération plus puissante.

Le tracé de la Brie fut écarté à cause des travaux et des pentes qu'il nécessitait pour franchir inutilement le faite de la Marne à la Seine, du peu d'importance commerciale des pays qu'il traversait et de la mauvaise position de son entrée à Paris, par rapport aux marchandises du Midi, et notamment aux vins, etc., etc.

Le tracé de l'Aube, projeté dans la pensée de donner un tronc commun aux lignes de l'Est et du Sud-Est, fut rejeté à cause de sa trop grande déviation de la direction naturelle et du déplacement de circulation qui en serait résulté; à cause de sa mauvaise position stratégique, à cause enfin de son peu d'aptitude à recevoir des embranchements.

Le tracé de la Seine le céda enfin à celui de l'Yonne, par suite de la comparaison des circulations probables, l'avantage étant du côté de la Bourgogne, sur la Champagne, surtout dans l'hypothèse de la prochaine concurrence, dans ce dernier pays, du chemin de

Strasbourg, et aussi à cause du moindre faite à franchir et du moindre détournement de la circulation naturelle. Le parallélisme de la voie de fer et du canal de Bourgogne ne fut pas considéré comme une objection sérieuse. Le tracé de l'Yonne fut donc adopté par la commission, puis par la Chambre, en exprimant toutefois les vœux suivants :

1° Que des études fussent faites pour modifier le tracé entre Pont-d'Ouche et Dijon. — Ce qui ne tendait à rien moins qu'au percement dans le mont Affrique d'un souterrain de 5,000 mètres précédé et suivi de pentes de 10 millièmes.

2° Que le chemin de Lyon eût une entrée spéciale dans Paris.

3° Qu'il y eût embranchement de Montereau à Troyes.

On verra par la description du tracé actuel que l'entrée spéciale a été réalisée, ainsi que l'embranchement de Troyes ; quant à la vallée de l'Ouche, on a sans doute reconnu, depuis, et les graves inconvénients que présenterait son parcours long et difficile, et l'inutilité qu'il y aurait, si l'on s'était décidé à percer le mont Affrique. d'avoir auparavant ouvert une tranchée longue et élevée, et même encore remonté la vallée difficile de l'Armançon au milieu des roches granitiques qui avoisinent Semur. C'est pourquoi, renonçant à cette dernière ville, on a quitté, à Montbard, l'Armançon et le canal de Bourgogne, et, remontant la vallée de l'Oze, on a substitué au col de Pouilly celui de Blaisy, où l'on a percé un tunnel de 4,100 mètres.

Le tracé actuel est donc tel qu'il suit : le point de départ dans Paris est situé sur le boulevard Mazas, à l'extrémité de la rue de Lyon, qui a été ouverte, par la ville de Paris, pour mettre cette gare en communication directe avec la Bastille.

Le chemin traverse les faubourgs de Paris où sont situés ses ateliers de réparation, il sort de Paris sur la rive droite de la Seine, parallèlement à ce fleuve, dont il se trouve jusqu'à Villeneuve-Saint-Georges et au delà à peu près à la même distance que le chemin d'Orléans sur la rive gauche.

Aussi, les deux rives étant jusque-là peu dissemblables, ne trouve-t-on, dans cette première partie, comme au chemin d'Orléans, que de faibles pentes, des courbes de grand rayon, peu de

terrassements, point de travaux d'art remarquables, si ce n'est à Charenton, sur les deux bras de la Marne; un double pont avec arches en fonte.

A partir de Villeneuve-Saint-Georges, on s'élève par une rampe variée de 4 à 5 millimètres par mètre, et de 11,600 mètres de longueur sur les collines qui forment la vallée de l'Yères. On traverse deux fois cette vallée avant et après Brunoy, sur deux viaducs, dont l'un a neuf arches de 9^m,67 d'ouverture, et l'autre vingt-huit de 10 mètres d'ouverture, la hauteur maxima est de 22 mètres, la longueur du premier viaduc est de 119 mètres, et celle du second de 375 mètres. On redescend ensuite par une pente variant aussi de 4 à 5 millimètres, mais sur 3,600 mètres seulement, jusqu'à peu de distance de Melun.

Un peu en aval de cette ville, au Mée, on traverse la Seine sur un grand pont en fonte, composé de trois arches de 40 mètres d'ouverture chacune, et dont la hauteur, au-dessus de l'étiage, est de 22 mètres. Puis se renouvelle la rampe variée de 4 à 5 millimètres sur une longueur de 6,600 mètres jusqu'après Fontainebleau, rampe interrompue toutefois par un palier de 100 mètres pour la station de cette ville.

De Fontainebleau à Montereau, le pays est assez accidenté. A Avon, à Saint-Mamès, à la Grande-Paroisse, se trouvent des rampes et des pentes alternatives de 4 à 5 millimètres sur 3,000 à 4,000 mètres. Les deux premières localités ont, en outre, exigé deux viaducs pour la traversée de Blangy et Lomy. Tous deux ont trente arches de 10 mètres d'ouverture et d'une hauteur maxima de 20 mètres; mais le second possède, en outre, deux arches biaisées en fonte de 40 mètres d'ouverture pour le passage simultané de la rivière et du canal du Loing.

Quant aux courbes, elles sont toutes de grand rayon; on n'en compte que quatre de 1,000 mètres, dont trois auprès de Saint-Mamès.

A Montereau, le railway, qui, depuis Melun, suit la rive gauche de la Seine, prend celle de l'Yonne et se trouve ainsi jusqu'à Sens en pays plat et presque en ligne droite. Il a donc nécessité peu de terrassements, si ce n'est à Pont-sur-Yonne, où se trouve une tran-

chée de 2,000 mètres de long et qui a jusqu'à 20 mètres de profondeur. Elle est précédée d'une rampe et suivie d'une pente de 4 millimètres sur 1,500 mètres environ, qui sont les plus fortes que l'on rencontre dans cette partie.

De Sens à Joigny, le railway, se trouvant presque continuellement au niveau du sol ou en faible remblai, n'a rien de remarquable; seulement le tracé, continuant de remonter l'Yonne, est forcé, comme cette rivière, de faire un grand nombre de circonvolutions. Mais les rayons de ces courbes sont tous très-grands; ceux de 1,000 ou 1,200 mètres forment exception. Après Joigny, le tracé passe l'Yonne à la Roche et suit à peu près parallèlement le canal de Bourgogne, se trouvant sans cesse compris entre ce canal et l'Armançon. Il passe ensuite cette rivière et la côtoie, sauf les détours, jusqu'à Tonnerre, où il arrive par une rampe de 4 millimètres sur 13,000 mètres; après quoi le profil devient plus accidenté. A la suite de quelques rampes faibles, s'en trouve une de 5 millimètres sur 2,800 mètres. Elle conduit aux deux souterrains successifs de Lezines et de Pary par une vallée en remblai de 800 mètres. Le premier de ces tunnels a 532 mètres de longueur, le second 1,000 mètres; mais ce qu'ils ont de particulier, c'est qu'ils sont, l'un sur une pente, l'autre sur une rampe de 3 millimètres, sans doute pour diminuer la hauteur déjà considérable du remblai intermédiaire. Les voûtes des deux souterrains en plein cintre ont chacune 8 mètres-d'ouverture, et la hauteur sous clef est de 6 mètres. Celle du souterrain de Lezines est à 24 mètres, et celle du souterrain de Pary à 35 mètres au-dessous du sol.

Ici le tracé devient très-sinueux, tandis que le profil continue de présenter nombre de rampes et de pentes successives. Nous approchons, en effet, des montagnes qui séparent le bassin de la Seine de celui de la Saône; néanmoins, jusqu'à Aisy, les pentes et les rampes n'ont pas plus de 5 millimètres sur 3,000 mètres de long. et les rayons des courbes moins de 1,000 mètres.

D'Aisy, le railway, suivant l'Armançon et le canal jusqu'à Montbard, les passe l'un et l'autre sur un pont biais, s'en sépare et s'engage dans la vallée de l'Oze, petite rivière qu'il remonte dans tout son cours.

Là commence la partie la plus difficile et la plus hardie du chemin. Déjà, pour arriver à la station de Montbard, on a dû gravir une rampe de 6 millimètres sur 1,700 mètres de longueur; mais, après cette station, c'est, d'abord, une suite presque continuelle de rampes de 4 à 5 millimètres sur une longueur totale de plus de 15,000 mètres, puis une rampe de 8 millimètres sur 3,220 mètres aux abords de la station de Verrey, qui se trouve sur un palier. A la suite, se présente de nouveau une rampe de 5 millimètres à 5^{mm}, 5 sur 2,600 mètres, puis une de 8 millimètres sur 6,500, et enfin on arrive au souterrain de Blaisy, que l'on a dû ouvrir au col de ce nom pour établir la communication entre les deux bassins de la Seine et de la Saône.

Ce souterrain, de 4 kilomètres de longueur, ayant une section transversale de 8 mètres de largeur et de 7 mètres de hauteur sous clef, est percé à une profondeur qui va jusqu'à 200 mètres au-dessous du terrain naturel.

Vingt et un puits circulaires, d'un diamètre intérieur de 3 mètres, revêtus presque tous d'une enveloppe en maçonnerie, offrant ensemble une longueur développée de 2,458 mètres et espacés entre eux d'environ 200 mètres, ont dû être creusés pour permettre d'attaquer simultanément, sur un grand nombre de points, le déblayement de ce souterrain.

Il est, comme celui de la Nerthe, sur le chemin d'Avignon à Marseille, ouvert dans des marnes que l'on ne peut attaquer qu'à la mine, mais qui, une fois exposées au contact de l'air, deviennent promptement friables et sans adhérence entre elles. Il faut les préserver avec soin et sans retard de l'action de l'air et de l'humidité au moyen d'un revêtement complet en maçonnerie, qui s'exécute au fur et à mesure du percement de la galerie.

Le souterrain de Blaisy a donné lieu à une dépense de dix millions, soit 2,440 francs par mètre courant; c'est, à peu de chose près, le prix de revient du mètre courant du souterrain de la Nerthe.

Au sortir de ce tunnel, qui présente sur toute sa longueur une pente de 4 millimètres, on descend vers Dijon et sur Plombières par une suite de pentes ainsi distribuées : pente de 6 millimètres

sur 200 mètres; de 8 millimètres sur 2,500 mètres; palier de 212 mètres; pente de 8 millimètres sur 2,081 mètres; palier de 848 mètres; pente de 8 millimètres sur 10 kilomètres, etc.

On trouve encore, avant Dijon, une pente de 6^{mm},21, et, à l'entrée de la gare de cette ville, une pente de 6^{mm},8 et une courbe de 500 mètres de rayon.

Dans le cours de cette descente, on a dû traverser plusieurs vallées sur de grands viaducs, dont les principaux sont : à la sortie du souterrain de Blaisy, un premier viaduc de 190 mètres de long et de treize arches de 10 mètres d'ouverture chacune; un deuxième à Mâlain, de 234 mètres et de dix-huit arches; un troisième à la Combe-de-Tain, de 220 mètres, à deux rangs d'arcades; un quatrième à la Combe-Bouchard, de 150 mètres et deux rangs d'arches; un cinquième enfin à la Combe-Neuvon, de 236 mètres et de seize arches.

Il y a, en outre, sept souterrains, dont le plus grand, celui de Mâlain, a 328 mètres de longueur, et les autres ont ensemble 490 mètres. L'entrée à Dijon se fait latéralement au canal de Bourgogne. A la sortie, le railway marche parallèlement à la route impériale et la côtoie ensuite presque continuellement, de sorte qu'après une nouvelle pente de 5^{mm},1 sur 1,064 mètres et une courbe de 1,000 mètres de rayon, il se retrouve pour ainsi dire en plaine et reprend l'allure rectiligne. Il passe à Beaune, et présente, à l'entrée de la station de cette ville, une courbe de 500 mètres et une de 1,000 à la sortie. Il s'élève ensuite jusqu'à Chagny par une rampe de 5 millimètres sur 1,264 mètres, et redescend vers Châlons-sur-Saône par une pente aussi de 5 millimètres et de 4,900 mètres de longueur.

On trouve, à l'arrivée de Châlons, une courbe de 830 mètres de rayon et une de 500 mètres.

Cette section a été exécutée par les ingénieurs de l'État. On n'y peut citer, en fait de travaux d'art, qu'un pont-canal de 78 mètres de long, destiné à livrer passage au canal du Centre.

Entre Châlons et Lyon, le tracé du chemin de fer, depuis Châlons jusqu'à Anse, longe à peu près constamment la route impériale de Paris par la Bourgogne, se tenant tantôt à gauche, tantôt à droite

de cette route, et la traversant neuf fois, dont cinq fois au moyen de passages à niveau, deux fois au moyen de ponts construits au-dessus et deux fois au moyen de ponts établis au dessous de la route impériale.

A partir d'Anse, le tracé du chemin de fer abandonne la direction de cette route pour se maintenir dans la vallée de la Saône, toujours sur la rive droite de cette rivière et tout à fait au pied des coteaux qui bordent son cours jusqu'à Vaise.

A 1,700 mètres environ après la sortie de la gare de Vaise, le railway entre en souterrain sous le coteau de Fourvières ou de Sainte-Irénée, à une profondeur maxima d'environ 100 mètres, et se maintient ainsi en ligne droite sur 2,025 mètres de longueur. A sa sortie, le tracé traverse la Saône sur un pont en pierre composé de quatre arches en anse de panier de 27 mètres d'ouverture chacune, et il entre dans la gare de Perrache, à 100 mètres environ du quai de la rive gauche de la Saône.

Le profil en long du chemin de fer, entre Châlons et Lyon, n'offre aucune pente exceptionnelle. Il se compose d'une série de paliers séparés les uns des autres par des rampes et des pentes qui ne dépassent jamais 5 millimètres par mètre, et qui ont été nécessitées par les mouvements du sol.

Parmi les stations entre Châlons et Lyon ou aux extrémités de cette portion de la ligne de Paris à Lyon, celles de Vaise et de Perrache sont les plus importantes.

La station de Vaise contient une gare des voyageurs et une gare des marchandises, et, en outre, on y a établi un grand dépôt ainsi qu'un petit atelier de machines pour le service de l'extrémité de la ligne. La surface de l'ensemble de ces gares est de 18 hectares.

La gare de Perrache est moins importante que celle de Vaise, quoiqu'elle forme le point de jonction des deux grandes lignes de Paris et de Lyon, d'une part, et de Lyon à la Méditerranée, de l'autre. Mais il a été formellement entendu que cette gare serait exclusivement destinée aux voyageurs, ce qui diminue son importance et a permis d'en réduire la superficie.

Elle occupe, dans la presqu'île de Perrache, à Lyon, la plus grande partie des terrains qui sont situés entre le cours Napoléon

et la rue Dugas-Montbel, d'une part, et entre la rue de l'Entrepôt et Delandine, de l'autre.

La gare de Perrache couvre ainsi une surface d'environ 5 hectares $1/2$, non compris 1 hectare environ pris sur l'entrepôt des liquides et destiné à recevoir un petit dépôt de machines.

La longueur totale de ce chemin, déduction faite de l'entrée et de la traversée de Lyon, est de $502^{\text{m}},947$, sur lesquels $128^{\text{m}},972$ en pente, $135^{\text{m}},402$ en palier, et $238^{\text{m}},572$ en rampe. La déclivité totale des pentes est de $521^{\text{m}},83$, celle des rampes de $657^{\text{m}},75$. La différence, en montant vers Lyon, est donc de $135^{\text{m}},92$.

La longueur, y compris la traversée de Lyon jusqu'à la presqu'île Perrache, est de $515^{\text{m}},675$, sur lesquels $330^{\text{m}},447$ d'alignements droits, et $172^{\text{m}},498$ de courbes.

On sait que le chemin de fer de Paris à Lyon est l'œuvre d'un des ingénieurs des ponts et chaussées les plus distingués, M. Julien; aussi tous les travaux en ont-ils été exécutés avec une perfection remarquable.

Chemin de Paris à Orléans. — C'est en 1838 que les Chambres ont voté le projet de loi qui a décrété l'établissement du chemin de fer de Paris à Orléans.

Trois lignes avaient été étudiées : celle qui a été exécutée, et que nous décrirons plus loin, et deux autres.

De ces deux dernières, l'une passait par Versailles, Rambouillet, et allait aboutir, après un assez long circuit, à Orléans.

Elle allongeait le trajet de 16 kilomètres, sans desservir des contrées bien riches ni des populations nombreuses. On lui reprochait, en outre :

1° De présenter des pentes trop fortes;

2° D'aboutir à un point de Paris éloigné de la rivière, disposition qui ne se prête pas facilement à un service économique de marchandises. Quant à ce qui concerne les pentes, le maximum étant de 4 millimètres, tandis qu'il n'était que de 3 dans le tracé adopté par le gouvernement, tel qu'il avait été étudié par son auteur, M. Desfontaines, on ne saurait admettre aujourd'hui qu'elles fussent excessives; mais l'accroissement de parcours était un défaut

plus grave, qui a fait rejeter avec raison, selon nous, le tracé par Versailles.

La seconde ligne explorée suivait la vallée de l'Essonne, se dirigeait sur Corbeil, passait par Malesherbes et Pithiviers, après avoir jeté un embranchement sur Étampes, et de là se rendait à Orléans en touchant Neuville.

Ce tracé était plus long que le tracé Desfontaines et traversait les terrains marécageux d'une vallée tourbeuse dans laquelle l'établissement d'un chemin de fer entraînerait à des dépenses et à des difficultés d'exécution considérables.

Le chemin d'Orléans, tel qu'il a été exécuté, peut être divisé en quatre sections, à savoir :

1° De Paris à Juvisy, en nombres ronds.	19 kil.
2° De Juvisy à Corbeil (embranchement).	12
3° De Juvisy à Étréchy (ligne mère).	52
4° D'Étréchy à Orléans.	70
Total.	<hr/> 133 kil.

Les deux premières sections, côtoyant presque constamment la Seine, n'offrent que des pentes faibles et des courbes de grand rayon. Elles n'ont nécessité que des mouvements de terrain ordinaires.

On a suivi pour la première le tracé du gouvernement, sauf quelques modifications de détail. Quant à la seconde, projetée d'abord sur la rive droite, elle a été établie sur la gauche, afin d'éviter un pont biais sur la Seine et d'obtenir une entrée plus centrale à Corbeil.

La troisième section, exécutée d'après le tracé de M. Desfontaines, présente une succession de remblais et de déblais assez considérables, sur une longueur de 18 kilomètres, depuis Juvisy jusqu'aux environs de Cossigny. Entre ces deux points, le tracé est constamment établi sur les flancs des coteaux qui bordent la vallée de l'Orge; il offre une série continue de courbes et de contre-courbes de 1,200 à 1,500 mètres de rayon, et une rampe courante et uniforme de 5 millimètres par mètre, qui, s'étendant sur une lon-

gueur de 1,500 mètres, s'élève de 45 mètres depuis le bassin de la Seine jusqu'au plateau de Marolles; de là, on redescend dans la vallée de la Juine jusqu'à Étréchy par des pentes dont la plus forte est de 2 millimètres par mètre, et au moyen desquelles on s'abaisse de 6^m,40.

A Étréchy, se présentait, pour la quatrième section, une difficulté sérieuse. Il s'agissait de monter sur le plateau de la Beauce, c'est-à-dire à 67 mètres de hauteur. Il fallait donc développer le tracé dans une des vallées qui, de ce plateau, descendent jusqu'au bassin de la Seine.

La vallée de la Juine, choisie d'abord par les ingénieurs de l'Etat, eût permis d'adopter une pente de 3 millimètres par mètre. Mais le chemin de fer s'y fût trouvé établi en remblai sur un terrain humide et tourbeux à une grande profondeur, et, en outre, sur le flanc de coteaux à talus très-roides.

Les ingénieurs de la Compagnie, effrayés des difficultés d'un tel projet, des dépenses et des accidents qu'il pouvait occasionner, aimèrent mieux risquer une pente de 8 millimètres sur une longueur de 5,300 mètres, entre Étampes et Monerville, et suivre la vallée sèche de l'Hémery, qui, à la sortie d'Étampes, se trouve à la droite de la route impériale. La nouvelle ligne reste dès lors sans cesse à 4 ou 500 mètres de distance de cette route, à droite, depuis Étréchy jusqu'à Angerville; à gauche, d'Angerville à Orléans.

On a eu à exécuter, dans cette section, des travaux de terrassement assez considérables, notamment l'ouverture d'une tranchée dans la vallée de l'Hémery et l'établissement de remblais dans la vallée de Brière et dans celles de la Lonette et de la Chalonnelle; mais la difficulté en a été notablement diminuée par la bonne qualité des terrains.

Arrivé sur le plateau de la Beauce, le tracé, dans un développement de 56 kilomètres, s'est trouvé placé dans les meilleures conditions, ne trouvant que des propriétés de peu de valeur, n'attaquant aucune construction, ne rencontrant aucun cours d'eau, et n'exigeant ni terrassements considérables ni travaux d'art difficiles.

Au reste, sur toute la ligne, les travaux d'art n'offraient que peu de difficultés. On n'y trouve aucun souterrain, aucun pont sur un

cours d'eau de quelque importance, et l'on n'y peut citer qu'un seul viaduc, celui du port de Choisy-le-Roi.

Cependant la construction de ce chemin ne fut pas exempte d'accidents imprévus. A l'ouverture d'une grande tranchée, près d'Ablon, dans un terrain glaiseux, il survint des éboulements si considérables, que l'ingénieur, M. Jullien, crut devoir renoncer aux travaux commencés et faire un détour coûteux pour la compagnie.

Le chemin d'Orléans possède trois gares remarquables : celles de Paris, d'Orléans et d'Étampes.

Chemin de Paris à Strasbourg. — Les études du chemin de Strasbourg remontent à l'année 1834, mais ce n'est qu'en 1843 que le tracé du chemin de Strasbourg a été étudié dans quatre grandes directions.

Un premier tracé, qu'on peut appeler tracé du Nord, s'embranchait sur la ligne du Nord, à Creil, suivant la vallée de l'Aisne, en passant par Compiègne et Soissons, la vallée de la Vesle, en touchant Reims, et gravissait le col d'Anse, coupait les trois vallées de l'Oise, de l'Aisne et de la Meuse, puis descendait dans les vallées de la Moselle et de la Meurthe, passait à Nancy, Lunéville, traversait les Vosges par Sarrebourg, le col de Hommarting, et arrivait à Strasbourg par la vallée de la Zorn. Une branche de cette grande ligne s'en détachait à Arnaville, petit village situé sur la Moselle, pour desservir Metz, Sarrebruck et Manheim.

Nancy, dans le cas où on eût adopté ce projet de tracé, se fût trouvé à 411 kilomètres de Paris, Strasbourg à 560, Metz à 457, Sarrebruck à 466.

Un second tracé, celui du Midi, empruntait le chemin de Corbeil, le continuait par Melun et Fontainebleau jusqu'à Montereau, quittait à Montereau le tracé du chemin de Lyon par l'Yonne, passait à Nogent-sur-Seine et Troyes, puis se dirigeait de là, presque en droite ligne, vers Pargny-sur-Saulx en franchissant la vallée de l'Aube à Lesment, et la vallée de la Marne à quelque distance en amont de Vitry; puis il gagnait Nancy en passant par Pagny-sur-Meuse et Toul, et suivait de Nancy à Strasbourg une ligne déjà indiquée.

Un troisième tracé, passant entre celui du Nord et celui du Midi, suivait la vallée de la Marne, desservait Lagny, Meaux, la Ferté, Château-Thierry, remontait la vallée de l'Ornain jusqu'à Bar-le-Duc, franchissait le faite séparatif des vallées de la Marne et de la Meuse à Vadonville et Loxeville; puis descendait à Toul, dans la vallée de la Moselle, qu'il suivait jusqu'à Frouard, d'où il jetait un embranchement sur Metz, en remontant la Meurthe jusqu'à Nancy, où il reprenait le tracé déjà décrit.

C'est ce tracé intermédiaire qui a été adopté. Nous en donnerons une description plus détaillée.

Un quatrième tracé, enfin, s'élevant sur les plateaux qui séparent la vallée de la Marne de celles de la Seine et de l'Aube, quittait Paris, comme le précédent, traversait les plateaux de la Brie en coupant la Marne dans la direction de Lagny, touchait Coulommiers, Sézanne, et redescendait à Vitry pour se diriger sur Strasbourg par un des tracés déjà décrits.

De ces quatre tracés, celui du Nord, par Compiègne, Soissons et Reims, avait été étudié dans l'intention de favoriser la direction de l'Allemagne par Metz, Sarrebruck et Manheim, aux dépens de celle par Nancy et Strasbourg.

La ville de Reims, desservie aujourd'hui par un simple embranchement, l'était alors directement.

Le tracé du Midi, par Corbeil, Melun, Fontainebleau et Troyes, présentait l'avantage d'une grande économie, puisqu'il avait un tronc commun avec les chemins d'Orléans et de Lyon; mais il passait à une grande distance d'une portion importante du territoire de l'est desservie par le chemin actuel.

Le tracé des plateaux de la Brie ne donnait aucune satisfaction aux habitants de la vallée de la Marne et de la Seine.

Le tracé de la vallée de la Marne traverse au contraire les populations les plus denses et les plus riches; il est plus court que celui du Nord, et mieux à couvert de l'ennemi en cas d'invasion. Il se recommandait ainsi par un grand nombre de considérations.

On a étudié sur ce tracé plusieurs variantes qu'il ne nous paraît pas d'un grand intérêt de faire connaître.

Tel qu'il a été exécuté, le chemin de Paris à Strasbourg passe à

Lagny, Meaux, la Ferté-sous-Jouarre, Château-Thierry, Épernay, Châlons, Vitry-le-Français, Bar-le-Duc, Commercy, Toul, Nancy, Lunéville, Sarrebourg et Saverne. Il dessert indirectement les villes de Reims et de Metz; la ville de Metz par un embranchement qui se prolonge jusqu'à la frontière prussienne, à Forbach; et la ville de Reims, par un embranchement que l'on continue sur Mézières, Sedan et Givet. La Compagnie a entrepris les travaux d'un chemin de Nancy à Vesoul, dont une partie, celle de Nancy à Épinal, vient d'être terminée. Enfin un autre embranchement, déjà exploité de Blesmes à Gray, relie ou reliera prochainement la ligne de Strasbourg avec toutes les usines de la Haute-Marne, Chaumont, Langres et Gray.

De Paris à Meaux, le tracé ne présente que de faibles pentes et des courbes à grand rayon; mais la nécessité de traverser la faite séparatif des vallées de la Seine et de la Marne et plusieurs contre-forts de cette dernière vallée a exigé des terrassements considérables et le percement, à Chaliffert, d'un souterrain de 194 mètres.

L'une de ces tranchées, celle de la Maison-Blanche, présentant un déblai de 500,000 mètres cubes, a été ouverte dans des terrains argileux dans lesquels on a été obligé d'exécuter des travaux de consolidation assez dispendieux.

Aux abords de la station de Meaux, on trouve une courbe de 700 mètres de rayon, et des pentes et des rampes de 5 millimètres par mètre; mais, bientôt après, les rayons des courbes rentrent encore dans les limites de 1,000 à 1,200 mètres.

C'est au delà de Meaux que l'on rencontre la tranchée de Poincy, la plus considérable de toute la ligne; elle a 1,900 mètres de développement; sa plus grande hauteur est de 16 mètres, et la quantité des déblais dépasse 500,000 mètres cubes.

La nécessité de traverser un autre contre-fort de la Marne, dans les bois de Meaux, a déterminé, dans cette localité, l'ouverture de deux autres tranchées très-importantes encore, et le percement d'un nouveau souterrain, celui d'Armentières, de 644 mètres de longueur.

A ce point, le tracé devient plus tourmenté; il se compose en plan d'une suite de courbes de 1,000 à 1,200 mètres de rayon; en

profil, il présente un long palier de 7,000 mètres environ, une pente de 0^{mm},5 sur 2,000 mètres, et un nouveau palier sur lequel se trouve la station de la Ferté-sous-Jouarre. Les tranchées sont d'une importance secondaire.

Au delà de la Ferté, on arrive à un troisième souterrain, celui de Nanteuil, de 939 mètres de longueur; on pénètre ensuite dans le département de l'Aisne, où l'on ne tarde pas à rencontrer un quatrième tunnel à l'extrémité d'une rampe de 1 millimètre sur 2,000 mètres, et d'une courbe de 1,000 mètres de rayon. Ce souterrain, dit de Chézy-l'Abbaye, n'a qu'une longueur de 452 mètres; mais il est percé dans un terrain de glaise tellement fluide, que le prix du mètre courant a dépassé 2,290 francs.

Aux abords de Château-Thierry, et surtout au delà de cette ville, le tracé est de nouveau très-sinueux, sans que le rayon des courbes descende au-dessous de 1,000 mètres. Il est ensuite presque rectiligne jusqu'à Epernay, où il arrive par une courbe d'un rayon de 1,000 mètres. Jusqu'à Châlons, il n'y a à relater qu'une rampe de 4 millimètres sur 2,500 mètres, près d'Aulnay, et une courbe de 700 mètres de rayon à l'arrivée dans la station de Châlons.

Le tracé se continue jusqu'à Vitry-le-Français sans courbes ni pentes ou rampes présentant quelque importance; il passe à Vitry de la rive gauche à la rive droite de la Marne.

Ce n'est pas à Vitry que le railway passe pour la première fois d'une rive à l'autre de la vallée de la Marne, qu'il a constamment suivie depuis l'extrémité sud de la tranchée de la Maison-Blanche; les exigences de la configuration du terrain ont nécessité sur la Marne sept traversées successives depuis Chaliffert jusqu'au delà du souterrain de Nanteuil, et, en conséquence, sept grands ponts de trois à cinq arches, présentant un ensemble de 70 mètres de débouché.

Ces ponts constituent, avec les quatre souterrains et les tranchées considérables dont nous avons déjà parlé, les seuls travaux remarquables des trois premières sections.

A Vitry, le tracé quitte la vallée de la Marne pour suivre celle de la Saulx. Il abandonne à son tour la Saulx pour remonter l'Ornain, son affluent, jusqu'à Bar-le-Duc.

Cette partie du tracé ne présente que des courbes à grand rayon et des pentes et rampes dont l'inclinaison n'excède pas 3^{mm},5.

A la sortie de Bar-le-Duc, le tracé offre une série presque continue de courbes de 800 à 1,200 mètres de rayon; il côtoie d'abord le canal de la Marne au Rhin, puis l'Ornain, et quitte cette rivière pour monter au faite séparatif de la vallée de la Marne et de la Meuse, qu'il atteint à Vadonville. Dans ce parcours, le profil est très-accidenté. On y trouve d'abord, sur une longueur de 1,200 mètres, une rampe variée de 3 à 5 millimètres avec deux alignements de 200 mètres inclinés de 2 millimètres en guise de palier aux stations de Longeville et de Nançois-le-Petit.

Vient ensuite une rampe de 8 millimètres sur 10,250 mètres qui s'étend à peu près jusqu'au palier de la station de Loxeville, puis une portion de chemin d'environ 3 kilomètres avec une très-faible inclinaison, et, enfin, un nouveau plan incliné de 8 millimètres de pente en sens contraire du premier, s'étendant sur une longueur d'environ 10 kilomètres jusqu'à la station de Lérouville; on arrive ainsi dans la vallée de la Meuse, qu'on suit jusqu'à Pagny après avoir touché Commercy.

A Pagny, le tracé quitte la vallée de la Meuse pour rentrer dans celle de l'Ingressin, affluent de la Moselle, et traverser le faite séparatif de ces deux vallées; il coupe deux contre-forts en souterrains: le souterrain de Pagny, d'une longueur de 573 mètres, et le souterrain de Foug, d'une longueur de 1,120 mètres. Il suit alors le cours de l'Ingressin en longeant la route impériale de Paris à Strasbourg, et débouche à Toul, dans la vallée de la Moselle, où il reste jusqu'à Frouard. Le lit de cette rivière, dans cette partie de son cours, est tellement sinueux, que le tracé doit passer trois fois d'une rive à l'autre en franchissant la rivière sur trois grands ponts de 155 à 160 mètres de débouché chacun.

A Frouard, où se trouvent le confluent de la Moselle et de la Meurthe et le point de jonction de l'embranchement de Metz, le tracé quitte la vallée de la Moselle pour rentrer dans la vallée de la Meurthe, qu'il suit jusqu'à Nancy en longeant la route impériale de cette ville à Metz. De Commercy à Toul et à Nancy, ou, pour mieux dire, dans la traversée des vallées de la Meuse, de l'Ingressin et de la

Moselle, on reste, pour l'inclinaison des rampes et des pentes et pour les rayons des courbes, dans les limites ordinaires, et il n'y a de travaux d'art remarquables que les deux souterrains et les trois grands ponts sur la Moselle dont nous avons parlé ci-dessus.

A Nancy, le tracé contourne la ville en la serrant de près dans les faubourgs Stanislas et Saint-Jean, après quoi il prend une direction presque parallèle à la route de Paris à Strasbourg sur un développement d'environ 6 kilomètres; puis il franchit cette route et se dirige vers la Meurthe, qu'il traverse à 8 kilomètres de Nancy. Se trouvant alors sur la rive droite de la vallée, il en suit les sinuosités en remontant le cours de la rivière, qu'il traverse de nouveau deux fois de suite, et s'en éloigne enfin pour se rapprocher de Lunéville.

Dans tout ce trajet, d'environ 30 kilomètres, il n'y a qu'une rampe de 5 millimètres sur 615 mètres de développement, et une pente de 4 millimètres sur 200 mètres. L'inclinaison des autres pentes et rampes ne dépasse pas 3^{mm},5; toutes les courbes y sont à grand rayon, à l'exception des deux qui précèdent et suivent la station de Lunéville; leur rayon n'est que de 800 mètres.

Les terrassements y sont assez considérables, notamment pour la tranchée de la traversée de Nancy et pour le percement d'un contrefort qui s'avance près de Dombasle jusqu'à la Meurthe.

Les trois grands ponts dont nous avons parlé plus haut sont les seuls travaux d'art considérables qu'on rencontre dans cette section. Le premier de ces ponts a d'autant plus d'importance qu'il sert en même temps de viaduc pour le chemin et de pont aqueduc pour le canal de la Marne au Rhin.

De Lunéville à Sarrebourg, le tracé n'offre rien de remarquable : il remonte, à partir de Marainvillers, le ruisseau des Amis; coupe, au delà de Réchicourt, le col séparatif des eaux du Saâlon et de la Sarre; arrive à Sarrebourg après avoir contourné le promontoire de la vallée de Heming, et se porte enfin vers Hommarting. Il n'y a, dans cette section, d'un développement de 55 kilomètres, qu'un travail de quelque importance : le pont sur la Sarre, à Sarrebourg, près la station de cette ville. L'inclinaison des pentes et des rampes et le rayon des courbes y restent dans les limites ordinaires.

C'est au delà d'Hommarting et jusqu'à Saverne, section qui comprend la traversée de la chaîne des Vosges, que se rencontrent le tracé le plus difficile et les travaux les plus considérables de la ligne de Paris à Strasbourg. La traversée du faite séparatif des bassins de la Sarre et du Rhin a exigé d'abord un percement en souterrain d'une longueur de 2,778 mètres, que le chemin traverse avec une pente de 5 millimètres, et qui débouche dans la très-pittoresque vallée de Lutzelbourg, où coule la Zorne. Cette vallée est tellement étroite sur quelques points, que c'est à peine si le chemin de fer, le canal de la Marne au Rhin, le lit de la rivière et le chemin d'exploitation, qui y sont réunis, peuvent y trouver place.

Le canal, qui, à la sortie du souterrain d'Hommarting, passe au-dessus du chemin de fer, s'abaisse promptement au moyen d'écluses, qui rachètent des chutes assez fortes, et, bientôt après, c'est le chemin de fer qui, à plusieurs reprises, passe au-dessus du canal.

Le tracé est très-sinueux dans cette vallée : il est formé en plan d'une série de courbes dont le rayon varie dans les limites de 750 à 1,250 mètres, et, pour arriver à ce résultat, il faut encore franchir en souterrain cinq contre-forts de la chaîne des Vosges.

Quatre de ces tunnels, avant l'usine de Stambach, le premier de 247 mètres de longueur, le second de 489 mètres, le troisième de 395 mètres, et le quatrième de 482, ne sont séparés que par des intervalles respectifs de 1,450, 2,905 et 290 mètres, partie en remblai et partie en tranchée, et l'on trouve à leur entrée comme à leur sortie des courbes de 750 à 800 mètres de rayon. Un cinquième tunnel, avant Saverne, d'une longueur de 324 mètres, est encore engagé en partie dans une courbe de 750 mètres de rayon.

A partir de la limite du département du Bas-Rhin, le tracé est presque constamment en pente ; mais l'inclinaison n'y dépasse pas 5 millimètres, et ce n'est qu'à la sortie de Saverne qu'on trouve une pente de 5 millimètres sur 1,100 mètres de longueur.

Le tracé, qui, depuis la sortie du souterrain de Hommarting, a constamment suivi la vallée de la Zorne, continue à longer le cours de cette rivière de Saverne à Brumath, puis il se recourbe brusquement pour gagner Strasbourg en longeant la route de Wissembourg.

On trouve encore quelques courbes d'un rayon de 700 à 800 mètres aux abords des stations de Saverne et de Dettwillers; mais, entre Saverne et Strasbourg, les courbes sont généralement à grands rayons. L'inclinaison des pentes et rampes y est faible aussi, et cependant elle est portée à 5 millimètres sur une longueur de 800 mètres près de Mommenheim.

Les chemins de fer de Paris à Strasbourg et de Strasbourg à Bâle se réunissent en avant des fortifications au moyen d'une courbe de 700 mètres de rayon, sur un palier horizontal, et les deux chemins pénètrent ensemble dans la place avec une pente de 5 millimètres.

La gare de Paris est l'une des plus belles sous le rapport de l'architecture.

La gare de Strasbourg, dans un style moins riche que celle de Paris, est aussi remarquable. On peut encore citer celles d'Épernay, de Châlons, de Bar-le-Duc, de Nancy et de Lunéville, de Metz, de Frouard et de Forbach.

Aux stations de Chelles et de Trilport, la longueur des paliers étant insuffisante, le départ des trains de marchandises très-chargés ne peut s'effectuer, surtout dans certains temps de brouillard et de verglas, que très-difficilement.

Les trains arrivant à la Ferté-sous-Jouarre du côté de l'est par une tranchée courbe rendent les abords de cette station fort dangereux.

Les stations sont généralement placées très-près du centre des villes, celle de Château-Thierry seulement est établie à 600 mètres de la ville.

Les projets du chemin de Strasbourg ont été étudiés et les travaux exécutés sous la direction de M. Schwilgué, inspecteur général des ponts et chaussées, par MM. de Sermet, Marinet, Guibal, Collignon, Jacquiné et Boulanger, que la mort est venue frapper avant la fin des travaux, et qui eut pour successeur M. Guerre, tous six ingénieurs en chef des ponts et chaussées.

Chemin de ceinture¹. — Le tracé du chemin de ceinture est en-

¹ Extrait des *Annales des ponts et chaussées*

tièrement compris entre le mur d'octroi et les fortifications : il se détache aux Batignolles des voies de la gare des marchandises de Rouen, longe les fortifications dans la première partie de son parcours, passe au-dessous des chemins de fer du Nord et de Strasbourg, et, presque immédiatement après, au-dessus du canal de l'Ourcq, traverse sur arcades la plus grande partie de la commune de la Villette, puis entre en souterrain pour arriver à Belleville ; il reparait au jour près de la place de Ménilmontant, arrive à Charonne après un nouveau parcours souterrain, et se poursuit, sans grands travaux, de Charonne au chemin de fer de Lyon ; il franchit ce chemin, ainsi que la Seine, et vient aboutir au chemin d'Orléans, à la sortie de la gare d'Ivry. Des embranchements spéciaux le raccordent avec les trois lignes qu'il rencontre dans son parcours.

Le développement total du chemin de ceinture est de 16,871 mètres, y compris les raccordements avec les grandes lignes. Mais la ligne principale n'a en réalité que 15,185 mètres. Souterrains, arcades, viaducs en tôle, ponts sur un grand fleuve, sont groupés sur son faible parcours, où se trouvent ainsi représentés tous les ouvrages que peut comporter l'exécution d'un chemin de fer.

Parmi les ouvrages en tôle, on remarque les ponts des chemins du Nord et de Strasbourg, construits sous des lignes en exploitation, ponts que M. Brame a décrits dans les *Annales*, et le pont du canal de l'Ourcq, franchissant le bassin de la Villette par deux travées de 20 mètres d'ouverture chacune. Les longrines reposent sur des poutrelles transversales en fer double T de 30 centimètres de hauteur, qui sont elles-mêmes portées par trois poutres longitudinales en tôles longues de 45 mètres, et dont la principale pèse 22,000 kilogrammes.

Les souterrains de Belleville sont ouverts dans la masse de plâtre, mais leur voûte sort fréquemment de cette masse et pénètre alors dans les argiles, dont la présence a souvent opposé des difficultés sérieuses au travail. Leur développement total est de 2,000 mètres ; ils ont coûté ensemble 2,130,000 francs, ou 1,000 francs par mètre courant.

Trois séries d'arcades ont été construites dans les terrains précieux des communes de la Villette et d'Ivry, afin de réduire l'espace

occupé par le chemin de fer; leur développement dépasse 1 kilomètre, déduction faite des douze ouvrages d'art qui y sont englobés. Ces arcades, élevées de 5 à 7 mètres, reviennent à un peu moins de 500 francs par mètre courant de chemin de fer.

Les ouvrages sont au nombre de quarante-quatre, et présentent un développement de 4 kilomètres. Le principal est le pont qui franchit la Seine à Ivry, et livre passage à la fois au chemin de fer et à une route publique. Il se compose de cinq arches en arc de cercle de 34^m,50 d'ouverture chacune et de deux arches de 12 mètres établies sur les routes qui bordent les quais. Sa largeur entre les têtes est de 15^m,50; la hauteur des rails au-dessus des basses eaux de la Seine est de 15 mètres; chaque pile est fondée sur 140 pieux de 12 à 14 mètres de longueur; de petites voûtes, présentant ensemble un vide de 5,500 mètres cubes, ont été construites dans le massif des tympans pour réduire la charge supportée par ces pieux. Ce grand ouvrage n'a pu être commencé qu'au mois de juillet 1852; il a été exécuté en dix-huit mois; il coûte 1,800,000 francs.

Les pentes du chemin de ceinture varient de 2 millimètres à 10^{mm},65, le rayon maximum des courbes est de 1,082 mètres, le rayon minimum de 300 mètres.

Les dépenses d'exécution de ce chemin s'élèvent à 11,500,000 fr., non compris le matériel roulant; les terrains entrent dans ce chiffre pour 2,600,000 francs.

La Compagnie du Nord a rendu hommage au talent incontestable de M. Couche, ingénieur du chemin de ceinture, en le nommant ingénieur en chef de ses travaux pour remplacer M. Maniel, devenu directeur des chemins autrichiens.

Chemin de Londres à Brighton. — Parmi un grand nombre de tracés proposés pour le chemin de Londres à Brighton, le parlement anglais a choisi le plus direct, mais aussi le plus coûteux. Aussi ce chemin est-il celui pour lequel, en Angleterre, le cube des terrassements a été le plus considérable : il a atteint le chiffre énorme de 75,000 mètres cubes par kilomètre.

Ce chemin devrait être rangé parmi ceux à faibles pentes si, sur le tronc commun à cette ligne et à celle de Londres à Douvres, le

profil ne présentait une rampe de 1 centième sur une longueur de 1 kilomètre, car, sur tout le reste du trajet, l'inclinaison ne dépasse jamais 4 millièmes.

Le cube de la plus grande tranchée est de 700,000 mètres, celui des plus grands remblais de 350,000 mètres. Les tranchées ont été généralement percées dans la craie. Une grande partie des terres a été retroussée. On rencontre aussi sur le chemin de Londres à Brighton plusieurs souterrains.

Chemin de Londres à Douvres (South-Eastern railway).— Toutes les pentes sur ce chemin sont inférieures à 4 millièmes; si ce n'est sur le tronç commun aux deux lignes de Douvres et de Brighton. Les courbes sont de grand rayon.

Les travaux d'art et de terrassement n'y présentent aucune particularité digne d'observation. Les plus importants se trouvent près du point d'arrivée à Douvres.

