

TRAITÉ
DES
CHEMINS DE FER
D'INTÉRÊT LOCAL

CHEMINS DE FER A VOIE ÉTROITE
TRAMWAYS

CHEMINS DE FER A CRÉMAILLÈRE ET FUNICULAIRES

PAR

G. HUMBERT

INGÉNIEUR DES PONTS ET CHAUSSEES



PARIS

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE BAUDRY ET C^o, ÉDITEURS

15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15

Maison à Liège, rue des Dominicains, 7