La pose du chemin de Londres à Douvres a été faite avec un soin tout particulier par des procédés nouveaux décrits dans le *Portefeuille de l'Ingénieur*.

Parmi les stations, nous citerons la station extrême de Bricklayer-Arms, l'une des mieux disposées des chemins anglais.

Les plans en ont été publiés dans le *Portefeuille de l'Ingénieur*. Ce chemin est l'œuvre de l'habile ingénieur Cubitt.

Chemin de Liverpool à Manchester. — Le chemin de Liverpool à Manchester est le doyen des chemins à grande vitesse. Le chemin de Saint-Étienne est son aîné d'une année, mais il n'admet pas cette rapidité de transport qui mérite l'épithète de grande sur les chemins de fer (de 60 à 80 kilomètres par heure), et d'ailleurs, bien que la circulation des voyageurs y soit considérable, le transport du charbon de terre est la principale source de ses revenus.

Lorsqu'on forma le projet d'exécuter le chemin de Liverpool à Manchester et qu'on adopta le tracé de Stephenson, les machines locomotives étaient encore bien grossières, bien imparfaites. Elles n'avaient, pour ainsi dire, de commun que le nom avec ces machines admirables qui ont porté le nom de Robert Stephenson aux extrémités les plus éloignées du globe. On ne pensait pas alors qu'il

fût possible d'employer avantageusement les machines locomotives sur toute la ligne du chemin de fer, et ce fut dans cette supposition que l'on conserva dans le tracé deux plans inclinés en sens inverse, comprenant chacun une longueur de plus de 2 kilomètres et ayant une pente de 1 centième. Deux machines fixes devaient les desservir; et, comme on était forcé, pour pénétrer dans l'intérieur de la ville de Liverpool, de traverser en souterrain une colline sur laquelle les maisons s'élèvent en amphithéâtre, on décida de prime abord l'établissement de trois machines fixes entre Liverpool et Manchester.

Rien ne s'opposait à l'emploi des machines locomotives sur les autres parties du chemin, dont l'inclinaison ne dépassait pas 1^{mm}, 1, et qui ne présentait de circuit de petit rayon qu'à l'entrée de Manchester. On discuta cependant la question de savoir si les machines fixes ne seraient pas préférables, et ce dernier mode, soutenu par deux ingénieurs, MM. Rastrick et Walker, fut sur le point d'être adopté. Mais la question fut tranchée par l'apparition, au célèbre concours de Liverpool, des machines à chaudière tubulaire qui remontèrent les pentes de 1 centième avec une assez forte charge et une rapidité dont les spectateurs furent émerveillés. On renonça dès ce moment aux machines fixes pour toute la ligne, sauf la partie inclinée de 2 pour 100 établie sous la ville de Liverpool.

Une seule entrée dans Liverpool n'eût pas été suffisante eu égard à l'active circulation des voyageurs. Aussi le chemin de fer se divisa-t-il aux portes de Liverpool en trois branches souterraines. Le plus long souterrain, qui aboutit aux quais et dont la pente est de 2 centièmes, sert exclusivement au transport des marchandises; les deux autres à celui des voyageurs. Tout le reste de la ligne est à ciel ouvert, mais son aspect est singulièrement varié : tantôt le chemin fend le terrain par une tranchée profonde de 20 mètres de hauteur, dont les parois sont à pic, comme au mont Olive; tantôt il traverse les vallées sur de larges remblais, comme à Broad-Green, ou par de longs viaducs, comme à Tankey; ou bien, enfin, il n'occupe qu'une bande mince au niveau du sol, comme dans les marais du Chat. Ces immenses marais ont une profondeur variable qui atteint quelquefois 10 mètres. Les ingénieurs les plus expérimentés avaient déclaré

au Parlement qu'il était impossible de les franchir. Georges Stephenson, ancien ouvrier mineur, fut plus habile que les plus habiles ingénieurs : il fixa les bandes de fer sur ce terrain mouvant. L'Angleterre récompensa plus tard ce héros de l'industrie.

Chemin de Manchester à Leeds. — Ce chemin, un des principaux anneaux de la chaîne qui réunit le port de Liverpool à celui de Hull, traverse les districts les plus manufacturiers de l'Angleterre.

Il n'est pas moins curieux sous le rapport des travaux qu'important comme ligne commerciale. C'est, après le chemin de Liverpool à Manchester, l'œuvre la plus remarquable du célèbre Georges Stephenson.

Les courbes du chemin de Manchester à Leeds ont généralement 1,200 mètres au moins de rayon, à l'exception de trois courbes près de Charlestown, qui n'ont chacune que 250 mètres. On a été conduit à l'adoption de ces petites courbes par l'éboulement d'un tunnel qui a forcé à dévier de la ligne projetée. Elles n'ont du reste que 300 mètres de longueur. On les passe en modérant la vitesse des locomotives.

De Manchester, le chemin monte vers le point culminant de la ligne, situé à 28 kilomètres environ de Manchester, par une suite de pentes variées, dont une de 8 millièmes sur 4,500 mètres de longueur, et une autre de 6^{mm},5 sur 6,500 mètres. Il descend ensuite du côté de Leeds par des pentes plus douces.

Le cube des terrassements sur ce chemin est de plus de 48,000 mètres cubes par kilomètre, ce qui est considérable.

Les ponts sont au nombre de 116. Une partie sont construits en pierre. Le cube des maçonneries, non compris la maçonnerie des souterrains, est de 51,000 mètres par kilomètre.

On compte jusqu'à huit souterrains, dont la longueur totale est de 4,600 mètres; le plus long a 575 mètres.

Chemin de Newcastle à Carlisle. — Ce chemin, un des plus anciens de l'Angleterre, est long de 99,500 mètres.

Le profil présente deux rampes de Carlisle vers Newcastle, l'une de 9^{mm},5 sur une longueur de 6,200 mètres, l'autre de 5^{mm},5 sur une longueur de 5,500 mètres. Sur toutes les autres rampes ou pentes, l'inclinaison ne dépasse pas 5 millièmes.

Ce qui distingue surtout ce chemin des autres chemins anglais et en fait un sujet digne d'étude pour l'ingénieur, c'est le grand nombre de courbes de petit rayon que l'on a dû admettre pour lui tracer son passage à travers un pays assez accidenté. Plusieurs n'ont pas au delà de 400 mètres de rayon.

Les travaux de terrassement sur ce chemin sont importants. Le plus considérable de tous est la grande tranchée de Cowran, longue de 1,600 mètres, dont le cube a été de 700,000 mètres. M. Wishaw prétend qu'elle a été percée à forfait par un entrepreneur au prix minime de 85 centimes par mètre cube; mais il faut observer qu'une partie seulement des terres a été portée en remblai dans l'axe du chemin; le reste a été retroussé.

Parmi les ouvrages en maçonnerie du chemin de Carlisle, nous nommerons en première ligne le grand viaduc de Corby, qui traverse la rivière Eden à environ 5,500 mètres de Carlisle, à une hauteur de 50 mètres au-dessus du niveau des basses eaux. Ce viaduc est entièrement construit en grès rouge. Il se compose de 5 arches en plein cintre de 24 mètres d'ouverture, posant sur des pieds-droits de 4^m,80 d'épaisseur.

Chemin de Malines à Cologne. — La Belgique, pays généralement plat et peu accidenté, se trouvait dans les circonstances les plus favorables à l'établissement des chemins de fer, et l'on a pu s'y imposer des conditions de tracé assez rigoureuses.

C'est ainsi qu'on a adopté, sur la presque totalité du réseau belge, 4 millimètres pour maximum des pentes et rampes, et 1,000 mètres pour rayon minimum des courbes; cette dernière limite n'étant pas toutefois de rigueur dans le voisinage des stations.

Seule, la portion de la ligne de l'Est établie dans la vallée de la Vesdre, et qui s'étend de la Meuse à la frontière prussienne, s'est trouvée soustraite aux conditions générales, tant par la grande hauteur à franchir dans un aussi court trajet (188 mètres sur 38 kilomètres environ) que par suite des nombreux accidents de terrain qui sont accumulés en cet endroit plus que sur aucun autre point de la Belgique.

Nous voulons d'abord, en nous conformant strictement à la classification que nous avons établie, décrire séparément la section

de la Vesdre parmi les chemins à pente moyenne. Mais nous nous sommes décidé à considérer l'ensemble de la ligne de l'Est, par ce motif que la première section, de Malines à Ans, est parfaitement propre à donner une idée des autres chemins belges. Elle se trouve en effet dans les conditions communes, mais ce n'est pas sans quelque difficulté qu'on a pu l'y soumettre. Cependant elle présentait par elle-même trop peu d'intérêt pour nous occuper spécialement, et nous n'aurions eu d'ailleurs nulle autre part occasion d'en parler.

Les plans inclinés d'Ans à Liège, des détails desquels nous nous occuperons plus tard, trouveront ici naturellement leur place au point de vue du tracé.

Enfin, nos lignes de démarcation étant ainsi enfreintes une première fois, nous n'avons plus vu d'obstacle à décrire ainsi comme complément le chemin rhénan, qui fait suite, sur le territoire prussien, à la ligne belge de l'Est, et qui présente quelques particularités remarquables.

De Malines à Wespelair, on descend quelque temps, mais de 1 mètre seulement, puis on s'élève vers Ans d'une manière continue jusqu'à une légère contre-pente que l'on rencontre avant Tirlemont.

On passe ainsi à Louvain, à Tirlemont, à Landen, à Warremsens, et l'on arrive à Ans, c'est-à-dire à 86 mètres environ au-dessus du point de départ.

A mesure qu'on s'éloigne de Malines, les accidents de terrain se multiplient et deviennent plus considérables; aussi le chemin de fer est-il presque continuellement tracé en courbe. Entre Malines et Louvain, sur une longueur de 23,600 mètres, on trouve encore deux grands alignements, l'un de 10,000 mètres environ, l'autre de 4,000 mètres. Mais, entre Louvain et Waremmes, sur une longueur de 42,840 mètres, les courbes se succèdent presque sans discontinuité, sauf deux alignements de près de 3,000 mètres. De Waremmes à Ans, distants l'un de l'autre de 19,670 mètres, le railway, se maintenant sur le plateau supérieur de la chaîne qui sépare la Meuse de l'Escaut, ne présente au contraire que deux courbes et trois alignements de 3 à 10 kilomètres.

Quoique cette section ait dû traverser un pays déjà plus accidenté que n'en rencontrent les autres lignes, elle s'est pourtant tenue, comme nous le disions plus haut, à peu près dans les conditions générales.

Une seule pente présente le chiffre de 0,0042; une seule courbe a son rayon au-dessous de 1,000 mètres; c'est celle qui se trouve à la sortie de la station de Malines, et qui n'a que 500 mètres de rayon sur 426 mètres de développement.

Le plateau qui se termine au village d'Ans, situé à 4,000 mètres de la Meuse, et qui forme en quelque sorte un des faubourgs de la ville de Liège, est élevé de 118 mètres au-dessus du lit de la Meuse, et pourtant la station, qui est à son extrémité orientale, n'est éloignée du fleuve que de 4 kilomètres.

Une différence de niveau si considérable ne pouvait être franchie dans un aussi court espace sans qu'on fût obligé de sortir des conditions de pente et de courbure qu'on s'était imposées; toutefois des études multipliées furent d'abord faites dans plusieurs directions pour s'assurer s'il n'était pas possible de descendre vers la Meuse par un tracé développé de manière à ne pas dépasser une pente de 5 millimètres.

L'examen des divers tracés qui furent présentés et qui comprenaient des remblais de 17, 20, 24, 29 mètres de hauteur, des viaducs au-dessus du chemin, hauts de 42, 50 et 77 mètres, fit renoncer à ce projet, et adopter définitivement la descente au moyen de plans inclinés desservis par des machines fixes.

La dénivellation totale est rachetée par deux plans inclinés en ligne droite de 1,980 mètres de longueur, réunis par une courbe horizontale de 350 mètres de rayon, de sorte que chacun d'eux est précédé et suivi d'un palier. Leur pente maxima est de 0^m,03, mais le passage de l'horizontale à cette inclinaison extrême a lieu insensiblement au moyen de pentes intermédiaires, de la manière suivante :

PLAN SUPÉRIEUR.

Longueurs	90 mè.	Pentes	0,015	Hauteur franche	1 = 35
—	1,150 —	—	0,030	—	34 50
—	628 —	—	0,028	—	17 58
—	112 —	—	0,014	—	1 57
<hr/>					
Longueur totale	1,980 mè.	Pente moyenne	0,0283	Hauteur totale	55 = 00

PLAN INFÉRIEUR.

Longueurs	80 mè.	Pentes	0,015	Hauteur franche	1 = 20
—	1,273 —	—	0,030	—	38 19
—	489 —	—	0,028	—	13 69
—	138 —	—	0,014	—	1 92
<hr/>					
	1,980		0,0283		55 = 00

Il paraît qu'on aurait pu arriver à Liège dans les conditions ordinaires, en quittant le tracé actuel à Waremme, et en se dirigeant de là vers la Meuse par la vallée de la Jaar. Mais ce projet eût amené le chemin sur le territoire hollandais, et, s'il fut jamais mis en avant, il dut être écarté par des considérations politiques.

Du pied des plans inclinés, le chemin se dirige horizontalement jusqu'à la Meuse, qu'il franchit à environ 8 mètres au-dessus des eaux moyennes sur un grand pont dit du Val-Benoît. Il a cinq arches, de 20 mètres d'ouverture chacune. Sa longueur totale est de 150 mètres. Il donne à la fois passage au chemin de fer, aux voitures et aux piétons.

Ici commence le tracé de la Vesdre.

Deux systèmes se présentaient pour s'élever du fond de la vallée de la Meuse jusqu'au plateau d'Eupen, où se trouve la frontière de Prusse : celui d'une rampe forte et continue, et celui de pentes douces réunies par des plans inclinés avec machines fixes.

Après avoir discuté les divers projets présentés pour le tracé de cette section, après avoir envoyé en Angleterre une commission d'ingénieurs pour y examiner en détail les divers railways à fortes pentes et à plans inclinés qui y sont en exploitation, on a adopté le premier système, celui des rampes fortes et continues.

L'inclinaison moyenne est de 0^m,00494; mais les rampes les plus ordinaires sont 0^m,005 et 0^m,006, et l'on en peut citer de 0^m,008 et 0^m,009. La rampe de 9 millimètres n'a été adoptée qu'en un seul point et sur une petite longueur, 334 mètres. On l'a substituée à un plan incliné primitivement projeté à la station de Verviers. Les rayons des courbes atteignent quelquefois 1,400 et 1,500 mètres, mais le plus souvent ils sont au-dessous de 1,000 mètres, et descendent à 700, 600 et même 480 et 320 mètres.

Les tableaux suivants offrent un résumé des rampes et des courbes employées dans cette section.

1° Tableau des inclinaisons et des longueurs correspondantes.

INCLINAISONS.			LONGUEURS			RAPPORT DES COURBES AUX ALIGNEMENTS.	OBSERVATIONS.
PENTES.	RAMPES.		TOTALE.	ALIGNEMENTS.	COURBES.		
	mini- mum.	maxi- mum.					
	mm.	mm.					
»	de 5	à 4	11,692	5,744	5,948	1,03	de reven. Courbes de 800 à 1,500 m.
»	5	5,1	3,303	204	3,099	15,20	Id. 900 à 1,000
»	5	2	604	»	604	»	Id. 2,000
»	»	5,5	1,769	306	1,463	4,78	Id. 1,000
»	6,5	6,8	1,588	695	893	1,28	Id. 1,000 à 1,400
»	5	6	4,270	1,971	2,299	1,17	Id. 500 à 1,200
»	6,7	6,7	490	490	»	»	Id. »
»	»	»	260	260	»	»	Palier. »
»	3	4	1,693	588	1,505	5,62	Courbes de 320 à 1,600
»	6	6,9	2,737	101	2,636	26,10	Id. 700 à 2,000
»	5,1	5,8	2,778	766	2,012	2,62	Id. 600 à 650
»	9	9	334	334	»	»	Id. »
»	4,1	5	653	»	653	»	Id. 320 à 480
»	7	»	187	187	»	»	Id. »
»	8	»	5,834	429	5,405	7,93	Id. 600 à 1,000
»	6	»	1,159	25	1,154	45,56	Id. 708 à 1,100
2,7	»	»	681	643	38	0,06	Id. »
»	»	»	38,032	12,543	25,489	»	

2° Tableau comparatif des courbes par leurs rayons, leur nombre et leur développement moyen.

NOMBRE DES COURBES.	RAYON.	DÉVELOPPEMENT TOTAL.	DÉVELOPPEMENT MOYEN.
10	2,000 à 1,100	6,932	693
10	1,000	5,150	515
4	900	4,111	1,025
2	800	1,453	726
6	700	3,904	651
1	650	550	550
2	600	1,000	800
1	500	585	585
1	480	276	276
2	320	919	460
30	»	25,484	651
37	Alignements.	12,543	340

On voit, d'après les tableaux qui précèdent, que jusqu'à 680 mètres de la frontière le chemin s'élève d'une manière continue à 188 mètres de hauteur, puis redescend de 1 mètre environ, et se trouve ainsi à 187 mètres au-dessus du point de départ, après un parcours total de 38,032 mètres. Sur cette longueur, les parties courbes occupent un développement deux fois et demie plus grand que celui des alignements. Cependant les fortes pentes et les courbes roides et multipliées n'ont pas suffi pour triompher des accidents du terrain; il a fallu en outre traverser dix-sept fois la même rivière, la rejoindre, et percer dix-huit souterrains de 50 à 637 mètres de longueur. Parmi les ponts, celui de Dolhain est remarquable : il a 20 arcades de 10 mètres d'ouverture et de 17 à 18 mètres de hauteur.

Le chemin Rhénan, qui va de la frontière et de la petite ville d'Eupen à Cologne par Aix-la-Chapelle, Eschweiler et Düren, a été construit dans des conditions à peu près analogues à celles des chemins belges.

L'inclinaison maxima est de 0^m,005, et l'on n'en trouve pas trois

aussi fortes. L'une est une rampe de 162 mètres de long au sortir d'Aix. Les deux autres sont des pentes de 204 mètres chacune. On arrive à Aix par un plan incliné à machine fixe. Mais on aurait pu l'éviter, si l'on n'avait expressément tenu à passer par Aix, et si l'on était descendu en pente directe sur Düren.

Quant aux courbes, il n'y en a qu'une seule de 800 mètres de rayon après la station d'Eschweiler. Sur tout son parcours de 82 kilomètres, le chemin descend d'une manière presque continue, car il n'y a en tout que cinq rampes assez courtes. La pente moyenne est de 2^{mm},46 seulement.

Entre la frontière et la Roër, le tracé est très-sinueux, à cause du grand détour fait pour passer à Aix, ville de première importance, et à Eschweiler, bassin bouillier très-abondant. Après quoi on trouve des alignements dont les plus grands sont de 4,500 à 5,000 mètres; la longueur la plus ordinaire étant de 2,000 mètres. Plus loin, on en rencontre de 13,000 mètres et même de 23,000 mètres. Ces deux derniers, réunis par une courbe de 6,000 mètres de rayon, forment l'arrivée à Cologne. La plus grande difficulté que l'on ait eu à surmonter dans l'exécution de ce chemin a été de franchir le faite qui sépare l'Erfst du Rhin. On n'a pu y parvenir qu'en perceant un souterrain de 1,620 mètres dans des terrains difficiles aux environs de Königsdorf.

Chemin de l'Ouest (Suisse). — Bien que le chemin de Genève à Versoix ne soit pas construit par la compagnie de l'Ouest (Suisse), nous comprendrons sous le nom de chemin de l'Ouest (Suisse) toute la ligne à établir ou établie dans les cantons de Genève et de Vaud, de Genève à la frontière du Valais, ainsi que celle déjà établie de Morges à Yvedun, avec prolongation dans l'avenir vers le nord de la Suisse.

Le chemin de Genève à Lausanne, portion importante de cette ligne construite sur la rive droite du lac Léman, suit le flanc d'un coteau assez ondulé. La partie que traverse le chemin de fer présente en général une pente douce vers le lac. Quelquefois cette pente devient insensible, et le terrain offre l'aspect d'un plateau ou même d'une vallée parallèle à celle du lac, séparé de celle-ci par un faite longitudinal très-sensible. Dans tous les cas, le versant, qui descend

du Jura vers le Léman, est sillonné par des vallées, par des ravins et par de simples plis perpendiculaires au lac, nécessitant l'exécution de nombreux ouvrages pour l'écoulement des eaux.

La distance de Genève à Lausanne, mesurée suivant l'axe du chemin de fer, est de 60 kilomètres et demi. La partie entre Morges et Lausanne est en exploitation. Il sera probablement livré à l'exploitation au printemps de 1858.

La déclivité maximum, qui se présente d'ailleurs aussi bien en rampes qu'en pente, est de 1 centimètre. La somme des parties où la voie atteint cette déclivité est de 4,550 mètres, entre Versoix et Morges. Les courbes n'ont pas moins de 1,000 mètres de rayon.

Le seul ouvrage en maçonnerie de quelque importance que l'on rencontre sur ce chemin est le viaduc d'Allaman ou de la vallée de l'Aubonne, qui a 135 mètres de longueur totale sur une hauteur maximum de 24 mètres. Le cube des terrassements est de 22 mètres cubes seulement par mètre courant. Le chemin de Morges à Yverdon, exploité déjà depuis plusieurs années, a 42 kilomètres de longueur. Sa pente normale est de 1 centimètre. On n'y trouve aucun ouvrage d'art et aucun terrassement d'une très-grande importance, sauf le remblais aux abords de Lausanne.

On vient de livrer au public (juin 1857) un nouveau tronçon du chemin de l'Ouest (Suisse), d'environ 17 kilomètres, s'étendant de Villeneuve, petite ville à l'extrémité orientale du lac de Genève, jusqu'à Bex, limite des cantons de Vaud et du Valais. Ce chemin se prolongera, dans quelques années, vers le Simplon et l'Italie, et sera réuni au chemin de Villeneuve à Lausanne. Cette dernière ligne, étudiée sous la direction habile de M. Léon Lalanne, ingénieur en chef des ponts et chaussées et du chemin de l'Ouest (Suisse), sera établie sur une portion des rives du lac où les terrains sont très-précieux au travers d'un sol quelquefois ébouleux. Elle présentera donc de plus grandes difficultés de construction que la portion de chemin de Genève à Lausanne. Les pentes n'y dépassent cependant pas 1 centimètre. Plusieurs bâtiments de station et maisons de garde, en cours d'exécution sur le chemin de l'Ouest (Suisse), seront certainement les modèles les plus remarquables du style d'architecture *chalet* que l'on trouve sur les chemins de fer.

En résumé, on remarque que, sur le chemin de l'Ouest (Suisse), on a été conduit à adopter la pente de 1 centimètre comme pente normale, tandis que, sur la plupart de nos grandes lignes en France, cette pente n'a été admise qu'exceptionnellement, et concentrée sur une partie du parcours.

CHEMINS A FORTES PENTES.

Les chemins de fer que nous avons encore à passer en revue ne se présentent plus avec les mêmes caractères que ceux précédemment étudiés. Ils ne sont plus, comme ces derniers, souvent parallèles à des voies navigables; ils ont été, au contraire, généralement établis dans des localités où il n'existait pas de voies navigables naturelles, et où il était presque impossible d'en pratiquer d'artificielles. Leur tracé n'admet pas toujours l'emploi des machines locomotives dans toute la longueur de la ligne. Les moteurs varient avec l'inclinaison, qui dépasse quelquefois la limite sur laquelle les locomotives peuvent marcher avec avantage. Les plans inclinés à machines fixes et les plans automoteurs alternent avec les plans horizontaux. En quelques heures, dans certains cas, sur une même ligne (chemin de Hetton), on peut faire une étude complète des moteurs divers usités sur les railways.

Nous décrirons d'abord plusieurs chemins construits depuis longtemps, et dont la plupart ont pour objet principal le transport du charbon. Nous traiterons ensuite des chemins construits récemment, sur lesquels le service se fait exclusivement avec des locomotives.

Chemin de Birmingham à Gloucester. — Ce chemin, embranché sur celui de Londres à Birmingham, se réunit à Cheltenham au chemin de Cheltenham à Oxford.

Il est courbe sur presque toute sa longueur, qui est de 72,500 mètres. Les plus petites courbes, qui se trouvent aux points d'arrivée et de départ des stations principales, ont 1,600 mètres de rayon.

Les pentes varient entre 0 et 3,3 millièmes. A la sortie de la station de Birmingham, on trouve un plan incliné long de 5,200 mètres, dont l'inclinaison est de 0^m,027, et, à peu de distance du point

de jonction avec le chemin de Londres à Birmingham, une pente de 0^m,012 sur 1,600 mètres de longueur.

Le plan incliné de Bromgrave est desservi par de puissantes machines américaines.

Chemin de Hetton. — Hetton est un petit village sur le terrain houiller de Newcastle, près duquel ont été ouverts plusieurs puits de mine servant à l'extraction d'une quantité considérable de charbon.

Toute la houille provenant de ces puits, dont la production est de 500,000 tonnes par an, est transportée par le chemin de fer au port de Sunderland à l'embouchure de la Wear. C'est uniquement dans le but de rendre profitable l'exploitation de la mine de Hetton que ce chemin a été établi par M. Stephenson, frère du célèbre ingénieur du chemin de Liverpool. Il a été posé à la surface du sol presque sans aucun terrassement. Si on en étudie le profil, on verra qu'à partir des mines, sur une longueur d'environ 1,500 mètres, le railway est à peu près de niveau; il descend seulement de 7 mètres sur toute la longueur; mais, arrivé au pied d'une colline, il la gravit presque en ligne droite par trois plans inclinés successifs, puis il descend sur l'autre revers, du côté de Sunderland, par quatre plans automoteurs, séparés les uns des autres par des paliers de 300 à 400 mètres de longueur, et enfin, du pied de la colline, il est faiblement incliné jusqu'à Sunderland, où se trouvent de nouveaux plans automoteurs et les embarcadères.

Nous avons fait le voyage sur un waggon chargé de houille jusqu'à Sunderland. La première partie du chemin est rapidement parcourue au moyen de machines locomotives; mais le mouvement se ralentit dès que les waggon sont attachés au câble remorqueur pour gravir la colline. Parvenu au point culminant, on est lancé vers Sunderland sur les plans automoteurs avec une vitesse qui s'accroît au point de devenir effrayante.

Sur chacun des paliers qui séparent les plans automoteurs, les convois sont détachés d'une corde pour être attachés à une autre. C'est vraiment chose merveilleuse que l'adresse et l'agilité des hommes qui changent les cordes. En quelques minutes, vous avez franchi les quatre plans automoteurs. Vous les quittez pour des-

cendre encore par l'impulsion de la gravité; mais alors le poids des chariots chargés de houille qui vous portent ne suffit plus pour faire monter les chariots vides en sens contraire : ceux-ci sont remorqués par une machine fixe au moyen d'une corde que les chariots pleins traient derrière eux. Enfin, vous vous trouvez de nouveau sur un terrain à peu près horizontal. Ce n'est plus cependant une machine locomotive qui vous conduit à Sunderland : les waggon sont remorqués par une machine fixe, et les chariots sont attachés à deux cordes, l'une qui les traîne, l'autre qu'ils traient ; l'une qui les emmène chargés de houille, l'autre qui doit les ramener vides.

A Sunderland, le spectacle change. Le chemin de fer, au pied du plan automoteur qui conduit aux rives de la Wear, se subdivise en plusieurs branches aboutissant à autant de débarcadères. Trente ou quarante grands leviers, d'immenses bras en bois placés sur le bord de la Wear, saisissent les waggon, les déposent avec leurs charges sur les bâtiments qui couvrent la rivière, puis se relèvent majestueusement en reportant le waggon vide sur le chemin de fer. On les voit, ouvriers infatigables, continuellement s'abaisser et se redresser sans jamais s'arrêter, et ce qui paraît extraordinaire, c'est qu'aucune machine ne leur communique le mouvement. C'est le waggon seul qui, arrivé sur une petite plate-forme portant un chemin de fer et suspendu à l'extrémité du levier, entraîne ce levier et descend par son poids. Un contre-poids, caché par une charpente, produit ensuite le mouvement du levier en sens inverse et fait remonter le waggon vide.

Les convois parcourent la distance totale de Hetton à Sunderland en 1 heure 25 minutes, et chaque waggon se vide sur le bateau en 1 minute $1/2$.

Chemin de Darlington à Stockton. — Les mines de houille desservies par le chemin de Hetton et les chemins voisins sont toutes ouvertes à peu près au milieu du terrain houiller de Newcastle, dans une partie où les couches gisent à une grande profondeur. Les puits nécessaires pour atteindre ces couches traversent des terrains dans lesquels filtrent de véritables fleuves souterrains ; ils coûtent souvent des sommes énormes. Au sud et au nord du bassin, les

couches se relèvent de telle sorte, qu'on peut les exploiter près de leur affleurement à une distance du sol beaucoup moins considérable. Le charbon est de moins bonne qualité qu'auprès de Hetton, mais il coûte moins cher. C'est pour ouvrir un débouché à ces mines placées dans la partie méridionale du comté de Durham, que l'on a construit le chemin de Darlington à Stockton. Ce chemin, malgré le nom qu'il porte, commence à 19 kilomètres environ au nord-ouest de Darlington, mais il passe à une petite distance de Darlington, et près de Stockton il se subdivise en deux branches, l'une qui aboutit au port de Stockton, l'autre à celui de Middlesbrough.

Sa longueur totale est de 40 kilomètres; l'embranchement de Middlesbrough a 6 kilomètres $1/2$ de longueur.

On remarque dans le voisinage des mines, quatre plans inclinés adossés deux à deux. Les deux premiers servent à franchir la colline d'Etherley, qui sépare la rivière Wear de la rivière Gaundles, l'une de ses branches; les deux autres sont établis sur le montant de Brusselton.

Des machines fixes, placées au sommet des deux collines, remontent les wagons.

Du monticule d'Etherley au monticule de Brusselton, dans la vallée qui les sépare, comme la distance est fort courte, le transport s'opère au moyen de chevaux; du pied du plan de Brusselton jusqu'au port de Middlesbrough, la pente descendant toujours vers la mer est très-variée, mais elle ne dépasse pas 96 millièmes. Les circuits n'ont quelquefois que 200 à 300 mètres de rayon.

Le transport s'effectue aujourd'hui, sur cette partie de la ligne, exclusivement avec des machines locomotives.

Lors de l'établissement du chemin de fer de Darlington, en 1822, on était loin de compter sur l'activité des relations auxquelles cette nouvelle voie de communication a donné naissance; aussi se borna-t-on à poser une seule voie. On ne s'inquiéta guère de rendre les pentes uniformes et d'adoucir les circuits, et on fit usage presque exclusivement de chevaux pour les transports sur les parties dont la pente n'atteignait pas 1 centième. En 1828, M. le chevalier Masclet n'indiquait dans un mémoire, publié par le *Journal du Génie*

civil, que deux machines locomotives employées sur le chemin de Darlington. Lorsque, un peu plus tard, MM. Dechen et d'OEinhausen, officiers des mines de Prusse, visitèrent le même chemin, la Compagnie possédait six machines. En 1833, nous en avons compté vingt-trois.

La circulation sur ce chemin continuant à augmenter, on a, depuis quelques années, percé deux souterrains afin de supprimer les plans inclinés, et l'on effectue le transport des mines jusqu'au port au moyen de locomotives.

Chemin de Cromford à Peakforest. — Ce chemin de fer est l'un des moins connus et des plus originaux de l'Angleterre; il a été établi au milieu d'une des parties les plus montueuses de ce pays, et passe sur la cime la plus élevée du Derbyshire.

On s'élève jusqu'au point culminant, d'un côté comme de l'autre, par une série de plans inclinés dont l'inclinaison atteint quelquefois 11 centimètres.

Une partie, qui est à peu près de niveau sur environ 20,110 mètres de longueur, est parcourue par des chevaux. Le chemin est alors tracé sur le revers de la montagne, et en suit toutes les sinuosités en faisant des circuits de 200 mètres de rayon; les waggons, pour tourner facilement dans les circuits, ont un essieu pour chaque roue.

Sur les plans inclinés du chemin de Cromford, on ne se sert pas de cordes, comme sur la plupart des autres chemins de fer; on a préféré par raison d'économie l'usage des chaînes; et, comme il leur arrive souvent de se rompre, les accidents sont fréquents.

C'est ce qui a déterminé l'autorité à défendre le transport des voyageurs sur cette ligne; quelques-uns cependant montent, au risque de leur vie, sur les waggons de marchandises.

Ce railway n'a coûté que 100,000 fr. par kilomètre. Destiné principalement au transport des marchandises de Manchester vers Nottingham, ou dans la direction contraire, il est de moitié moins long que la voie navigable. Cependant le tonnage y est presque nul, et les actions ont perdu toute leur valeur.

Anciens chemins de Saint-Étienne à Andrézieux et à Roanne. — Trois chemins de fer partent de Saint-Étienne et ont été établis

dans le but d'ouvrir un débouché au riche bassin houiller au centre duquel se trouve cette ville.

Celui de Saint-Étienne au petit port d'Andrezieux sur la Loire a été le premier construit en 1823. Celui de Saint-Étienne à Lyon a été commencé en 1826, et le chemin de Saint-Étienne à Roanne en 1828. Le charbon transporté sur le premier de ces railways à Andrezieux est embarqué sur la Loire pour être dirigé directement sur le Nivernais ou sur Paris, par les canaux de Briare et du Loing et la Seine ; mais la Loire n'est navigable, d'Andrezieux à Roanne, que pendant un petit nombre de jours chaque année, lors de ses grandes crues. Le chemin de Saint-Étienne à Roanne, parallèle sur une grande partie de sa longueur au cours de la Loire, a été établi pour suppléer à cette navigation imparfaite. Quant au chemin de Saint-Étienne à Lyon, il est destiné à transporter la masse énorme de charbon qui descend de Saint-Étienne ou de Rive-de-Gier vers le Rhône, et à desservir la circulation des voyageurs entre Saint-Étienne et Lyon.

Le tracé du chemin de Saint-Étienne à Andrezieux, déterminé lorsque l'on commençait à peine à s'occuper sérieusement de la construction de grandes lignes de chemins de fer, est très-défectueux, et ne mérite, par conséquent, en aucune manière de fixer notre attention. Il serait injuste cependant de ne pas reconnaître le service qu'a rendu au pays feu M. Beaunier, inspecteur divisionnaire des mines, qui en est l'auteur, en introduisant pour ainsi dire en France ce nouveau genre de voie de communication. Tout autre ingénieur, à l'époque où il construisit le chemin d'Andrezieux, fût tombé dans les mêmes fautes.

Le tracé du chemin de Saint-Étienne à Lyon présentait d'immenses difficultés. De Saint-Étienne à Rive-de-Gier la distance n'est que de 21,000 mètres, et la différence de niveau est d'environ 500 mètres. Il fallait traverser la chaîne qui sépare le bassin de la Loire de celui du Rhône, et descendre vers Rive-de-Gier par une vallée rapide sur les berges de laquelle il n'était pas aisé de se développer. De Rive-de-Gier au bord du Rhône, on était encore obligé de suivre une vallée très-roide et de plus fort étroite. Heureusement l'activité présumée de la circulation permettait, commandait même

de ne pas reculer devant la dépense pour obtenir la plus grande viabilité possible. On perça un souterrain de 1,500 mètres pour traverser la chaîne qui sépare Saint-Étienne de Rive-de-Gier, et, au moyen de remblais ou de tranchées, on régla la pente de manière à la rendre uniforme de Saint-Étienne à Rive-de-Gier. De Rive-de-Gier au Rhône, on suivait une vallée moins rapide, mais plus étroite. On se ménagea encore une pente uniforme en traversant les contre-forts par des souterrains ou des tranchées, et en se tenant à mi-côte par des remblais considérables. De Givors à Lyon, le chemin remonte le cours du Rhône en longeant ce fleuve avec une très-faible pente.

De Saint-Étienne à Rive-de-Gier, l'inclinaison est de 14 millimètres, de Rive-de-Gier à Givors de 6 millimètres $1/2$, et de Givors à Lyon de $1/2$ millimètre. Le rayon des courbes n'est jamais de moins de 500 mètres.

Avec un pareil tracé, rien de si facile que le trajet de Saint-Étienne à Lyon : les waggons descendent par l'impulsion seule de la gravité jusqu'à Givors ; il suffit d'en modérer la vitesse à l'aide des freins. De Givors à Lyon, le transport s'effectue avec les machines locomotives ; mais la descente des waggons ou voitures chargés est grevée des frais de remonte de la plus grande partie des véhicules à vide, et cette remonte devient très-dispendieuse, principalement entre Rive-de-Gier et Saint-Étienne. C'est un plan incliné de 21,000 mètres qu'il faut gravir. Sur une rampe aussi forte, l'emploi des locomotives et des chevaux est très-coûteux, et cependant l'inclinaison n'est pas assez grande pour admettre l'établissement d'appareils automoteurs. Le service des voyageurs serait d'ailleurs presque impraticable par ce dernier système et par celui des machines fixes.

On a reproché aux auteurs du tracé, MM. Brisson et Séguin, de n'avoir pas concentré la pente sur un plan incliné près de Saint-Étienne, pour descendre ensuite vers Rive-de-Gier par une pente plus douce, ou bien de n'avoir pas diminué l'inclinaison en se développant sur les berges de la vallée. Mais l'adoption du plan incliné eût entraîné les plus graves inconvénients pour le transport des voyageurs, et quiconque a visité le pays sait qu'il était à peu près

impossible de réduire la pente à une limite avantageuse pour le service des locomotives sans faire des circuits non moins préjudiciables à la viabilité.

Disons donc, avec le célèbre ingénieur Stephenson, que le tracé du chemin de Saint-Étienne est une œuvre qui fait honneur à MM. Brisson et Marc Séguin : il n'appartenait qu'à des hommes de génie de concevoir un travail aussi hardi.

Le chemin de fer de Saint-Étienne à Lyon n'est cependant pas à l'abri de la critique comme ouvrage d'art. Sans expérience alors sur les conditions de solidité que doivent remplir ces nouvelles voies de communication, on l'a construit trop légèrement. Il est à regretter aussi que l'on n'ait pas donné aux grands souterrains une largeur suffisante pour loger deux voies. Mais la Compagnie du Grand-Central, substituée aux anciennes Compagnies des chemins de Saint-Étienne à Lyon et de Saint-Étienne à Roanne, vient d'entreprendre des travaux qui auront pour résultat de les placer dans les conditions ordinaires de largeur de voie et de solidité des ouvrages.

Le chemin de fer de Saint-Étienne étant à deux voies sur la plus grande partie de son parcours, placé sur un terrain que l'on a payé fort cher (20,000 fr. l'hectare en moyenne), et comptant environ 4,000 mètres de souterrains sur une longueur totale de 57,000 mètres, a coûté 450,000 fr. environ le kilomètre.

Chemin de Saint-Étienne à Roanne. — Le chemin de Saint-Étienne à Roanne ne nous présente plus les pentes uniformes du chemin de Lyon à Saint-Étienne. A une longue portion presque entièrement de niveau succèdent plusieurs plans inclinés d'environ 5 centièmes de pente. Le service se fait avec des machines locomotives sur la partie de niveau, et avec des machines fixes sur les plans inclinés.

Devait-on, pour éviter les plans inclinés, exécuter de longs et coûteux souterrains ? C'est ce dont il est permis de douter, quand on sait combien était faible le chiffre de la circulation sur ce chemin quelques années même après l'ouverture.

Les chemins de Saint-Étienne à Lyon, Saint-Étienne à Andrezieux et Roanne sont aujourd'hui (1857) reconstruits dans leur entier

sur le modèle des lignes les plus nouvelles, sous la direction de M. l'ingénieur en chef Michel.

Chemin d'Alais à Beaumontre. — On a souvent décrit les chemins de Roanne à Saint-Étienne et de Saint-Étienne à Lyon : aussi sont-ils généralement connus. Il n'en est pas de même du chemin d'Alais à Beaumontre, qui, placé dans des circonstances analogues, ne présente peut-être pas moins d'intérêt.

Nous allons en étudier le tracé ; nous le ferons précéder de celui du chemin des mines de la Grand'Combe à Alais, et nous y joindrons le tracé du chemin de Nîmes à Montpellier. Nous ne ferons, au reste, pour ainsi dire, que mentionner ce dernier, dont les détails ne nous offriraient rien de bien instructif.

Le chemin des mines de la Grand'Combe à Alais quitte les mines par un plan incliné en ligne droite, de 686 mètres de longueur, rachetant une hauteur de 56^m,65 au moyen d'une pente graduée de haut en bas de la manière suivante :

Longueur,	100 mè.	Pente,	0,093	Hauteur rachetée,	9,50
—	100	»	—	0,0875	8,75
—	100	»	—	0,085	8,50
—	86	»	—	0,0825	7,10
—	100	»	—	0,08	8,00
—	200	»	—	0,075	15,00

Longueur totale 686 mè. Pente moyenne 0,083 Hauteur totale rachetée 56,65

Puis, après un palier sur un viaduc de 40 mètres et une pente de 0,006 sur 178 mètres de longueur en courbe de 500 mètres de rayon, on arrive à un second plan incliné de 400 mètres ainsi gradué :

Longueur,	80 mè.	Pente,	0,0525	Hauteur rachetée,	4,20
—	80	»	—	0,05	4,00
—	80	»	—	0,0475	3,80
—	80	»	—	0,045	3,60
—	80	»	—	0,0425	3,40

Longueur totale 400 mè. Pente moyenne 0,0475 Hauteur totale rachetée 19,00

Après quoi, le chemin passe des plans inclinés à l'allure ordi-

naire par quelques pentes fortes, mais assez courtes, qui sont les suivantes :

0,015	sur	384	mètres.
0,008		60	»
0,012		441	»
0,005		3660	»

Cette dernière est en partie dans un souterrain de 177 mètres de longueur.

Puis, jusqu'à Alais, le chemin continue à descendre, mais par une pente qui ne varie qu'entre 2 et 4 millimètres.

Quant aux courbes, elles sont sans cesse de faible rayon. On en compte :

1	de 175	mètres de rayon et de	80	mètres de longueur.
1	200	—	570	—
1	220	—	496	—
5	250	—	450	mètres de longueur environ.
1	275	—	230	—
1	300	—	400	—
2	350	—	400	mètres de longueur en moyenne.
1	425	—	521	—
1	450	—	470	—
10	500	—	200	—
5	750	—	300	—

Une seule enfin de 966 mètres sur 145 de développement.

Les alignements sont rares et peu étendus ; ils ont ordinairement 200 mètres environ, si ce n'est en approchant d'Alais, où l'on en trouve un de 716 mètres et un autre de 400 mètres.

Le chemin d'Alais à Beaucaire présente au début quelques courbes comparables aux précédentes, savoir :

1	courbe de	400	mètres de rayon sur	218	mètres de développement.
1	—	514	—	852	—
1	—	482	—	293	—

Puis elles deviennent de 1,000, 1,400 et 1,500 mètres, et sont entremêlées de quelques alignements jusqu'un peu avant le souterrain de Ners, où il s'en trouve une de 700 mètres de rayon et de

500 mètres de développement, et une de 546 mètres de rayon sur 654 mètres de développement. Jusque-là les pentes se sont maintenues entre 1 et 4 millimètres, et on n'a rencontré qu'un seul palier de 560 mètres.

Le souterrain de Ners, de 1,300 mètres de longueur, fait partie d'une pente de 2^{mm},5. Elle est suivie d'un palier de 600 mètres à l'extrémité duquel se trouve le pont du Gardon. Ce pont a 222 mètres de longueur et 8 de hauteur au-dessus de l'étiage. Il est formé de 8 arches de 22 mètres d'ouverture. Après quoi la pente se reproduit toujours à peu près dans les mêmes limites jusques et au delà du village de Boncoiran, sous lequel le chemin passe par un petit tunnel. Puis vient une rampe de 3^{mm},5 sur 3,600 mètres de longueur, à laquelle succède un palier de 2,500 mètres. Enfin, à l'entrée d'une rampe de 6 millimètres sur 8,200 mètres de longueur, on arrive au viaduc de la Braune, de 200 mètres de long, de 14 mètres de haut, et composé de 16 arches de 10 mètres d'ouverture environ.

Quant aux courbes, elles se sont, depuis Ners, maintenues généralement au-dessus de 1,000 mètres, à l'exception de trois, dont une après Boncoiran, de 700 mètres de rayon sur 242 de développement, et deux auprès du viaduc de la Braune, de 750 mètres de rayon sur 576 mètres de développement :

Au sommet de la rampe de 6 millimètres au mas de Ponge se trouve un palier de 200 mètres, puis on redescend sur Nîmes avec une rampe de 12 millimètres sur 8,100 mètres de longueur.

On passe dans le cours de cette rampe sur le viaduc de la Tour-Magne, de 18 mètres de hauteur ; sous la Tour-Magne, au moyen d'un petit tunnel, sur le viaduc du Mas-du-Diable, et l'on arrive à un palier de 1,400 mètres sur lequel se fait le raccordement avec le chemin de Nîmes à Montpellier.

De Nîmes à Beaucaire le tracé se trouve en plan dans les conditions les plus communes ; il présente, à la vérité, une suite presque continue de courbes, mais celles-ci n'ont jamais plus de 1,000 mètres de rayon.

Quant au profil, il offre d'abord, sur une longueur totale d'environ 10 kilomètres, quelques pentes de 3^{mm},5, puis des rampes de

même inclinaison, le tout entremêlé de paliers de 800 à 1,000 mètres. A l'issue de la dernière rampe on se trouve en palier sur 5,210 mètres, puis on redescend sur Beaucaire par une pente continue de 7 millimètres sur 7,690 mètres de longueur. On rencontre dans le cours de cette pente, en fait de travaux d'art, 1° le viaduc du Mas-du-Pauvre-Ménage, de 125 mètres de long, de 12 mètres de haut, et de 9 arches de 9 mètres d'ouverture chacune.

2° Le souterrain de Beaucaire, de 300 mètres de longueur.

3° Enfin, le viaduc de Beaucaire, qui a 300 mètres de longueur, 11 mètres de hauteur, et qui est composé de 28 arches de 10 mètres d'ouverture chacune.

Ce chemin a été établi à simple voie sur toute sa longueur, qui est de 92 kilomètres. Il se tient le plus souvent au niveau du sol; aussi, quoique traversant un pays fort accidenté, n'a-t-il donné lieu qu'à de faibles terrassements et à des travaux d'art peu considérables, si ce n'est le viaduc de Beaucaire.

Le chemin de Nîmes à Montpellier s'embranché, à une petite distance de Nîmes, sur celui d'Alais à Beaucaire au moyen d'une courbe de 1,000 mètres. Son tracé est des plus simples : il décrit un assez grand nombre de courbes, mais leurs rayons sont tous entre 1,500 et 1,000 mètres, et plutôt de 1,500 que de 1,000. On descend, à partir de Nîmes, jusqu'à 7 kilomètres de Montpellier, avec une pente presque continue, variant de 1 à 3 millimètres, puis on arrive à Montpellier par une rampe de 0^m,002. Là, le chemin se raccorde avec celui de Montpellier à Cette, au moyen de trois courbes et contre-courbes successives de 600 mètres de rayon et de 500 à 700 mètres de développement. Ce sont les seules courbes de rayon au-dessous de 1,000 mètres que l'on puisse citer.

Quant aux travaux d'art, il n'y en a point de remarquables, à moins qu'on ne veuille considérer comme tel le viaduc de la Galargues, composé de 28 arches, long de 200 mètres et haut seulement de 7.

L'embarcadère de Nîmes a cela de particulier, que le chemin y est établi sur les arcades à une hauteur de 10 mètres environ, et que les bureaux et salles d'attente sont situés au-dessous.

Chemin de Vienne à Trieste. — La grande ligne de Vienne à

Trieste, d'une longueur totale de 629^k,60, dont 75^k,33 empruntés au chemin de Vienne à Gloggnitz, rencontre, au cœur des Alpes noriques, de sérieuses difficultés. Le chemin de Gloggnitz, prolongé sur le Schotwien, arrive au pied du Sømmering, le sommet le moins élevé des Alpes styriennes, celui que franchit la grande route de Vienne à Trieste en un point élevé de 1,014^m,15 au-dessus du niveau de la mer, et de 649^m,68 au-dessus de la vallée de la Mur. Il traverse cette chaîne de montagnes en la gravissant au moyen de pentes qui atteignent 25 millimètres et descend jusqu'à Gratz, capitale de la Styrie.

La discussion du projet pour la traversée du Sømmering¹ a présenté les mêmes phases qu'en Bavière pour le passage du Fichtelgebirge, et elle a abouti au même résultat : la locomotive est restée maîtresse du terrain; on a pu d'ailleurs se renfermer dans les mêmes limites pour l'inclinaison, mais à condition de répartir les rampes par des inflexions plus brusques et plus multipliées encore. Le rayon de courbure descend jusqu'à 190 mètres; mais, sur rampe de 25 millimètres, il ne s'abaisse pas au-dessous de 245 mètres, et la longueur maxima de l'arc est de 385 mètres. Le chemin franchit la ligne de faite à 883 mètres au-dessus du niveau de l'Adriatique, à 462 mètres au-dessus de la station de Gloggnitz, distante de 28^k,8, et à 217 mètres au-dessus de la station de Murzzuschlag, éloignée de 12 kilomètres. Sur le versant nord, la hauteur rachetée par les 8 premiers kilomètres à peu près, c'est-à-dire de Gloggnitz à Payerbach, est seulement de 69^m,6; la pente moyenne, à partir de ce point jusqu'au sommet, est de 19 millièmes; elle est de 18 millièmes sur le versant méridional; la répartition des inclinaisons varie de 10 à 25 millièmes.

C'est seulement sur le versant nord que la limite de 25 milli-mètres est atteinte, et sur une longueur totale de 4.676 mètres. La plus longue de ces rampes, de 25 millimètres, précédée seulement par un court palier de 650 mètres, a un développement de 3,170 mètres. Le tracé du Sømmering est donc, sous ce rapport, plus simple que celui du Fichtelgebirge, qui présente une rampe continue de

¹ Extrait des *Annales des mines*, article de M. Couche

25 millimètres sur 5,400 mètres de long; mais aussi la hauteur totale à racheter est beaucoup plus grande au Sømmering, le tracé est bien plus tourmenté en plan, et la puissance qu'on voulait obtenir des locomotives bien plus considérable. Il y avait là un ensemble de conditions difficiles à concilier et de nature à entraîner des modifications plus ou moins profondes dans quelques-unes des dispositions essentielles des machines ¹.

Le prolongement de la grande ligne de Vienne à Trieste présentait au delà de Gratz des difficultés qu'on a réussi à vaincre, dit M. Couche, comme on l'espérait, avec un tracé bien plus favorable qu'au Sømmering. Les rampes ne dépassent pas 16^{mm},5.

Les conditions sont plus satisfaisantes encore pour le difficile accès de la ville de Trieste. Les rampes n'excèdent pas 12 millimètres. Le chemin part du nouveau lazaret; l'emplacement de la gare, parfaitement situé d'ailleurs, est conquis à grands frais, d'un côté sur la montagne, et de l'autre sur la mer par les remblais. La ligne suit la côte, passe à Boutorelles, Santa-Croce, et arrive à Nebresina, où doit se détacher la ligne de Trieste à Venise. Cette section, de 15^k,8, dont les travaux sont poussés avec une très-grande activité, rachète une hauteur de 122^m,30, dont 418^m,80 sur 16^k,7. Les courbes sont très-multipliées; leur nombre s'élève à soixante-six, et leur développement à 6^k,2, c'est-à-dire aux deux cinquièmes de la longueur de la section; mais trois seulement de ces courbes atteignent la limite de 291 mètres, et toutes les autres ont des rayons beaucoup plus grands.

Le tracé primitivement adopté de Nebresina à Venise est remis en question, malgré l'importance attachée par le gouvernement au prompt achèvement de cette ligne.

Nous avons indiqué page 116 les causes qui ont fait écarter ce tracé.

Les courbes ont en général 285 mètres de rayon; on en trouve une au passage de Sømmering, qui n'a que 190 mètres.

¹ On avait adopté, en 1844, un projet qui limitait les inclinaisons à 0,01975 sur le versant nord et à 0,01998 sur le versant sud. Le tracé amendé est plus court de 2 kilomètres environ; il a surtout notablement simplifié les travaux d'établissement.

² Notice sur les chemins de fer allemands en 1844, par M. Baumgarten.

Le service se fait uniquement avec le matériel américain propre au service des chemins à petites courbes, et avec un matériel spécial que nous décrirons.

M. Lechatelier pense qu'on aurait pu, en exécutant un tunnel, réduire les pentes pour les passages du Sømmering à 10 millimètres par mètre, et qu'on a sacrifié, sans motifs bien décisifs, les intérêts de l'exploitation à l'économie des frais de premier établissement.

Il fait une observation semblable pour le chemin de Stuttgart à Ulm, où l'on aurait pu réduire de 22 à 10 millièmes la pente d'un plan incliné.

Le chemin de Sømmering se trouvera prochainement en concurrence avec le chemin François-Joseph prolongé, qui, partant de Caniza, rejoindra Trieste sans avoir à franchir le faite élevé, de sorte que Vienne se trouvera en communication avec Trieste par un chemin d'à peu près même longueur que celui de Sømmering, mais beaucoup plus économique au point de vue de l'exploitation aussi bien qu'à celui de la construction.

Chemins saxe-bavarois : section de Neuenmarkt à Marktzeug¹. — De Nuremberg jusqu'au Neuenmarkt, c'est-à-dire jusqu'au pied du Fichtelgebirge, montagne qui sépare les bassins du Main et de la Saale (un des affluents de l'Elbe), ce chemin ne présente, sauf des rampes très-courtes, que des inclinaisons de 5 millimètres au plus, et, à l'exception des stations, que des courbes de 292 mètres de rayon au moins.

Mais le terrain présente, à partir de Neuenmarkt jusqu'à la frontière saxonne, des difficultés telles, qu'on crut devoir s'arrêter d'abord à l'idée d'un chemin desservi par des chevaux. On ne tarda pas toutefois à reconnaître que cette solution modeste ne répondait nullement, même d'après les évaluations les plus modérées, aux exigences du trafic; d'ailleurs, on n'eût pas évité, même à ce prix, des travaux très-coûteux et hors de proportion avec le résultat obtenu. On se décida donc à étudier le tracé au point de vue de l'application du matériel américain.

¹ Extrait de la 2^e livraison de 1852 des *Annales des mines*, mémoire de M. Couche

Parmi les diverses directions étudiées dans l'avant-projet, une seule, la vallée du Streitmühl (ou Schwarzbach), pouvait se prêter à l'établissement d'un chemin de fer. Tout le terrain occupé par cette vallée, d'une largeur très-variable, fut levé par courbes horizontales, et ce travail préliminaire abrégé et facilita singulièrement les études de détail.

Plus on avançait dans cet examen, plus les obstacles semblaient grandir ; un moment même le mode de traction fut de nouveau mis en question, et on revint, en désespoir de cause, à l'idée des plans inclinés à câbles.

Une circonstance particulière pouvait d'ailleurs justifier, jusqu'à un certain point, cette solution, quand même elle n'eût pas paru la seule possible. On avait constaté, sur les hauteurs qui dominent Rohresreuth, l'existence d'une source probablement assez abondante pour permettre l'établissement d'une balance d'eau, combinaison déjà proposée par l'ingénieur Robinson pour le chemin de Pottville à Danville (États-Unis); mais ce projet fut bientôt abandonné à son tour.

Indépendamment des inconvénients inséparables de la remorque des trains au moyen d'un câble, des doutes s'élevaient sur la constance du débit de la source qui devait alimenter la balance.

Ramenés de nouveau en présence de la locomotive comme seule solution acceptable, déterminés d'ailleurs, par une longue expérience du système américain et de ses inconvénients, à n'imposer au matériel aucune concession de ce genre, les ingénieurs bavarois ont déduit de la discussion des exemples connus les limites d'inclinaison et de courbures compatibles avec ces conditions, et dirigé leur tracé en conséquence.

La station de Neuenmarkt est située sur un palier de 3,304 mètres, et à 352^m,24 au-dessus du niveau de la Méditerranée. Le chemin présente, à partir de ce point, des rampes de 14 millimètres, 25 millimètres, 24^{mm},6 et 2^{mm},5, sur des longueurs respectives de 1,664, 2,498, 1,780 et 1,129 mètres, et atteint le palier de la station de Marktschorgast à la cote de 510 mètres. Une hauteur de 157^m,76 est donc rachetée sur un développement de 7,071 mètres (inclinaison moyenne, 22^{mm},3).

Les rayons de courbure varient entre 1,168 et 292 mètres; cette dernière limite n'est atteinte qu'une seule fois, à l'entrée de la station de Marktschorgast, et sur 194 mètres de longueur; en rampe, le rayon minimum est de 438 mètres.

Quant au profil, ce n'est pas par l'inclinaison, si inusitée qu'elle soit, c'est par la longueur jusque-là sans exemple de la rampe qu'il est surtout remarquable. Des rampes de 25 millimètres et au delà étaient, depuis plusieurs années déjà, desservies par des locomotives, mais leur longueur ne dépassait pas 3 kilomètres, 3^k,5 au plus. Sur une rampe deux fois plus longue, les conditions pouvaient être gravement modifiées. Suffirait-il encore d'aborder le pied de la rampe avec une machine bien préparée, la chaudière bien en vapeur, le foyer bien rempli, le niveau d'eau très-élevé? Réussirait-on constamment à maintenir sur une pareille étendue la pression au degré nécessaire, à se mettre en garde contre les chances de ralentissement et d'arrêt, devenues bien plus graves en raison du développement de la rampe? La régularité du service serait-elle assurée en dépit de l'état des rails, de la direction et de l'intensité du vent? Un succès accidentel, un succès d'expérience, n'était pas douteux; mais il y avait une véritable hardiesse à compter sur le succès de tous les jours.

L'établissement du chemin entre Neuenmarkt et Marktschorgast a exigé des travaux également remarquables par leur importance, par quelques particularités de construction, et par leur caractère parfaitement en harmonie avec la nature sévère et grandiose de cette contrée.

De Neuenmarkt jusqu'au pied de la montagne, c'est-à-dire sur une longueur de 1^k,66, le tracé suit à peu près la pente du sol; il entre en tranchée à 2 kilomètres au delà seulement sur 290 mètres de longueur et 8^m,80 de profondeur, mais dans un terrain de grauwacke et de schiste argileux très-dur qui a exigé l'emploi presque continu de la poudre. Le chemin se maintient à mi-côte entre les kilomètres 4 et 5, sauf la traversée de trois ravins très-profonds; puis il entre en tranchée d'une faible longueur (292 mètres), mais sur 27^m,70, 12^m,30 et 16^m,60 de profondeur maximum, mesurée respectivement à partir des arêtes des talus et sur l'axe du

chemin. L'ouverture de cette tranchée à travers un terrain de grauwacke et de schistes amphiboliques a entraîné de très-grandes dépenses de main-d'œuvre et de poudre. A partir de là jusqu'au palier de Marktschorgast, c'est-à-dire sur une longueur de 2 kilomètres à peu près, les tranchées et les remblais se succèdent à des intervalles très-rapprochés ; mais cependant, à cause des profondes coupures et des pentes abruptes du terrain, les hauteurs de déblai et de remblai mesurées sur l'axe atteignent encore respectivement 7^m,7 et 16 mètres.

La grande disproportion qui existe entre les cubes de déblai et de remblai, et la nécessité de réduire celui-ci au minimum (les emprunts exigeant l'ouverture de véritables carrières d'une exploitation dispendieuse), ont conduit à adopter un mode particulier pour la formation des remblais. Ce sont des ouvrages mixtes, participant à la fois des remblais proprement dits et des viaducs. Ils se composent d'un noyau formé des déblais meubles et en petits fragments, flanqué de deux murs en pierres sèches construits avec les fragments plus volumineux provenant aussi des tranchées, et maintenus eux-mêmes par deux murs de soutènement maçonnés en gros blocs de schiste micacé provenant de deux grandes carrières situées près de Marktschorgast. Tout ce massif est profondément enraciné dans le sol, et repose sur le roc vif taillé en gradins. Les talus ne sont pas plans ; les parements des murs de soutènement sont des surfaces cylindriques ; la coupe verticale du parement extérieur est un arc de cercle de 41 mètres de rayon, dont le centre est à 9^m,64 au-dessus de la crête du remblai. L'inclinaison du talus sur la verticale est de 14° 30' au sommet, et atteint 45° à 18^m,40 au-dessous du niveau des rails ; à partir de cette limite, quand la hauteur du remblai la dépasse, la tangente en ce point est substituée au prolongement de l'arc, pour éviter un empatement exagéré. Il va sans dire que cette disposition a été adoptée pour les parties à mi-côte comme pour les remblais complets.

Vers la partie supérieure, ce profil se rapproche de la logarithmique qui conduit, pour toutes les sections horizontales, à l'égalité de charge par unité de surface. Il s'écarte peu de la figure d'équilibre, pour le *glissement*, d'un massif homogène et doué de cohé-

sion. Avec les talus plans, la stabilité d'un semblable massif décroît du haut vers le bas; pour qu'elle soit suffisante à la base, il faut qu'elle présente un excès de plus en plus grand vers le sommet.

La stabilité générale est donc, toujours en admettant l'assimilation à un massif homogène, sensiblement la même qu'avec des talus rectilignes ayant pour inclinaison celle de l'élément inférieur de l'arc; et la masse des ouvrages, ainsi que la largeur de terrains qu'ils occupent, est notablement réduite. Pour une hauteur de 18^m,40 par exemple, la largeur de l'emprise et la section du massif sont inférieures respectivement de 16 mètres et de 185^m,36 à celles qu'exigerait un simple remblai, avec talus plans à 45°; et la largeur en couronne étant de 9^m,60, la largeur à la base et la masse de l'ouvrage sont réduites, l'une de 35, et l'autre de 36 pour 100.

Indépendamment de toute appréciation théorique, de toute hypothèse sur la forme des surfaces de rupture virtuelle, ce profil est justifié, au moins dans sa disposition générale, par l'observation même des phénomènes que présentent souvent les remblais à talus plans et revêtus. Ces talus deviennent convexes, se roidissent beaucoup à la base, et cet accroissement d'inclinaison, joint à la dislocation des matériaux du revêtement, compromet la stabilité de toute la masse.

Un profil concave, avec une flèche notable, et un élément supérieur très-peu incliné sur la verticale ne peut d'ailleurs s'appliquer qu'à des talus revêtus, ou tout au moins consolidés par des moyens artificiels: il suppose l'existence de la cohésion, qui est presque nulle dans les remblais naissants; et, fût-elle rétablie, elle ne résisterait pas longtemps à l'action de la pluie, des gelées, etc., action dont le profil théorique ne tient pas compte, et qui, sans altérer la figure d'équilibre, entraînerait l'éboulement graduel des talus¹. Une grande cohésion superficielle est du reste souvent indispensable, même pour les talus plans et beaucoup moins roides que le talus naturel; de sorte qu'une forme voisine de la figure d'équilibre

¹ On sait que l'effet des dégradations de surfaces est précisément de mettre peu à peu en évidence la figure d'équilibre dans les remblais à talus rectilignes; ce phénomène a été observé depuis longtemps dans plusieurs tranchées.

pourrait sans doute être appliquée assez fréquemment, sans aggraver beaucoup les dépenses de consolidation ou d'assèchement, et dès lors avec une économie très-notable.

L'épaisseur de maçonnerie, tant en pierre sèche qu'en pierre de taille, est, au sommet, de 2 mètres sur chaque flanc; elle augmente graduellement avec la profondeur. Les joints sont normaux aux parements. Ces murs sont couronnés par de gros blocs de grès formant un parapet très-massif de 0^m,51 de haut et de 1^m,75 d'épaisseur. De nombreuses gargouilles débouchant sur les flancs assurent l'assèchement du noyau central.

Le cube total s'élève à 49,250 mètres pour la maçonnerie en pierre sèche, et à 40,390 mètres pour la maçonnerie de mortier; soit en tout 89,640 mètres pour les 7 kilomètres 71 mètres, ou en moyenne 12^m,6 par mètre courant.

Le plus remarquable des ouvrages de ce genre est celui qui a été exécuté pour le passage du Schützengraben, que le chemin de fer traverse à une hauteur de 52 mètres. L'épaisseur des murs, à la base, atteint 12 mètres, et celle de tout le massif, mesuré horizontalement, 52 mètres.

Le chemin saxo-bavarois est l'œuvre de l'ingénieur Kemtz.

Chemin de Brunswick à Harzburg. — Ce chemin part de Brunswick et se développe, pendant une grande partie de son parcours, dans la plaine qui s'étend depuis le pied des montagnes du Harz jusqu'au littoral de la mer du Nord et de la mer Baltique; son profil ne présente des inclinaisons supérieures à 5 millièmes qu'aux abords de la station de Wissembourg à la limite de la plaine. A partir de cette station, le chemin gravit les premières pentes de la montagne en se tenant moyennement au niveau du sol; son inclinaison croît successivement jusqu'à 27^m,7, limite qu'elle atteint à la station de Harzburg, placée à l'entrée d'une gorge profonde, à 8 kilomètres environ du sommet de Broken. Le tableau ci-joint donne la longueur et l'inclinaison des rampes qui se succèdent depuis Wissembourg jusqu'à la station de Harzburg.

LONGUEURS.	INCLINAISONS.	
Mètres.	Millimètres.	
141,5	0,2	} par mètre.
1234,8	9,7	
2073,6	10,0	
1141,2	13,0	
1562,4	13,1	} Moyenne des inclinaisons 12 " ,78.
1000,6	17,2	
228,2	10,2	
529,5	27,7	
136,9	5,0	} Stations.
8048,7		

Pendant les deux premières années d'exploitation, les locomotives se sont arrêtées à Wissembourg ; les waggons étaient trainés par des chevaux jusqu'à Harzburg. On ne tarda pas à reconnaître que ce mode d'exploitation n'était pas suffisant pour satisfaire à tous les besoins de la circulation, et, après quelques essais préliminaires faits avec les machines ordinaires, on commanda, en mai 1843, à Stephenson, deux machines à 6 roues couplées.

Depuis cette époque, ces machines font un service journalier assez actif et fonctionnent très-bien.

Chemin de Stuttgart à Ulm. — Ce chemin de fer, qui est établi à une seule voie sur toute son étendue, traverse les Alpes wurtembergeoises en rampe de $\frac{1}{14}$ (22 millimètres) sur un parcours de 6 à 7 kilomètres, avec des courbes de 260 mètres de rayon. On gravit cette rampe en se dirigeant de Stuttgart à Ulm. Dans l'autre direction, sur le versant opposé, en venant d'Ulm à Stuttgart, on s'élève, de la gare d'Ulm au sommet de la montagne, par des rampes de 14 à 15 millimètres par mètre.

Les trains de voyageurs partent de Stuttgart avec une machine américaine. Au pied de la rampe, on ajoute une *machine à marchandises* à 6 roues couplées. Cette machine a ses roues en fonte pleine ; elle pèse 53 tonnes.

Le diamètre des roues est de 1^m,160.

Le diamètre des cylindres, 0^m,460.

La course des cylindres, 0^m,660.

Les cylindres sont extérieurs.

Leur écartement d'axe en axe = 2^m,080.

La distance des roues extrêmes d'axe en axe est de 3^m,200.

Ces machines passent sans trop de difficultés dans des courbes de 260 mètres de rayon. Cependant l'usure des bandages paraît y être considérable.

Sur la rampe de 22 millimètres, ces machines remorquent un poids *brut* de 150 tonnes, avec une vitesse de 17 à 18 kilomètres à l'heure.

Pour gravir les rampes de 14 à 15 millimètres, on se sert de deux machines ordinaires, soit mixtes, soit américaines; la vitesse est d'environ 25 kilomètres à l'heure. La descente de la pente de 22 millièmes se fait sans vapeur, les freins serrés; on marche régulièrement et à une très-faible vitesse.

Le chemin de Stuttgart à Ulm, ainsi que les autres chemins du réseau wurtembergeois, fait honneur au talent de M. l'ingénieur en chef Carl Etzel, ainsi qu'à celui de son digne collaborateur, M. Klein.

Central suisse. — Le chemin de fer Central suisse se compose de deux grandes artères, dont l'une relie Bâle à Lucerne, en passant par Liestal, Olten, Arbourg et Sursée, et l'autre Arau à Bienne, en passant par Olten, Aarbourg, Herzogenbuchsée et Soleure. Une autre ligne, partant d'Herzogenbuchsée, se dirige sur Berne, pour de là rejoindre Thun d'un côté, et le chemin de Genève à Berne de l'autre.

Ces deux tracés mettent le chemin Central suisse en communication directe, au nord, avec les chemins de France du pays Badois, et les chemins de fer allemands qui débouchent sur le lac de Constance; à l'est et au midi, avec le centre de la Suisse, les cantons de Vaud, de Genève, du Valais, et l'Italie.

Le tracé adopté par les ingénieurs de la Compagnie, à la tête desquels se trouve M. C. Etzel, n'a rencontré de très-sérieuses difficultés que dans la traversée du Jura, entre Sissach et Olten; de Bâle à Sissach, le maximum des pentes est de 1 centimètre. Au delà de Sissach, le chemin s'élève le long du flanc de la montagne du Hauenstein, en franchissant avec beaucoup de hardiesse de pro-

fonds ravins, coupant en souterrains deux contre-forts près du village de Buckten, traversant le village de Lauffelfingen, et conservant jusqu'au point culminant de son profil, sur une longueur de 9,300 mètres, une rampe uniforme de 26^{mm},8, sauf un palier de 300 mètres situé vers son milieu, et réservé pour la station de Sommerau. Au sommet de ce plan incliné, se trouve la station de Lauffelfingen, qui précède l'entrée des souterrains du Hauenstein; ce tunnel, dont la longueur est de 2,500 mètres, descend vers la vallée de l'Aare, en conservant dans toute son étendue une pente de 26^{mm},4. C'est en débouchant du tunnel, sur le versant oriental du Jura, que le voyageur venant de France aperçoit pour la première fois, et peut, si le temps est favorable, embrasser dans leur ensemble les hautes montagnes de la Suisse centrale, depuis les pics neigeux de l'Oberland bernois jusqu'aux sommets dentelés du canton d'Appenzel.

Au delà du tunnel, la ligne descend avec une pente de 25 millièmes sur 3,600 mètres jusqu'à la rivière l'Aare, qu'elle traverse sur un beau pont, puis gagne par un palier la station centrale d'Olten.

L'embranchement qui conduit d'Olten à Arau est presque horizontal. Sur cette section, il a pour ainsi dire suffi de poser le ballast sur le sol sans autre travail préparatoire. Le chemin touche Arau, en traversant en tunnel la montagne sur laquelle cette ville est assise, et doit se souder sur ce point au chemin du Nord-Est.

La ligne principale, partant d'Olten, poursuit sa route vers Lucerne en remontant, par des pentes douces, la vallée de l'Aare jusque vers la station de Sursée, où elle s'infléchit à l'est, passe au bord du petit lac de Sempach, et dessert la station de ce nom, qui franchit un faite dont le point culminant est près de Rothemburg.

Depuis Olten, l'inclinaison ne dépasse pas 10 millièmes; mais, à partir de ce point, la ligne descend vers la vallée de l'Emme sur une pente de 16 millimètres, ayant 7,600 mètres de longueur, franchit la petite Emme sur un pont de fer de 105 mètres d'ouverture à quatre travées, et s'arrête sur le pont de Lucerne, à côté du débarcadère des bateaux à vapeur qui naviguent sur le beau lac des quatre cantons.

Les autres parties du tracé du réseau Central suisse n'offrent aucun autre point où l'on ait rencontré des difficultés un peu sérieuses, si ce n'est le passage de la Sommerald et de la grande Emme à Burgdoff, et l'entrée de Berne, où le chemin franchit l'Aare sur un pont en fer de 45 mètres de hauteur et de 160 mètres d'ouverture en trois travées.

En plan, ce tracé est heureusement combiné en ce qui concerne les alignements droits et les courbes, qui sont en proportion de 70 pour 100 de longueur totale pour les premiers, et de 30 pour 100 pour les autres.

Le rayon des courbes en pleine voie est généralement au-dessus de 500 mètres, et ne s'abaisse à 360 mètres que sur deux points, l'un vers le Haucenstein, l'autre à Rothenburg, entre Sursée et Lucerne.

Le tracé du chemin Central suisse se trouve dans des conditions favorables, en ce sens que, le mouvement ayant lieu surtout de la France vers la Suisse, les trains chargés n'auront à gravir que des rampes qui ne dépassent pas 20 millièmes, celles de 25 et 26 millièmes n'étant remontées que par des waggons vides ou faiblement chargés.

Les principaux ouvrages d'art du chemin Central suisse sont au nombre de dix-neuf, comprenant :

- 1° Quatre ponts ou viaducs en pierre ;
- 2° Onze ponts ou viaducs en fer ;
- 3° Quatre tunnels d'une largeur totale de 2,900 mètres.

Les ouvrages d'art en pierre sont très-élégants et construits avec beaucoup de soin. Nous citerons entre autres le viaduc de Rumlingen, composé de huit arches en plein cintre dont les voûtes ont 0^m,90 d'épaisseur à la clef et 13^m,50 de diamètre ; les piles ont 13 mètres de hauteur et 3 mètres d'épaisseur.

Les ponts en fer de toute grandeur sont fort nombreux ; ils ont été presque tous exécutés en régie dans les ateliers de la Compagnie.

Nous décrirons leurs différents modes de construction plus loin, en traitant des travaux d'art. Nous nous bornerons à faire mention ici des ponts qui sont au delà de 10 mètres de portée entre les cu-

lées. Ceux-là ont été tous exécutés avec du fer à treillis, suivant le système de Howe.

Le plus remarquable est celui de l'Aare, près de Berne : établi pour livrer passage au chemin de fer et à une route, il est composé de deux grandes poutres en treillis, renfermant, dans l'espace réservé entre elles, un châssis de voiture au-dessus duquel sont établies les deux voies du chemin de fer.

Le platelage de la voie-charretière et celui des rails sont supportés, le premier par la partie inférieure, le second par la partie supérieure des cadres en tôle, formant, entre toises et armatures, des grandes poutres en treillis.

Les dimensions principales de ce pont double sont les suivantes :

Hauteur des poutres.	5 ^m ,899
Longueur du pont entre les culées.	164 ^m ,400
Ouverture des deux travées extrêmes.	50 ^m ,000
Ouverture de la travée du milieu.	57 ^m ,200
Longueur totale des poutres métalliques.	168 ^m ,200
Hauteur des voies au-dessus de l'étiage de la rivière.	43 ^m ,500

Nous indiquerons aussi comme dignes d'attention les ponts de la Birss et de la Frenke, le premier près de Bâle, le second près de Liestall.

Comme exception aux types précédemment décrits, nous citerons le pont sur l'Aare, près d'Olten.

Ce pont, dont le tablier fait partie d'un long plan incliné à 18 millimètres par mètre, est composé de trois travées de 31^m,50 d'ouverture chacune ; chaque travée est fournie d'arcs de cercle en tôle soutenant les poutres du tablier par l'intermédiaire de barres verticales reliées entre elles, dans leur milieu, par une suite d'entre-toises.

Les trois arches ont leurs naissances placées sur même plan horizontal ; la différence de hauteur est rachetée par la différence existant entre les flèches, qui ont respectivement pour hauteur 5^m,40, 4^m,80 et 4^m,20.

On a enfin, au chemin Central suisse, employé, pour certains passages par-dessus, un système de poutres en bois armées de tirants en fer.

Parmi les souterrains, il faut citer celui du Hauenstein, percé dans la formation jurassique. Rencontrant une feuille très-aquifère, il a présenté de grandes difficultés en exécution.

Nous devons enfin signaler la bonne disposition et la gracieuse architecture des bâtiments de stations du chemin de fer Central suisse, dont les plans ont été publiés dans le *Portefeuille de l'ingénieur*.

Une faute grave, à notre avis, qui a été commise dans l'exécution de ce chemin de fer, a été de n'acheter, sur une partie du parcours, les terrains, et de n'exécuter les travaux de terrassement et même les travaux d'art que pour une seule voie.

Chemin du Nord-Est. — Le chemin de fer du Nord-Est suisse devrait être classé parmi les chemins à pente moyenne. Si nous le décrivons à la suite du chemin de fer Central suisse, qui est un chemin à pentes fortes, et avant celui du Sud-Est, où les pentes sont encore plus rapides que sur le chemin Central, c'est afin qu'on puisse se rendre compte d'un seul coup d'œil des conditions d'exécution des chemins du réseau suisse septentrional. Le chemin du Nord-Est peut d'ailleurs, en se plaçant à ce point de vue, être considéré comme une dépendance du chemin Central. Ce chemin se raccorde au chemin Central suisse à Wöschnau, près d'Aarau, passe à Baden, Zurich, d'où il rebrousse pour gagner Winterthur, puis Frauenfeld et Romanshorn, sur le lac de Constance.

Il met en communication, au moyen de ce réseau, qui comprend une étendue de 166 kilomètres, le Rhin, le lac de Constance, le canton d'Argovie et celui de Zurich avec les chemins de fer allemands, les chemins de fer français, le centre de la Suisse et l'Italie.

Entre Zurich et Winterthur, se détache un embranchement qui suit la vallée de la Glattthal pour desservir Greifensee et Uster. De Winterthur, part un autre embranchement qui se dirige sur Schaffhouse; en ce même point, se soude le chemin de fer du Sud-Est.

Enfin un troisième embranchement reliera Brug à Koblenz sur le Rhin.

Ce réseau se compose de la fusion des lignes de Zurich-Baden et Zurich-Bodensée. Les travaux de la première ligne ont été commencés en 1844, sous la direction de M. l'inspecteur général Négrelli, et terminés en 1847; ce n'est qu'en 1853 qu'on a procédé à l'exécution de la section de Winterthur à Romanshorn, achevée en 1855; les sections de Baden-Brug et Zurich-Winterthur n'ont été terminées qu'en 1855 et 1856. Les travaux de ces dernières sections ont été dirigés par M. Beck, ingénieur en chef.

Le tracé adopté pour l'exécution de ce chemin présente des différences très-marquées quant aux conditions de pentes et de courbes qui ont été appliquées. Ainsi la section de Wärschnau à Baden, et, plus encore, celle de Zurich à Frauenfeld, offrent des alternatives de pentes et de rampes dont l'inclinaison atteint jusqu'à 8 et 12 millièmes.

La section de Frauenfeld à Romanshorn, au contraire, est tracée avec des pentes généralement très-douces, n'atteignant 8,7 millièmes qu'en quelques points et sur de très-faibles longueurs.

Les rayons des courbes se tiennent en grande partie entre 600 et 800 mètres; cependant ils descendent à 500 mètres et même à 330 mètres aux passages des faîtes et des vallées profondes.

Il résulte de ce tracé que pour passer des sections de Wärschnau à Baden et de Zurich à Winterthur sur celle de Frauenfeld à Romanshorn, ou *vice versa*, la composition et la vitesse des trains devront subir d'importantes modifications si l'on veut tirer le meilleur parti possible de la force motrice. C'est une condition défavorable.

On trouve sur le chemin Nord-Est, comme sur le chemin Central, un grand nombre de ponts en fer; mais il n'en est aucun qui soit digne d'une étude particulière, si ce n'est peut-être le pont de la Linmat et le viaduc qui l'accompagne.

Chemin du Sud-Est. — Le chemin du Sud-Est part de Winterthur et passe à Saint-Gall pour aboutir aujourd'hui à Rorschach. Il sera continué, vers la gauche, sur Laidau (Bavière); vers la droite, sur Coire et la vallée du Rhin, qu'il remontera pour traverser les Alpes par le col de Sargans. Une autre ligne partant de Sargans se dirigera, par le Wallen-Sec, sur Rapperschwyl et Zurich.

La construction de ce réseau a commencé en 1853, sous les ordres de M. Etzel, comme directeur général des travaux, et de M. Hartman, comme ingénieur en chef. Notre carte indique les portions livrées à l'exploitation.

Entre Winterthur et Saint-Gall, sauf le passage de petites vallées secondaires qui produisent des contre-pentes, la ligne est toujours en rampe dont l'inclinaison varie entre 0 et 10 pour 100. Ces deux points, éloignés de 58 kilomètres, sont séparés par une différence de niveau de 240 mètres, ce qui donnerait une pente moyenne de 0^m,0184; mais les paliers et les approches des stations ont fait porter les pentes à 20 pour 100.

Les tranchées et remblais, qui, sur ce chemin, atteignent 15^m,20 et même 30 mètres d'élévation, ont subi des tassements considérables. Des portions se sont éboulées, et la présence de sources sous le remblai, ou dans le remblai même, ont, sur certains points, occasionné de grands éboulements.

Le tracé des autres portions du chemin de fer du Sud-Est n'est pas encore arrêté. Le passage des Alpes paraît devoir présenter de très-grandes difficultés.

On rencontre, sur le chemin du Sud-Est, plusieurs traversées de vallées très-remarquables par la hardiesse de leur conception. Nous citerons entre autres les ponts de la Goldach, de la Sitter, de la Glatt et de la Thur.

Le pont-viaduc de la Goldach est établi sur une pente de 20 millimètres et une courbe de 560 mètres de rayon. Il se compose de cinq arches en maçonnerie en plein cintre ayant chacune 15^m,50 d'ouverture.

La distance entre les culées est de 78 mètres. La hauteur du rail au-dessus de la vallée est de 26 mètres.

Les trois ponts de la Sitter, de la Glatt et de la Thur, sont formés de poutres en treillis, supportées par des piliers en fonte reposant sur des socles en maçonnerie.

Le plus remarquable de ces ouvrages est celui de la Sitter, qui permet au chemin de fer de traverser la vallée à soixante-cinq mètres au-dessus des eaux du ruisseau. Il se compose de quatre travées en fer ayant ensemble 130 mètres d'ouverture; les piles qui

le supportent sont composées de cadres en fonte présentant une hauteur totale de 57 mètres, établis sur un socle en maçonnerie de 13^m,50 de hauteur. Le tablier est supporté par deux poutres de 165^m,80 de longueur et 3^m,60 de hauteur, laissant entre elles un espace libre de 4^m,20 pour le passage de la voie.

Chemin du Jura Industriel. — Ce chemin est destiné à relier Neuchâtel à la France par Morteau et Besançon, en passant par les villes de la Chaux-de-Fonds et du Locle, centres des fabriques d'horlogerie dans le canton de Neuchâtel. Il se trouvera dans les conditions d'exploitation les plus difficiles.

Sa longueur totale de Neuchâtel à la frontière française est de 35 kilomètres ; il présente, sur près de 28 kilomètres, des pentes de 25 à 27 millimètres, et encore, pour ne pas dépasser cette pente, le chemin est-il forcé de se déployer sur un coteau escarpé qu'il ne peut quitter pour descendre à Neuchâtel qu'au moyen d'un rebroussement placé dans la petite gare de Chambrelieu.

Le rayon minimum des courbes est de 500 mètres. On rencontre sur ce chemin deux grands tunnels : l'un de 5,120 mètres en pente de 25 millimètres sur les deux tiers de sa longueur ; l'autre, de 1,320 mètres à peu près horizontal.

Il n'y a sur cette ligne aucun autre ouvrage d'art considérable et aucun terrassement important.

Les travaux sont en pleine exécution et se poursuivent avec activité. Ce chemin se raccordera, plus tard, avec le chemin projeté de Gray à Besançon et Morteau. Le chemin étudié de Morteau à Besançon présente quelques travaux considérables ; les pentes n'y dépassent pas 16 millimètres.

Chemin de Turin à Gênes¹. — Le chemin de fer de Gênes à Turin, livré à la circulation au commencement de l'année 1854, a été commencé en 1846 par le gouvernement sarde, qui a également construit le chemin d'Alexandrie à Novare, première section du chemin de fer d'Alexandrie au lac Majeur.

Le chemin de fer de Gênes à Turin, le premier qui traverse les Apennins, remplace la route royale, construite depuis trente ans

¹ Extrait du *Journal des chemins de fer*.

seulement. Les échos de ces montagnes, que les sons cadencés des clochettes des convois de mulets faisaient résonner, retentissent aujourd'hui du sifflet de la locomotive, et annoncent une nouvelle victoire de l'industrie humaine sur les obstacles de la nature.

Ce chemin de fer a une très-grande importance, non-seulement parce qu'il joint deux villes capitales d'anciens États italiens aujourd'hui réunis, mais encore parce que, en réduisant de moitié les dépenses de transport des marchandises, il abaisse les prix d'importation, favorise l'exportation des riches produits de l'agriculture du Piémont, et développe les entreprises industrielles, en faisant arriver jusqu'au pied des montagnes, riches en cours d'eau, les matières premières, qui s'exporteront transformées en produits manufacturés.

Il exercera ainsi la plus heureuse influence sur la prospérité du Piémont et l'activité du port de Gènes, dont les intérêts sont solidaires depuis que le chemin de fer, obtenant, par ses bas prix, la préférence sur toutes les communications entre la mer et le Piémont, fait de Gènes le principal port du royaume de Sardaigne.

Ces avantages, appréciés depuis longtemps, auraient fait entreprendre ce chemin de fer plus tôt, si la nature n'avait présenté à son exécution de nombreux et sérieux obstacles.

Il fallait, en effet, traverser la chaîne des Apennins, dont le faite, élevé d'environ 500 mètres au-dessus du niveau de la mer, n'en est éloigné que de 20 kilomètres; des rampes rapides et un long tunnel, dans une roche sans consistance, étaient inévitables; les seules vallées praticables sur les deux versants sont tortueuses, bordées de roches schisteuses en décomposition, et occupées par des torrents, dont le lit présente des escarpements qui atteignent souvent 50 mètres de hauteur verticale.

Arrivé dans la plaine, le chemin traverse les torrents de la Bormida, du Tanaro et du Pô, qui, à l'époque de la fonte des neiges tombées sur les montagnes voisines, deviennent, par le volume de leurs eaux, comparables aux fleuves les plus grands et les plus dangereux.

On conçoit que l'on ait tardé à entreprendre une communication présentant de si nombreuses difficultés. Mais, lorsque les chemins

de fer. en se propageant en France et en Italie, eurent démontré les avantages de ce nouveau mode de communication et menacé, en favorisant des points rivaux, de faire perdre à Gênes une partie des avantages de sa position, il n'était plus possible d'hésiter.

Après avoir accordé, pour la construction de ce chemin de fer, une concession demeurée sans résultat sérieux, le gouvernement sarde se décida à faire exécuter lui-même les travaux, qu'il poursuivit, malgré les agitations politiques et les embarras financiers, avec une courageuse persévérance, aussi honorable pour lui que pour la nation, qui, maintenant, recueille le fruit des sacrifices qu'elle s'est imposés.

La gare des voyageurs, point de départ à Gênes, est établie près du palais Doria. Après avoir longé le pied de la montagne qui entoure le port, le chemin de fer traverse un tunnel qui débouche à Saint-Pierre d'Arena, faubourg de Gênes ; il remonte la vallée de Polcevera jusqu'à Pontedecimo, puis s'engage dans la vallée du Ricco, qui le fait arriver au pied de la chaîne des Apennins, qu'il traverse au moyen d'un tunnel, et aboutit sur le versant nord, à Busala, dans la vallée de la Scrivia, qu'il suit jusqu'à Serravalle ; de là il se dirige sur Novi et Alexandrie, en touchant à Frugarola, et traversant le torrent Bormida, ainsi que le champ de bataille de Marengo.

D'Alexandrie, le chemin de fer remonte la vallée du Tanaro jusqu'à Asti, puis les vallées du Borbore, de la Triversa, jusqu'à Villafraanca ; il s'élève, en passant près de Saint-Paul, au niveau de Villanova, qui appartient au bassin hydrographique du Pô ; il passe un peu au nord de Villanova, se dirige sur Cambiana, touche à Truffarello, à Montcalier, et aboutit à Turin, à la porte Neuve, en face le palais du roi.

La distance de Gênes à Turin est de 165 kilomètres.

Dans la vallée des Apennins, le rayon des plus petites courbes n'est pas inférieur à 400 mètres, sauf une seule exception, où il est de 300 mètres ; les rayons dans la plaine sont généralement supérieurs à 1,000 mètres.

Le tableau suivant donne les hauteurs au-dessus de la mer, des

principales inflexions du profil, ainsi que le maximum d'inclinaison adopté :

STATIONS.	HAUTEUR AU-DESSUS DU NIVEAU DE LA MER.	DIFFÉRENCES DE NIVEAU.	DISTANCES HORIZONTALES EN KILOMÈTRES.	INCLINAISONS EXPRESSÉES EN MILLIMÈTRES	
				Moyenne.	Maxima adoptée.
Gênes.	16 ^m ,00	m	k	m	m
Saint-Pierre d'Arens.	8,60	7,34	3,00	2,3	3,4
Pontedecimo.	90,00	81,34	9,85	8,5	11,0
Busalla.	361,25	271,23	9,60	28,2	35,0
Alexandrie.	95,05	266,18	52,55	5,1	8,0
Villafranca.	157,12	62,12	49,30	1,5	5,0
Villanova.	257,68	100,54	10,20	9,8	10,0
Montcalier.	225,76	31,96	22,50	1,4	4,0
Turin.	236,56	11,80	8,00	1,5	4,0

Il résulte de ces indications que le chemin de fer, pour traverser les Apennins, s'élève de 545^m,23 au-dessus de la station de Gênes, puis descend de 266^m,18 pour atteindre la station d'Alexandrie, et remonte de nouveau de 162^m,61 pour traverser le second seuil de partage entre les bassins hydrographiques du Tanaro et du Pô, puis descend de nouveau de 20^m,10 pour arriver au niveau de la station et de la ville de Turin.

Le tunnel des Apennins a 3,100 mètres de longueur. La pente du chemin dans ce tunnel est de 28,7 millimètres et aux abords de 35 millièmes. Son extrémité septentrionale se trouve à la station même de Busalla.

Entre Gênes et le tunnel des Apennins, le chemin de fer est à peu près constamment soutenu par des murs ou porté par des arcades, soit pour réduire l'occupation de terrains précieux, soit parce qu'il fallait défendre le chemin contre l'action des torrents, dont il occupe en partie le lit ; et dans la vallée plus large de la Polcevera les murs de soutènement ont été remplacés par des murs d'endiguement destinés à contenir et redresser le cours du torrent.

Sur le versant méridional des Apennins, on a ouvert deux tunnels ayant des longueurs de 686 et 197 mètres, et couvert la voie

en quatre endroits différents sur les longueurs de 66, 106, 56 et 100 mètres. Le chemin de fer traverse le torrent Zecca sur un pont de 60 mètres d'ouverture en cinq arches, et le Ricco sur quatre ponts de 16 à 22 mètres d'ouverture. Les intersections de la route royale et de petits cours d'eau ont nécessité la construction d'un grand nombre de viaducs et aqueducs.

Le tunnel de Giovi, percé dans le massif des Apennins, traverse sur presque tout son parcours une roche décomposée qui exerce une grande pression, et a exigé, sur toute sa longueur de 3,255 mètres, un solide revêtement en maçonnerie qui a absorbé au delà de trente millions de briques.

Sur le versant septentrional et à 5 kilomètres au delà du tunnel de Giovi, commence, dans la vallée de la Scrivia, une série de tunnels, de ponts, viaducs et murs de soutènement, qui transforment la construction du chemin de fer en un ouvrage d'art continu d'une étendue d'environ 12 kilomètres.

Les tunnels, au nombre de quatre, ont les longueurs de 860, 470 et 695 mètres. Des huit ponts jetés sur la Scrivia, quatre sont composés d'une arche de 40 mètres d'ouverture avec 10 de flèche et 25 mètres de hauteur; deux ont 60 mètres d'ouverture en trois arches de 14 à 25 mètres de hauteur; deux ont 60 mètres en cinq arches de 12 mètres d'ouverture et de 9 à 15 mètres de hauteur. On rencontre un viaduc de 320 mètres de longueur et d'une élévation de 27 à 50 mètres.

Sorti des gorges de la vallée, le chemin de fer franchit, sur des remblais élevés de 24 et 20 mètres, un affluent et une partie du lit de la Scrivia; puis il traverse le village de Serravalle au milieu d'une large rue obtenue en démolissant un grand nombre de maisons, dont le prix d'acquisition était cependant inférieur à la dépense d'un mur de soutènement, qui, fondé dans le lit du torrent, aurait atteint une hauteur considérable. Au delà de Serravalle, le chemin de fer est établi sur une chaussée élevée, à laquelle succède une longue tranchée, passe près de Novi, où il atteint la plaine, traverse la Bormida sur un pont de neuf arches, long de 135 mètres, et touche Alexandrie, où il traverse le Tanaro sur un pont de quinze arches, long de 150 mètres.

Dans la vallée du Tanaro, que le chemin de fer remonte, le torrent décrit une série de sinuosités qui donne à son cours l'aspect d'un immense serpent dont les replis atteignent en deux endroits, à Felizzano et à Annone, le pied des collines qui dominent la vallée, et, barrant le passage au chemin de fer, obligeaient ou à construire quatre ponts, ou à ouvrir deux nouveaux lits sur les longueurs de 750 et 850 mètres; l'on s'est arrêté à ce dernier parti, plus économique, malgré une dépense considérable en terrassements et ouvrages de défense contre les érosions.

Après avoir quitté la vallée du Tanaro, le chemin de fer remonte des vallées secondaires, creusées dans un terrain composé à peu près exclusivement d'argile de la variété désignée sous le nom vulgaire de glaise, qui formait presque les seuls déblais que l'on extrayait des tranchées, et dont on pouvait disposer pour exécuter des remblais considérables, que l'on n'a réussi à faire tenir qu'en élargissant considérablement leur base, qui va jusqu'à quatre ou cinq fois la hauteur des remblais.

Outre les viaducs pour conserver les communications et les aqueducs, les ouvrages d'art que le chemin de fer a exigés entre ce point de partage et Turin comprennent le pont sur le Pô, à Montcalier, d'une longueur de 112 mètres en sept arches, et un pont de 30 mètres en trois arches sur le torrent Saagone.

Le chemin de fer de Gènes à Turin peut être comparé aux chemins de Manchester à Leeds et de Liège à Aix-la-Chapelle, pour le nombre, mais non pour l'importance des difficultés rencontrées, qui sont beaucoup plus grandes sur la ligne de Gènes à Turin.

Le prix par kilomètre est d'environ 630,000 francs.

Pour s'élever du niveau de la mer au sommet des Apennins sur la courte distance de 20 kilomètres, le profil du chemin de fer a dû admettre la plus forte inclinaison, 35 millimètres, que l'on ait encore adoptée sur les lignes de grande communication, et qui dépasse notablement la rampe de 25 millimètres du passage du Sommering. Aussi étudie-t-on en ce moment la question de savoir s'il n'y aurait pas lieu de remplacer les locomotives par des machines fixes hydrauliques.

Jusqu'à présent les convois ont été remorqués sur les rampes de

35 millimètres par des locomotives à quatre roues du poids d'environ 22 tonnes et disposées pour être réunies par la plate-forme du mécanicien, qui peut ainsi manœuvrer les deux locomotives nécessaires pour remorquer un convoi ordinaire.

Le mouvement à la remonte étant considérable, les frais de traction sont très-élevés¹.

Nous ne devons pas terminer cet article sur le chemin de Turin à Gènes sans faire mention de l'habile ingénieur qui l'a construit, M. Mauss, attaché précédemment au service des ponts et chaussées en Belgique, son pays, et auteur des plans inclinés de Liège.

¹ Voir, page 127 et suivantes, les renseignements donnés sur les frais de traction.

CHAPITRE V

FRAIS DE CONSTRUCTION DES CHEMINS ÉTABLIS ET RÉDACTION DES DEVIS POUR LES CHEMINS À CONSTRUIRE

La rédaction des devis est une des opérations les plus importantes et les plus difficiles dont l'ingénieur chargé de la construction d'un chemin de fer ait à se préoccuper. Le succès d'une entreprise dépend essentiellement de l'exactitude des estimations faites de la dépense. Nous verrons plus loin que, pour un grand nombre de lignes établies, les erreurs de devis ont été considérables. L'appréciation des produits avait été fort heureusement autant au-dessous de la vérité que celle des dépenses, de manière qu'il s'est établi une sorte de compensation, et qu'en définitive les revenus ont dépassé les espérances des fondateurs. Il n'en faut pas moins s'attacher à calculer aussi exactement que possible le capital à émettre, surtout pour les lignes qui restent à construire et sur lesquelles la circulation ne sera pas aussi active que sur celles déjà existantes.

Il est bien rare que l'on dresse des devis *réguliers et complets* d'un chemin de fer avant d'en entreprendre l'exécution. Pour dresser des devis réguliers, il faut connaître parfaitement le tracé, la nature des terrains traversés, la nature des matériaux voisins de la ligne, etc., etc., et avoir rédigé tout le projet. Or l'administration, en France, n'approuve jamais le tracé d'une grande ligne dans son ensemble; elle ne l'approuve que par portions successives. L'étude des terrains est longue et difficile; il en est de même de celle des matériaux. La rédaction des projets exige aussi beaucoup de temps et ne peut avoir lieu qu'après l'approbation du tracé. Si les compagnies attendaient, pour commencer leurs travaux, l'approbation complète du tracé et l'accomplissement de toutes les études qui

font suite à cette approbation, elles s'exposeraient à des pertes de temps, et, par suite, à des pertes d'argent considérables. Les travaux commencent donc généralement le plus souvent sur une grande échelle avant que les devis réguliers et complets aient été dressés; mais, à défaut de ces devis, on en dresse d'approximatifs qui doivent se rapprocher le plus possible de la vérité. Les devis réguliers et complets viennent ensuite, quand les travaux sont déjà parvenus à un certain degré d'avancement. Quant au prix de revient, on ne peut l'établir avec une entière exactitude que lorsque les décomptes ont été acceptés par les entrepreneurs, car il arrive presque toujours que les entrepreneurs élèvent au dernier moment des réclamations tout à fait imprévues.

Pour dresser le devis d'un chemin à construire, il faut connaître le prix de revient des chemins livrés à l'exploitation et le décomposer dans ses éléments.

Prix de construction des chemins établis. — Ce prix de revient varie dans des limites fort étendues : c'est ce que prouvent les tableaux suivants, qui ont été dressés d'après les documents officiels publiés par les gouvernements d'Angleterre, de France, de Belgique, d'Allemagne et des États-Unis, ou d'après les comptes rendus des Compagnies.

Il est important, en procédant par analogie pour l'établissement du prix des chemins à construire, de tenir compte de l'augmentation qu'ont subie généralement les prix de main-d'œuvre, ceux des matériaux, etc. Ainsi le mètre cube de terrassement et de maçonnerie, qui a coûté il y a quelques années un certain prix, se paye aujourd'hui un quart, ou même moitié en sus.

CHEMINS ANGLAIS¹

NOM DES CHEMINS.	LONGUEUR des chemins exploités par les Compagnies ² .			LONGUEUR totale concedée.	PRIX TOTAL de premier établissement par kilomètre ³ , matériel compris.
	à une voies.	à deux voies.	en totale. lité.		
1. Abardare (ligne affermée à la C ^e du chemin de fer de Taff Vale)	13	"	13	13	128 076
2. Aberdeen	11	62	93	94	473 315
3. Ambergate, Nottingham et Boston, et Eastern junction	"	32	32	144	447 164
4. Arbroath et Forfar (ligne affermée à perpétuité à la C ^e du chemin de fer d'Aberdeen)	"	25	25	25	266 566
5. Ardrossan	13	10	23	23	115 942
6. Bangor et Caernarvon	11	"	11	11	318 182
7. Bedford (ligne affermée à la C ^e du chemin de fer de London et North Western)	"	27	27	27	"
8. Belfast et Ballymena	61	"	61	105	179 841
9. Belfast et County Down	27	"	27	73	228 310
10. Birkenhead, Lancashire et Cheshire junction	1	52	53	55	"
11. Birmingham, Wolverhampton et Stour Valley (ligne affermée à la C ^e du chemin de fer de London et de North Western)	"	23	23	28	"
12. Blackburn	20	22	42	73	473 630
13. Blyth et Tyne	17	"	17	33	193 181
14. Bodmin et Wadebridge	24	"	24	24	"
15. Bristol et Exeter	49	122	171	255	421 333
16. Buckinghamshire (ligne affermée à la C ^e du chemin de fer de London et North Western)	51	34	85	104	398 798
17. Caledonian	6	298	304	475	510 498
18. Caledonian et Dumbartonshire junction	"	13	13	55	393 909
19. Chester et Holyhead (comprenant le chemin de fer de Mold)	11	147	158	161	673 809
20. Cockemouth et Workington	14	"	14	15	238 886
21. Colchester, Stour Valley, Sudbnrg et Halstead	21	"	21	71	316 549
22. Cork et Bandon	32	"	32	97	172 164
23. Cork, Blackrock et Passage	10	"	10	12	472 214
24. Deeside	26	"	26	26	136 202
25. Dowlais	1	2	3	"	"

1. Au 31 décembre 1853, d'après les documents officiels.

2. Le Gouvernement ne possède et n'exploite aucun chemin de fer.

3. Calculée d'après le capital d'actions et d'emprunts autorisé par le Parlement et la longueur totale concédée, au 31 décembre 1853. Ce capital sera probablement trop faible pour quelques chemins non encore terminés.

(SUITE.)

NUMÉROS D'ORDRE.	NOMS DES CHEMINS.	LONGUEUR des chemins exploités par les Compagnies			LONGUEUR totale concedée.	PRIX TOTAL de premier établissement par kilomètre. matériel compris.
		à une voie.	à deux voies.	en tot- alité.		
26.	Dublin et Belfast junction.	89	"	89	89	355 803
27.	Dublin et Drogheda.	43	57	100	100	317 666
28.	Dublin et Kingstown.	3	10	13	13	1 288 461
29.	Dublin et Wicklow.	"	15	15	55	303 030
30.	Dundalk et Enniskillen.	32	"	32	101	134 267
31.	Dundee et Arbroath (ligne affermée à la C ^e du chemin de fer de Dun- dee, Perth et Aberdeen).	"	28	28	28	317 500
32.	Dundee et Newtyle (ligne affermée à la C ^e du chemin de fer de Dun- dee, Perth et Aberdeen).	"	16	16	16	218 750
33.	Dundee et Perth, et Aberdeen junc- tion.	"	33	1	36	601 804
34.	East Anglian.	78	29	107	133	300 757
35.	East Lancashire.	12	116	128	145	684 798
36.	East Lincolnshire (ligne affermée à la C ^e du chemin de fer le Great Northern.	"	76	76	76	263 157
37.	Eastern Counties.	14	295	309	425	789 192
38.	Eastern Union.	17	116	133	167	448 602
39.	Edinburgh et Bathgate.	2	17	19	38	219 078
40.	Edinburgh et Glasgow.	36	94	130	138	638 600
41.	Edinburgh, Perth et Dundee. . .	4	112	116	137	788 301
42.	Exeter et Crediton (ligne affermée à la C ^e du chemin de fer de Bris- tol à Exeter).	9	"	9	9	333 330
43.	Forth et Clyde (Navigation de). — Compagnie propriétaire du che- min de fer de Drumpeller.	1	"	1	3	288 889
44.	Furness.	23	9	32	37	258 063
45.	Glasgow, Termins général et Port. Glasgow et South Western.	"	4	4	7	1 190 471
46.	Glasgow et South Western.	37	245	282	534	347 167
47.	Gloucester et Dean Forest (ligne affermée à perpétuité à la C ^e du Great Western).	"	13	13	17	496 372
48.	Great Northern.	"	381	381	561	477 917
49.	Great North d'Angleterre, Cla- rence et Hartlepool junction (ligne affermée à la C ^e du chemin de fer de York, Newcastle et Berwick). .	4	10	14	14	177 500
50.	Great Southern et Western.	"	303	303	418	244 415

(Suite.)

NUMÉROS D'ORDRE.	NOMS DES CHEMINS.	LONGUEUR des chemins exploités par les Compagnies.			LONGUEUR totale concedée.	PRIX TOTAL de premier établissement par kilomètre, matériel compris.
		à une voie.	à deux voies.	en tota- lité.		
51.	Great Western.	6	485	491	923	571 487
52.	Hartlepool (dock et chemin de fer). . .	3	23	26	26	415 384
53.	Hereford, Ross et Gloucester. . . .	8	»	8	36	254 166
54.	South Eastern d'Irlande.	36	»	36	36	244 444
55.	Kendal et Windermere.	»	17	17	17	339 705
56.	Killarnay junction.	65	»	65	65	134 615
57.	Lancashire et Yorkshire.	19	294	313	337	975 448
58.	(Preston et Wyre).	14	33	47	47	376 595
59.	Lancaster et Carlisle.	»	113	113	113	384 734
60.	Lancaster et Preston junction. . . .	»	33	33	33	434 090
61.	Leeds Northern.	33	79	112	145	513 436
62.	Liskeard et Caradon.	14	»	14	14	53 576
63.	Liverpool, Crosby et Southport. . .	»	27	27	27	277 777
64.	Llanelly (dock et chemin de fer). . .	45	»	45	58	142 241
65.	Llynoi Valley.	28	»	28	52	71 875
66.	London et Blackwall.	»	8	8	69	5 474 000
67.	London et Greenwich (ligne affer- mée à la C ^e du chemin de London et South Eastern).	»	»	61	69	778 623
68.	London et North Western.	»	6	6	6	4 138 750
69.	London et South Western.	94	757	851	1173	825 552
70.	London, Brighton et South Coast. .	110	290	400	610	414 101
71.	Londonderry et Coleraine.	27	235	262	294	632 732
72.	Londonderry et Enniskillen.	58	»	58	103	181 229
73.	Malton et Driffield junction. . . .	52	15	67	97	130 154
74.	Manchester et Southport.	31	»	31	39	205 128
75.	Manchester et Buxton, Matlock et Midland junction.	»	5	5	73	353 869
76.	Manchester, Sheffield et Lincoln- shire.	»	18	18	82	184 461
77.	Manchester South junction et Al- trincham (compris dans la C ^e Lon- don et North Western et dans la Compagnie précédente.	9	257	266	375	664 913
78.	Maryport et Carlisle.	»	15	15	16	»
79.	Middlesbro et Redcar (ligne affer- mée à la C ^e du chemin de fer de Stockton et Darlington.	32	13	45	45	255 525
80.	Midland.	13	»	13	13	169 230
81.	Midland Great Western d'Irlande. .	42	742	784	1026	505 900
82.	Moukland.	47	157	204	292	222 317
		40	17	57	89	239 737

(Suite.)

NUMÉROS D'ORDRE.	NOMS DES CHEMINS.	LONGUEUR des chemins exploités par les Compagnies.			LONGUEUR totale concedée.	PRIX TOTAL de premier établissement par kilomètre. matériel compris.
		à une voie.	à deux voies.	en totale. lité.		
83.	Monmouthshire (chemin de fer et canal)	56	7	63	86	241 279
84.	Morayshire	10	"	10	10	99 000
85.	Newcastle sur Tyne et Carlisle .. .	19	107	126	126	351 190
86.	Newmarket	10	27	37	105	164 682
87.	Newport, Abergavenny et Hereford.	"	54	54	104	363 060
88.	Newry, Warrenpoint et Rostrevor.	9	"	9	13	256 409
89.	Norfolk (ligne affermée à la C ^e du chemin de fer de Eastern Counties.	54	79	133	178	331 303
90.	Lowestoft	18	"	18	18	444 444
91.	Northern et Eastern	"	71	71	71	433 544
92.	North et South Western junction ..	"	6	6	8	267 706
93.	North British	7	231	238	262	426 653
94.	North Devon	4	"	4	78	265 544
95.	North London (autrefois East and West India Docks et Birmingham junction	"	13	13	15	1999 443
96.	North Staffordshire	17	182	199	221	658 371
97.	North Union (ligne affermée aux C ^{es} du chemin de fer de London et North Western et Lancashire and Yorkshire	"	64	64	64	482 812
98.	North Western	13	61	74	106	414 929
99.	Oxford, Worcester et Wolverhampton	26	116	142	186	550 134
100.	Preston et Longridge (ligne affermée à la C ^e du chemin de fer de Fleetwood, Preston et West Riding junction	10	"	10	10	145 000
101.	Royston et Hitchin (ligne affermée à la C ^e du Great Northern	"	29	29	29	398 389
102.	Saint Andrew's	7	"	7	7	100 000
103.	Saint Helene (canal et chemin de fer)	7	32	39	54	428 935
104.	Saundersfoot	11	"	11	11	94 318
105.	Central Ecosais	7	73	80	107	404 009
106.	Midland junction Ecosais	3	52	55	82	243 902
107.	Sheffield, Rotherham, Barnsley, Wakefield, Huddersfield et Goole.	17	"	17	17	685 845
108.	Shrewsbury et Birmingham	"	47	47	57	786 425
109.	Shrewsbury et Chester	25	65	90	94	443 617

(SUITE.)

NUMÉROS D'ORDRE.	NOMS DES CHEMINS.	LONGUEUR des chemins exploités par les Compagnies.			LONGUEUR totale concedée.	PRIX TOTAL de premier établissement par kilomètre, matériel compris.
		à une voie.	à deux voies.	en totalité.		
110.	Shrewsbury et Hereford.	75	6	81	81	185 185
111.	Shropshire Union (canal et chemin de fer.	»	29	29	228	482 456
112.	South Devon.	70	21	91	110	587 083
113.	South Eastern.	15	394	409	441	645 996
114.	South Staffordshire.	»	41	41	59	533 898
115.	South Wales.	57	143	200	359	808 054
116.	South Yorkshire (chemin de fer et rivière Dun).	4	27	31	79	434 691
117.	Stirling et Dumfermline.	»	40	40	40	325 000
118.	Stockton et Darlington.	14	47	61	61	430 327
119.	Taff Vale.	27	29	56	77	346 753
120.	Ulster.	»	57	57	57	350 877
121.	Vale Nenth.	16	25	41	59	336 158
122.	Warrington et Stockport.	16	»	16	31	322 258
123.	Waterford et Kilkenny.	46	»	46	50	299 500
124.	Waterford et Limerick.	87	35	122	122	204 918
125.	Waterford et Tramore.	12	»	12	12	133 333
126.	Wear Valley (ligne affermée à la C ^{ie} du chemin de Stockton et Dar- lington.	49	20	69	69	298 540
127.	West Cornwall.	56	2	58	71	334 154
128.	West Hartlepool (port et chemin de fer).	»	72	72	72	692 692
129.	West London (ligne affermée aux C ^{ies} du chemin de London and North Western et du Great Wes- tern.	5	»	5	5	1 375 000
130.	Whitehaven et Furness junction.	56	»	56	59	199 124
131.	Whitehaven junction.	19	»	19	20	271 250
132.	York et North Midland.	64	389	453	546	356 303
133.	York, Newcastle et Berwick.	58	437	495	598	536 739
134.	Lignes diverses comprises dans les chemins qui précèdent.					
142.	Totaux.	2725	9637	12362	17051	450 709

**SITUATION GÉNÉRALE DES CHEMINS DE FER DE LA GRANDE-BRETAGNE
AU 31 DÉCEMBRE 1853.**

NOMBRE des lignes.	LONGUEURS						CAPITAL DE PREMIER ÉTABLISSEMENT.		
	EN EXPLOITATION			de		TOTAL construit.	LEVÉ	AUTORISÉ	
	à une voie.	à deux voies.	en- sem- ble.	de constr.	de constr.			Total.	par kilomè- tre.
92	kil. 2724	kil. 9593	kil. 12317	kil. 465	kil. 2844	kil. 3309	fr. 6811 160 420	fr. 9 118 288 319	fr. 450 709
{ 136									
6	1	44	45	84		129	Pas de capital autorisé.		
6	Longueur non indiquée.						21 952 500	50 955 000	
Totaux..	kil. 2725	kil. 9637	kil. 12362	kil. 1415	kil. 6583	kil. 20360	fr. 6 833 112 820	fr. 9 169 243 319	fr. 450 709

1. On remarquera que 6 de ces entreprises embrassent, outre des portions de chemin de fer, des travaux de docks et de navigation; cela a dû rester peu d'influence sur le capital autorisé qui, pour ces 6 entreprises atteint environ 420 000 fr., ce qui diffère peu de la moyenne générale que nous trouvons être 450 000 fr. par kilomètre.

2. Ces sommes comprennent le capital levé.

On remarquera, en parcourant les tableaux précédents, que les lignes qui ont coûté un million ou au delà par kilomètre sont placées dans des conditions exceptionnelles. Tels sont, par exemple, les chemins de Londres à Blackwall, Londres à Greenwich et Dublin à Kingstown, construits sur une petite longueur entièrement aux abords d'une capitale. Tel aussi le chemin classé sous le n° 45 de notre tableau, qui comprend, outre le chemin de fer proprement dit, la construction d'un port. Le prix de revient d'autres lignes

établies depuis longtemps (Great Western, etc.) ne paraît pas aussi élevé qu'on l'aurait supposé. Cela tient à l'emploi qu'on a fait d'une partie du capital pour la construction d'embranchements beaucoup moins coûteux que la ligne principale. Enfin, si le coût de la plupart des lignes affermées est peu considérable, il faut l'attribuer sans doute à ce que les compagnies fermières ont fourni partie ou totalité du matériel roulant.

La plupart des chemins anglais ayant changé de nom par suite de la fusion des compagnies, nous croyons utile de publier, indépendamment du tableau qui précède et qui est dressé sur des documents officiels, un autre tableau du prix de revient en 1843 des grandes lignes anglaises avec l'indication du cube des terrassements sur une partie de ces lignes et de leur produit.

NUMÉROS D'ORDRE.	DESIGNATION DES LIGNES.	LONGUEURS.	TERRASSEMENTS.	DEPENSES	RECETTES
			PAR KILOMÈTRE.	PAR KILOMÈTRE.	PAR KILOMÈTRE.
				Année 1843.	Année 1842.
		kil.	m 3.	fr.	fr.
1	Birmingham & Gloucester. . .	88	36 000	417 614	27 000
2	Chester & Berkenead.	23	39 000	573 390	33 000
3	Eastern Counties.	82	"	834 695	15 000
4	Edimbourg & Glasgow.	74	"	530 405	31 500
5	Glasgow & Ayr.	83	"	310 313	17 000
6	Grand junction.	182	"	326 250	77 000
7	Great North of England. . . .	72	15 000	424 723	23 500
8	Lancaster & Preston.	33	47 000	370 820	16 000
9	Liverpool & Manchester. . . .	50	43 000	764 700	119 000
10	Londres & Southampton. . . .	150	"	431 803	53 000
11	Londres & Birmingham. . . .	181	67 000	822 895	112 000
12	Londres & Bristol.	190	"	875 000	86 500
13	Londres & Brighthon.	74	74 000	889 875	40 000
14	Londres & Greenwich.	6	"	4 824 337	227 500
15	Londres & Blackwall.	6	"	5 378 133	199 500
16	Manchester & Leeds.	81	48 000	963 975	75 500
17	Newcastle & Carlisle.	98	"	270 663	20 000
18	North Midland.	117	62 000	714 673	46 500

1. D'après le cinquième rapport du comité des chemins de fer à la Chambre des communes.
2. Ces recettes sont données pour l'année 1842. Le montant de celles de l'année 1843 peut être évalué à 1/10 de plus.

CHEMINS

NOMS DES COMPAGNIES.	PARCOURS DES CHEMINS.	LONGUEUR DES CHEMINS TERMINES.		
		une voie.	deux voies	totale.
		km.	km.	km.
Chemin de ceinture.	Autour de Paris.	"	17,00	17,00
	Paris à la frontière par Lille et Valenciennes.	"	338,00	338,00
Nord.	Lille à Dunkerque et Calais.	"	145,00	145,00
	Amiens à Boulogne.	"	124,00	124,00
	Creil à Saint-Quentin.	"	102,00	102,00
	Paris au Pecq.	"	18,05	18,05
	Le Vésinet à Saint-Germain (chemin atmosphérique).	2, 5	"	2,05
Ouest-Nord-Ouest.	Asnières à Argenteuil.	4, 5	"	4,05
	Paris à Auteuil.	"	8,01	8,01
	Paris à Rouen.	"	140,00	140,00
	Rouen au Havre.	"	92,00	92,00
	Rouen à Dieppe.	"	50,00	50,00
	Paris à Versailles (rive droite).	"	19,00	19,00
	" (rive gauche).	"	17,00	17,00
	Paris, Orléans et Corbeil.	"	133,00	133,00
Orléans.	Orléans à Bordeaux par Tours.	"	461,00	461,00
	Tours à Nantes.	"	194,00	194,00
	Centre, Clermont et Limoges.	"	320,00	320,00
	Paris à Strasbourg.	"	502,00	502,00
	Frouard à Metz et Forbach.	"	122,00	122,00
Est.	Metz à Thionville ¹	"	30,00	30,00
	Épernay à Reims.	30,00	"	30,00
	Strasbourg à Vissembourg ²	"	58,00	58,00
	Strasbourg à Bâle.	"	141,00	141,00
	Mulhouse à Thann.	20,00	"	20,00
Midi.	Blesmes à Gray ³	17	"	17,00
	Montereau à Troyes.	100,00	"	100,00
	Bordeaux à La Teste.	52,00	"	52,00
	Paris à Sceaux.	11,00	"	11,00
	Paris à Lyon.	"	508,00	508,00
Orsay.	Lyon à Saint-Étienne.	"	57,00	57,00
	Saint-Étienne à Andrezieux.	18,00	"	18,00
	Andrezieux à Roanne.	68,00	"	68,00
	Lyon à la Méditerranée.	"	125,00	125,00
	Avignon à Marseille.	"	122,00	122,00
Chemin de jonction du Rhône à la Loire (Grand-Central).	Beaucaire à Nîmes et Alais.	64,00	28,00	92,00
	Nîmes à Montpellier.	"	52,00	52,00
	Montpellier à Cette.	27,00	"	27,00

1. Supposant la seconde voie posée. — 2. Supposant la seconde voie posée. — 3. Ligne inachevée. aux redevances payées à la compagnie de Saint-Germain. — 6. Cette compagnie ne possédait pas de

FRANÇAIS

LONGUEUR DES VOIES ACCESSOIRES pour 100 kilomètres de chemin	DISTANCE MOYENNE entre LES STATIONS.	DÉPENSES MOYENNES DE PREMIER ÉTABLISSEMENT PAR KILOMÈTRE.			RECETTE BRUTE DE L'EXPLOITATION. par kilomètre.	DATES	
		par l'État.	par la compagnie.	totale.		de l'exercice.	de l'ouverture de la ligne entière.
		fr.	fr.	fr.			
km.	kil.	fr.	fr.	fr.	fr.		
"	1,31	"	"	11500,000 ⁴	39,400	1854	1853
22,50	8,33	"	444,000	444,000	56,000	1854	1846
"	"	"	264,000	264,000			1848
"	"	"	300,000	300,000			1850
"	"	"	240,000	240,000			1837
"	3,70	"	1,081,100	1,081,100	70,400	1854 ⁵	1847
"	2,50	712,000	1,805,000	2,517,000			1851
"	2,25	"	97,000	97,000			1854
"	1,35	"	432,000	432,000			
19,00	8,12	"	484,000	484,000	81,500	1854	1843
"	7,66	"	634,000	634,000	54,000	1853	1847
"	10,00	"	281,800	281,800	16,855	1855 ⁵	1848
"	2,71	"	872,800	872,800	81,600	1851	1839
"	2,43	"	1,015,000	1,015,000	50,000	1852	1840
33,00	5,54	"	460,000	460,000	82,300	1853	1843
"	8,40	176,000	152,000	328,000	37,634	1854	1853
"	6,50	230,000	190,000	420,000			1851
"	"	190,000	123,000	313,000			1854
"	"	211,000	216,000	427,000			1852
21,40	8,23	"	278,000	278,000	43,300	1854	1852
16,30	7,62	"	224,000	224,000			1852
"	6,00	"	224,000	224,000			1854
"	7,50	250,000	67,000	317,000			1854
26,00	"	"	217,240	217,240	"	1856	
"	4,86	"	310,000	310,000	24,500	1854	1841
"	5,25	"	147,500	143,500	14,000	1854	1839
"	"	"	"	"	11,400	1854	1854
"	7,70	"	221,100	221,100	14,700	1854	1848
"	4,73	"	115,000	115,000	4,900	1853	1842
"	3,25	"	520,000	520,000	30,100	1853	1846
"	8,76	169,000	394,000	563,000	58,500	1854	1854
"	4,07	"	454,800	454,800	93,200	1852	1832
"	5,66	"	190,000	190,000	25,300	1852	1827
"	7,55	"	198,000	198,000	16,000	1852	1833
"	6,25	"	445,000	445,000	"	"	1855
"	7,50	80,000	664,000	744,000	41,800	1853	1849
"	5,41	"	210,800	210,800	23,800	1851	1840
"	3,27	290,000	"	290,000	20,000	1852	1845
"	6,75	"	183,300	183,300	18,000	1850	1839

— 4. Non compris le matériel fourni par les compagnies exploitantes. — 5 Le capital correspondant matériel roulant.

[illegible]

1. The first step in the process of the investigation is the identification of the problem. This is done by the investigator who is responsible for the study. The investigator must first identify the problem that is being studied. This is done by the investigator who is responsible for the study. The investigator must first identify the problem that is being studied.

LEMANDS

Ligne	LONGUEUR des emins exploités			LONGUEUR des voies accessoires pr 100 kilomètres de chemin.	DESCRIPTION SOMMAIRE.				PRIX TOTAL de premier établissement par kilomètre.	RECETTE brute de l'exploitation par kilomètre, matériel compris.
	les gares nementis.	par les compa-gnies.	en totalité.		SOUTERRAINS. — Nombre total.	VIAOCCS. — Nombre total.	PONTS. — N ^o mbre total.	STATIONS. — Distance moyenne.		
	kil.	kil.	kil.					kil.	fr.	fr.
47	47	47	47	"	"	"	"	"	"	"
42	"	42	42	"	"	"	1	5,0	189 928	8 466
58	"	58	58	"	1	2	174	4,5	397 698	19 396
"	231	231	231	"	"	"	"	11,0	121 528	16 987
"	296	296	296	"	"	18	332	12,3	204 453	19 914
"	147	147	147	10	"	"	79	13,5	282 660	24 220
"	134	134	134	13	"	"	13	19,1	118 590	25 530
"	34	34	34	16	1	"	"	8,5	182 160	7 775
"	170	170	170	"	"	3	162	15,5	110 429	15 406
"	29	29	29	14	"	1	4	5,8	149 781	12 240
"	66	66	66	"	"	"	"	6,6	118 926	30 752
"	278	278	278	"	"	1	845	8,9	272 018	33 996
"	2	26	26	"	"	1	20	3,7	345 349	41 707
"	118	118	118	"	"	"	"	9,0	199 734	26 809
"	58	58	58	"	"	"	78	7,3	154 938	9 032
"	106	106	106	"	"	"	26	10,6	199 965	9 527
"	35	35	35	"	"	"	38	7,0	161 638	6 145
"	44	44	44	"	"	"	"	6,3	942 26	202 830
388	"	388	388	"	"	"	"	10,0	105 263	19 919
"	71	71	71	"	"	"	"	8,0	151 078	4 734
"	197	197	197	"	"	"	"	9,0		24 690

et les rapports du Gouvernement et des Compagnies.

CHEMINS

NOMS DES COMPAGNIES.	PARCOURS DES CHEMINS.	LONGUEUR DES CHEMINS TERMINÉS.		
		une voie.	deux voies	totale.
		km.	km.	km.
Chemin de ceinture.	Autour de Paris.	"	17,00	17,00
	Paris à la frontière par Lille et Valenciennes.	"	338,00	338,00
Nord.	Lille à Dunkerque et Calais.	"	145,00	145,00
	Amiens à Boulogne.	"	124,00	124,00
	Creil à Saint-Quentin.	"	102,00	102,00
	Paris au Pecq.	"	18,05	18,05
	Le Vésinet à Saint-Germain (chemin atmosphérique).	2, 5	"	2,05
Ouest-Nord-Ouest.	Asnières à Argenteuil.	4, 5	"	4,05
	Paris à Auteuil.	"	8,01	8,01
	Paris à Rouen.	"	140,00	140,00
	Rouen au Havre.	"	92,00	92,00
	Rouen à Dieppe.	"	50,00	50,00
	Paris à Versailles (rive droite).	"	19,00	19,00
	" (rive gauche)	"	17,00	17,00
Orléans.	Paris, Orléans et Corbeil.	"	133,00	133,00
	Orléans à Bordeaux par Tours.	"	461,00	461,00
	Tours à Nantes.	"	194,00	194,00
	Centre, Clermont et Limoges.	"	320,00	320,00
	Paris à Strasbourg.	"	502,00	502,00
	Frouard à Metz et Forbach.	"	122,00	122,00
	Metz à Thionville ¹	"	"	30,00
Est.	Epernay à Reims.	30,00	"	30,00
	Straasbourg à Vissembourg ²	"	"	58,00
	Straasbourg à Bâle.	"	141,00	141,00
	Mulhouse à Thann.	20,00	"	20,00
	Blesmes à Gray ³	17	"	17,00
Midi.	Montereau à Troyes.	100,00	"	100,00
	Bordeaux à La Teste.	52,00	"	52,00
	Paris à Sceaux.	11,00	"	11,00
Orsay.	Paris à Lyon.	"	508,00	508,00
	Lyon à Saint-Etienne.	"	57,00	57,00
Chemin de jonction du Rhône à la Loire (Grand-Central).	Saint-Etienne à Andrezieux.	18,00	"	18,00
	Andrezieux à Roanne.	68,00	"	68,00
	Lyon à la Méditerranée.	"	125,00	125,00
	Avignon à Marseille.	"	122,00	122,00
	Beaucaire à Nîmes et Alais.	64,00	28,00	92,00
	Nîmes à Montpellier.	"	52,00	52,00
	Montpellier à Cette.	27,00	"	27,00

1. Supposant la seconde voie posée. — 2. Supposant la seconde voie posée. — 3. Ligne inachèvement. aux redevances payées à la compagnie de Saint-Germain. — 6. Cette compagnie ne possédait pas de

FRANÇAIS

LONGUEUR DES VOIES ACCESSOIRES pour 100 kilomètres de chemin	DISTANCE MOYENNE entre LES STATIONS.	DÉPENSES MOYENNES DE PREMIER ÉTABLISSEMENT PAR KILOMÈTRE.			RECETTE BRUTE DE L'EXPLOITATION. par kilomètre.	DATES	
		par l'État.	par la compagnie.	totale.		de l'exercice.	de l'ouverture de la ligne entière.
		fr.	fr.	fr.			
km.	kil.	fr.	fr.	fr.	fr.		
"	1,31	"	"	11500,000 ⁴	39,400	1854	1853
22,50	8,33	"	444,000	444,000	56,000	1854	1846
"	"	"	264,000	264,000			1848
"	"	"	300,000	300,000			1850
"	"	"	240,000	240,000			1837
"	3,70	"	1,081,100	1,081,100	70,400	1854 ⁵	1847
"	2,50	712,000	1,805,000	2,517,000			1851
"	2,25	"	97,000	97,000			1854
"	1,35	"	432,000	432,000			
19,00	8,12	"	484,000	484,000	81,500	1854	1843
"	7,66	"	634,000	634,000	54,000	1853	1847
"	10,00	"	281,800	281,800	16,855	1855 ⁶	1848
"	2,71	"	872,800	872,800	81,600	1851	1839
"	2,43	"	1,015,000	1,015,000	50,000	1852	1840
33,00	5,54	"	460,000	460,000	82,300	1853	1843
"	8,40	176,000	152,000	328,000	37,634	1854	1853
"	6,50	230,000	190,000	420,000			1851
"	"	190,000	123,000	313,000			1854
21,40	8,23	211,000	216,000	427,000			1852
16,30	7,62	"	278,000	278,000	43,300	1854	1852
"	6,00	"	224,000	224,000			1854
"	7,50	250,000	67,000	317,000			1854
26,00	"	"	217,240	217,240	"	1856	
"	4,86	"	310,000	310,000	24,500	1854	1841
"	5,25	"	147,500	143,500	14,000	1854	1839
"	"	"	"	"	11,400	1854	1854
"	7,70	"	221,100	221,100	14,700	1854	1848
"	4,73	"	115,000	115,000	4,900	1853	1842
"	3,25	"	520,000	520,000	30,100	1853	1846
"	8,76	169,000	394,000	563,000	58,500	1854	1854
"	4,07	"	454,800	454,800	93,200	1852	1832
"	5,66	"	190,000	190,000	25,300	1852	1827
"	7,55	"	198,000	198,000	16,000	1852	1833
"	6,25	"	445,000	445,000	"	"	1855
"	7,50	80,000	664,000	744,000	41,800	1853	1849
"	5,41	"	210,800	210,800	23,800	1851	1840
"	7,27	290,000	"	290,000	20,000	1852	1845
"	6,75	"	183,300	183,300	18,000	1850	1839

— 4. Non compris le matériel fourni par les compagnies exploitantes. — 5 Le capital correspondant matériel roulant.

CHEMINS

NUMÉROS D'ORDRE.	NOMS des ÉTATS ET DES CHEMINS.	PARCOURS.	LONGUEUR des chemins exploités	
			à une voie.	à deux voies.
	Prusse.		kil.	kil.
	Aix-la-Chapelle-Dusseldorf.	par Gladbach.	47	"
1.	Ruhrort-Crefeld-Gladbach.	Gladbach, Crefeld, Homberg, près Ruhrort.	42	"
2.	Berg-Marche.	Elberfeld à Dortmund.	58	"
3.	Berlin-Anhalt.	Berlin à Cothen, par Jüterbogh. de Jüterbogh à Riesa.	173	58
	Et embranchement			
4.	Berlin Hambourg.	par Wittenberge, Hagenow, Büchen.	146	150
	Et embranchement	de Büchen sur Lauenbourg.		
5.	Berlin-Potsdam-Magdebourg.		96	51
6.	Berlin-Stettin.		134	"
7.	Stettin-Stargard.		34	"
8.	Stargard-Posen.	par Kreuz.	170	"
9.	Bonn-Cologne.		29	"
10.	Breslau-Fribourg-Schweidnitz.	Breslau à Hermsdorf, par Freibourg.	66	"
	Et embranchement	de Königszelt à Schweidnitz.		
11.	Cologne Minden.	par Dusseldorf, Oberhausen, Dortmund, Hamm, Lohne.	194	84
	Et embranchement	de Duisbourg et d'Oberhausen à Ruhrort.		
12.	Dusseldorf-Elberfeld.	par Vohwinkel.	26	"
13.	Magdebourg-Cothen-Halle-Leip- zig.		"	118
14.	Magdebourg-Halberstadt.	par Oschersleben.	22	36
15.	Magdebourg-Wittenberge.		106	"
16.	Münster Hamm.		35	"
17.	Neiss-Brieg.		44	"
18.	Basse Silésie et Marche.	Berlin à Breslau, par Francfort- sur-l'Oder, Hansdorf, Kohlfurt.	388	"
	Et embranchement	de Kohlfurt à Gorlitz.		
19.	Basse Silésie (embranchement de).	Hansdorf à Glogau.	70	1
20.	Haute Silésie.	Breslau à Myslowitz, par Brieg et Kandrzin, près Kosel.	130	67

1. D'après le tableau de M. Hauchecorne, la statistique du Congrès des chemins de fer allemands
2. Revenus extraordinaires non compris.

1. D'après le tableau de M. Hauchecorne, la statistique du Congrès des chemins de fer allemands
2. Revenus extraordinaires non compris.

ALLEMANDS ¹

LONGUEUR des chemins exploités			LONGUEUR des voies accessoires p ^r 100 kilo- mètres de chemin.	DESCRIPTION SOMMAIRE.				PRIX TOTAL de premier établissement par kilomètre.	RECETTE brute de l'exploita- tion par kilomètre*, matériel compris.
par les gouver- nements.	par les compa- gnies.	en totalité.		SOUTERRAINS. — Nombre total.	VIADES. — Nombre total.	PORTS. — Nombre total.	STATIONS. — Distances moyennes.		
kil.	kil.	kil.					kil.	fr.	fr.
47		47	"	"	"	1	5,0	189 928	8 466
42	"	42	"	"	"				
58	"	58	"	1	2	174	4,5	397 699	19 396
"	231	231	"	"	"	"	11,0	121 528	16 987
"	196	296	"	"	18	332	12,3	204 453	19 914
"	147	147	10	"	"	79	13,5	282 660	24 220
"	134	134	13	"	"	13	19,1	118 590	25 530
"	34	34	16	1	"	"	8,5	182 160	7 775
"	170	170	"	"	3	162	15,5	110 429	
"	29	29	14	"	1	4	5,8	149 781	15 405
"	66	66	"	"	"	"	6,6	118 926	12 240
"	278	278	"	"	1	845	8,9	272 018	30 752
"	2	26	"	"	1	20	3,7	345 349	33 996
"	118	118	"	"	"	"	9,0	199 734	41 707
"	58	58	"	"	"	78	7,3	154 938	26 809
"	106	106	"	"	"	26	10,6	199 965	9 032
"	35	35	"	"	"	38	7,0	161 638	9 527
"	44	44	"	"	"	"	6,3	942 26	6 145
388	"	388	"	"	"	"	10,0	202 830	19 919
"	71	71	"	"	"	"	8,0	105 263	4 734
"	197	197	"	"	"	"	9,0	151 078	24 690

et les rapports du Gouvernement et des Compagnies.

NUMÉROS D'ORDRE.	NOMS des ÉTATS ET DES CHEMINS.	PARCOURS.	LONGUEUR des chemins exploités	
			à une voie.	à deux voies.
			kil.	kil.
Prusse. (SUITE.)				
21.	Chemin de l'Est.	Kreuz à Königsberg, par Bromberg et Dirschau.	388	"
	Et embranchement	de Dirschau à Dantzig.		
22.	Prince Guillaume.	Vohwinkel à Steele.	32	"
23.	Rhénan.	Cologne à Herbesthal (frontière de Prusse), par Aix-la-Chapelle.	20	65
		de la Frontière française, près Forbach, à Neunkirchen (frontière bavaroise), par Saarbrück.	43	"
24.	Saarbrück (de).			
25.	Thuringe (de la).	Halle à Gerstungen, par Weissenfels, Weimar, Erfurt, Gotha, Ecsenach.	90	99
26.	Westphalie (de l'État de).	Hamm à Warburg, par Soest et Paderborn.	76	"
27.	Guillaume (Haute Silésie).	Kosel à Oderberg, par Ratibor.	53	"
28.	Chemin de Ceinture à Berlin.		10	"
Autriche.				
29.	Chemin de l'État du Sud.	Murzzuschlag à Laibach, par Gratz.	315	"
30.	Chemin de l'État du Nord.	Olmütz à Bodenbach (frontière de Saxe), par Prague.	470	"
	Et embranchement	Trubau à Brunn.		
31.	Chemin de l'État du Sud-Est.	Marchegg à Szolnok, par Presbourg, Gran, Waitzen et Pest.	332	"
32.	Chemin de l'État de l'Est.	Myslowitz, Syczskowa, Cracovie.	70	"
	Chemin de l'Empereur Ferdinand Nord.	Vienne à Oderberg.		
33.		Lundenburg à Brunn. Prerau à Olmütz. Florisdorf à Stockerau. Gänserndorf à Marchegg. Oderberg à Annaberg.	330	83
	Et embranchements			
34.	Vienne à Gloggnitz.	par Modling et Neustadt.	36	48
	Et embranchements	de Modling à Laxenburg, et de Neustadt à Karselsdorf.		
35.	Vienne à Bruck-sur-Leith.		41	"
36.	Linz-Budweis-Gmunden.	Budweis à Gmunden, par Urfuhr et Zinz.	199	"
37.	Prague-Lahna.		48	"

LONGUEUR des chemins exploités.			LONGUEUR des voies accessoires p ^r 100 kilo- mètres de chemin.	DESCRIPTION SOMMAIRE.				PRIX TOTAL de premier établissement par kilomètre.	RECETTE brute de l'exploita- tion par kilomètre, matériel compris.
par les gouver- nements.	par les compa- gnies.	en totalité.		SOUTERRAIN. — Nombre total.	VIADUCS. — Nombre total.	PORTS. — Nombre total.	STATIONS. — Distance moyenne.		
kil.	kil.	kil.					kil.	fr.	fr.
388	"	388	"	"	"	494	11,4	"	3 819
"	32	32	"	"	4	20	3,6	231 965	12 624
"	85	85	20	5	4	78	7,0	416 849	36 511
43	"	43	"	"	"	"	8,6	"	"
"	189	189	"	2	6	429	11,1	278 418	19 437
76	"	76	"	"	"	139	6,3	"	7 975
"	53	53	"	"	"	62	6,0	101 712	15 100
10	"	10	"	"	"	"	"	"	"
315	"	315	"	"	"	"	7,9	278 830	26 520
470	"	470	"	"	"	"	9,2	238 800	23 120
332	"	332	"	"	"	"	10,7	179 890	26 830
70	"	70	"	"	"	"	11,7	110 600	7 139
"	413	413	"	1	9	708	10,3	224 336	42 069
"	84	84	"	"	"	"	3,3	307 330	46 930
"	41	41	"	"	"	"	4,1	"	"
"	199	199	"	"	"	"	12,4	"	"
"	48	48	"	"	"	"	12,0	"	"

NUMÉROS D'ORDRE.	NOMS des ÉTATS ET DES CHEMINS.	PARCOURS.	LONGUEUR des chemins exploités	
			à une voie.	à deux voies.
			kil.	kil.
	États secondaires.			
38.	Bade (chemin de l'État de) Et embranchements	Mannheim à Haltingen, près Bâle, en Suisse, par Heidelberg, Carlsruhe, Fribourg. d'Oos à Baden-Baden, et d'Ap- penweier à Kehl, vis-à-vis Stras- bourg.	80	204
39.	Bavière (chemin de l'État de) Et embranchement	de Hofu Kempten, par Lichtenfels, Bamberg, Nuremberg, Plein- feld, Augsbourg. d'Augsbourg à Munich.	472	8
40.	Nuremberg à Furth.		7	"
41.	Louis du Palatinat. Et embranchement	de Ludwigshafen, sur le Rhin, vis-à-vis Mannheim, à Bexbach (frontière prussienne), vers Saarbruck, par Kaiserslautern. de Schifferstadt sur Speyer.	115	"
42.	Brunswick (ch. de l'État du duché de) Et embranchement	Brunswick à Harbourg. de Wolfenbittel à Oschersleben, dans la direction de Magde- bourg.	87	12
43.	Hanovre (réseau du royaume de)	Chemins rayonnant de Hanovre : à Minden, à Brême, à Harbourg, vis-à-vis Hambourg, à Brun- swick, à Hildesheim, et à Alfel- dans la direction de Cassel.	298	106
44.	Mein-Necker. Et embranchement	Francfort-sur-le-Mein à Heidel- berg par Darmstadt et Frie- drichsfeld. de Francfort sur Offenbach.	89	"
45.	Francfort-Hanau.	Francfort-sur-le-Mein. Hanau.	16	"
46.	Taunus (du). Et embranchement	Wiesbaden à Francfort-sur-le- Mein, par Mayence et Hochst. de Biebrich.	43	"
47.	Hochst-Soden (embr. du Taunus).		6	"
48.	Mein-Weser.	Francfort près Guntershausen et Cassel.	186	14

1. Non compris 19 kilomètres de Brunswick à Lehrte (frontière du Hanovre), comptés ci-après.
2. Compris 57 kilom. construits par les États limitrophes, ce qui réduit les chemins établis par l'État.
3. Exploité temporairement par l'État.

LONGUEUR des chemins exploités.			LONGUEUR des voies accessoires p ^r 100 kilo- mètres de chemin.	DESCRIPTION SOMMAIRE.				PRIX TOTAL de premier établissement par kilomètre.	RECETTE brute de l'exploita- tion par kilomètre, matériel compris.
par les gouver- nements.	par les compa- gnies.	en totalité.		SOUTERRAINS. — Nombre total.	VIADUCS. — Nombre total.	PONTS. — Nombre total.	STATIONS. — Distance moyenne.		
kil.	kil.	kil.					kil.	fr.	fr.
284	"	284	8	3	48	106	5,6	241 470	18 450
480	"	480	"	2	10	61	6,7	190 537	11 307
"	7	7	"	"	"	"	7,0	"	"
"	115	115	25	12	7	308	6,8	212 390	13 750
99	"	99	19	"	"	210	7,0	117 293	23 448
404	"	404	18	"	"	150	7,9	167 728	18 810
89	"	89	"	"	"	"	5,6	259 637	15 414
"	16	16	"	"	"	"	4,0	199 397	12 829
"	43	43	13	"	"	29	6,1	175 710	24 930
"	6	6	"	"	"	"	6,0	"	"
200	"	200	"	"	88	70	8,7	288 770	11 795

dans le réseau hanovrien.
de Hanovre à 347 kilom. — La proportion des voies de garage se rapporte à cette dernière longueur.

NUMÉROS D'ORDRE.	NOMS des ÉTATS ET DES CHEMINS.	PARCOURS.	LONGUEUR des chemins exploités	
			à une voie.	à deux voies.
			kil.	kil.
États secondaires. (SUITE.)				
49.	Frédéric-Guillaume du Nord.	Gerstungen à Warburg, par Cassel et Humme.	128	14
	Et embranchement	de Humme à Carlshafen.		
50.	Altona-Kiel.	par Elmshorn et Neumunster.	106	"
51.	Gluckstadt-Elmshorn.		17	"
52.	Rendsbourg-Neumunster.		33	"
53.	Lubeck-Buchen.		47	"
54.	Mecklembourg (du).	Hagenow à Rostock, par Kleinen et Butzow.	145	"
	Et embranchement	de Kleinen à Wismar, et de Butzow à Gustrow.		
55.	Leipzig-Dresde.	par Riess.	115	"
56.	Chemin de l'État, Saxe-Bavière.	Leipzig à Hof, par Werdau.	54	126
57.	Id. Saxe-Bohême.	Dresde à Bodenbach.	41	25
58.	Id. Saxe-Silésie.	Dresde à Gorlitz, par Bautzen et Lobau.	91	14
59.	Chemnitz-Riess.		44	22
60.	Lobau-Zittau.		34	"
61.	Wurtemberg (chem. de l'État du royaume de).	Heilbronn à Friedrichshafen, par Stuttgart et Ulm.	244	4
62.	Bernbourg-Cothen.		20	"
Total.			7081	1409

1. Exploité temporairement par l'État.

LONGUEUR des chemins exploités.			LONGUEUR des voies accessoires p ^r 100 kilo- mètres de chemin.	DESCRIPTION SOMMAIRE.				PRIX TOTAL de premier établisse- ment par kilomètre.	RECETTE brute de l'exploita- tion par kilomètre, matériel compris.
par les gouver- nements.	par les compe- gnies.	en totalité.		SOUTERRAINS. — Nombre total.	VIADUCS. — Nombre total.	PONTS. — Nombre total.	STATIONS. — Distance moyenne.		
kil.	kil.	kil.					kil.	fr.	fr.
"	142	142	"	4	50	353	7,1	270 633	8 967
"	106	106	"	"	2	43	7,6	120 861	12 651
"	17	17	"	"	"	8	17,0	100 870	3 608
"	33	33	"	"	"	9	11,0	45 523	5 395
"	47	47	"	"	"	"	7,8	168 547	9 269
"	145	145	"	15	8	189	14,5	163 161	7 031
"	115	115	11	"	"	"	4,4	225 806	34 209
180	"	180	"	"	10	100	9,5	287 913	25 364
66	"	66	"	2	7	164	4,1	297 667	15 203
105	"	105	"	"	16	161	7,0	227 331	18 949
66	"	66	"	1	12	69	4,4	373 903	10 625
34 ^a	"	34	"	"	"	"	5,7	273 878	6 667
248	"	248	14	"	"	"	5,3	217 074	13 388
"	20	20	"	"	"	"	10,0	"	"
4 494	3 996	8 490	"		Moyennes . .		8,1	212 438	19 927

CHEMINS BELGES¹

NOMS DES LIGNES.	CHEMINS DE L'ÉTAT.			CHEMINS DES COMPAGNIES.			PRIX TOTAL de premier établissement par kilomètre A.
	exploités.	non exploités.	Total.	Exploités.	Non exploités.	Total.	
<i>Ligne du Nord.</i>							
De Bruxelles à Malines et Anvers et branche de raccordement entre les stations du Nord et du Sud à Bruxelles.	53	"	53	"	"	"	268 200
D'Anvers à Rotterdam (partie sur le territoire belge)	"	"	"	30	"	30	
<i>Entre la ligne du Nord et celle de l'Ouest.</i>							
De Malines à Schelle.	"	"	"	"	20	20	
Chemin du pays de Waes, d'Anvers à Gand.	"	"	"	50	"	50	
De Lokeren à Termonde.	"	15	15 ²	"	"	"	
<i>Ligne de l'Ouest.</i>							
De Malines à Termonde, Gand, Bruges et Ostende.	123	"	123	"	"	"	155 310
<i>Entre la ligne de l'Ouest et celle du Sud-Ouest.</i>							
Chemin de la Flandre occidentale, de Bruges à Courtray, Ypres et Poperinghe.	"	"	"	100	"	100	
Embranchement d'Ingelmunster à Deynze par Thielt.	"	"	"	30	"	30	
Chemin de Gand vers Lille et Tournay par Courtray.	78	"	78	"	"	"	146 570
De Wetteren à Alost.	"	15	15 ²	"	"	"	
De Termonde à Ath.	14 ²	41	55 ²	"	"	"	
De Tournay à Jurbise.	48	"	48 ²	"	"	"	
De Denderleuw à Bruxelles.	"	25	25 ²	"	"	"	
<i>Ligne du Sud-Ouest.</i>							
De Bruxelles à Tubise, Mons, Quiévrain. . .	81	"	81	"	"	"	268 400
<i>Entre la ligne du Sud-Ouest et celle du Sud-Est.</i>							
De Mons à Hautmont près Maubeuge (partie sur le territoire belge).	"	"	"	"	15	15	
De Mons à Manage.	"	"	"	25	"	25	
Embranchement sur l'Olive.	"	"	"	5	"	5	
De Manage à Erquelines.	"	"	"	"	25	25	

1. Fin 1854.

2. Termonde à Alost.

3. De Bruxelles à Hulpe.

Le signe (°) indique les lignes exploitées par l'Etat mais construites pour son compte par des Compagnies qui entent en partage dans les recettes.

A. Non compris le matériel roulant, les accessoires de la voie, le mobilier des gares et stations et les frais généraux.

Nous ne donnons que le prix d'établissement des chemins construits par l'Etat ; il nous a été impossible d'obtenir ces renseignements pour ceux exécutés par les Compagnies.

1. Fin 1854.
2. Termonde à Alost.
3. De Bruxelles à Hulpe.
Le signe (") indique les lignes exploitées par l'Etat mais construites pour son compte par des Compagnies qui entrent en partage dans les recettes.
A. Non compris le matériel roulant, les accessoires de la voie, le mobilier des gares et stations et les frais généraux.
Nous ne donnons que le prix d'établissement des chemins construits par l'Etat; il nous a été impossible d'obtenir ces renseignements pour ceux exécutés par les Compagnies.

(Suite.)

NOMS DES LIGNES.	CHEMINS DE L'ÉTAT			CHEMINS DES COMPAGNIES			PRIX TOTAL de premier établissement par kilomètre A.
	exploités.	non exploités.	Total.	exploités.	non exploités.	Total.	
<i>Entre la ligne du Sud-Ouest et celle du Sud-Est.</i>							
De Braine-le-Comte à Charleroy et Namur. . .	79	"	79	"	"	"	226 200
De Managè à Court St-Etienne.	"	"	"	15	20	35	
De Louvain à Charleroy	"	"	"	"	65	65	
De Charleroy à Erquelines (C ^e du Nord de France).	"	"	"	30	"	30	
Chemins d'en- tre Sambre et Meuse. { De Charleroy à Vireux.	"	"	"	55	"	55	
{ Embranchement de Berzée à Laneffe.	"	"	"	7	"	7	
{ De Walcourt à Morialmé.	"	"	"	12	"	12	
{ D'Yve à Florence.	"	"	"	10	"	10	
{ De Philippeville (embranchement).	"	"	"	5	"	5	
{ De Couvin (embranchement).	"	"	"	6	"	5	
De Châtelineau à Morialmé.	"	"	"	"	17	17	
<i>Ligne du Sud-Est.</i>							
Chemin du Luxembourg, de Bruxelles à Luxembourg par Namur (partie sur le ter- ritoire belge) C ^e anglaise du Great Luxem- bourg.	"	"	"	15	178	193	
<i>Entre la ligne du Sud-Est et celle de l'Est.</i>							
De Namur à Liège (C ^e du Nord de France). . .	"	"	"	73	"	73	
De Pepinster à Spa.	"	"	"	13	"	13	
<i>Ligne de l'Est.</i>							
De Malines à Louvain, Tirlemont, Liège et la frontière de Prusse.	135	"	135	"	"	"	361 930
<i>Entre la ligne de l'Est et celle du Nord.</i>							
Chemin { De Landen à Saint-Trond et Has- du selt.	11	"	11	"	"	"	121 630
Limbourg { De Saint-Trond à Hasselt.	17	"	17	"	"	"	
De Contich à Turnhout par Lierre et Heren- thal	"	45	45	"	"	"	
Totaux.	639	141	780	180	340	820	
1600 kilom. approximativement							

1. De Managè à Nivelles.
2. De Bruxelles à la Hulpe.
A. Non compris le matériel roulant, les accessoires de la voie, le mobilier des gares et stations et les frais généraux.

CHEMINS AMÉRICAINS¹

NUMÉROS D'ORDRE.	NOMS DES ÉTATS.	NOMBRE des LIGNES.	LONGUEUR des CHEMINS EXPLOITÉS	PRIX TOTAL de premier éta- blissement par kilomètre.
			kilom.	fr.
1.	Maine.	11	678	106 805
2.	New-Hampshire.	16	820	106 510
3.	Vermont.	7	656	114 140
4.	Massachusetts.	43	2053	146 250
5.	Rhode-Island.	1	80	176 445
6.	Connecticut.	15	1071	105 161
7.	New-York.	31	3779	134 837
8.	New-Jersey.	11	699	98 397
9.	Pennsylvania.	64	2343	134 815
10.	Delaware.	2	26	124 615
11.	Maryland.	3	956	147 003
12.	Virginia.	21	1077	63 777
13.	North-Carolina.	4	575	65 241
14.	South-Carolina.	9	1058	67 816
15.	Georgia.	15	1415	65 200
16.	Alabama.	6	351	55 464
17.	Mississippi.	4	248	66 847
18.	Louisiana.	8	273	32 598
19.	Texas.	1	"	"
20.	Tennessee.	9	601	70 083
21.	Kentucky.	9	373	71 951
22.	Ohio.	46	4175	65 673
23.	Indiana.	19	1803	67 088
24.	Illinois.	26	2020	79 077
25.	Michigan.	3	912	98 638
26.	Wisconsin.	4	285	72 000
27.	Iowa.	2	"	"
28.	Florida.	2	87	15 574
29.	Missouri.	6	96	56 250
Totaux et moyenne.		398	28513	96 520

Si on compare les chiffres du tableau des chemins français (page 274) à ceux de l'enquête, on trouve, sur la plupart des che-

¹ Exercice 1853. D'après le *Boston American Railway Journal*.

mins, des différences insignifiantes ne dépassant pas 6 à 7 pour 100.

Il n'y a de différence notable que pour le chemin d'Orléans, Strasbourg, Frouard à Metz, Paris à Lyon.

Pour le chemin d'Orléans, le chiffre de l'enquête est de 368,000 fr., le nôtre de 444,000 fr. Nous maintenons le nôtre, parce qu'il renferme les dépenses faites au moment de la fusion (30 juin 1852). Le chiffre de l'enquête correspond probablement à une époque antérieure.

Pour le chemin de Strasbourg, notre chiffre est de 457,000 fr., celui de l'État 394,000 fr. La différence tient à ce que, au moment où le chiffre de l'enquête a été arrêté, une partie notable de la dépense à faire n'était pas encore connue et ne pouvait être évaluée que par approximation.

Pour le chemin de Frouard à Metz, la différence est considérable. Le chiffre de l'enquête est de 278,000 fr.; le nôtre 352,000 fr. Ce dernier, extrait des livres de la Compagnie, doit être considéré comme parfaitement exact.

Pour le chemin de Paris à Lyon, nous avons indiqué pour la dépense moyenne par kilomètre 558,000 fr., l'État 518,000; mais notre chiffre correspond à une époque plus récente et comprend toute la dépense pour le chemin de Paris à Lyon, tandis que celui de l'État ne comprend que la dépense de Paris à Châlon.

Si l'on prend la moyenne des prix de construction dans différents pays, on remarque qu'elle est fort différente.

En Angleterre, la moyenne était, d'après une enquête faite par le parlement à la fin de 1850, de 570,000 fr. par kilomètre, la longueur exploitée n'étant alors que de 10,656 kilomètres. En 1854, la longueur exploitée étant de 11,425 kilomètres, la moyenne¹ était descendue à 530,000 fr.². Et, si l'on ne dépasse pas les devis, ce qui est peu probable, elle se réduira à 450,000 fr. quand tous les chemins projetés seront établis.

¹ D'après le journal d'*Herapath*.

² Cette longueur n'est pas la même que celle indiquée dans nos tableaux d'après les documents officiels, puisque cette dernière est de 12,362 kilomètres. Cette différence tient à ce que le journal d'*Herapath* ne fait mention que des chemins dont les actions sont cotées à la Bourse de Londres.

En France, à la fin de 1853, la longueur exploitée étant de 4,000 kilomètres, la moyenne des frais de construction était de 390,000 fr.

En Belgique, d'après les comptes rendus de l'administration belge, à la fin de 1852, pour une longueur de chemins égale à 625 kilomètres, la moyenne de la dépense des chemins construits par l'État était de 270,000 fr. Outre ces 625 kilomètres, 279 l'avaient été par des compagnies.

A la fin de 1852, la longueur des chemins construits en Allemagne, y compris les États lombardo-vénitiens, était, d'après le tableau de M. Hauchecorne, de 8,275 kilomètres, dont 6,651 kilomètres à une voie, et 1,624 kilomètres à deux voies, et la moyenne de la dépense faite par kilomètre de 201,000 fr.

Aux États-Unis, en 1853, d'après le *Boston American Railway Times*, la longueur des chemins exploités étant de 28,513 kilomètres, et ces chemins étant tous à une seule voie, la dépense moyenne par kilomètre n'était que de 96,500 fr.

On s'explique aisément les énormes différences des prix de construction dans différents pays et dans un même pays, en les décomposant dans leurs éléments. En voici le détail :

CLASSIFICATION DES DÉPENSES¹.

<p style="text-align: center;">CHAPITRE I.</p> <p style="text-align: center;">FRAIS GÉNÉRAUX.</p> <p>(On comprendra dans les frais d'études les dépenses effectuées par l'Etat antérieurement à la loi qui autorise la construction ou la concession.)</p> <p>En Angleterre, les frais généraux comprennent aussi les dépenses faites pour obtenir du parlement l'acte de concession.</p>	1. Frais d'études.	Frais d'études pour la rédaction des avant-projets avant l'obtention de la concession ; remboursements de frais d'études à divers, indemnités payées aux titulaires de la concession.
	2. Frais et charge de la concession	Frais d'administration avant la concession portés au compte de premier établissement.
	3. Administration. . .	Dépenses de l'administration générale de la Compagnie afférentes à la construction, jetons de présence et indemnités aux administrateurs, conseils techniques et judiciaires de la Compagnie, personnel de l'administration centrale, frais de bureau et imprimés, publicité, agence à l'étranger, frais de voyages, loyers et indemnités de logement, gratifications, chauffage et éclairage, contributions, assurances, etc.
	4. Direction et conduite des travaux. . .	Appointements de l'ingénieur en chef, des ingénieurs ordinaires, des conducteurs, piqueurs, surveillants de travaux, employés de bureaux, payeurs, etc.
	5. Frais divers. . .	Frais de bureaux des ingénieurs, imprimés pour la comptabilité, frais de publicité dans les départements, frais de voyage et déplacement du personnel de la construction, chauffage et éclairage, loyers des bureaux des ingénieurs et de leurs employés, indemnités diverses au personnel de la construction.
<p style="text-align: center;">CHAPITRE II.</p> <p style="text-align: center;">TERRAINS.</p>	6. Acquisition de terrains. . . .	Frais judiciaires (non compris ceux d'expropriation des terrains), indemnités aux employés congédiés, service médical, secours aux blessés ou aux familles des employés ou ouvriers tués, indemnités de disette, réhabilitation d'entreprises, habillement des agents, etc.
	7. Frais accessoires, indemnités, frais judiciaires.	Prix d'acquisition de terrains par voie amiable ou judiciaire, y compris les indemnités aux propriétaires pour valeur des bâtiments, constructions, plantations, et aux locataires ou propriétaires pour privation de jouissance, perte de récoltes, déplacement d'industrie, etc.

¹ D'après les instructions envoyées par M. le ministre des travaux publics aux ingénieurs de l'Etat pour en dresser le tableau.

CHAPITRE II. TERRAINS. (Suite).	7. Frais accessoires, indemnités, frais judiciaires. (Suite).	d'impression des plans parcellaires, d'expertises, de rédaction d'actes, frais judiciaires relatifs à l'expropriation.
CHAPITRE III. TERRASSEMENTS.	8. Terrassements y compris les travaux de consolidation	Terrassements, frais de toute nature relatifs à l'exécution des terrassements (non compris les frais de direction et de conduite des travaux et l'acquisition des terrains), travaux en rivière pour consolidation des remblais, murs de soutènement, revêtements en maçonnerie, perrés, gazonnement, semis et plantations des talus, etc.
(Ce chapitre comprend tous les travaux exécutés en dehors du chemin de fer et mis à sa charge.)	9. Ouvrages d'art courants. . .	Aqueducs et siphons pour l'écoulement des eaux, ponts en dessus et en dessous pour passages de routes et chemins, passerelles, ponts sur ruisseaux et rivières non navigables, ponts sur canaux artificiels, ponts tournants, ouvrage divers en maçonnerie, en métal ou en bois, etc.
CHAPITRE IV. OUVRAGES D'ART.	10. Ponts sur rivières navigables. . .	Ponts sur rivières navigables, non compris les terrassements aux abords, y compris les arches supplémentaires, ou viaducs pour l'écoulement des crues.
	11. Viaducs. . .	Viaducs pour la traversée des vallées sèches ou arrosées par des ruisseaux ou rivières non navigables, non compris les terrassements aux abords.
	12. Souterrains..	Perçement des puits, excavations des galeries et revêtements en maçonnerie, non compris l'exécution des tranchées aux abords.
	13. Clôtures sèches et vives.	Clôtures proprement dites, murs de clôture, palissades, fossés, treillages et lisses, haies vives.
CHAPITRE V.		
CLÔTURES DU CHEMIN.	14. Maisons de gardes et de cantonniers.	Maisons de gardes des passages à niveau, y compris celles qui sont élevées sur divers points pour le logement des garde-lignes, cantonniers, pontonniers et autres agents préposés à la surveillance et à l'entretien de la voie, puits et accessoires divers de l'habitation.
	15. Passages à niveau. . .	Gérites de garde-lignes et de cantonniers, etc. Pavages et barrières.
CHAPITRE VI.		
BÂTIMENTS.	16. Gares et stations. . .	Bâtiments isolés pour l'administration, les bureaux et le logement des employés, bâtiments et halles couvertes pour le service des voyageurs et de la grande vitesse; buffets, écuries et remises pour les correspondances, halles et quais couverts et découverts pour les marchandises, estacades

CHAPITRE VI.

BÂTIMENTS.
(Suite.)

16. Gares et stations. (Suite.)

pour le déchargement des houilles, bâtiments pour les bureaux du service des marchandises, maisons et guérites des portiers et des surveillants, lieux d'aisance, écuries pour le camionnage.

Pavages des cours et des rues d'accès, travaux de construction pour les grues et appareils divers, etc.

Bâtiments pour logement et bureaux du service du matériel (ateliers et dépôts), magasins des approvisionnements, ateliers divers, lieux d'aisance, dépôts et remises de machines, quais à coke, fosses à piquer le feu.

17 Ateliers et remises du matériel.

Remises de voitures et de wagons.

Bâtiments des machines à vapeur des ateliers, fours à réverbère, fourneaux de chaudières, et divers, usines à gaz (bâtiments, travaux de maçonnerie, fourneaux, cornues et gazomètres).

Bâtiments des ateliers du petit entretien du matériel.

18. Mobilier des gares et stations. . . .

Meubles des salles d'attente, mobilier des bureaux de l'administration et des gares et stations, appareils d'éclairage, compteurs, becs de gaz, lampes, appliques, lanternes et signaux à la main, calorifères et poêles, chauffe-rettes pour les voitures, balances et bascules, grues et appareils divers à élever les fardeaux.

Pompes à incendie, outils et ustensiles des gares et stations, horloges des stations, omnibus, voitures de factage, camions appartenant à la Compagnie, etc.

CHAPITRE VII.

MOBILIER.

19. Outillage des ateliers et dépôts. . . .

Machines-outils, machines à vapeur, marteaux, pilons et martinets, machines à vapeur et chaudières (non compris les fondations et fourneaux) grues et engins divers non compris les fondations, chariots roulants des ateliers, des dépôts et des remises, outils et ustensiles des ateliers et des dépôts, paniers et sacs à coke, agrès et outillage des machines et des wagons de secours, ustensiles des graisseurs, signaux des machines, mobilier des bureaux, appareils de chauffage et d'éclairage, pompes à incendie du service du matériel et du magasin, horloges et montre de mécaniciens, etc.

CHAPITRE VIII.

VOIE DE FER.

20. Ballast. Sables et pierres cassées, briques et briquetons, scories de forges, etc., y compris l'extraction ou la fabrication et le répandage.
21. Rails, coussinets, chevillettes, etc. Coussinets, chevillettes, coins, éclisses, selles, plaques de joints, entre-toises en fer, traverses, longuerines, plateaux en bois ou en fonte, dés en pierres, achats et transports des matériaux divers sur les chantiers.
22. Pose de la voie. Transport des chantiers de dépôts au lieu d'emploi, mise en place, assemblage, parage et rivure des rails, dressage de la voie et réglage du ballast, entretien jusqu'au moment de la mise en service.
23. Plaques tournantes. Achat, fondation et pose.
24. Changements et croisements de voie. Achat ou construction et pose, y compris les leviers ou excentriques de manœuvre.

CHAPITRE IX.

ACCESSOIRES
DE
LA VOIE.

25. Signaux fixes. Appareils divers pour signaux, disques à distance des stations, signaux des souterrains, des ponts tournants et des passages à niveau, y compris les lanternes et la pose.
Poteaux kilométriques, poteaux indicateurs, etc.
26. Outillage de la voie. Outils des cantonniers et des gardes, brouettes, lorries, etc.
Appareils d'éclairage des passages à niveau, signaux à la main, appareils de chauffage des maisons de gardes, appareils d'éclairage et de chauffage et mobilier des bureaux.
27. Machines à vapeur et pompes à bras. Machines à vapeur, machines, chaudières, fourneaux, fondation et bâtiments, pompes, réservoirs d'air, tuyaux d'aspiration et de refoulement, pompes à bras fixes ou portatives.

CHAPITRE X.

ALIMENTATION
DES
MACHINES.

28. Grues hydrauliques. Grues à colonne, grues appliquées, y compris fondation et pose, grues-réservoirs, non compris les conduites souterraines.
29. Réservoirs, tuyaux, puits et prises d'eau. Réservoirs en tôle, en fonte, en bois, etc., y compris les supports en maçonnerie ou en charpente, bassins en maçonnerie, puits et prises d'eau en rivière, conduites.
Valves et robinets de distribution, achat et pose.

CHAPITRE XI.

30. Télégraphe électrique. Poteaux, cloches, supports, tendeurs-fils, manipulateurs, récepteurs, sonneries, piles, etc., achat et pose.

Vienne à Gloggnitz. — Prix excessif si ce chemin était à une seule voie, comme le lit M. Hauchecorne. En 1845, M. Lechâtelier signalait pourtant une double voie de Vienne à Neustadt, sur 47 kilomètres de longueur, et cela était répété dans le tableau statistique français.

Chemin Ferdinand du Nord. — Voie démolie et refaite : les rails de 17 à 18 kil. se brisaient sous le poids des nouvelles locomotives de 25 tonnes.

CHAPITRE X. — ALIMENTATION DES MACHINES.

Observations générales. — Dépenses portées sans doute dans la plupart des cas au chapitre des bâtiments, sans que l'on puisse cependant s'en assurer.

CHAPITRE XII. — MATÉRIEL ROULANT.

Hanovre. — La dépense pour matériel roulant comprend les ustensiles (*ustensilien*).

Autriche. Chemin du Sud. — Prix plus élevé que pour les autres chemins de l'État ; cet excès de dépenses n'est pas causé par les locomotives du Semmering, ainsi qu'on pourrait le croire, car le chemin du Sud ne commence qu'à Muerzzuschlag et ne comprend pas le chemin de fer du Semmering, dont la longueur est, d'après M. Engerth, de 41,75 kilomètres entre Gloggnitz et Muerzzuschlag.

CHAPITRE XIV. — INTÉRÊTS.

Hanovre. — Il a été déduit des intérêts pour le Hanovre pendant la construction une somme de 575,720 francs, pour recettes opérées pendant la construction.

CHAPITRE XII.	31. Machines locomotives et tenders. . .	{	Machines, locomotives, tenders.
	32. Voitures et waggons.		
CHAPITRE XIII.	33. Dépenses non classées.	{	Voitures de voyageurs, waggons de service, waggons à marchandises.
CHAPITRE XIV.	34. Intérêts payés pendant la construction.	{	Dépenses non classées.
CHAPITRE XV.	35. Approvisionnement et fonds de roulement.	{	Intérêts des actions et des obligations payées sur le capital, intérêts pour versements anticipés. — Déduction faite des intérêts reçus pour placements de fonds.
			Approvisionnements et fonds de roulement.

Nous voudrions pouvoir indiquer le chiffre de la dépense correspondante à ces différents titres pour les principales lignes en exploitation ; mais il serait bien difficile de trouver dans la comptabilité des compagnies les renseignements nécessaires pour l'établir ; il est impossible d'ailleurs d'obtenir de ces compagnies l'autorisation de se livrer à de pareilles investigations.

Nous sommes donc forcé de nous borner à présenter l'aperçu des frais de construction tels qu'ils ont été classés dans les comptes rendus publiés ou qui nous ont été communiqués officieusement.

L'étude attentive des détails des prix de revient, tout incomplets qu'ils sont, n'en sera pas moins très-utile, nous en tirerons des conséquences qui ne seront pas sans intérêt pour les ingénieurs chargés de rédiger les devis de nouvelles lignes.

L'étude des tableaux qui précèdent conduit à se rendre exactement compte des causes de la différence qui existe dans les prix de construction des chemins de fer dans différents pays.

L'établissement des chemins anglais a été grevé d'une nature de dépense inconnue dans les autres pays, ce sont les frais pour l'obtention de la concession au Parlement. Pour plusieurs des chemins portés au tableau, ces frais paraissent assez modérés, mais pour d'autres ils ont été excessifs. D'après plusieurs ouvrages publiés en Angleterre, les frais en parlement ont été, pour le chemin de Blackwall, de 200,000 fr. par kilomètre; de Manchester à Birmingham, 81,000 fr.; de Brighton, 75,000 fr.

Les frais généraux semblent devoir varier entre des limites fort étendues; cependant on remarque que pour nos grandes lignes ils n'ont pas été moindres de 12,000 fr. et plus élevés que 21,000 fr.

En Angleterre, les terrains ont généralement coûté plus cher qu'en France, en Belgique et en Allemagne. Ainsi la dépense par kilomètre, pour les grandes lignes de Londres à Birmingham, Londres à Bristol, North-Middland et Londres à Brighton, a été, en nombres ronds, de 98,000 fr., 77,000 fr., 100,000 fr., 127,000 fr., et, pour le chemin de second ordre de Manchester à Birmingham, elle a atteint le chiffre énorme de 254,000 fr.

En France, sur nos grandes lignes du Nord, de l'Est, de Paris au Havre et de Paris à Lyon, elle a été seulement de 47,000 fr., 54,000 fr., 72,000 fr. et 80,000 fr.¹

Sur d'autres chemins, tels que ceux d'Andrezieux à Roanne, Montpellier à Nîmes, Amiens à Boulogne, Tours à Nantes, elle a varié de 18,000 fr. à 44,000 fr. Plusieurs de ces chemins, à la vérité, sont à une seule voie, mais le terrain a été acheté pour deux voies.

Sur les chemins de Paris à Orléans et de Corbeil, formant la partie la plus coûteuse de la grande ligne de Paris à Bordeaux, cette dépense n'a pas dépassé 69,000 fr. Sur les chemins de Saint-Germain et de Versailles (rive droite), elle a été, à la vérité, de 106,000 fr. et de 83,000 fr.; sur celui de Versailles (rive gauche), elle a atteint

¹ Moyenne de la dépense faite pour le chemin de Rouen et pour celui du Havre.

la somme de 177,000 fr., et sur celui de Vincennes, dont 3 kilomètres sur 15 ont été établis dans l'intérieur même de la capitale, 225,000 fr.; mais ces chemins, construits aux abords de Paris, se trouvent dans des conditions exceptionnelles et ne devraient être comparés qu'aux chemins anglais de Blackwall et de Greenwich, qui ont coûté beaucoup plus cher.

En Belgique, les frais d'acquisition de terrains pour les lignes du nord et de l'ouest n'ont pas atteint 40,000 fr., et, pour le réseau de l'est et du sud, 68,000 fr. Le terrain pour le raccordement du nord et du sud a coûté 177,000 fr.; mais c'est encore là un chemin exceptionnel construit, pour ainsi dire, dans les faubourgs de Bruxelles.

En Allemagne, on a obtenu les terrains à meilleur marché encore qu'en Belgique; ce n'est que sur quelques lignes que la dépense d'acquisition a atteint le chiffre de 30 à 35,000 fr. par kilomètre; sur la plupart des autres elle n'a été que de 15 à 16,000 fr.

Le faible chiffre de cette dépense tient à ce que les chemins allemands, construits, pour la plupart, à une seule voie, et desservant un trafic beaucoup moins important que les chemins anglais et français, occupent beaucoup moins de terrains, et au prix très-sensiblement moins élevé du terrain en Allemagne que dans les deux autres pays; ainsi l'hectare du terrain n'a coûté en Allemagne que de 2 à 4,000 fr., tandis qu'il est porté pour les chemins anglais de 15 à 20,000 fr., et qu'il a été payé sur le chemin d'Orléans 12,800 fr.¹; sur celui de Saint-Étienne à Lyon 20,000 fr.²; sur celui de Strasbourg, entre Paris et Meaux, les prix ont été assez variables : l'hectare, dans Paris, a coûté en nombres ronds 830,000 fr., ce qui fait 82 fr. le mètre; à la Chapelle, 91,000 fr.; à la Villette, 19,000 fr.; aux environs de Noisy-le-Sec, 14,000 fr.; aux environs de Lagny, 25,000 fr.; près de Dammard, 6,000 fr.; près d'Esblly,

¹ Ce prix est un prix moyen pour toute la ligne et comprend l'indemnité payée pour les terrains dans l'intérieur de Paris ou aux environs; si l'on en distrait le prix des terrains dans Paris et aux environs, le prix de l'hectare se réduit à 40,000 fr.

² Sur ce chemin, le premier construit en France pour un transport de voyageurs, les terrains ont été taxés par le jury à un prix exorbitant. On est loin d'avoir payé des prix aussi élevés pour les terrains des nouvelles lignes.

8,000 fr.; dans la traversée de Meaux, 60,000 fr., et aux environs de la ville, 12,000 fr.

Quant aux chemins américains, qui ne figurent que dans nos tableaux d'ensemble, ils ont été établis sur des terrains dont une partie a été cédée gratuitement.

Sur les chemins anglais, les travaux d'art ainsi que ceux de terrassement et de pose de la voie étant ordinairement confiés à un seul et même entrepreneur, les comptes rendus des Compagnies n'indiquent que la dépense en bloc. Il est facile de reconnaître cependant que cette dépense, en ce qui concerne les travaux d'art et les terrassements des grandes lignes en Angleterre, est beaucoup plus élevée que sur les chemins des autres pays. Si l'on déduit de 100 à 120,000 fr. pour la chaussée, la voie et ses accessoires, on trouve que sur les chemins de North-Middland, elle n'a pas été moindre de 350,000 fr. à 400,000 fr. par kilomètre, et sur les chemins de Londres à Brighton et Londres à Bristol moindre de 400,000 fr. à 450,000 fr.

En France, elle n'a été, sur le chemin du Nord, que de 67,000 fr., sur ceux de Strasbourg et d'Orléans, que de 110,000 à 120,000 fr., et sur les chemins de Lyon, de Rouen et du Havre, de 200,000 à 220,000 fr.

En Belgique, la même dépense a été fort modérée; nous la trouvons de 52,000 fr. environ pour le chemin de l'Ouest, 62,000 fr. pour ceux du Nord, 88,000 fr. pour ceux du Midi, et 200,000 fr. pour ceux de l'Est. En moyenne, elle est de 104,000 fr.

En Allemagne, elle est faible aussi et très-variable. Pour une partie des chemins prussiens, elle ne dépasse pas 30,000 fr.; pour le chemin de Berlin à Potsdam, elle est de 62,000 fr. Les terrassements et ouvrages d'art des chemins rhénans ont seuls coûté 247,000 fr. Les lignes du Nord et du Sud en Autriche ont dépassé pour les ouvrages de même nature de 110 à 120,000 fr. Mais celles du Sud-Est et de l'Est n'ont dépensé que 62,000 et 29,000 fr. Dans le grand-duché de Bade, les ouvrages d'art et de terrassements ont coûté en moyenne 62,000 fr. par kilomètre; dans le Wurtemberg, 72,000 fr.; dans le Hanovre, 38,000 fr., et dans le Brunswick, 18,000 fr.

Le prix élevé des terrassements et des ouvrages d'art pour les grandes lignes d'Angleterre tient au soin avec lequel ont été construites ces voies du premier ordre, à une époque où on s'exagérait l'importance des faibles pentes, au prix de la main-d'œuvre et aux difficultés d'exécution qu'elles ont présentées. Les différences de prix entre la France et l'Angleterre ne sont toutefois pas aussi grandes qu'on pourrait le supposer. « Après avoir consulté plusieurs ingénieurs français, dit M. Robert Stephenson dans un rapport sur les chemins de fer du Nord, et avoir fait des comparaisons entre leurs devis et les miens, j'ai trouvé que les différences de prix entre les deux pays étaient excessivement minimales. On peut regarder comme identiquement les mêmes les prix de terrassement et de maçonnerie dans les deux pays, et le prix du fer est beaucoup plus élevé en France qu'en Angleterre. La main-d'œuvre est certainement moins chère qu'en Angleterre, mais l'étendue des entreprises qui sont maintenant en projet ou en cours d'exécution tend à la faire monter, et les frais de travaux terminés à l'époque actuelle prouvent que cette différence n'est réellement que nominale. »

En Belgique, la main-d'œuvre et les matériaux de construction sont à des prix bien moins élevés qu'en France, c'est ce qui explique le coût, relativement minime, des ouvrages d'art et de terrassement. Il en est de même en Allemagne, où la journée du terrassier, payée en France de 2 à 3 fr., ne coûte pas au delà de 1 fr. à 1 fr. 50. On devra observer aussi que dans ces deux pays une partie des travaux de terrassement n'ont été exécutés que pour une seule voie, et qu'en Allemagne surtout on ne s'est pas assujéti à des conditions de pentes et de courbure aussi rigoureuses qu'en France.

Aux États-Unis, les ingénieurs ayant établi les chemins de fer avec des pentes plus fortes encore que celles des chemins allemands et des rayons de courbure plus petits, les travaux d'art et de terrassement ont dû coûter moins encore qu'en Allemagne.

M. Maniel, dans son cours à l'École des ponts et chaussées, indique de la manière suivante le prix des terrassements sur différents chemins de fer :

MOYENNE DES FRAIS DE TERRASSEMENT PAR KILOMÈTRE ¹.

Chemins belges.	9,000 fr.
Saint-Quentin.	52,000
Rouen.	30,000
Tours à Poitiers.	99,000
Moyenne de quelques chemins anglais.	150,000
Sur le chemin de Mulhouse les frais seront d'environ.	40,000

MOYENNE DU PRIX PAR MÈTRE CUBE DE TERRASSEMENT, TRANSPORT DES TERRES COMPRIS.

Chemins belges.	0 ^f ,76
Ligne de Saint-Quentin.	1,39
— d'Orléans.	1,50
— de Rouen.	1,60
— de Nîmes.	1,45
De Tours à Poitiers, les terres étant transportées à des distances atteignant 4,000 mètres.	2,05
Chemins anglais, déblais en partie dans le rocher.	2,61

Si la dépense pour les terrassements par kilomètre sur les chemins belges a été aussi faible, cela tient au cube très-réduit de ces terrassements, à la petite distance de transport des terres, et au prix peu élevé de la main d'œuvre en Belgique. Ainsi, d'après M. Maniel, le cube des terrassements sur les chemins belges n'aurait été, par kilomètre, que de 12^m,60, tandis que sur le chemin de Creil à Saint-Quentin il a été de 23 ; sur celui de Rouen, de 25^m,50 ; d'Orléans, de 33, et de Versailles, rive gauche, de 72.

Les rails en fer et les coussinets en fonte revenant en Angleterre à un prix sensiblement plus faible que sur le continent, et les traverses en sapin n'y coûtant pas très-cher, les frais d'établissement de la voie et de ses accessoires ont dû être plus faibles, mais la différence n'a pu compenser celle que nous avons signalée dans les dépenses pour les terrains, les ouvrages d'art et les ouvrages de terrassement.

En France, l'établissement de la voie a dû coûter plus qu'en Belgique et en Allemagne, par ces raisons que la plupart des chemins y sont à deux voies, que les rails y sont ordinairement plus lourds, et que le trafic y nécessite une plus grande longueur de voies de garage ainsi qu'un plus grand nombre de changements de voie et de plaques tournantes.

¹ Voir de nouveaux renseignements, page 312.

Aux États-Unis, la voie simple a été construite avec une grande économie en associant le bois au fer, mais elle est moins durable.

Le prix des machines et des waggons, celui des machines surtout, n'est pas sur les différents points du continent aussi variable que celui des terrains et des matériaux pour les travaux d'art ou pour l'établissement de la voie. C'est même en Angleterre qu'a été achetée une grande partie du matériel roulant des chemins belges et allemands. Il en résulte qu'à égalité de trafic la dépense a été partout à peu près la même, soit de 20,000 à 30,000 fr. par kilomètre pour des lignes d'un revenu médiocre (18,000 à 20,000 fr. par kilomètre), et de 50,000 à 60,000 fr. pour celles d'un grand revenu (40,000 à 50,000 fr. par kilomètre).

Après avoir comparé les tableaux de la dépense dans différents pays, il convient de les étudier isolément. Nous nous rattacherons plus particulièrement à l'examen des tableaux des frais de construction des chemins français et des chemins allemands, sur lesquels nous avons pu donner le plus de détails.

Un fait nous frappe tout d'abord à l'examen de ces tableaux, c'est que c'est bien moins le prix de la voie en fer, qui rend parfois les chemins de fer si coûteux, que celui des terrains et des travaux de toute nature.

Ainsi, pour le chemin du Gard, établi sur un terrain de peu de valeur, dans un pays où la main-d'œuvre est peu coûteuse et dans d'assez bonnes conditions d'exécution, le prix total par kilomètre n'étant que de 211,000 fr., les frais d'acquisition de terrain n'ont pas atteint 19,000 fr., tandis que pour le chemin du Havre, dont les profondes tranchées et les remblais élevés couvrent de grandes surfaces de terrain, ces mêmes frais s'élèvent à 103,000 fr.; pour le chemin de Saint-Germain, qui occupe des terrains précieux, à 106,000 fr., et pour celui de Versailles, rive gauche, dont les immenses travaux ont entamé un nombre considérable de grandes propriétés, au chiffre énorme de 177,000 fr.

On ne manque pas d'observer également une notable différence entre le chiffre de la dépense pour les travaux d'un chemin construit en plaine, presque toujours au niveau du sol, comme le chemin de Metz à Thionville (53,000 fr.), et le chiffre correspondant,

pour une ligne établie dans des conditions d'exécution difficiles, comme le chemin du Havre (220,000 fr. environ ¹), ou le chemin de Versailles, rive droite (313,000 fr.); et ce n'est pas seulement le volume des terrassements et des maçonneries qui entraîne dans des frais de construction considérables; sur le chemin de Strasbourg, les travaux de consolidation des talus d'une seule tranchée (celle de Gagny) ont coûté 335,632 fr. 85 c.; sur les deux chemins de Versailles, et plus particulièrement sur celui de Versailles, rive gauche, on a été forcé de dépenser des sommes importantes pour s'opposer au mouvement des terres, et pour assurer la fondation des ponts sur des terrains glaiseux.

Au Val-Fleury, sur le chemin de la rive gauche, les remblais sont assis sur un sol tellement mobile, que l'on eût été forcé peut-être de renoncer à exploiter la ligne, si on ne les eût remplacés temporairement par des estacades en charpente.

Les frais d'établissement de la voie, ordinairement moins élevés que ceux d'acquisition des terrains et des travaux d'art ou de terrassement, sont aussi moins variables. Ainsi, lorsque nous voyons dans nos tableaux, pour des chemins de première classe à deux voies, les frais d'acquisition de terrain réunis à ceux des travaux d'art et de terrassement, varier de 170,000 fr. (Orléans et Corbeil) à 525,000 fr. (chemin du Havre) par kilomètre, nous trouvons que ceux d'établissement de la voie et de ses accessoires n'ont différé qu'entre les limites de 80,000 fr. (Strasbourg à Wissembourg), et 136,000 (Paris à Lyon), et cette différence eût été moins grande si on eût employé sur le chemin de Wissembourg des rails du poids de 38 kilogrammes par mètre courant, au lieu de rails de 30 kilogrammes².

Les ingénieurs étant d'accord pour adopter, dans la construction des grandes lignes, des dimensions de rails, de traverses et des épaisseurs de chaussée à peu près semblables, la différence dans les prix de la voie ne provient généralement, quand on compare des

¹ En en déduisant 117,000 fr. pour la voie et ses accessoires.

² Il est vrai qu'au chemin de Versailles (rive droite) le kilomètre a coûté, sans les accessoires, 154,000 francs. Mais la superstructure de ce chemin ayant été pour ainsi dire refaite après l'ouverture, on doit le considérer comme se trouvant dans des conditions exceptionnelles.

lignes de même ordre, que de celle qui existe entre les prix des matières premières.

Cette différence, pour le fer et la fonte, n'est pas très-sensible dans les diverses provinces d'un même pays, aux mêmes époques ; mais elle varie considérablement avec les époques. Ainsi les rails du chemin de Saint-Étienne, en 1828, ont coûté 50 fr. les 100 kilogrammes. Ceux des chemins de Saint-Germain et Versailles, dix années plus tard, étaient payés 42 fr. En 1840, on achetait encore des rails pour certaines fractions du chemin du Nord, au prix de 40 fr.

En 1846, la Compagnie de l'Est a traité pour ses fournitures de rails à raison de 35 fr. les 100 kilogrammes, rendus sur ses chantiers. En 1852, la même Compagnie ne payait plus les rails nécessaires pour le chemin de Metz à Thionville que 25 fr., et, en 1857, elle achetait 8,000 tonnes pour le chemin de Paris à Mulhouse à raison de 27 fr. à l'usine, soit de 28^f,50 à 29 fr. sur les chantiers. D'autres Compagnies les payaient à la même époque 29 fr. sur la ligne. Il est probable que dans l'avenir le prix de 30 fr. ne sera pas dépassé, et que souvent on pourra traiter à des prix inférieurs. Le prix des coussinets en fonte a varié comme celui des rails. La Compagnie de Saint-Germain et celle de Versailles payaient, en 1833, leurs coussinets 35 fr. le quintal métrique; celle de l'Est, en 1852, payait 16 fr. (pour le chemin de Thionville), et 20 fr., en 1854, pour le chemin de Mulhouse.

Le prix des traverses en bois varie non-seulement avec les époques, mais encore avec les localités. Ainsi les traverses que la Compagnie de l'Est payait, en 1846, pour le chemin de Metz à Sarrebruck, 75 fr. le mètre cube, n'ont été payées, en 1852, pour le chemin de Metz à Thionville, que 44 fr. le mètre cube, et, sur le même point de Metz, elles valent aujourd'hui 55 fr. Les traverses payées en 1854, à Paris, 75 fr. le mètre cube, se vendaient, la même année, près de Vesoul, 55 fr.

Le prix des matériaux composant la chaussée ne varient guère que suivant les localités; mais les variations sont considérables. Le sable, qui, sur le chemin de Saint-Germain, n'a pas coûté plus de 2 fr. le mètre cube, est revenu, sur le chemin de Lille à la frontière belge, à 10 fr.

Si donc nous supposons un chemin établi avec des matériaux revenant à des prix élevés, tels que celui de 40 fr. par mètre cube de ballast (prix payé au chemin de Lille);

35 fr. par quintal métrique de rails (prix payé pour la ligne de Strasbourg);

25 fr. par quintal métrique de coussinets (prix payé pour la ligne de Strasbourg);

80 fr. par mètre cube de traverses (prix payé également par la Compagnie de l'Est pour les portions de chemins dans le voisinage de Paris); et qu'on en compare la dépense avec celle d'un chemin à deux voies qui aurait été établi à peu près dans les conditions du chemin de Metz à Thionville, on trouve sur le ballast seul, la différence étant de 8 fr. par mètre cube, et le cube étant de 6 mètres par mètre courant. 48,000 fr.

Sur les rails, la différence étant par quintal métrique de 13 fr., et le poids par mètre courant pour les 4 files de rails étant de 152 kilogrammes. . . . 19,760

Sur les coussinets, la différence étant par quintal métrique de 7 fr., et le poids par mètre courant, de 40 kilogrammes. 2,800

Sur les traverses enfin, la différence étant par mètre cube de 36 fr., et le cube par mètre courant étant de 2/10 de mètre cube. 7,200

En tout. 77,760 fr.

Mais la différence sur le ballast que nous avons indiquée est exceptionnelle; en supposant le ballast au même prix sur les deux chemins, la différence pour la deuxième voie, par mètre courant, n'est plus que de 29,760 fr.

C'est à peu près le chiffre de la différence entre le prix du mètre courant de double voie (voies de garage non comprises) sur le chemin de Strasbourg et sur celui de Metz à Thionville.

La dépense pour le matériel dépend essentiellement de l'importance du trafic. Nous avons déjà fait remarquer qu'elle varie de 20,000 fr. à 60,000 fr., selon le trafic.

Toutefois, pour des chemins établis aux environs d'une capitale, tels que les chemins de Saint-Germain et de Versailles, qui exigent

un matériel exceptionnel pour les jours de fêtes, cette dépense s'élève jusqu'à 120,000 fr. (Saint-Germain), et même 150,000 fr. par kilomètre (Versailles, rive droite).

A égalité de trafic, les frais de matériel à différentes époques ont peu varié. Le prix de revient des machines n'a pas subi de réduction comme celui des rails. Cependant il ne faudrait pas croire que ce prix est à peu près invariable. Les machines que la Compagnie de l'Est payait en 1846 de 45 à 48,000 fr. en coûtent aujourd'hui de 50 à 55,000. Les machines Crampton, payées 52,000 fr., au commencement de 1852, se vendent aujourd'hui 66,000 fr.

De ce qui précède il résulte que si l'on divise, comme l'a fait la loi du 11 juin 1842, la dépense d'établissement des chemins de fer en deux parties :

L'une comprenant les dépenses pour les terrassements, les ouvrages d'art et les stations ;

L'autre la dépense pour la superstructure et le matériel de l'exploitation ;

On reconnaît que la première partie, mise par la loi de 1842 à la charge du gouvernement, est non-seulement plus élevée, mais encore plus variable que la seconde.

Le capital d'établissement des chemins de fer augmente avec le trafic, car il ne serait pas juste de prélever sur les produits de l'exploitation les sommes nécessaires à un accroissement de trafic qui n'avait pas été prévu lors de la rédaction des devis. Le tableau des pages 304 et 305, qui fournit l'indication des dépenses faites au chemin d'Orléans lors de son ouverture, et celle des dépenses faites depuis lors, montre assez sur quels chapitres les augmentations de capital ont lieu et dans quelle proportion avec le trafic. Ainsi l'on voit que la dépense pour travaux d'art et de terrassements reste à peu près invariable, tandis que celle pour acquisitions de terrains, pour la voie et ses accessoires, pour les ateliers et les bâtiments de stations et celle pour le matériel roulant ont considérablement augmenté. L'accroissement sur les dépenses des terrains, de la voie ou accessoires de la voie et des bâtiments tient surtout à l'agrandissement forcé des gares. Le surcroît des frais pour le matériel roulant est dû à l'allongement des parcours des convois.

CHEMIN DE FER DE PARIS A ORLÉANS, AVEC

*Fonds social, 40 millions; 1^{er} emprunt, 16 millions;
(La section de Paris à Corbeil a été ouverte à l'exploitation*

COMPTE DE PREMIER ÉTABLISSEMENT

NATURE DES DÉPENSES.	PROJET PRIMITIF par M. Defontaine, ingénieur en chef. 1837.	EXÉCUTION PAR M. JULLIEN, ingénieur en chef.	
		Etat des dépenses faites et de celles restant à faire ¹ . 29 février 1844.	Etat des dépenses faites, dressé à l'occasion de la fusion de la com- pagnie d'Orléans 30 juin 1852.
Longueur des chemins.	kil. 126,3	kil. 132,7	kil. 132,7
Service des travaux : Personnel; frais d'études, de tracés, et dépenses diverses.	fr. 776 800	fr. 1 110 022	fr. 1 103 842
Acquisitions de terrains, indemnités et frais.	1 600 000	7 176 000 ⁴	8 491 630 ⁵
Terrassements; travaux de consolida- tion; ballastage.	5 234 000	10 436 087 ⁶ 4 530 227 ⁶	10 498 345 4 553 441
Ouvrages d'art.		283 625	477 054
Constructions diverses. { Maison d'administration à Paris. Atelier de construction et de ré- paration du matériel, avec leur outillage (à Ivry).	3 056 000	757 209 ⁷	1 518 159
Gares, stations, prises d'eau, plantations, clôtures, etc.	884 000	4 753 450 ⁸ 5 336 788 ¹¹	6 718 144 7 707 494
Matériel d'exploitation.	10 549 200	13 616 260	14 892 231
Voie en fer. { Établissement des voies et de leurs accessoires.	22 000 000	47 998 668	55 959 830
Surveillance et entretien de la voie entre Juvisy et Orléans pendant 1844 (3/5 des frais de).		360 750 ¹²	401 311
Bâtiments; matériel et voie. — Dépenses de renou- vellement.		265 740	1 736 757 ¹³ 444 493
Mobiliers divers.		607 415	302 886
Intérêts des actions et des obligations, déduction faite de diverses recettes.		688 561	733 677
Administration de la Compagnie.			
Totaux.		49 921 134	59 578 954
Augmentation définitive. . . .			

EMBRANCHEMENT DE JUVISY A CORBEIL.

1^{er} emprunt, 10 millions; capital total, 60 millions.

le 20 septembre 1840; et celle de Juvisy à Orléans le 4 mai 1843.)

ET DE MISE EN EXPLOITATION.

AUGMENTATION DE LA DÉPENSE de fin février 1844 à fin juin 1852.		OBSERVATIONS.	
Augmentation absolue.	Rapport de l'augmen- tation à la dépen- se, fin février 1844, comptée pour 100.	1. Ce projet, distribué aux Chambres, différait peu de celui qui a été exécuté. L'embranchement de Corbeil était établi sur la rive droite de la Seine; le tracé était rectiligne entre Etampes et Orléans; le point d'origine, à Paris, était place Walhubert. Les inclinaisons du profil en long étaient limitées à 0 ^m .008, et les courbes n'avaient pas moins de 1000 mètres de rayon. La voie, double partout, devait être posée sur des, avec fondation en béton et encaissement en cailloux.	
		2. Dépenses { faites..... 47 519 312 fr. } 49 921 134 fr. à faire..... 2 401 822	
		3. Il est probable que la diminution de 6680 fr. dans le service des travaux n'est qu'apparente; elle peut provenir d'une modification dans le classement des dépenses.	
		4. Valeur de 58 845 hectares, ne comprenant point 80 hectares à revendre, évalués à 575 000 fr.	
		5. Non compris les propriétés et terrains à revendre, évalués à 309 713 fr.	
		6. 205 aqueducs, ponceaux, ponts et viaducs, 11 passerelles, 101 passages à niveau. — Les travaux les plus importants sont 4 grands viaducs sur rivières, ayant de 14 à 20 mètres de hauteur et 12 arches ensemble, de 7 à 8 mètres d'ouverture chacune.	
1 316 630	18,3	7. { Bâtiments..... 510 282 fr. } 757 209 fr. Outillage..... 246 927	
62 258	0,5	{ Terrassements... 8 094 050 fr. pour 5 111 072 mètres cubes déblai, abstraction faite des remaniements	
23 214	0,5	8. Trav. de consolid ⁿ 175 940 fr. pour 46 300 mètres cubes perrés et murs de soutènement; compte pour façon et transport des matériaux.	
193 429	68,1	{ Ballastage..... 2 166 097 fr. pour 568 948 mètres cubes. 10 436 087 fr.	
760 950	100,4	9. 2 481 123 fr. pour 21 gares de voyageurs, compris dépendances, accéssoires et abords.	
1 964 694	41,3	985 118 pour 11 gares de marchandises, faites ou à faire, compris cours et rues d'arrivée, avec l'extension à donner à la gare de Paris.	
2 370 706	44,4	494 142 pour 6 dépôts de machines et 1 petit atelier de réparations à Orléans.	
1 275 961 ¹⁰	9,3	222 573 pour alimentation des machines; puits artésiens; prises d'eau; grues hydrauliques.	
		297 072 pour clôture de la ligne en treillage.	
		223 999 pour plantation de haies vives et ensemencement de talus.	
		49 426 pour mâts de signaux; puits à Toury et à Orléans; différents menus travaux.	
40 561	11,2	4 753 450 fr.	
1 736 767 ¹²	∞	10. Longueur des voies de garage { fin février 1844. 19 100 m. fin 1852..... 44 375	
178 753	67,2	Augmentation. 25 275 m., ou 57 p. 100.	
Diminution ¹¹ .		11. La ligne et l'embranchement s'exploitant indépendamment l'un de l'autre, il a fallu acquérir autant de matériel que si la ligne avait 133 kil. + 19 kil. (tracé commun) = 152 kilomètres.	
45 116	6,5	12. Prévisions portées dans le budget pour l'exercice 1844, au compte du premier établissement.	
9 969 029	20,0	13. Les rails, primitivement de 30 kilog., ont été partiellement remplacés par des rails de 36 kilog. le mètre.	
Diminutions à retrancher.		14. Le compte des intérêts payés avant 1854 a diminué de 304 529 fr. par diverses recettes réalisées de 1844 à 1853, et venues.	
311 209		Voir d'autre part le tableau du TRAFIC ANNUEL.	
9 657 820 ¹⁴	19,3		

TABEAU DU TRAFIC ANNUEL
 Montrant un accroissement de recette beaucoup plus considérable que celui des frais du premier établissement.
 Longueur du chemin de fer : 133 kilomètres.

NATURE DES TRANSPORTS et des RECETTES.	VOIES DIVERSES avant l'ouverture du chemin de fer, vers 1840 ¹ .			CHEMIN DE FER D'ORLÉANS ET DE GENEIL.						OBSERVATIONS.
				Exercice 1844.			Exercice 1851.			
	Nombre.	Poids. tonnes.	Recettes brutes. francs.	Nombre.	Poids. tonnes.	Recettes brutes. francs.	Nombre.	Poids. tonnes.	Recettes brutes. francs.	
Voyageurs.	790 000	"	2 138 000	1 373 073	"	4 385 366 ¹	1 063 145	"	4 299 228	1. Document résultant de deux enquêtes contrai- dictoires, ordonnées à des époques différentes par le Conseil d'administration de la Compagnie, et faites avec le plus grand soin. 2. Les bateaux à vapeur de Paris à Montierau transportent en outre 120 000 voyageurs. 3. Non compris l'impôt de un dixième payé par les voyageurs sur le prix de leurs places; la diminution de la recette de 1844 à 1851 s'explique par l'ou- verture de la première section du chemin de fer de Paris à Lyon.
Pagages excédants.	"	"	"	"	6 952	375 288	"	7 261	485 079	
Chiens.	"	"	"	11 823	"	9 892	10 500	"	12 394	
Marchandises gr. vitesse.	"	"	"	"	4 385	122 382	"	22 924	594 637	
Marchandises pet. vitesse.	"	200 000	2 624 000	"	127 204	1 429 835	"	338 695	3 617 610	
Mailles-postes.	"	"	"	"	"	"	2 190	"	300 000	
Voitures de poste.	"	"	"	2 312	"	120 862	1 176	"	75 596	
Chevaux.	"	"	"	1 070	"	13 245	2 117	"	43 483	
Bestiaux.	"	"	58 000	24 198	"	93 707	367 969	"	848 098	
Entrepôt des dépêches..	"	"	"	"	"	"	"	"	20 212	
Locations aux Compa- gnies de Bordeaux et du Centre dans la gare d'Orléans.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
Recettes diverses.	"	"	"	"	"	"	"	"	178 981	
Totaux.	"	200 000	4 818 000	"	138 541	6 566 687	"	368 870	10 475 318	
A déduire : Frais d'exploitation.				240 2840						
Recette nette.				4 163 847						
Nombre des locomotives.				52						
				au moins.						

De 1844 à 1851 } l'accroissement de la recette brute est de 60 pour 100.
 } l'accroissement de la recette nette est de 75 pour 100.

De 1844 à 1851 } l'accroissement de la recette brute est de 60 pour 100.
 l'accroissement de la recette nette est de 75 pour 100.

Des devis estimatifs des lignes à établir.—La comparaison des devis et de la dépense effective des différents chemins montre assez combien il est difficile de calculer à l'avance les frais d'établissement des chemins de fer. Le tableau suivant fournit les éléments nécessaires pour établir cette comparaison.

TABLEAU COMPARATIF

DU COUT PRÉSUMÉ ET DES DÉPENSES RÉELLES DE CONSTRUCTION DES CHEMINS DE FER

Non compris le matériel pour les chemins belges seulement.

CHEMINS.	DÉSIGNATION DES LIGNES.	Longueur en kilomètres.	DATE de l'ouverture de la ligne en- tière.	DÉPENSE présumée d'après les devis.	DÉPENSE réelle d'après les comptes ren- dus.	DATE de l'arrêt de compte.
CHEMINS BELGES.	Bruxelles à Anvers. . .	48	1836	5 000 000	8 500 000	1839
					11 500 000	1852
	Malines à Ostende. . .	123	1839	8 000 000	15 000 000	1840
					19 000 000	1852
CHEMINS FRANÇAIS.	Bruxelles à Quiévrain..	84	1842	11 000 000	16 000 000	1842
					21 700 000	1852
	Braine-le-Comte à Na- mur.	81	1843	8 000 000	15 000 000	1845
					17 800 000	1852
	St-Germain (le Pecq)..	18	1837	3 200 000	11 000 000	1837
					19 500 000	1853
	Vernailles (rive droite).	18	1839	11 000 000	16 800 000	1839
	" (rive gauche).	17	1840	10 000 000	17 200 000	1845
	Paris à Orléans et Cor- beil.	133	1843	22 000 000	50 000 000	1814
					59 500 000	1852
CHEMINS ANGLAIS.	Paris à Lyon.	507	1854	200 000 000	300 000 000	1854
					137 500 000	1839
	Londres à Birmingham.	181	1838	66 500 000	149 000 000	1845
					64 000 000	1842
	Londres à Brighton. .	74	1841	28 000 000	66 000 000	1845
					20 000 000	1830
	Liverpool à Manchester.	50	1830	12 500 000	38 000 000	1845
					76 000 000	1842
	Manchester à Leeds. . .	82	1841	32 500 000	78 000 000	1845
					17 000 000	1839
CHEMINS ANGLAIS.	Londres à Greenwich. .	6	1839	10 000 000	25 000 000	1845
					160 000 000	1842
	" à Bristol. . .	190	1841	62 500 000	168 000 000	1845

Nous avons cru qu'il serait utile de donner le chiffre réel de la dépense, non-seulement à une époque récente, lorsque l'accroissement imprévu du trafic nécessite une augmentation de capital, mais encore au moment de l'ouverture ou à une époque rapprochée quand le trafic différerait moins de celui qui avait été supposé au devis.

Le chiffre de la dépense pour les chemins anglais et français a été emprunté aux comptes rendus des Compagnies, celui des chemins belges aux documents publiés par l'Etat.

L'estimation des dépenses pour l'établissement des railways que nous venons de nommer a été faite, à la vérité; à une époque où l'on ne possédait pas l'expérience acquise aujourd'hui de la construction des chemins de fer.

Il est probable que l'on ne commettra plus désormais les mêmes erreurs, et déjà, pour des lignes récemment construites (chemins de Paris à Strasbourg, de Nancy à Sarrebrück, de Metz à Thionville et de Bâle à Wissembourg), on s'est à peine écarté du chiffre des devis. Nous croyons toutefois utile de faire connaître quelles en ont été les causes principales en Angleterre, telles qu'elles se trouvent indiquées dans le résumé d'une enquête faite sur les chemins de fer de la Grande-Bretagne. En voici l'énumération :

1° Les difficultés rencontrées par les Compagnies pour obtenir l'acte de concession du Parlement, difficultés provenant surtout de la concurrence élevée de Compagnies formées dans un but unique d'opposition par les propriétaires des terrains. La dépense qu'il a fallu faire pour les lever a, pour certaines lignes, même d'une certaine longueur, atteint le chiffre de 75,000 fr. par kilomètre;

2° Les prétentions ridicules émises par les propriétaires de terrains; elles ont, dans certains cas, fait monter l'indemnité pour expropriation à 160,000 fr. par kilomètre;

3° Les folles dépenses faites par certaines Compagnies pour prolonger sans nécessité les chemins de fer dans l'intérieur des villes;

4° L'importance exagérée attachée à la réduction des pentes par certains ingénieurs, qui n'ont pas établi une juste proportion entre la dépense de construction et les frais d'exploitation;

5° La rapidité excessive avec laquelle ont été exécutés certains ouvrages auxquels on a travaillé, à grands frais, jour et nuit;

6° L'incertitude qui règne toujours sur la nature et sur l'importance des grands travaux de terrassement et des grands ouvrages d'art;

7° Les exigences du public relativement aux bâtiments et aux dépendances des stations;

8° L'augmentation subite de la main-d'œuvre et des matières premières par suite de la concurrence;

9° Le défaut d'expérience des ingénieurs et des administrateurs;

10° Le désir des fondateurs de quelques Compagnies de faire valoir l'affaire et de faciliter le placement des actions en réduisant sur le devis les charges de l'entreprise;

11° Les changements, quelquefois importants, apportés au projet après en avoir publié l'estimation;

12° Enfin l'omission dans plusieurs devis des dépenses que nécessite le matériel.

Les paragraphes 2°, 4°, 5°, 6°, 8°, 9°, 10° et 11°, s'appliquent au chemins français aussi bien qu'aux chemins anglais.

Frais généraux. — Pour mieux se rendre compte, du reste, des difficultés que présente l'appréciation des dépenses de construction d'un chemin de fer dans des terrains accidentés, et pour aider les ingénieurs dans l'établissement de leurs devis, reportons-nous à l'analyse de cette dépense présentée plus haut.

Frais d'études. — Le chiffre des frais d'étude classés sous un premier titre est de sa nature fort incertain.

Les études se composent principalement d'opérations sur le terrain, telles que nivellements, triangulation, sondages, tracés de lignes droites ou de lignes courbes, opérations qui sont plus ou moins multipliées, et qui deviennent plus ou moins longues suivant la configuration du terrain, les difficultés d'espèces différentes que peut présenter la division ou la concentration des propriétés, etc.

Les avant-projets envoyés à l'administration des ponts et chaussées pour accompagner une demande en concession doivent se composer de :

1° Un plan général à l'échelle de 1 à 10,000;

2° Un profil en longueur à l'échelle de 1 à 10,000 pour les longueurs, et de 1 à 500 ou à 1,000 pour les hauteurs;

3° Un cahier de profils en travers de 1 à 200 pour les longueurs et les hauteurs;

4° Un tableau du calcul des terrassements;

5° Un tableau des ouvrages d'art avec types de ces ouvrages;

6° Un détail estimatif du projet;

7° Un rapport à l'appui.

La dépense pour l'établissement de ces avant-projets est, en général,

1°	Dans des circonstances difficiles	de 200 fr. par kilomètre
2°	— ordinaires	de 150 —
3°	— faciles	de 100 —

Les études pour la rédaction du projet définitif, exigeant plus de soin que celles de l'avant-projet, et comprenant, en outre des différents plans, profils, tableaux et rapports ci-dessus énoncés, les plans parcellaires à l'échelle de un millièrne, et lithographiés à cent exemplaires, ainsi que le piquetage de la ligne, le bornage et le creusement des fossés de limites, sont naturellement plus dispendieuses¹.

Celles du chemin de Paris à Mulhouse ont coûté environ 1,400 fr.² par kilomètre. Ce chemin ayant 485 kilomètres de longueur, on a étudié le tracé sur un développement de plus de 1,000 kilomètres. Aux abords de la ville de Provins seulement, on a étudié des tracés dans huit directions différentes sur une longueur de 200 kilomètres.

Les études définitives du chemin de fer de Versailles depuis Asnières ont coûté de 30,000 à 35,000 fr., ce qui porte la dépense de 1,800 à 2,100 fr. par kilomètre.

Celles du chemin de la rive gauche sont revenues à 2,000 fr. environ par kilomètre.

Nos tableaux fournissent le chiffre des frais généraux, *par kilomètre*, pour un grand nombre de lignes construites. L'auteur des documents statistiques observe, du reste, avec raison que, pour se

¹ Voir, pour de plus amples détails, la circulaire du ministre des travaux publics aux préfets, relative à la rédaction des projets et avant-projets, en date du 14 janvier 1850.

² Sur ces 1,400 fr., 1,100 environ ont été dépensés pour les études proprement dites, et 300 fr. pour le levé et dessin des plans parcellaires, les extraits des matrices cadastrales et la confection des plans et des états indicatifs d'expropriation et préparation au bornage, ce dernier chapitre comprenant le tracé sur le plan parcellaire des emprises de terrains à exproprier et calculs des surfaces de ces terrains; copie en triple expédition de la minute de plan parcellaire, la fourniture des plans autographiés, les états parcellaires en double expédition, les états indicatifs des terrains en triple expédition, y compris le carton pour le dossier des enquêtes, le rigolage, piquetage et bornage des terrains à exproprier, et enfin la fourniture en double expédition d'extraits du plan parcellaire et des notes descriptives pour le bornage contradictoire dans les actes de vente.

Nous n'avons pas fait entrer dans ces frais d'étude le levé et les calculs des terrains à exproprier après le rigolage, la dépense pour estimation de terrains, la confection, la reliure et le cartonnage du dossier, et le bornage contradictoire des terrains acquis.

rendre un compte exact des frais généraux, il faut plutôt les comparer aux frais totaux d'établissement qu'aux frais par kilomètre, et il trouve qu'en prenant les chemins construits uniquement par les compagnies, ils représentent, en général, de 3 à 7 pour 100 de la dépense totale. La proportion de 5 pour 100, ajoute-t-il, paraît pouvoir être adoptée comme expression de la moyenne.

Les intérêts des capitaux pendant la construction, intérêts que l'on comprend souvent dans les frais généraux, devraient cependant être comptés à part, ainsi que la commission payée au banquier.

La dépense en intérêts est subordonnée, pour chaque ligne, au coût d'établissement, à la durée de la construction et aux taux de l'intérêt servi. Il serait donc assez difficile de l'apprécier à l'avance; aussi se borne-t-on à dire, dans les documents statistiques, qu'elle est généralement inférieure à 5 pour 100 du capital de premier établissement. Nous ajouterons qu'une Compagnie habile à faire valoir ses fonds peut la réduire aisément à 2 ou 3 pour 100.

La commission de banque, pour plusieurs de nos grandes lignes, a été considérable. Nous ne pensons pas toutefois qu'elle ait généralement dépassé $1/2$ pour 100 du capital versé; $1/4$ pour 100 devrait suffire.

Les frais pour personnel des ingénieurs, conducteurs de travaux, piqueurs, etc., et pour le loyer de leurs bureaux, ainsi que la fourriture, etc., s'élèvent de 7,000 à 20,000 fr. par kilomètre.

Ils dépassent rarement 10,000 fr.

Terrains. — Une autre nature de dépenses portées au devis, celles pour acquisitions de propriétés et indemnités pour dégâts ou dérangements, est, de toutes, la plus difficile à apprécier d'avance.

Ce n'est pas la valeur réelle des terrains traversés que payent les concessionnaires d'un chemin, mais une valeur de convention établie par un jury sur des bases variables. Comment, par exemple, estimer le montant de l'indemnité que réclame un propriétaire et qu'alloue un jury, pour le tort qui résultera de l'interposition d'un remblai devant les fenêtres d'un château, ou le percement d'une tranchée profonde au milieu d'un grand parc ?

Le devis approuvé par le gouvernement pour le chemin de Versailles, rive gauche, portait à 177,000 fr. le chiffre de l'indemnité

à payer pour les terrains de la barrière du Maine à Versailles ; la Compagnie a payé pour cet objet 3,016,000 fr.

Pour le chemin d'Orléans, le devis du gouvernement supposait que l'indemnité aux propriétaires ne dépasserait pas la somme de 1,500,000 fr. La Compagnie, pour la seule portion de Paris à Corbeil, a payé au delà de cette somme. L'indemnité pour la ligne entière a été de 8,491,000 fr.

Le jury, qui, aux environs de Paris, estimait les terrains pour le chemin de Mulhouse à un prix qui ne dépassait pas beaucoup la valeur vénale, le taxait en Alsace jusqu'à neuf fois cette valeur.

Le tableau suivant, emprunté aux documents statistiques, indique en même temps, pour un certain nombre de chemins français placés dans des conditions moyennes, la superficie des terrains occupés, le prix de revient de ces terrains et le prix moyen de l'hectare.

DÉSIGNATION DES LIGNES OU SECTIONS DE LIGNES.	LONGUEUR.	SUPERFICIE DES TERRAINS OCCUPÉS.		PRIX DE REVIENT DES TERRAINS.		PRIX MOYEN DE L'HECTARE.
		Totale.	par kilomètre.	Total.	par kilomètre.	
	kil.	hect.	hect.	fr.	fr.	fr.
Andrézieux à Roanne.. . . .	67	120	1,79	1,225,947	18,296	10,222
Gard.. . . .	89	287	3,22	1,754,097	19,709	6,124
Montpellier à Nîmes.. . . .	52	167	3,21	1,750,755	33,668	10,488
Orléans à Bordeaux.. . . .	461	1,615	3,51	12,069,555	26,181	7,459
Creil à Saint-Quentin.. . . .	102	389	3,81	4,044,973	39,657	10,409
Amiens à Boulogne.. . . .	123	467	3,41	5,089,515	41,378	12,134
Centre.. . . .	320	743	2,32	6,775,713	21,174	9,127
Dieppe et Fécamp.. . . .	51	198	5,90	1,813,378	55,856	9,117
Montereau à Troyes.. . . .	100	370	3,70	2,661,753	26,617	7,194
Tours à Nantes.. . . .	194	734	3,75	8,698,788	44,609	11,896
Lille à Dunkerque.. . . .	145	546	3,76	5,834,814	40,241	10,702
Frouard à Saarbruck.. . . .	122	532	4,36	4,383,794	35,533	8,242
Asnières à Argenteuil.. . . .	4	11	2,75	110,177	27,544	10,016
Totaux et moyennes.. . . .	1830	6,176	3,57	58,213,259	30,718	9,102

La dépense pour les terrassements dépend de la nature des terres à enlever et de la distance à laquelle on est obligé de les transporter.

Les frais de transport, en tant que l'on emploie les moyens

usités, sont faciles à calculer d'avance¹. Il n'en est pas de même de la fouille du terrain.

Lorsqu'il s'agit d'ouvrir des tranchées profondes, on commence toujours par reconnaître le terrain au moyen d'un certain nombre de puits plus ou moins profonds ouverts dans l'axe de la tranchée. Mais, d'un côté, en multipliant ces puits au delà de certaines limites, on augmente considérablement la dépense, et, de l'autre, pour peu qu'ils soient éloignés les uns des autres, il ne fournissent sur la nature du terrain que des indices fort peu certains.

Vient-on à rencontrer des terrains ébouleux et remplis d'eau, l'exploitation en est tellement difficile, les accidents auxquels on se trouve exposé dans ce genre de travail sont si fréquents, qu'il est à peu près impossible, même pour les hommes les plus expérimentés, d'établir le chiffre de la dépense.

Sur les chemins de Croydon, North-Eastern, Londres à Birmingham, Paris à Strasbourg, Paris à Lyon, Versailles rive gauche, et beaucoup d'autres, on n'a pu dessécher les parois de certaines tranchées qu'au moyen de travaux fort dispendieux d'établissement et d'entretien.

Les travaux dans les terrains tourbeux n'offrent pas moins d'incertitude, quant au montant des frais de percement, que ceux entrepris dans des terrains ébouleux et aquifères.

M. Julien, ancien ingénieur en chef du chemin d'Orléans, combattant le tracé du gouvernement, a déclaré qu'il lui était impossible d'apprécier d'avance l'étendue de la dépense à faire pour traverser la vallée tourbeuse de la Juine, que suivait ce tracé.

Sur les chemins de Liverpool à Manchester et de Glasgow à Garnkirck, on a dépensé des sommes énormes pour traverser de profonds marais. La dépense a de beaucoup dépassé les prévisions des ingénieurs.

Lorsqu'il s'agit de percements au lieu de tranchées, l'appréciation des dépenses est, on le conçoit, plus incertaine encore.

Travaux d'art. — L'estimation de la dépense pour les ouvrages en maçonnerie n'est également pas sans difficultés. C'est surtout

¹ Voir plus loin le tableau dressé par M. Brabant.

dans le calcul de celle des fondations que l'on est sujet à commettre de grandes erreurs.

Les travaux de construction des grandes lignes de chemins de fer devant être poussés avec plus d'activité que les travaux ordinaires et s'exécutant sur une plus grande échelle, il en résulte un renchérissement dans les prix de main-d'œuvre. Aussi est-on dans l'usage d'accorder aux entrepreneurs un supplément aux prix ordinaires. Ce supplément s'est élevé sur plusieurs lignes de 10 à 20 pour 100.

Pour les travaux souterrains et pour la construction des grands viaducs, on porte aussi un prix plus élevé que pour les travaux ordinaires.

Nos tableaux fournissent l'indication des dépenses pour terrassements et ouvrages d'art dans la plupart de nos chemins de fer. Celles d'un certain nombre de ces chemins placés dans des conditions moyennes se trouvent résumées dans le tableau suivant, emprunté aux documents statistiques.

DÉSIGNATION DES LIGNES OU SECTIONS DE LIGNES.	LONGUEUR.	DÉPENSES		DÉPENSES		DÉPENSES	
		EN TERRASSEMENTS.		EN OUVRAGES D'ART COURANTS.		EN TERRASSEMENTS ET OUVRAGES D'ART COURANTS.	
		Totales.	par kilom.	Totales.	par kilom.	Totales.	par kilom.
	kilom.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
Amiens à Boulogne . . .	123	5,473,859	44,503	2,072,212	17,009	7,566,051	61,512
2 ^e sect.	182	6,477,950	42,618	2,675,217	17,800	9,153,167	80,218
Paris à Strasbourg	105	4,978,513	47,412	1,332,622	12,691	6,310,935	40,103
3 ^e sect.	141	9,611,065	68,164	2,930,668	20,849	12,550,751	89,015
4 ^e sect.	52	1,824,298	35,082	941,045	18,077	2,765,343	53,179
5 ^e sect.	320	23,603,387	73,761	9,241,848	28,881	32,845,235	102,642
Centre	461	31,684,107	68,729	9,678,251	20,994	41,362,358	89,723
Orléans à Bordeaux . . .	195	20,787,106	106,601	5,124,840	26,281	25,911,946	132,882
Tours à Nantes							
Totaux et moyennes . . .	1,549	104,440,063	67,424	31,025,723	21,966	135,465,786	89,390

* L'importance des terrassements et des travaux de consolidation effectués sur cette section explique suffisamment l'élévation de ces dépenses.

Ce tableau fait ressortir la dépense moyenne par kilomètre:

Pour les terrassements, à 67,424 fr., variant de 55,082 fr., 5^e section de la ligne de Paris à Strasbourg, à 106,601 fr., ligne de Tours à Nantes;

Pour les ouvrages d'art courants, à 21,966 fr., variant de 12,691 fr., 3^e section de la ligne de Paris à Strasbourg, à 28,881 fr., ligne du Centre;

Pour les terrassements et les ouvrages d'art courants, à 89,390 fr., variant de 40,103 fr., 3^e section de la ligne de Paris à Strasbourg, à 132,882 fr., ligne de Tours à Nantes.

Il donne encore lieu de remarquer que la part des terrassements, dans la dépense totale pour terrassements et ouvrages d'art, est de 75 pour 100 en moyenne. Cette proportion semble augmenter ou diminuer, suivant que la dépense augmente elle-même ou diminue; ainsi elle est de :

68 p. 0/0	sur une dépense totale de 40,103 fr.	à 53,179 fr.	par kilomètre.
70 à 72 p. 0/0	—	60,218 fr. à 61,512 fr.	—
76 p. 0/0	—	89,013 fr. à 89,723 fr.	—
81 p. 0/0	—	132,882 fr. à	fr. —

Sur la ligne du Centre, dont la dépense par kilomètre est de 102,642 fr., la proportion des terrassements n'est, par exception, que de 73 pour 100.

Les dépenses moyennes indiquées au tableau ci-contre s'appliquent à des lignes ou sections de lignes à deux voies; pour obtenir la moyenne applicable aux sections à une voie, les ouvrages d'art étant exécutés pour deux voies, il conviendrait de diminuer d'environ $\frac{1}{5}$ la dépense des terrassements, ce qui porterait la moyenne à 75,905 fr., dont 53,939 en terrassements.

Le prix des ouvrages d'art exceptionnels est très-variable. Le grand pont de Nogent-sur-Marne et les viaducs entre lesquels il se trouve compris, dont la longueur, jointe à celle du pont, est d'environ 800 mètres, aura coûté 5,500,000 fr.

Le viaduc de la Voulzie, près de Provins, long de 486 mètres et haut de 17, avec fondations dans la tourbe à 15 mètres de profondeur, 2,200,000 fr.

Le grand viaduc de Chaumont, dont la longueur est de 600 mètres, et la hauteur maxima de 53 mètres, exécuté en moins d'une année avec une excessive rapidité, 5,600,000 fr.

Le viaduc de l'Indre (ligne de Tours à Bordeaux), long de 751 mètres et haut de 22 mètres, a coûté plus de 2,000,000 fr.

Le grand pont sur la Durance (ligne de Marseille à Avignon), long de 533 mètres, 3,000,000 fr.

Le grand pont sur le Rhône, long de 386 mètres, 6,000,000 fr.

Nous avons rassemblé, dans les documents joints à cet ouvrage, un certain nombre de données numériques qui aideront dans l'établissement des devis.

Il résulte de ces renseignements : 1° que des viaducs de 15 à 20 mètres de hauteur coûtent ordinairement de 100 à 150 fr. le mètre superficiel, fondation non comprise, et les viaducs très-élevés, de 150 à 250 fr.

La dépense pour les fondations peut, dans certains cas, augmenter très-sensiblement de prix de revient. A la Voulzie, près Provins, sur le chemin de Mulhouse, les fondations étant très-profondes et ayant présenté de grandes difficultés en exécution, le mètre superficiel, en ne tenant compte que de la dépense des maçonneries au-dessus du sol, a coûté 125 fr., et, en ayant égard à la dépense faite pour les fondations, 220.

2° Que des souterrains, pris dans les conditions les plus favorables des chemins bavarois pour les chemins à une voie, ont coûté de 250 à 500 fr. le mètre courant.

3° Que des souterrains beaucoup plus longs, dans de bons terrains pour le passage des chemins à deux voies, ont coûté de 500 à 1,000 fr. le mètre courant.

4° Que des souterrains, longs de 500 à 3,000 mètres, pour le passage à deux voies dans des terrains médiocrement difficiles, ont coûté de 1,000 à 1,500 fr.

5° Que des souterrains ouverts pour le passage à deux voies dans les conditions les plus difficiles (Blaisy, Chézy) ont coûté 2,300 à 2,450 fr.

Clôtures et maisons de garde. — Les clôtures du chemin se composent de poteaux de 1^m,40 de hauteur, espacés de 1^m,50, et réunis par trois lisses pour les parties les moins habitées, et de treillages en échelas pour celles où la population est plus dense. On compte pour les clôtures à trois lisses 45 centimes par mètre courant, et 75 centimes par mètre courant de clôture en échelas (marchés faits en 1854 pour le chemin de Paris à Mulhouse).

Soit le double par mètre courant de chemin.

La dépense pour les haies vives est de 80 centimes, y compris l'entretien pendant dix ans.

Les maisons de gardes coûtent en moyenne 3,500 fr. l'une. L'auteur des documents statistiques en compte 0,64 par kilomètre moyen, ce qui représente une dépense de 2,240 fr.

Les passages à niveau coûtent 1,200 fr. l'un, et on en compte en moyenne 3,68 par kilomètre.

Peu de Compagnies, continue le même auteur, ont isolé les dépenses d'établissement affectées à la pose du télégraphe électrique; mais ces dépenses sont de nature à être appréciées avec assez de certitude, à raison du peu de variations qu'elles subissent.

L'on sait, en effet, qu'un appareil de poste double coûte, accessoires et installation compris, 720 fr. environ; que l'acquisition, la préparation et la pose des poteaux coûte moyennement 150 fr. par kilomètre; qu'enfin l'acquisition, la préparation et la pose du fil et de ses accessoires, tels que godets, tendeurs, etc., coûtent moyennement 100 fr. par kilomètre¹.

L'on sait, d'autre part, qu'en général les Compagnies sont autorisées à poser leurs fils sur les poteaux établis par le gouvernement pour son propre réseau; que leurs appareils sont pour la plupart à poste-double.

Bâtiments des stations. — Les dépenses à faire pour les bâtiments d'exploitation comprennent celles pour les bâtiments de salles d'attente, remises de locomotives et de waggons, les ateliers, les maisons de gardes, etc. Elles peuvent être calculées d'avance avec assez d'exactitude.

La forme et les dimensions de ces bâtiments une fois données, on en établit aisément le devis.

Nous avons réuni, sous forme de documents, des renseignements intéressants sur les prix payés pour la construction de ces bâtiments en France dans différentes circonstances. Les stations extrêmes des grandes lignes sont revenues généralement à des prix fort élevés.

¹ Voir aux documents les détails des prix de revient d'un kilomètre de télégraphe électrique.

D'après M. Petit de Coupvray (*Annuaire des chemins de fer*, 1852-1853), les stations et les gares en Angleterre sont en général d'un genre plus simple que celles que nous construisons en France. On ne pourrait guère citer en Angleterre que cinq ou six de ces édifices sortant de la ligne ordinaire.

La station du grand chemin du London and North Western à Londres, construite dans ces derniers temps par M. William Cubitt et compagnie, sur les plans de M. Philippe Hardwick, est l'édifice le plus monumental de ce genre. Sa dépense s'est élevée à 3,750,000 fr., non compris le terrain, qui appartenait à la Compagnie, et les voies et annexes, qui existaient déjà.

A Londres, à l'exception du Terminus d'Euston et de celui du Great-Northern, les bâtiments des gares sont moins importants que ceux de nos grandes lignes à Paris. Dans les provinces, la dépense des bâtiments des stations représente quelquefois cependant un chiffre assez élevé. On peut citer comme dispendieuses les stations de :

Peterborough, qui a coûté	2,250,000 fr.
Chester, »	1,150,000
Cambridge, »	2,000,000
Ely, »	3,300,000
Stoke, »	1,000,000

Enfin voici quel a été, pour plusieurs chemins d'une importance secondaire non portés dans notre tableau, le montant de ce chiffre de dépense :

LIGNES.	DISTANCES MOYENNES entre les stations en kilomètres.	DÉPENSE par kilomètre.
Lancaster à Carlisle.	9	24,000 fr.
Chester.	9	26,000 »
Trent Valley.	8	26,000 »
Northampton à Peterborough. .	8	20,000 »
North Middland.	8	30,000 »
North Staffordshire.	6	20,000 »

Les différents prix indiqués ci-dessus ne comprennent pas la valeur des terrains sur lesquels ont été placés les bâtiments.

Établissement de la voie.— Quant aux frais d'établissement de la

voie, ils sont faciles à calculer : un tableau qui se trouve aux documents contient les détails du prix de revient d'un mètre courant de voie simple sur les chemins de Paris à Strasbourg, de Frouard à Forbach, Metz à Thionville, Strasbourg à Wissembourg et Paris à Orléans.

Ces prix comprennent le ballast employé pour le relèvement des voies pendant les deux premières années d'exploitation. M. Jullien, pour tenir compte de ce supplément de dépense, compte 3 mètres cubes de ballast par mètre courant de simple voie au lieu de 2^m,50.

Il ne faut pas oublier, lorsqu'on calcule les frais de construction d'un chemin de fer, d'ajouter à la longueur des voies principales celle des voies auxiliaires posées dans les gares, et de tenir compte du prix d'achat et de pose des changements de voies, plaques tournantes et chariots de service.

La longueur développée des voies dans les gares est très-variable. On trouve, dans le tableau analytique des frais de construction de nos grands chemins de fer et des chemins allemands, cette longueur pour ces différents chemins.

Sur le chemin d'Orléans, elle n'était, dans l'origine, que d'environ 11 pour 100 de la longueur des voies principales. C'est le développement du trafic qui a conduit à l'augmenter de telle façon, qu'elle est aujourd'hui, d'après notre tableau, au chemin d'Orléans, de 33 pour 100.

Au chemin de Strasbourg, on ne supposait pas, lorsqu'on fit le devis, qu'elle dût dépasser 10 pour 100 de la section de Paris à Nancy, et 5 pour 100 pour la section de Nancy à Strasbourg; mais on considérait alors une recette de 16,000,000 fr. pour la ligne entière comme un maximum, et cette recette a dépassé, en 1856, 37 1/2 millions.

Dans la seule gare de marchandises de la Villette, la longueur des voies accessoires posées pour le service des marchandises est (y compris les voies de garage qui s'étendent jusqu'à la gare de Paris) de 12,000 mètres; pour celui des ateliers de réparation des voitures, de 4,000 mètres, et de 1,400 mètres pour les remises de locomotives.

Dans la gare d'Épernay, la longueur des voies accessoires posées

pour le service de l'exploitation est de 1,500 mètres; elle est de 3,750 mètres environ pour le service des ateliers.

Dans la gare de Nancy, la longueur des voies accessoires est de 3,851 mètres, mais elle est insuffisante.

Dans la gare des voyageurs de Paris, elle est de 2,000 mètres; dans celle de Strasbourg, qui contient aussi des halles pour le service des marchandises, de 6,882 mètres; dans celle de Metz, de 4,600 mètres.

On diminue la dépense des voies de remisage en se servant pour ces voies, dans les remises de waggon, de rails du poids de 15 à 20 kilogrammes au lieu de ceux de 37 kilogrammes employés pour les voies principales.

Accessoires de la voie. — On trouvera aux documents le prix des changements de voie et croisements en place.

Les dépenses consacrées aux accessoires de la voie sont, d'après les documents statistiques, généralement comprises entre 5,000 fr. et 7,000 fr. par kilomètre sur les lignes à double voie; la moyenne qui résulte d'un grand nombre de documents est, en France, de 5,700 fr., nombre rond.

Cette dépense de 5,700 fr. se divise comme suit : plaques tournantes, 57 pour 100, variant de 52 à 68 pour 100; changements de voie, 29 pour 100, variant de 20 à 37 pour 100; signaux fixes et outillage de la voie, 14 pour 100, variant de 5 à 16 pour 100.

Ces chiffres ou proportions diffèrent peu de ceux qui résultent de l'étude de notre tableau, page 294. On remarque seulement que, dans la section de Paris à Meaux du chemin de Paris à Strasbourg, ils ont été considérablement dépassés, surtout en ce qui concerne la dépense en plaques tournantes, qui s'élève à 11,480 fr.

Cela tient à ce que dans cette section se trouve comprise la gare de la Villette, dont l'établissement a exigé un nombre énorme de plaques. La dépense faite pour les accessoires de la voie, dans cette section, ne doit donc pas figurer comme élément dans la comparaison générale des frais d'établissement d'un chemin à deux voies. C'est une dépense tout à fait exceptionnelle.

Pour un chemin à une voie, la proportion de la dépense en accessoires à celle de la voie serait, suivant l'auteur des documents,

de 5 pour 100, soit, moyennement, de 5,150 fr. par kilomètre.

Si le chemin est à une seule voie, on achète le terrain, on construit les ouvrages d'art et on ouvre les tranchées pour les deux voies; mais on ne construit les remblais établis par voie d'emprunt que pour une seule.

Le prix de la voie simple par mètre s'établit comme il est indiqué aux documents, en comptant toutefois 1/2 mètre cube de ballast en plus; la longueur des voies d'évitement est ordinairement d'un cinquième à un quart de la longueur totale du chemin.

Lorsque le tracé du chemin est très-sinueux et présente un grand nombre de courbes en tranchées et des souterrains, un cinquième ou un quart de double voie ne suffirait pas. Il faut poser la double voie dans toutes les parties de la ligne où les convois ne peuvent être aperçus d'une grande distance.

Les frais d'alimentation des machines sont variables. Le tableau page 204 en donne le chiffre. Les conditions topographiques et géologiques dans lesquelles le chemin se trouve établi, dit l'auteur des documents, ont une notable influence sur cette nature de dépenses. Elle est considérable sur la ligne de Paris à Lyon, dont la voie se trouve généralement placée à une grande élévation au-dessus des eaux et exige des machines à vapeur fixes sur beaucoup de points, tandis qu'elle s'abaisse pour la ligne du Nord, par exemple, qui se trouve établie à une faible élévation au-dessus des eaux.

Pour énoncer un chiffre, l'on peut admettre qu'une somme de 1,000 fr. par kilomètre serait suffisante pour faire face aux dépenses résultant de ce chiffre sur une ligne établie dans des conditions moyennes.

En France, les bâtiments pour voyageurs ont coûté, pour des gares exceptionnelles, telles que :

La gare terminale du chemin de Strasbourg à

Paris, avec le grand comble, environ. . . .	2,350,000 fr.
Gare terminale du chemin de Lyon à Paris. . .	2,300,000
Gare de Strasbourg.	800,000
— de Nancy, comble compris.	600,000
— de Metz, comble compris.	410,000
— d'Épernay, avec halle et grand buffet. . .	450,000

Les bâtiments de voyageurs, pour les stations intermédiaires de 1^{re} classe, couvrant un espace d'environ 400 mètres carrés, ont coûté, dans le voisinage de Paris, de 80,000 à 90,000 fr.; pour les stations intermédiaires de 2^e classe couvrant un

espace de 270 mètres carrés.	50,000 fr.
de 3 ^e cl. 250 —	40,000 fr.
de 4 ^e cl. 200 —	35,000 fr.
de 5 ^e cl. 140 —	25,000 fr.
de 6 ^e cl. 100 —	18,000 fr.

Nous n'avons compris dans cette dépense ni celle pour bâtiments affectés au service des marchandises, ni la dépense pour marquises couvrant les trottoirs ou pour abri.

L'auteur des documents statistiques compte, pour la dépense des bâtiments des stations de 1^{re} classe correspondant à nos stations hors ligne, 400,000 fr. en moyenne; pour celle des bâtiments des stations de 2^e classe correspondant à nos stations de 1^{re} classe, 100,000 fr., et pour celle des bâtiments des stations de 3^e classe correspondant à nos stations de même classe, 40,000 fr.

La dépense par kilomètre pour ces bâtiments, sur un chemin comme celui de Mulhouse, où les stations sont assez éloignées, où celles d'une grande importance sont rares, et où il n'y a pas de stations terminales proprement dites, varie de 12,000 à 14,000 fr. Sur des chemins comme ceux de Strasbourg et du Nord, où les stations sont plus rapprochées, plus grandes, et où l'on trouve de magnifiques stations terminales, elle atteint le chiffre de 52,000 fr.

Les bâtiments de grands ateliers, comme ceux établis à Épernay, y compris deux rotondes, bâtiments couvrant une surface de 20,300 mètres, coûtent 850,000 fr.

L'erreur que l'on commet souvent dans les devis des gares d'un chemin de fer provient de ce que l'on se méprend sur les dimensions qu'il convient de leur donner. Nous avons traité la question au chapitre du tracé et à celui des stations, et fourni des renseignements qui permettent de déterminer l'étendue totale de la gare et celle des différents bâtiments.

Ateliers. — La dépense faite pour l'outillage actuellement exis-

tant des grands ateliers d'Épernay s'élève à 476,015 fr., et se subdivise de la manière suivante¹ :

Atelier d'ajustage.	336,440 fr.
— des bandages de roues et forges.	67,825 »
— de ressorts et de la chaudronnerie.	25,200 »
— de montage.	46,650 »

Le chiffre de 476,015 fr. ne comprend que l'acquisition des outils; il faut ajouter environ 16 pour 100 pour l'installation comprenant les transmissions de mouvement, les fondations et la pose des machines-outils.

Les voies de fer et grandes plaques tournantes ne sont pas comprises dans cette dépense.

Pour compléter cet outillage, il faudrait dépenser encore 25,000 fr.

L'outillage actuellement existant des ateliers de Montigny, plus spécialement consacré à la réparation des waggons, a coûté 170,368 fr., se divisant de la manière suivante :

Outillage de l'atelier d'ajustage.	126,298 fr.
— des forges et montages.	28,750 »
— des waggons.	15,320 »

Il faut ajouter 16 pour 100 pour l'installation.

Pour compléter cet outillage, la dépense serait d'environ 16,000 fr.

L'outillage des ateliers de la Villette, affectés à la carrosserie, a coûté, abstraction faite des frais d'installation, 126,000 fr. Il faudrait dépenser 22,000 fr. pour le compléter.

En résumé, la dépense d'outillage des ateliers d'Épernay serait de. 501,000 fr.

De Montigny, de. 186,000

De la Villette, de. 148,000

Total pour les trois ateliers. 835,000 fr.

¹ L'outillage des ateliers d'Épernay, de Montigny et de la Villette, est resté sensiblement le même depuis la publication de la première édition, fin de 1855.

	REPORT.	835,000 fr.
Ajoutant 16 pour 100 pour frais d'installation, etc.		133,000
		<hr/>
TOTAL définitif.		968,000 fr.
soit en nombres ronds : 1,000,000 fr. ¹ .		

D'après les documents statistiques :

Les dépenses pour mobilier, qui comprennent le mobilier des gares et stations et l'outillage des ateliers, subissent l'influence de l'importance même des stations et ateliers. Il convient donc, pour rapprocher des chiffres comparables, de s'attacher, comme pour l'article précédent, à des lignes dépourvues de gares hors classes.

En opérant de même sur un ensemble de lignes ou sections de lignes comprenant plus de 2,000 kilomètres, on arrive à une moyenne de prix de revient par kilomètre de 2,540 fr., comprise généralement entre 1,500 fr. et 3,800 fr. Nous adopterons les moyennes approximatives de 2,700 fr. pour les lignes à deux voies, et 2,400 fr. pour les lignes à une voie.

Les chiffres constatés sur quatre lignes, comprenant ensemble plus de 1,000 kilomètres, font en outre ressortir la proportion des dépenses pour mobiliers des gares et stations à 35 pour 100 en moyenne; elle est respectivement de 30, 56, 37 et 46 pour 100 pour les lignes de Frouard à Saarbruck, du Centre, d'Orléans à Bordeaux et de Tours à Nantes.

Matériel roulant. — Le matériel d'exécution pour les terrassements ou les ouvrages d'art des chemins de fer, à l'exception des rails prêtés ou loués par la Compagnie, doit être, en général, fourni par les entrepreneurs, comme il l'a été au chemin de Strasbourg.

Mais, si l'on construisait des chemins de fer dans un pays où l'on ne trouverait pas d'entrepreneur outillé convenablement pour des travaux de ce genre, il ne faudrait pas oublier de porter au devis une certaine somme pour fourniture du matériel d'exécution.

La dépense pour le matériel d'exploitation des chemins est encore de la nature de celles que l'on peut aisément apprécier d'a-

¹ Voir les documents pour le détail de l'outillage.

vance : on sait ce que peuvent coûter une diligence, un waggon de marchandises, une locomotive. Les documents fourniront l'indication de ces différents prix.

Quant au nombre de locomotives ou de waggons réclamés par le service du chemin, on peut s'en rendre compte sans trop de difficulté.

Locomotives. — On connaît en effet à peu près *à priori*, d'après l'importance présumée du chemin, le nombre de convois réguliers de voyageurs et de marchandises qui devront circuler annuellement sur la ligne, et la distance qu'ils doivent parcourir. Y joignant celui des convois supplémentaires, ainsi que celui des convois conduits par deux ou trois machines, que l'on prévoit pouvoir être réclamés quelquefois par l'exploitation, et doublant ou triplant ce dernier, on aura le *nombre total de convois simples* circulant chaque année. Multipliant ce nombre par la distance totale à franchir par les convois, on aura le nombre total de kilomètres que devront parcourir annuellement toutes les machines ensemble.

Si donc on connaissait le nombre de kilomètres que peut parcourir annuellement chacune d'elles; on obtiendrait le nombre de machines nécessaires en divisant la première donnée par la seconde.

Or celle-ci peut se déduire facilement de la comparaison de divers chemins établis, connaissant pour chacun d'eux le nombre de locomotives, le parcours kilométrique de toutes ces machines ensemble, et en déduisant par division celui de chacune d'elles.

Malheureusement les comptes rendus des Compagnies ne fournissent pas toujours ce renseignement, ou ils ne renferment que des données incomplètes sur le parcours des machines. Nous avons suppléé à cette insuffisance des comptes rendus en nous adressant directement aux ingénieurs de nos principales lignes en exploitation, et nous avons dressé le tableau suivant avec les informations que nous nous sommes procurées auprès d'eux :

**Parcours des machines locomotives, y compris le parcours
des réserves à vide et le mouvement des gares.**

NATURE DES MARCHANDISES.	NORD. — Parcours moyen.	EST. — Parcours moyen.	ROUEN. — Parcours moyen.	ORLÉANS. — Parcours moyen.	LYON. — Parcours moyen.
	kilom.	kilom.	kilom.	kilom.	kilom.
Machines à voyageurs et mixtes.	26,290	28,575	18,319	26,034	23,609
Machines à marchan- dises.	30,223	37,900	34,510	28,855	28,304
Machines Crampton. .	46,250	52,375	»	»	»

OBSERVATION. — Les chemins de Rouen, d'Orléans, ne possèdent pas de Crampton.

On remarque, en étudiant le tableau ci-dessus, que, sur les chemins de l'Est et du Nord, qui sont les seuls de notre tableau qui les emploient, le parcours des machines Crampton dépasse de beaucoup celui des autres machines. Ainsi leur parcours moyen atteint 46,250 kilomètres sur le Nord, et 52,375 kilomètres sur l'Est. Cela tient à la grande rapidité de leur marche.

Le parcours moyen des machines à voyageurs marchant à une vitesse ordinaire, y compris le parcours des machines de réserve, est beaucoup plus faible, puisqu'il n'est que de 26,290 kilomètres sur le Nord, de 28,575 sur l'Est, et de 23,609 sur le chemin de Lyon.

Nous n'avons pu nous procurer le chiffre du parcours des machines de réserve à vide et des mouvements de gare aux chemins d'Orléans et de Rouen; mais le tableau suivant en donne le chiffre exact pour le chemin du Nord pour l'année 1853.

Ce relevé n'a pas été fait pour les années suivantes. Quant aux résultats d'ensemble pour 1856, tels par exemple que le parcours total moyen des machines, ils diffèrent peu de ceux indiqués pour 1853. Nous remarquons seulement qu'en 1856 le nombre des machines de gare avait considérablement augmenté. Il s'était élevé de 2 à 20, ce qui prouve l'utilité de ces machines.

PARCOURS DES MACHINES DU CHEMIN DE FER DU NORD
PENDANT L'ANNÉE 1853.

NATURE des MACHINES.	NOMBRE de machines.	TRAINS				MACHINES seules.	MOUVEMENTS de C A R R.	TOTAL.	MOYENNE PAR AN et par machine.		PARCOURS des trains - avant la mise en de l'exploitation.
		DE VOYAGEURS	DE MARCHANDISES	D'ÉTABLISSEMENT.	kil.				kil.	kil.		kil.
1° Petites machines de l'État. . .	4	7 444	6 601	9 828	kil.	1 326	322	25 621	6 430	kil.	
2° Crampton.. . . .	15	682 776	5 484	"	"	1 338	4 175	693 773	46 250		3 417 533
3° Machines à voyageurs et mixtes.. . . .	121	2 674 460	363 777	8 117		47 933	86 594	3 181 181	26 290		
4° Machines à marchandises. . .	86	17 991	231 9726	76 876		26 514	153 187	2 599 294	30 223		2 370 196
5° Machines de gare.	2	"	"	"	"	"	21 599	21 599	10 799		
Totaux.	228	3 382 671	2 695 588	94 821		77 111	271 177	6 521 368	28 617		5 787 729

Au chemin de l'Est, les machines de réserve à vide ont parcouru en totalité 154,000 kilomètres, sur lesquels les machines à voyageurs ont fait environ 70,000 kilomètres, et celles à marchandises 84,000 kilomètres.

Le service des gares fait par les machines des trains, puisque la Compagnie ne possède pas encore de machines de gare, représente un mouvement de 571,000 kilomètres, dont 150,000 kilomètres peuvent être attribués au service des voyageurs, et 221,000 kilomètres à celui des marchandises. Le service du ballast représente un parcours de 50,000 kilomètres.

Des données précédentes et des renseignements que nous avons recueillis, il résulte :

1° Que sur le Nord, le parcours moyen des machines Crampton attelées aux trains de voyageurs a été de 45,500 kilomètres ; celui des machines à voyageurs ordinaires attelées aux trains de voyageurs, de marchandises ou de ballast, a été de 25,175 kilomètres. et celui des machines à marchandises attelées aux trains de voyageurs, de marchandises ou de ballast, de 28,000 kilomètres.

Sur le chemin de l'Est, les parcours ont été :

Pour les Crampton attelées aux trains, de . .	49,000 kilom.
Pour les machines à voyageurs ou mixtes, de . .	25,500 —
Pour les machines à marchandises.	32,300 —

2° Que sur le Nord le parcours des machines de réserve à vide a été :

Pour les Crampton, environ les 0^m,002 du parcours des machines attelées ;

Pour les machines ordinaires ou mixtes, les 0^m,015 du parcours des machines attelées ;

Pour les machines à marchandises, les 0^m,010 du parcours des machines attelées.

Sur le chemin de l'Est, le parcours des machines de réserve à vide a été :

Pour les Crampton, machines ordinaires et mixtes, environ le 0^m,025 du parcours des machines attelées ;

Pour les machines à marchandises, le 0^m,045 du parcours des machines attelées.

3° Que sur le chemin du Nord le parcours dans les gares a été :
Pour les Crampton, environ les 0^m,006 du parcours des machines attelées ;

Pour les machines à voyageurs ordinaires et mixtes, 0^m,030 du parcours des machines attelées ;

Pour les machines à marchandises, 0^m,060 du parcours des machines attelées.

4° Que sur le chemin du Nord le service des gares a été fait, en outre, par deux machines de gare qui ont parcouru 24,599 kilomètres dans l'année, en sorte que, divisant le parcours total par le nombre de machines possédées par la Compagnie, y compris les deux machines de gare, on trouve, pour le parcours total des machines dans les gares, 271,000 kilomètres, soit environ 0^m,04 du parcours des machines attelées.

Sur le chemin de l'Est, le parcours dans les gares a été, pour toutes les machines, environ les 0^m,08 du parcours des machines attelées.

Le parcours des réserves à vide et le parcours dans les gares sont donc sensiblement plus considérables au chemin de l'Est qu'au chemin du Nord. Cela tient, d'une part, à ce que les machines, qui, sur le chemin de l'Est, font le service des rampes, reviennent toujours à vide, d'autre part, au grand nombre de trains marchant avec deux machines, dont l'une revient nécessairement à vide ; et enfin à l'importance des manœuvres dans certaines gares.

Sur le chemin de Rouen, le service est organisé de telle façon, que le nombre de kilomètres parcourus par les machines de réserve et dans le service des gares est peu considérable. Il est également assez faible sur le chemin d'Orléans.

De l'avis d'un grand nombre d'ingénieurs expérimentés, les locomotives ont fait sur le chemin de l'Est un service excessif ; la Compagnie a été forcée, par l'augmentation subite et imprévue du trafic, d'en accroître le travail au delà des proportions convenables. Aux chemins du Nord et d'Orléans, le travail des locomotives à voyageurs, quoique moins grand que sur celui de l'Est, a été considérable.

Nous pensons que, pour ne pas fatiguer outre mesure le matériel, il ne faut pas faire parcourir aux machines à voyageurs ordi-

naires et mixtes plus de 24 à 25,000 kilomètres par an, et plus de 22 à 23,000 kilomètres lorsqu'elles sont attelées aux trains, ce qui fait 66 kilomètres par jour dans le premier cas, et 65 kilomètres dans le second.

Au chemin de Rouen, où la traction est faite par un entrepreneur à forfait, le parcours total des locomotives à voyageurs n'a pas dépassé 18,319 kilomètres. Il est vrai que le travail des locomotives à marchandises a été considérable. Pour ces dernières, on doit compter un cinquième en sus du travail des locomotives à voyageurs ordinaires. Il y a quelques années, le travail moyen des locomotives à voyageurs dépassait rarement 18,000 kilomètres par an, et celui des locomotives à marchandises 20,000 kilomètres¹. M. le docteur Lardner, dans un ouvrage publié en 1850, regarde comme un tour de force le travail moyen de toutes les locomotives du Great-Northern railway s'élevant à 25,000 kilomètres par an.

Lors de la première année d'exploitation d'un chemin de fer, le matériel étant entièrement neuf, on pourra dépasser la moyenne indiquée; mais, quand le matériel sera usé, on sera souvent exposé à rester au-dessous.

On devra aussi la réduire quand au service d'une grande ligne vient s'ajouter celui d'embranchements d'une petite longueur, où le nombre des convois étant peu considérable, force à employer les machines dans de mauvaises conditions.

La locomotive en service faisant chaque jour des trajets de 180 à 200 kilomètres, c'est-à-dire à peu près le triple du trajet moyen, on doit en conclure que deux machines sont en réparation pour une en feu, ou, en d'autres termes, que chaque machine ne travaille, en moyenne dans l'année, que pendant quatre mois.

Ces données sur le parcours des locomotives suffisent pour calculer, par approximation, le nombre de machines nécessaires à l'exploitation d'un chemin de fer sur lequel on aura déterminé, par hypothèse, le nombre des trains de voyageurs et de marchandises nécessaires pour un certain trafic.

Le matériel du service ordinaire ainsi fixé, si, certains jours de l'année, comme au chemin de Versailles, par exemple, on est obligé

¹ Voir l'ouvrage de M. Teisserenc.

de transporter des masses extraordinaires de voyageurs, il faut, outre le matériel du service ordinaire, un matériel supplémentaire pour les jours de fêtes, dont la dépense augmente considérablement les frais de premier établissement. Pour apprécier l'importance de ce matériel, on détermine le nombre des machines qui doivent être mises en feu ces jours-là, et on suppose qu'une partie plus ou moins considérable, le quart, par exemple, ne pourra être mis en état de marcher pour ces solennités, ou qu'il devra rester en réserve.

Quelques ingénieurs, pour déterminer le nombre de locomotives nécessaires à un chemin de fer, ont suivi une autre marche que celle que nous venons d'indiquer. Ainsi ils ont admis que l'exploitation d'une ligne considérable par son trafic exige l'emploi de trois machines locomotives par myriamètre; cependant ce nombre a été dépassé aux chemins du Nord et de Strasbourg. Le premier possédait, en 1855, 287 machines pour 710 kilomètres exploités, ou 4 machines par myriamètre, et le second 248 machines pour 682 kilomètres, soit 3 machines $\frac{6}{10}$ par myriamètre. Le nombre des machines, ainsi que celui des kilomètres exploités sur l'un et sur l'autre chemin a augmenté depuis lors; mais, une partie du matériel construit étant destinée au service de lignes en construction, on ne peut tirer aucune conclusion utile du rapprochement de ces nouveaux chiffres.

Sur des chemins d'une importance moindre, le nombre de machines par myriamètre est descendu à 2 et même au-dessous. Au chemin de Troyes à Montereau, par exemple, on a fait le service avec 16 machines pour 100 kilomètres, soit une machine $\frac{6}{10}$ par myriamètre.

Le nombre des machines s'obtient d'une manière beaucoup plus précise en divisant le nombre total des kilomètres parcourus pendant l'année par les nombres que nous avons indiqués.

Waggons. — Si maintenant nous passons à la détermination du nombre de *waggons de toute espèce* nécessaires pour le transport des voyageurs ou pour celui des marchandises en service ordinaire, nous devons commencer par chercher, comme nous l'avons fait pour les machines :

1° Le parcours kilométrique annuel de l'ensemble des waggons ;

et, pour cela, il suffit évidemment de multiplier le parcours total déjà connu des convois simples par le nombre moyen de waggons entrant dans la composition de chaque convoi ;

2° Le parcours moyen annuel d'un waggon, que l'on déduira, comme pour les machines, de l'exemple des chemins établis.

Ces deux quantités étant connues, on aura, en les divisant l'une par l'autre, le nombre de waggons nécessaires à l'exploitation.

Mais le service des waggons ne peut malheureusement pas se régler aussi facilement que celui des locomotives, ce qui rend la solution du problème beaucoup plus difficile pour les waggons que pour les locomotives.

Les exigences du commerce, qui varient beaucoup sur les différentes lignes, nécessitent le stationnement plus ou moins long des waggons de marchandises dans les gares, ce qui diminue leur parcours. La longueur du trajet que font ces waggons en moyenne chaque jour, et qui n'est pas à peu près constant, comme pour les locomotives, exerce également une grande influence sur le temps perdu au chargement ou au déchargement, et, par suite, sur le parcours journalier.

Nous allons toutefois indiquer le parcours moyen des voitures et waggons à marchandises sur les chemins du Nord, d'Orléans et de l'Est. Si l'on ne peut pas en tirer des conséquences absolues, on pourra, du moins, se faire une idée des limites entre lesquelles varie la longueur du parcours des waggons sur les grandes lignes en France.

Le tableau suivant résume ces parcours.

PARCOURS MOYEN DES VÉHICULES DE DIFFÉRENTES ESPÈCES.

NATURE DES VÉHICULES.	NORD.	EST.	ORLÉANS.	ROUEN.	LYON.
Voitures et wagons à voyageurs.					
Voitures de cérémonie. . .	1 261	"	"	"	
Salons.	3 092	"	"	"	
1 ^{re} classe.	44 325	"	53 727	"	56 698
Mixtes.	27 757	"	28 785	"	
2 ^e classe.	32 191	"	33 531	"	38 599
3 ^e classe.	22 875	"	40 406	"	47 445
Fourgons à bagages. . .	51 918	"	60 015	"	66 225
Trucks à équipages. . .	9 104	"	12 568	"	49 174
Écuries.	12 198	"	19 094	"	20 654
Wagons à lait.	29 643	"	26 519	"	8 079
Wagons-poste.	56 506	"	"	"	"
Parcours moyen. . .	31375	37 150	38 885	29 470	"
Wagons à marchandises.					
Wagons bergeries. . . .	22 131	"	18 559	"	"
à bois.	13 131	"	"	"	"
à pierre.	8 268	"	"	"	"
à bestiaux.	18 017	"	34 557	"	9 493
à coulisses.	25 521	"	"	"	20 823
plats longs.	14 166	"	18 029	"	10 682
tombeaux.	19 309	"	"	"	10 820
à sable.	5 355	"	"	"	"
à houille.	13 593	"	"	"	"
à coke.	6 352	"	"	"	"
plats divers.	15 259	"	"	"	"
de secours.	448	"	"	"	"
à plaques tournantes.	4 873	"	"	"	"
maringottes.	"	"	26 428	"	27 656
à farines.	"	"	11 350	"	"
à frein.	"	"	"	"	24 991
Parcours moyen. . .	14 791	20 000	27 539	20 641	"

On voit, en étudiant ce tableau :

1° Que le parcours moyen de tous les véhicules employés dans les trains de voyageurs sur les trois grandes lignes portées dans ce tableau n'a pas été de moins de 29,000 kilomètres par an, et de plus de 39,000 kilomètres ;

2° Que le parcours moyen minimum des wagons à marchandises

a été de 14,791 kilomètres (chemin du Nord), et le parcours moyen maximum de 27,539 kilomètres (sur le chemin d'Orléans).

Ces parcours ont été d'autant plus grands, que les distances moyennes pour le transport des marchandises à petite vitesse ont été plus grandes, puisque ces distances ont été, pour une tonne de marchandises, de 161 kilomètres sur le chemin du Nord, de 160 sur celui de l'Est, et de 199 sur le réseau d'Orléans.

3° Que le parcours des fourgons à bagages, qui entrent dans la composition de tous les trains, a été plus grand que celui d'aucun autre véhicule, puisqu'il a atteint près de 52,000 kilomètres sur le chemin du Nord, et 60,000 sur le réseau d'Orléans.

4° Que le parcours des voitures de 1^{re} classe, qui entrent exclusivement dans la composition des convois à grande vitesse, est sensiblement plus grand que celui des voitures de 2^e et de 3^e classe.

5° Que les waggons de terrassement et les trucks à équipages, qui ne marchent qu'accidentellement, sont de tous les véhicules ceux qui font le moins de parcours.

6° Que le parcours moyen des waggons à marchandises est, comme on devait s'y attendre, très-variable.

Le nombre moyen de kilomètres parcourus par les véhicules de différentes espèces connu, il faut aussi se rendre compte de la composition moyenne d'un convoi. C'est ce qu'indique le tableau suivant pour différents chemins.

COMPOSITION MOYENNE D'UN CONVOI.

DESIGNATION DES VÉHICULES.	COMPAGNIE DU NORD.		COMPAGNIE DE L'EST.		COMPAGNIE DE ROUEN.		COMPAGNIE D'ALSACE.		COMPAGNIE D'ORLÉANS.		COMPAGNIE DE LYON.		COMPAGNIE BELGE.	
	Nombre de wagons par convoi.	pour cent.	Nombre de wagons par convoi.	pour cent.	Nombre de wagons par convoi.	pour cent.	Nombre de wagons par convoi.	pour cent.	Nombre de wagons par convoi.	pour cent.	Nombre de wagons par convoi.	pour cent.	Nombre de wagons par convoi.	pour cent.
Voitures de 1 ^{re} classe.	1,71	19	1,50	»	1,49	13	1,31	11	1,39	15	1,34	12	1,84	16
Id. de 2 ^e classe.	2,17	26	2,80	»	3,41	29	1,96	17	2,39	27	1,88	17	2,56	23
Id. de 3 ^e classe.	1,98	22	6,00	»	1,54	13	2,67	22	1,37	15	1,94	18	3,60	33
Total des voitures.	5,86	66	10,30	»	6,44	55	5,94	50	5,15	57	5,16	47	8,00	72
Wagons à bagages.	2,16	25	»	»	0,43	4	2,00	17	0,91	9	»	»	1,06	9
Id. divers.	0,77	9	»	»	5,00	41	3,89	33	3,19	34	5,61	53	2,14	19
Total des wagons.	2,93	34	»	»	5,43	45	5,89	50	4,10	43	5,61	53	3,20	28
Report des voitures.	5,86	66	10,30	»	6,44	55	5,94	50	5,15	57	5,16	47	8,00	72
	8,79	100	»	»	11,87	100	11,83	100	9,25	100	10,77	100	11,20	100

OBSERVATIONS. — Il n'y a qu'aux Compagnies de l'Est et de Lyon que nous ayons pu obtenir des chiffres récents sur la composition moyenne des trains. Pour les autres Compagnies, les données prises dans l'ouvrage publié par M. Taisserand sont anciennes, mais elles suffisent en regard au but que nous nous sommes proposé.

Comme il faut aussi calculer le matériel en raison du nombre de voyageurs à transporter, et que les voitures ne sont jamais entièrement pleines, nous donnons ci-contre un tableau des places offertes et des places occupées sur différents chemins.

Enfin, pour aider à déterminer la quantité de matériel nécessaire à l'exploitation d'un chemin de fer, nous indiquons dans un nouveau tableau (page 338) le matériel en locomotives et véhicules de différentes espèces de plusieurs Compagnies, le travail total de ce matériel mesuré par le nombre de convois, le nombre de kilomètres parcourus par chaque espèce de convois, le nombre de kilomètres parcourus par les machines seules, le nombre de voyageurs et de tonnes transportés à un kilomètre, le parcours moyen d'un voyageur et d'une tonne de marchandises.

TABLEAU DES PLACES OFFERTES ET DES PLACES OCCUPÉES PAR CONVOI.

DESIGNATION DES CLASSES.	COMPAGNIE DU NORD.			COMPAGNIE DE L'EST.			COMPAGNIE DE ROUEN.			COMPAGNIE D'ALSACE.			COMPAGNIE D'ORLÉANS.			COMPAGNIES BELGES.		
	Places offertes.	Places occupées.	Rapport.	Places offertes.	Places occupées.	Rapport.	Places offertes.	Places occupées.	Rapport.	Places offertes.	Places occupées.	Rapport.	Places offertes.	Places occupées.	Rapport.	Places offertes.	Places occupées.	Rapport.
1 ^{re} classe. . .	41,04	18,10	2,26	36,0	11,0	3,27	35,76	—	—	39,30	3,57	11,00	33,76	29,10	3,62	55,20	8,69	6,35
2 ^e classe. . .	65,10	22,35	2,91	84,0	18,0	4,67	102,30	64,40	2,80	56,80	13,26	4,43	71,70	76,80	21,33	76,80	21,33	3,60
3 ^e classe. . .	84,61	37,62	2,25	240,0	102,0	1,37	46,20	—	—	80,10	34,17	2,34	41,10	30,45	1,35	108,0	48,98	2,20
	190,78	78,07	2,45	360,0	131,0	2,75	184,26	64,40	2,80	178,20	51,00	3,50	146,56	59,55	2,40	240,00	79,00	3,03

OBSERVATIONS. — La Compagnie de l'Est a pu seule nous fournir des renseignements récents; les autres sont empruntés à l'ouvrage de M. Teisserenc.

FRAIS DE CONSTRUCTION.

TABLEAU DU NOMBRE DE LOCOMOTIVES ET DE VÉHICULES
SUR DIFFÉRENTS CHEMINS.

NATURE DU MATÉRIEL.	COMPAGNIE du Nord.	COMPAGNIE de l'Est.	COMPAGNIE d'Orléans.	COMPAGNIE de Lyon.
Nombre de machines.				
Crampton.....	15	12	"	"
Voyageurs.....	121	79	139	57
Mixtes.....	86	14	46	56
Marchandises.....	2	75	62	12
Gares.....		"	"	"
Voitures des trains de voyageurs.				
Cérémonies.....	1	"	"	1
Salons.....	5	1	"	"
1 ^{re} classe.....	142	94	139	70
Mixtes.....	51	40	34	12
2 ^e classe.....	193	200	202	110
3 ^e classe.....	263	284	218	161
Fourgons à bagages.....	179	160	123	74
Trucks à équipages.....	59	46	62	50
Écuries.....	65	69	60	40
Wagons à lait.....	25	"	13	15
Wagons-poste.....	8	"	"	6
Voitures des trains de marchandises.				
Wagons-bergeries.....	50		60	"
» à bois.....	150		"	2
» à pierres.....	156		"	"
» à bestiaux.....	532		1528	445
» à coulisses.....	251		"	1028
» plats longs.....	544		599	178
» tombereaux.....	75		"	65
» à sable.....	189		"	220
» à houille.....	1103	3359	"	2
» à coke.....	303		72	"
» plats divers.....	1273		"	"
» à plaques tournantes.....	2		12	"
» maringottes.....	"		"	"
» à farines.....	"		225	382
» à freins.....	"		10	"
» de secours.....	17	9	"	150
Parcours total des machines.				
à voyageurs.....	3 801 930 ^k	2 995 212 ^k	3 809 315 ^k	2 011 622 ^k
à marchandises.....	2 620 793	2 274 409	2 192 216	1 040 469
Parcours total des trains.				
de voyageurs.....	3 417 533 ^k	2 620 573 ^k	3 216 648 ^k	1 959 524 ^k
de marchandises.....	2 370 196	1 784 570	2 154 883	965 716
Parcours moyen				
d'un voyageur.....	51	71	78	92
d'une tonne de marchandises.....	161	169	199	193,5
Voyageurs transportés à 1 kil.	242 230 000	176 181 332	223 752 399	167 888 692
Tonnes de marchandises, id.	189 940 205	139 413 279	152 471 857	89 439 514

Le matériel de ces différents chemins est faible, comparé au trafic. Il convient, du reste, en général, de commander un matériel excédant les besoins plutôt que de s'exposer à se trouver renfermé dans des limites trop restreintes. Toutes nos grandes Compagnies ont perdu des recettes considérables faute de matériel.

Il nous reste maintenant, pour compléter l'analyse que nous avons entreprise des dépenses qui composent le prix de construction des chemins de fer, à parler du montant de celles qui concernent les approvisionnements, le contentieux et l'imprévu.

Approvisionnements. — La dépense pour approvisionnements ne peut donner lieu à des erreurs bien graves. On la calculera facilement, en admettant qu'il suffit de posséder en magasin ou sur les chantiers la quantité de coke et de matériaux nécessaire aux besoins d'un service actif pendant plusieurs semaines.

Contentieux. — Les frais de contentieux, souvent considérables, sont beaucoup plus sujets à variations.

Frais imprévus. — Les frais imprévus doivent être estimés à un dixième de la dépense totale; ce n'est pas leur faire une part trop large dans un devis aussi difficile à établir que celui d'un chemin de fer.

La revue que nous venons de passer des éléments du prix d'établissement des chemins de fer confirme ce fait énoncé en commençant ce chapitre, que si quelques-uns peuvent être facilement calculés d'avance, d'autres, au contraire, et ce sont les plus importants, ne sauraient être appréciés avec exactitude. Comment donc s'étonner des erreurs commises par les ingénieurs dans des estimations aussi difficiles et aussi variées, lorsqu'on voit si souvent les architectes se tromper dans le simple devis d'une maison?

DES MARCHÉS A PASSER POUR L'EXÉCUTION DES CHEMINS DE FER.

Marchés à forfait. — *Bien des personnes pensent qu'on peut éviter des mécomptes en passant des marchés à forfait pour la totalité de l'exécution.*

Il est très-important de combattre cette opinion, dont la pratique a démontré la fausseté.

Les administrateurs des Compagnies sont, en général, fort enclins

à passer des marchés à forfait, parce qu'ils croient, de cette manière, se mettre à l'abri de toute responsabilité.

* C'est un moyen commode pour eux de se décharger des soins de l'exécution, mais très-préjudiciable, selon nous, aux intérêts bien entendus des actionnaires, et par lequel on les induit souvent dans de très-graves erreurs.

Qu'arrivera-t-il, en effet, si l'on traite à forfait avec un entrepreneur unique pour l'exécution d'un chemin, dont le capital est considérable, comme l'a été, par exemple, celui du chemin de Strasbourg à Bâle ? Ou l'entrepreneur se sera donné une grande latitude dans l'estimation de la dépense, et il réalisera d'énormes bénéfices ; ou, trop hardi dans sa soumission, il aura dépassé de beaucoup ses prévisions ; ou, enfin, la dépense s'éloignera peu de ses devis, et son bénéfice sera modéré ou sa perte tolérable.

Dans le premier cas, les actionnaires éprouveront un préjudice que l'on aurait pu éviter.

Dans le second, la fortune de l'entrepreneur deviendra insuffisante, et il abandonnera les travaux, ou, ce qu'il y a de plus probable, il suscitera à la Compagnie de tels embarras, qu'elle se trouvera conduite à la résiliation du traité sans indemnité et avec restitution du cautionnement, car il est toujours dangereux d'entamer un procès avec un entrepreneur puissant. Le succès est fort problématique, les travaux en sont toujours retardés, et les Compagnies sages évitent, à tout prix, de pareils débats devant les tribunaux.

Dans le dernier cas, le traité peut être considéré comme avantageux pour la Compagnie et pour l'entrepreneur ; mais on conçoit que, vu l'incertitude que présentent les estimations des travaux d'un chemin de fer, ce ne sera pour ainsi dire que par hasard et bien rarement que, plus habile que les ingénieurs les plus expérimentés, l'entrepreneur sera parvenu à déterminer, à peu près exactement, les frais de construction. Un entrepreneur prudent escomptera toujours cette incertitude à son profit, et ne consentira à traiter qu'à des prix fort élevés.

Ce que nous avançons, il nous serait facile de le prouver par de nombreux exemples. Nous n'en citerons cependant qu'un petit nombre.

Le chemin de Strasbourg à Bâle a été entrepris par M. Nicolas

Kœchlin, au prix de 40 millions. Il est impossible de savoir exactement quel a été le bénéfice de M. Kœchlin sur cette affaire; mais, à considérer la nature des travaux à exécuter et le prix accordé pour ces travaux, on croira difficilement que le bénéfice n'ait pas été considérable; et cependant le chemin livré à la Compagnie était loin d'être parfait, loin surtout d'être complet. Les contestations entre M. Kœchlin et la Compagnie ont été nombreuses : nous ne prétendons pas nous en faire juge; encore moins critiquerons-nous une œuvre qui sous tant de rapports fait honneur aux ingénieurs qui l'ont accomplie; mais nous ne pouvons nous empêcher de nous poser cette question :

Les administrateurs du chemin de Bâle à Strasbourg auraient-ils passé un marché à forfait pour l'exécution de ce chemin, s'ils eussent prévu que, malgré ce marché, ils auraient à créer, à côté du capital souscrit primitivement par les actionnaires, un nouveau capital d'emprunt, pour compléter leurs ateliers, loger leurs employés et reconstruire une partie de leur matériel? Il est permis d'en douter.

Le chemin de Blesmes à Gray a été entrepris à forfait. La Compagnie de l'Est, qui a fait un traité à forfait en achetant le chemin, s'est trouvée forcée de le résilier par la crainte de voir l'exécution de ses travaux considérablement retardée et par celle des procès dont les entrepreneurs la menaçaient. Elle les a évincés en leur payant une indemnité considérable.

Il en a été de même de la Compagnie de l'Ouest (Suisse) pour le chemin d'Yverdon à Morges et à Lausanne.

Ces deux chemins, celui de Blesmes et celui de Lausanne, auront, tous comptes réglés, coûté fort cher.

Il y a deux manières de traiter à forfait pour l'exécution d'un chemin de fer.

1° On annexe au traité un devis explicatif des travaux à exécuter;

2° On traite sans devis explicatif, à cette seule condition que le chemin sera reçu par l'administration des ponts et chaussées comme satisfaisant aux obligations du cahier des charges.

Le premier mode a été adopté pour l'achèvement du chemin de Versailles (rive gauche).

Dans ce cas, tout ouvrage qui n'est pas prévu au devis est payé séparément, et le principal avantage que l'on prétendait retirer du traité à forfait disparaît.

Peut-être objectera-t-on qu'il est facile d'éviter ce surcroît de dépense en stipulant dans le traité que tout ouvrage non prévu au devis, et cependant nécessaire à l'établissement du chemin, sera exécuté aux frais de l'entrepreneur.

Les arbitres nommés pour décider des contestations entre la Compagnie et l'entrepreneur à forfait ne s'arrêtent jamais à la lettre des conventions ; ils les interprètent toujours en faveur de l'entrepreneur, surtout si celui-ci est assez adroit pour leur persuader que l'opération lui est onéreuse. Les Compagnies, en cas de procès, sont presque toujours sacrifiées, et l'entrepreneur a toutes les chances de bénéfices en sa faveur sans courir les chances de perte.

C'est ce qui est arrivé à la Compagnie de Versailles (rive gauche), qui a dû payer 800,000 fr. à M. Séguin pour travaux imprévus, bien que le traité stipulât formellement que ces travaux devaient être à la charge de l'entrepreneur.

En vain les administrateurs du chemin, qui s'étaient rendus personnellement garants de toute dépense excédant le chiffre du forfait, avaient-ils consulté pour la rédaction du traité trois de nos plus célèbres avocats, MM^{es} Chaix d'Est-Ange, Ph. Dupin et Bethmont.

La Compagnie du chemin de fer de Lyon à Genève avait divisé ses travaux en plusieurs lots, et traité à forfait pour chacun de ces lots. Elle a été forcée de résilier tous ces marchés à son grand préjudice, à l'exception d'un seul, celui passé avec MM. Parent et Brassey, pour l'exécution du souterrain du Crédo.

Le traité à forfait avec devis descriptif a aussi l'inconvénient d'exposer à des procès souvent très-graves, lorsqu'il devient nécessaire d'apporter en cours d'exécution des modifications à des plans qu'il est bien difficile d'arrêter complètement. Ces modifications sont, dans tous les cas, payées fort cher à l'entrepreneur, et ont pour conséquence le surcroît de dépenses que l'on voulait éviter en traitant à forfait.

Pour le chemin de Bâle à Strasbourg, c'est le second mode de traité à forfait qui a obtenu la préférence.

Il ne présente cependant pas moins d'inconvénients que le précédent.

Quelles garanties offre-t-il en effet à la Compagnie de la bonne exécution des travaux ?

Toutes les fois qu'un chemin est construit à forfait par un entrepreneur unique, riche et tout-puissant, à qui les moyens ne manquent pas pour séduire les employés subalternes de la Compagnie, il est bien difficile, quelles que soient les conventions faites, d'échapper à la fraude, de se préserver des malfaçons, et cela devient pour ainsi dire impossible si le traité n'est pas accompagné d'un cahier des charges indiquant tous les travaux à exécuter et déterminant leur mode d'exécution.

La réception des chemins par les ingénieurs de l'État se fait ordinairement avec une indulgence excessive. Elle ne porte d'ailleurs que sur des ouvrages dont on ne peut visiter que l'extérieur. Que les terres composant un remblai glaiseux aient été imparfaitement desséchées, et qu'on ait négligé de les pilonner, que la chaux employée pour la construction d'un travail en maçonnerie soit de mauvaise qualité, que les bois invisibles d'une charpente soient viciés ou qu'ils aient été mal assemblés, les ingénieurs chargés de la réception des travaux ne peuvent pas évidemment s'en apercevoir.

L'entrepreneur, nous dira-t-on, garantit ses ouvrages pour une année, pour deux années même. Garantie illusoire ! L'expérience a prouvé que, sur la plupart des grandes lignes de chemins de fer, les éboulements des talus glaiseux mal établis ne s'étaient manifestés que trois ou quatre ans après l'ouverture du chemin ; et des ouvrages en maçonnerie ou en charpente, bien que manquant de solidité, peuvent résister plusieurs années de suite.

Le tracé des chemins de fer ne pouvant être déterminé à l'avance, puisque la Compagnie doit le soumettre à l'approbation de l'État, il arrive quelquefois que l'entrepreneur à forfait combat auprès du gouvernement les tracés proposés par la Compagnie, donnant toujours la préférence aux tracés les plus économiques de construction, tandis que la Compagnie recherche les plus productifs. Ce cas s'est présenté pour le tracé du chemin de Blésme à Gray, aux abords de

la ville de Chaumont. Les raisons abondent par conséquent pour repousser les marchés à forfait.

On nous opposera peut-être encore, comme argument en faveur des marchés à forfait, l'exemple du chemin de Rouen, construit à forfait avec le double avantage de la rapidité et de l'économie.

Nous répondrons que le marché passé pour l'exécution du chemin de Rouen n'est pas un véritable marché à forfait, puisque l'ingénieur en chef était libre d'accorder aux entrepreneurs toute indemnité qui lui paraissait équitable, et que les entrepreneurs acceptaient l'arbitrage suprême de cet ingénieur. Le conseil d'administration s'était, dans ce cas, tout simplement démis de son pouvoir en faveur de son ingénieur, avec lequel les entrepreneurs ont eux-mêmes traité de confiance. La Compagnie ne se trouvait en aucune manière garantie de tout mécompte par ce marché; et, si l'on consulte le tableau des prix de revient, en se souvenant que le chemin de Rouen n'a pas été dans l'obligation de construire une tête de gare coûteuse comme celle d'Orléans, on reconnaîtra que les travaux, bien que moins solidement exécutés que ceux du chemin d'Orléans, n'ont pas été moins dispendieux.

Si, du reste, le traité à forfait doit être repoussé, c'est surtout lorsqu'il est proposé par les fondateurs d'une Compagnie à leurs associés, ces fondateurs devenant eux-mêmes entrepreneurs tout en restant administrateurs.

Quelque honnêtes que l'on suppose les administrateurs d'une entreprise, il est impossible qu'ils se dérobent à l'influence qu'exercent sur eux des collègues plus adroits et plus expérimentés.

Quelques lignes (Bâle, Montereau, Lyon à la Méditerranée, Dijon à Besançon, Blesmes à Gray) exécutées à forfait ont été, pour une partie des administrateurs, un objet de spéculation.

En Angleterre, on n'a généralement exécuté à forfait que des travaux partiels et assez limités. Il en a été de même en Belgique.

En Allemagne, les travaux de chemins de fer ont été exécutés sur séries de prix.

Marchés sur séries de prix. — Le mode exclusivement adopté pour l'exécution des travaux par l'administration, en France, et

par plusieurs Compagnies importantes, celles du Nord, d'Orléans, de l'Est, de Lyon et du Midi, a été celui sur séries de prix.

On convient alors, avec les entrepreneurs, de certains prix débattus pour chaque nature d'ouvrage. On leur paye, par exemple, un prix déterminé pour la fouille et charge d'un mètre cube de telle nature de terre ou de roche bien déterminée; pour la construction d'un mètre cube de maçonnerie en moellons; d'un mètre cube de maçonnerie en pierre de taille; pour le transport à une distance déterminée d'un mètre cube chargé en tombereau ou en waggon, etc., et on règle leurs comptes après estimation du travail exécuté.

L'établissement des séries de prix est une opération d'une grande importance, qu'il ne faut confier qu'à des ingénieurs expérimentés et connaissant bien les prix dans les localités où ils travaillent.

Le choix des entrepreneurs exerce une grande influence sur le succès du marché.

Les marchés sur séries de prix n'exposent pas à des mécomptes aussi grands que ceux à forfait; il ne faudrait pas croire toutefois qu'ils permettent de faire une estimation très-exacte de travaux même bien déterminés.

Les ingénieurs et les entrepreneurs, au moment des règlements, ne sont jamais d'accord sur l'interprétation des séries. Les entrepreneurs élèvent toujours des prétentions que les arbitres, même les plus impartiaux, ne repoussent jamais complètement. L'entrepreneur qui fait fortune n'est pas celui qui fait exécuter les travaux au meilleur marché possible, c'est le plus souvent celui qui fait valoir des prétentions avec le plus d'adresse auprès des arbitres. C'est le meilleur avocat plus encore que le meilleur praticien.

Quelquefois pressé par l'obligation de terminer rapidement les travaux, on laisse certains prix, tels que ceux des matériaux, indéterminés. Dans ce cas, l'ingénieur en chef doit faire disparaître les inconnus dans le plus bref délai possible, s'il ne veut rester à la discrétion des entrepreneurs.

Les travaux étant exécutés sur séries de prix, convient-il de les confier à un seul entrepreneur ou de les diviser entre un nombre plus ou moins grand d'entrepreneurs? C'est une question qui a été

agitée dans le sein des conseils d'administration de plusieurs grandes lignes.

Dans certains cas, il vaut incontestablement mieux partager les travaux entre plusieurs entrepreneurs. On peut, de cette manière, en faisant agir convenablement la concurrence, parvenir à une réduction dans les prix que l'on n'obtiendrait pas d'un entrepreneur unique. Le système d'un entrepreneur unique présente d'ailleurs une partie des inconvénients inhérents aux forfaits. La Compagnie des chemins de fer de l'Est a cru devoir néanmoins traiter, pour l'exécution du chemin de Paris à Mulhouse, avec un entrepreneur unique, parce que, obligée de construire le chemin dans un délai très-court, elle a pensé qu'elle atteindrait plus facilement ce but avec un entrepreneur intelligent et puissant, qui d'ailleurs lui était parfaitement connu, qu'avec plusieurs entrepreneurs moins expérimentés et moins bien outillés. Ajoutons que cet entrepreneur, désireux d'attacher son nom à ce grand travail, a consenti un rabais inespéré, différant peu de celui qu'offraient de petits entrepreneurs. Cette Compagnie n'eût probablement pas traité avec tout autre entrepreneur, qui eût présenté moins de garanties et surtout qui n'aurait pas eu précédemment avec elle des relations aussi satisfaisantes. Nous devons aussi faire observer qu'elle a distrait de ce marché un certain nombre de travaux qui ne nécessitaient pas l'intervention d'un grand entrepreneur, tels que les maisons de gardes, les bâtiments des stations, les hangars, clôtures, etc.

Aujourd'hui, les Compagnies entreprenant d'immenses travaux, dont la surveillance, du reste, est d'autant plus difficile que ces travaux s'étendent sur un plus grand espace, l'intervention des grands entrepreneurs semble nécessaire et obtient ordinairement la préférence.

L'État passe généralement les marchés par voie d'adjudication. Il obtient souvent de cette manière de grands rabais; mais ces rabais sont parfois excessifs, et les entrepreneurs, ruinés, abandonnent les travaux. Les Compagnies choisissent leurs entrepreneurs, et fixent les prix avec eux à l'amiable; ou, si elles recourent à l'adjudication, elles n'admettent au concours que des entrepreneurs placés au premier rang pour la capacité et pour la solvabi-

lité. Il est reconnu aujourd'hui que ce dernier système est préférable au premier.

Écartant les entrepreneurs qui feraient des prix trop faibles, aussi bien que ceux qui en feraient de trop élevés, les Compagnies opèrent dans de meilleures conditions que l'État. Les travaux sont mieux exécutés, et souvent, tous comptes faits, ils sont moins coûteux.

Des moyennes du prix de construction des chemins de fer. — Il ressort suffisamment de l'examen auquel nous nous sommes livré précédemment, du prix de revient d'un certain nombre de chemins de fer, que l'on ne saurait avoir confiance dans les moyennes lorsqu'il s'agit de déterminer sérieusement la dépense d'établissement d'une grande ligne de chemin de fer.

Les moyennes, lorsqu'on ne leur attribue que leur juste valeur, n'en sont pas moins utiles pour fixer les idées dans les discussions générales, et même pour guider dans l'étude préalable et rapide que l'on est quelquefois obligé de faire de certains projets.

Nous avons vu que la moyenne des frais de construction était pour

Les chemins anglais, de.	530,000 fr.
Les chemins français, de.	391,000
Les chemins belges faits par l'État, de.	270,000
Les chemins allemands, de.	201,000
Les chemins américains, de.	96,500

La moyenne pour les grandes lignes établies en France (Nord, Paris à Strasbourg, Paris à Lyon, Paris à Orléans, Paris au Havre, Lyon à la Méditerranée) est d'environ 463,000 fr.

La dépense s'est répartie à peu près de la manière suivante :

Administration, frais généraux, etc.	17,000 fr.
Achats de terrain.	65,000 »
Terrassements et travaux d'art.	150,000
Bâtiments des stations, ateliers, dépenses diverses, etc.	48,000 »
Pour la double voie, y compris l'ensablement ainsi que les voies accessoires, plates-formes et changements de voie.	122,000 »
Matériel d'exploitation.	61,000 »
TOTAL.	463,000 fr.

Pour trois lignes de moindre importance, les chemins de Nancy

à Sarrebruck, Metz à Thionville, Strasbourg à Wissembourg, en supposant la double voie posée, la dépense moyenne par kilomètre a été de 258,000 fr., répartis comme il suit :

Administration, frais généraux, etc.	10,000 fr.
Achats de terrain.	57,000 »
Terrassements et travaux d'art.	70,000 »
Bâtiments, ateliers et dépenses diverses.	22,000 »
Pour la double voie, y compris l'ensablement ainsi que les voies accessoirs, plates-formes et changements de voie.	92,000 »
Matériel roulant.	27,000 »
TOTAL.	258,000 fr.

En n'admettant qu'une seule voie, la dépense serait de 30,000 fr. moindre, soit de 228,000 fr.

Toutes les grandes artères, en France, sont exécutées ou sur le point de l'être; nous n'avons plus à estimer, comme l'a fait M. Jullien, ce que pourraient coûter de nouvelles lignes de cette importance; mais il reste encore un grand nombre de voies moins productives à établir. On peut les diviser en deux classes : les voies d'une importance à peu près égale à celle de la ligne de Paris à Mulhouse, et celles d'un produit un peu moins élevé, telles, par exemple, que les chemins de Blesmes à Gray, Dijon à Besançon, etc., etc.

En admettant que celles de la première classe seraient établies avec des rails du poids de 37 à 38 kilogrammes, comme les grandes artères à une seule voie, dans les conditions de pentes et de rayons de courbures généralement admises aujourd'hui (voir le chapitre du tracé), et celles de la seconde classe, avec des rails de 30 kilogrammes seulement¹; nous pensons que les chemins de la première classe ne coûteront généralement que 280,000 fr., soit :

En frais généraux, personnel, etc.	10,000 fr.
Terrains.	35,000 »
Travaux de terrassements et travaux d'art, clôtures, haies vives.	115,000 »
Bâtiments, ateliers et dépenses diverses.	20,000 »
Voie simple ballastée, voies accessoires, d'évitement, de garage.	70,000 »
Matériel roulant.	30,000 »
TOTAL.	280,000 fr.

¹ Si les pentes sont trop fortes, il vaut mieux, même sur les chemins de deuxième classe, employer des rails de 37 kilog.

Ce prix est sensiblement plus élevé que le prix moyen des trois chemins de Nancy à Metz, Metz à Thionville et Strasbourg à Wissembourg, en supposant le prix d'une seule voie (228,000 fr.); mais il ne faut pas oublier que deux de ces chemins, ceux de Thionville et de Wissembourg, ont été établis dans des circonstances exceptionnellement favorables, les rails de ces chemins ayant été achetés à des prix très-faibles, et ceux du chemin de Wissembourg ne pesant que 30 kilogrammes, les travaux étant de peu d'importance et le matériel roulant n'étant calculé que pour un trafic inférieur à celui de Mulhouse. Le prix moyen ainsi établi est à peu près celui du chemin de Nancy à Metz.

Ceux de seconde classe coûteraient environ 210,000 fr. ainsi répartis :

Frais généraux et personnel.	10,000 fr.
Terrains.	25,000 »
Travaux d'art et terrassements.	80,000 »
Bâtiments, ateliers et dépenses diverses.	15,000 »
Voie simple ballastée, voies d'évitement, voies de garage et accessoi- res de la voie.	55,000 »
Matériel roulant.	20,000 »
TOTAL.	205,000 fr.

C'est à peu près le prix de revient des chemins allemands.

Nous avons supposé la dépense faite pour les achats de terrains inférieure à celle admise pour les chemins de première classe, parce que nous avons admis que le pays traversé par le chemin de fer était moins riche, moins peuplé; celle pour les travaux d'art a été également réduite, dans l'hypothèse que l'on adopterait des pentes plus fortes et des rayons de courbures plus petits. Le matériel roulant a été proportionné au trafic présumé.

L'auteur des documents statistiques, sans faire de distinction entre les chemins à une voie de 1^{re} et de 2^e classe, établit le prix de revient d'un chemin à une voie, dans des conditions moyennes, de la manière suivante :

Frais généraux.	11,399 fr.	ou 5 p. 100 de la dépense	
Acquisition de terrains pour deux voies.	30,718 »	13,5	[totale.
Terrassements et ouvrages d'art pour deux voies.	75,905 ¹ »	55,5	
Voie de fer et accessoires.	65,850 ² »	28,9	
Gares et dépendances.	10,000 ³ »	4,4	
Dépenses diverses.	10,103 ⁴ »	4,4	
Matériel roulant.	24,000 »	10,5	
	227,975 fr.	100,00	

C'est, à 25 fr. près, le prix moyen des chemins de Nancy à Saarbruck, Metz à Thionville, et Strasbourg à Sarrebourg, en ne supposant qu'une voie unique.

La répartition de la dépense est aussi à peu près la même.

Pour une ligne à deux voies, dans des conditions moyennes, nous trouvons dans les documents statistiques le prix de revient suivant :

Frais généraux.	16,486 fr.	ou 5 p. 100 de la dépense	
Acquisition de terrains.	30,718 »	9,3	[totale.
Terrassements et ouvrages d'art.	89,590 ⁵ »	27,1	
Voies de fer et accessoires.	120,700 ⁶ »	36,6	
TOTAL.	257,294	78,00	

¹ Dont, en terrassements, 53,939 fr. ou 71 pour 100, et, en ouvrages d'art, 21,966 fr. ou 29 pour 100.

² Dont, pour la voie de fer, 62,700 fr. ou 95 pour 100, et, pour les accessoires, 3.150 fr. ou 5 pour 100.

La dépense pour la voie de fer se subdivise elle-même en ballast, 17 pour 100; pose, 7 pour 100; voie proprement dite, 76 pour 100.

La dépense pour les accessoires se subdivise elle-même en plaques tournantes, 57 pour 100; changements de voie, 29 pour 100; signaux fixes et outillage de la voie, 14 pour 100.

³ Dont, en gares de 1^{re} classe, 5,000 fr. ou 50 pour 100; en gares de 2^e classe, 1,900 fr. ou 19 pour 100; en gares de 3^e classe, 3,600 francs ou 38 pour 100.

⁴ Dont, en clôtures, maisons de garde et passages à niveau, 6,500 fr. ou 64 pour 100; en mobilier, 2,400 fr. ou 24 pour 100; en alimentation de machines, 1,000 fr. ou 10 pour 100, et, pour le télégraphe électrique, 203 fr. ou 2 pour 100.

La dépense pour clôtures, maisons de garde et passages à niveau, se subdivise elle-même en clôtures, 49 pour 100; maisons de garde, 38,5 pour 100; passages à niveau, 13,5 pour 100.

La dépense pour le télégraphe électrique se subdivise elle-même en pose du fil, 50 pour 100; appareils, 50 pour 100.

⁵ Dont, en terrassements, 67,424 fr. ou 75 pour 100, et, en ouvrages d'art, 21,966 fr. ou 25 pour 100.

⁶ Dont, pour la voie de fer, 115,000 fr. ou 95 p. 100, et, pour les accessoires,

REPORT.	257,294	78
Gares et dépendances.	14,000 ¹ »	4,2
Dépenses diverses	10,418 ² »	3,2
Matériel roulant.	48,060 »	14,6
ENSEMBLE.	329,772 fr.	100,00

Nous terminerons ce chapitre en faisant observer qu'en créant le capital présumé nécessaire à la construction d'un chemin de fer, il ne faut pas oublier qu'un chemin ne doit pas être considéré comme entièrement terminé, parce que la voie a pu être livrée au public. Le capital des chemins de fer exploités ne s'est-il pas sensiblement accru depuis le jour de leur mise en exploitation, soit par suite d'accidents arrivés aux ouvrages d'art ou aux travaux de terrassements, accidents dont on ne saurait se garantir entièrement que par des dépenses excessives³, soit aussi parce que l'exploitation fait naître des besoins imprévus d'agrandissement et d'amélioration?

Il ne faut pas, du reste, s'effrayer de l'énorme dépense qu'entraîne l'établissement des chemins de fer, quand on songe aux immenses produits de leur exploitation.

5,700 fr. ou 5 pour 100. Les dépenses pour la voie de fer et pour les accessoires se subdivisent elles-mêmes comme il est indiqué à la note 3.

¹ Dont, en gares de 1^{re} classe, 7,000 fr. ou 50 pour 100; en gares de 2^e classe, 1,680 fr. ou 12 pour 100; en gares de 3^e classe, 5,320 fr. ou 38 pour 100.

² Dont, en clôtures, maisons de garde et passages à niveau, 6,500 fr. ou 62 pour 100; en mobilier, 2,700 fr. ou 26 pour 100; en alimentation des machines, 1,000 fr. ou 10 pour 100, et, pour le télégraphe électrique, 218 fr. ou 2 pour 100.

La dépense pour clôtures, maisons de gardes et passages à niveau, se subdivise elle-même comme il est indiqué à la note 4.

La dépense pour télégraphe électrique se subdivise également en pose de fil, 85 pour 100, et appareils, 15 pour 100.

³ Si un ingénieur calculait toujours les dimensions de ses ouvrages de manière à éloigner toute chance d'accident, il risquerait de se jeter dans des dépenses excessives. Aussi doit-il, tout en restant dans les limites de solidité raisonnables, attendre pour exécuter certains travaux que le temps en ait démontré la nécessité. Dans la construction des canaux, par exemple, on ne cherche pas à rendre les talus étanches dès l'ouverture. Ce n'est que lorsque les fuites se manifestent que l'on y remédie.

AVIS AU RELIEUR

POUR LE PLACEMENT DES CARTES, TABLEAUX ET PLANCHES

Carte des chemins anglais, planche 1.	28
— belges, planche 2.	30
— français, planche 3.	32
— allemands, planche 4.	36
— américains, planche 5.	40
Les grands tableaux anglais, français, belges et allemands.	293
Tranchée de Clamart, planche 6.	371
Le viaduc du val Fleury, planche 7.	428
Le pont d'Offenbourg, planches 8 et 9.	438
Le viaduc de Nogent, planche 10.	439
— planche 11.	450
Le viaduc de Chaumont, planche 12.	450

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS CE VOLUME

I

PRÉFACE DE LA PREMIÈRE ÉDITION.	I
PRÉFACE DE LA DEUXIÈME ÉDITION.	V
PLAN DE L'OUVRAGE.	VII

CHAPITRE PREMIER. — COMPARAISON DES VOIES DE COMMUNICATION.

Routes.	2
Canaux.	4
Rivières.	25

CHAPITRE II. — HISTORIQUE DES CHEMINS DE FER.

Chemins en Angleterre.	28
— en Belgique.	30
— en France.	32
— en Allemagne.	36
— aux États-Unis.	40
— au Canada.	44
— en Hollande.	44
— en Russie et en Pologne russe.	45
— en Italie.	49

— en Sardaigne, en Piémont, et en Savoie.	50
— en Suède et en Norvège.	52
— en Danemark.	53
— en Suisse.	53
— en Espagne.	55
— à l'île de Cuba.	56
— en Portugal.	57
— en Turquie.	57
— en Grèce.	58
— en Algérie.	58
— en Égypte.	59
— au Brésil.	59
— au Chili.	59
— en Australie.	60
— dans l'Inde.	60
— à la Nouvelle-Grenade.	61
— aux États-Unis du Mexique.	61
— en Asie.	61
De la longueur des chemins de fer établis comparée à la surface des principaux pays.	62

CHAPITRE III. — NOTIONS GÉNÉRALES SUR LA DISPOSITION DES VOIES EN FER, SUR LES MOTEURS QUI Y SONT EMPLOYÉS ET SUR LES AVANTAGES DES CHEMINS DE FER AU POINT DE VUE TECHNIQUE.

Disposition des voies.	63
Moteurs.	68
Avantages des chemins de fer au point de vue technique.	70

CHAPITRE IV. — DU TRACÉ DES CHEMINS DE FER.

Considérations générales qui président à l'étude des tracés.	77
Tracés directs.	80
Parcours partiel sur diverses voies de transport.	81
Parcours moyen d'un voyageur.	84
Parcours kilométrique d'un voyageur et d'une tonne de marchandises.	85
Chemin de Manchester à Crewe.	86
Transport des grosses marchandises sur les chemins de fer belges en 1844.	86
Mouvement des marchandises sur la ligne de Paris à Strasbourg, pendant l'année 1854.	88
Mouvements partiels pendant le même temps.	89
Tracés des vallées et des plateaux.	91
Emplacement des gares extrêmes.	94

Gares communes.	98
Pentes et rayons de courbure.	99
Passages à niveau.	113
Gares de rebroussement.	114
Souterrains.	115
Compensation des déblais.	116
Influence du vent et des neiges.	116
Conditions stratégiques.	118
Étude proprement dite.	118
Calcul du bénéfice.	119
Comparaison des tracés au point de vue de la spéculation.	121
Limites de courbure.	124
Limites de pente.	126
Étendue des gares et dimensions de la voie.	133
Étendue des gares.	133
Dimensions de la voie.	139
Chemins anglais exploités en 1853.	140
Du tracé de quelques chemins de fer remarquables.	150
Chemins à pentes faibles.	152
De Paris à Lille, Valenciennes, Boulogne (chemin du Nord).	152
Chemin de Paris à Rouen.	162
— de Lyon à Avignon.	164
— d'Avignon à Marseille.	168
— de Mulhouse.	174
— de Paris à Saint-Germain et de Paris à Auteuil.	176
— de Dublin à Kingstown.	180
— de Londres à Birmingham.	182
— de Midland-Counties-Railway.	184
— de Great-North-Railway.	185
— de North-Midland-Railway.	185
— de Londres à Bristol.	186
— de Versailles.	188
— du Nord en Autriche.	190
— de Vienne à Gloggnitz.	190
— de Munich à Augsbourg.	191
— Badois.	191
Chemins à pentes moyennes.	193
Chemin de Rouen au Havre.	193
— de Paris à Lyon.	196
— de Paris à Orléans.	206
— de Paris à Strasbourg.	209
— de ceinture.	216
— de Londres à Brighton.	218
— de Londres à Douvres (South-Eastern-Railway).	219
— de Liverpool à Manchester.	219
— de Manchester à Leeds.	221
— de Newcastle à Carlisle.	221

Chemin de Malines à Cologne.	222
Tableau des inclinaisons et des longueurs correspondantes du chemin de Malines à Cologne.	226
Tableau comparatif des courbes par leurs rayons, leur nombre et leur développement moyen.	227
Chemin de l'Ouest (Suisse).	228
Chemins à fortes pentes.	230
Chemin de Birmingham à Gloucester.	230
— de Hetton.	231
— de Darlington à Stockton.	232
— de Cromford à Peakforest.	234
— de Saint-Étienne à Audresieux et à Roanne.	234
— de Saint-Étienne à Roanne.	237
— d'Alais à Beaucaire.	238
— de Vienne à Tricast.	241
— Saxo-Bavarois (section de Neuenmarkt à Marktschorgast).	244
— de Brunswick à Harzbourg.	249
— de Stuttgart à Ulm.	250
— Central Suisse.	251
— du Nord-Est suisse.	255
— du Sud-Est suisse.	256
— du Jura industriel.	258
— de Turin à Gènes.	258

CHAPITRE V. — FRAIS DE CONSTRUCTION DES CHEMINS ÉTABLIS ET RÉDACTION DES DEVIS POUR LES CHEMINS À CONSTRUIRE.

Prix de construction des chemins établis.	266
Chemins anglais.	267
— français.	274
— allemands.	276
— belges.	284
— américains.	286
Classification des dépenses.	289
Chemins anglais (tableau).	293
— français —	295
— belges —	296
— allemands —	295
Des devis estimatifs des lignes à établir.	307
Tableau comparatif du coût présumé et des dépenses réelles de construction des chemins de fer.	307
Frais généraux.	309
Frais d'études.	309

DES MATIÈRES.	735
Terrains.	311
Travaux d'art.	313
Clôtures et maisons de gardes.	316
Bâtiments des stations.	317
Établissement de la voie.	318
Accessoires de la voie.	320
Ateliers.	322
Matériel roulant.	324
Locomotives.	325
Parcours des machines locomotives, y compris le parcours des réserves à vide et le mouvement des gares.	326
Parcours des machines du chemin du Nord pendant 1853.	327
Wagons.	331
Parcours moyen des véhicules de différentes espèces.	333
Composition moyenne d'un convoi.	335
Tableau des places offertes et des places occupées par convoi.	337
Tableau du nombre de locomotives et de véhicules sur différents chemins.	338
Approvisionnements.	339
Contentieux.	339
Frais imprévus.	339
Des marchés à passer pour l'exécution des chemins de fer.	339
Marchés à forfait.	339
Marchés sur séries de prix.	344
Des moyennes du prix de construction des chemins de fer.	347

II

CHAPITRE VI. — DES TRAVAUX DE TERRASSEMENT ET DES TRAVAUX D'ART.

Creusement des tranchées.	355
Différents modes de déchargement.	356
Déchargement à l'anglaise.	356
Pont de décharge.	358
Suite du creusement.	359
Transport des terres.	362
Dépense pour le transport d'un mètre cube de terre ou de ballast, pesant environ 1,600 kil.	369
Tranchée de Clamart.	371
Tranchée de Pont-sur-Yonne.	372
Tranchée du Dockemberg.	374
Tranchée de Charmoille.	375
Inclinaison des talus.	375
Assèchement des tranchées.	376

Pierrée en amont.	376
Mur en pierres sèches.	377
Méthode Sazilly.	378
Méthode des collecteurs.	380
Méthode Lalanne.	382
Consolidation du Steinberg.	382
Détermination des bancs de suintement.	385
Caniveaux d'assainissement.	388
Assèchement d'un terrain sablonneux.	390
Revêtement des talus.	392
Banquettes.	392
Cuvettes.	392
Assèchement de la tranchée de Soultz.	393
Description du système de consolidation de M. Daigremont.	395
Creusement des tranchées de drainage.	396
Pose des tuyaux de drainage.	397
Comblement de la tranchée de drainage.	398
Fossés supérieurs.	398
Précautions à prendre contre l'engorgement des tuyaux.	399
Établissement de drains transversaux.	399
Drainage de la plate-forme.	400
Couche aquifère sous la plate-forme.	402
Inclinaison des talus des tranchées.	403
Comparaison des différents procédés.	405
Reconstruction des talus éboulés dans les tranchées.	408
Construction des remblais.	414
Reconstruction des remblais éboulés.	418
Causes des éboulements de remblais.	418
Ouvrages d'art.	421
Ponts ou viaducs de différentes natures.	421
Combinaisons diverses.	425
Ponts ou viaducs en bois.	425
Ponts ou viaducs en pierre.	437
Ponts en fonte.	430
Ponts ou viaducs en tôle ou en fer forgé.	431
Ponts en fer et fonte.	441
Ponts suspendus.	442
Procédé de fondation tubulaire.	445
Fondation avec pieux à vis.	445
Fondation avec pieux et palplanches en fonte.	446
Fondations à l'aide du vide.	446
Fondation à l'aide de l'air comprimé.	447
Ponts tournants.	454

DES MATIÈRES.

735

Souterrains.	455
Construction de la chaussée.	465

CHAPITRE VII. — ÉTABLISSEMENT DE LA VOIE.

Description.	465
Rails et accessoires.	465
Nature du bois pour traverses.	468
Forme des traverses.	469
Nature du métal pour les rails.	469
Forme des rails.	471
Rails à champignons.	472
Dimensions et poids des rails.	481
Dispositions des joints.	482
Assemblage du rail et du coussinet.	483
Assemblage des coussinets et de la traverse.	485
Assemblage des rails à patin et des traverses.	485
Éclisses.	485
Rails en bois et fer.	488
Rail Brunel.	489
Rails employés aux États-Unis.	491
Différentes variétés de coussinets.	495
Préparation des bois.	495
Durée des rails.	500
Réserve pour réfection de la voie.	501
Nouveaux systèmes de voies.	505
Systèmes de plateaux-coussinets.	505
Système des cloches en fonte.	507
Autres systèmes variés.	507
Rail Barlow.	508
Système Pouillet.	511
Système Barberot.	514
Cahier des charges.	517
Rails. — Cahier des charges actuel.	518
Rails. — Observations critiques.	522
Coussinets.	527
Chevilletes.	528
Coins.	529
Traverses.	529
Ballast.	531
Conditions générales.	533

Pose et réception de la voie.	535
Passages à niveau, barrières, clôtures et contre-rails.	537
Passages à niveau.	537
Barrières.	539
Clôtures.	540
Contre-rails.	541

CHAPITRE VIII. — ACCESSOIRES DE LA VOIE.

Changements et croisements de voies, plaques tournantes, chariots de service, grues hydrauliques et signaux fixes.	543
Changements de voie.	543
Croisements de voies.	560
Traversées de voie.	565
Plaques tournantes.	567
Chariots de service.	587
Grues hydrauliques.	594
Signaux fixes.	596

DOCUMENTS.

Note sur les frais de transport de terrassement et de ballast, par M. Brabant, ingénieur, chef d'arrondissement aux chemins de fer de l'Est.	611
Limite des volumes.	611
Limite de distance.	612
Cas exceptionnels où l'on descend pour les volumes à transporter et pour les distances de transports au-dessous des limites indiquées.	612
Formules.	612
A. Tableau des prix pour transport d'un mètre cube de déblai ou de ballast, avec waggon de terrassement ordinaires, traînés par des chevaux sur des voies provisoires.	616
B. Tableau comparatif des prix moyens pour le transport sur voies horizontales d'un mètre cube de terre ou de ballast du poids moyen de 1,600 kilogrammes.	617
Bases adoptées dans les calculs du tableau B.	618
Influence du poids des matières à transporter.	618
Modifications résultant des rampes et des pentes.	618
Influence du volume à transporter.	618
Comparaison entre les prix du tableau B.	619

OBSERVATIONS DIVERSES. — De la comparaison qui peut être faite entre les prix portés aux tableaux A et B qui précèdent et ceux portés dans un tableau dressé par M. Brabant en 1838, à la suite d'une note pour le transport en wagon de terrassement et de ballast, publiée vers 1842 dans le <i>Portefeuille de l'ingénieur des chemins de fer</i> , par MM. Perdonnet et Polonceau.	620
OBSERVATIONS sur les prix de la moins-value des rails définitifs employés dans les voies provisoires.	621
Des appréciations faites par MM. Thiollier et de Mondésir.	621
Expertise constatant la moins-value des rails définitifs employés dans les voies provisoires pour l'exécution des travaux du chemin de fer d'Orléans à Bordeaux.	622
Extrait d'un mémoire inséré dans le 6 ^e cahier des <i>Annales des ponts et chaussées</i> en 1847, sur les transports de terrassement au wagon sur voies provisoires, par M. Piarron de Mondésir, ingénieur des ponts et chaussées.	623
Extrait d'un mémoire inséré dans le 5 ^e cahier des <i>Annales des ponts et chaussées</i> de 1849, sur le transport au wagon des déblais d'un chemin de fer, en employant les matériaux des voies définitives, par M. Thiollier, ingénieur des ponts et chaussées.	625
§ 4. Fourniture et entretien des voies provisoires.	625
Moins-value des voies provisoires.	625
Extrait du procès-verbal constatant la dépréciation subie par les rails et coussinets prêtés à l'État par la Compagnie.	626
Prix de revient des travaux de consolidation extraits de la note de M. Sazilly (<i>Annales des ponts et chaussées</i>).	631
Dépenses faites pour l'assèchement des talus dans deux tranchées glaiseuses du chemin de Vissembourg.	635
Prix de revient des travaux de drainage des tranchées. — Extraits d'un rapport de M. Daigremont, ingénieur des ponts et chaussées, sur les travaux de terrassement exécutés sous sa direction au chemin de fer de l'Est.	637
Tranchée de Petit-Croix.	637
— n° 2.	638
— du cimetière de Dannemarie.	639
Remblai n° 15.	641
Tranchée n° 15.	641
— n° 16.	642
— du Dockenberg.	643
Prix de revient de travaux d'assainissement de tranchées asséchées par le procédé Sazilly, sur le chemin de fer de Mulhouse. (Extrait d'un mémoire de M. Masson, ingénieur.).	645
Prix élémentaire des journées et matériaux employés aux travaux d'assainissement qui s'exécutent en régie dans diverses tranchées de la Haute-Marne.	645
Prix d'un mètre courant de drainage avec tuiles creuses sur mortier hydraulique.	645
1 ^o Avec pierre cassée appartenant à la Compagnie.	645
2 ^o Avec pierre cassée fournie par l'Entreprise.	647
Prix d'un mètre courant de drainage avec tuiles creuses et corroi de glaise.	648

Prix d'un mètre courant de drainage avec tuyaux de 0,05 et manchons de 0,00.	648
1 ^o Avec pierre cassée appartenant à la Compagnie.	648
2 ^o Avec pierre cassée fournie par l'Entreprise.	649
Prix de réparation d'éboulements.	649
1 ^o Tranchée de Beaulieu.	650
2 ^o Tranchée de Chiffard.	651
Éléments nécessaires à la détermination du prix de revient des travaux d'assainissement et de consolidation des talus. (Extrait d'un mémoire de M. Bruère, chef de section aux chemins de l'Est, sur les assainissements des talus de tranchées et de remblais, publié dans le <i>Nouveau Portefeuille de l'ingénieur</i>).	652
TRANCHÉES. — Caniveaux. — 1 ^o Matériaux.	652
Briques.	652
Mortier.	652
Pierre cassée.	652
Gazon.	652
2 ^o Main-d'œuvre.	653
Fouille.	653
Maçonnerie.	653
Transport.	654
REVÊTEMENTS.	654
BANQUETTES.	656
CUVETTES.	656
SEMS.	656
REMBLAIS.	658
Précautions prises ou à prendre contre les amoncellements de neige. (Extrait d'une note de M. Goschler sur son voyage en Allemagne).	659
Bavière. — Exploitation en hiver.	659
Chemins saxo-bavarois.	660
— de Wurtemberg.	660
— de Prusse.	661
Tableau des opérations à faire et des pièces à produire dans la rédaction des projets définitifs des chemins de fer.	662
Prix de revient d'un mètre courant de chemin de fer à simple voie.	664
Prix de revient des plaques tournantes en fonte et en tôle de différents diamètres.	666
Devis des changements de voie du système Wild.	670
Rapport de l'ingénieur principal de la première division des chemins de fer de l'Est relatif aux changements et croisements de voie en acier.	671
Prix du mètre carré des bâtiments de plusieurs chemins de fer.	674
Note sur les prix de revient de divers bâtiments, halles couvertes de voyageurs, halles de marchandises, etc.	675
Prix des différents travaux d'art exécutés sur la ligne de Paris à Strasbourg.	679
Extrait des séries de prix de la première section du chemin de fer de Paris à Strasbourg.	680
Devis estimatif d'un disque signal placé à 1,000 mètres.	681
Tableau synoptique des prix approximatifs d'établissement par mètre carré des stations de la Compagnie des chemins de fer du Nord.	682

Dépense approximative et durée de la construction de quelques tunnels. (Extrait de l'ouvrage de M. Tony Fontenay, <i>Construction des tunnels</i>)	684
Tableau indicatif des dépenses faites pour l'établissement de divers souterrains des chemins de fer français.	686
Tableau synoptique des principales conditions d'établissement de divers souterrains des chemins de fer français. (Années 1837 à 1853.)	688
Souterrains. — Particularités d'exécution.	690
Prix moyens approximatifs des différents matériaux et main-d'œuvre applicables aux travaux d'art des chemins suisses.	693
Tableau des dimensions principales et des dépenses pour la construction des ponts et passages de vallées des chemins de fer suisses (par Elzel).	694
Tableau indicatif du prix de revient des viaducs construits sur les chemins de l'Est.	696
Conditions d'établissement et prix de revient de différents ponts construits sur les chemins de fer wurtembergeois.	698
Notes relatives aux fondations de piles en rivières à l'aide d'appareils à air comprimé.	699
Maison de gardien de passage à niveau, type n° 1. — Avant mètre.	701
— — — — — Détail estimatif.	709
Bâtiments pour réservoir. Devis estimatif des travaux à exécuter et des dépenses à faire pour la construction d'un bâtiment pour réservoir.	712
Récapitulation du montant des dépenses.	720
Établissement de la ligne télégraphique. Prix de revient par kilomètre de double fil.	720
Télégraphie. Prix des appareils et accessoires.	721
Mètre d'un pont de 15 ^m ,20 d'ouverture en arc de cercle avec murs en retour (ligne d'Orléans).	722
Détail estimatif du pont entier.	724
Projet de marquises pour couvertures de trottoirs (chemin de fer de l'Est).	725

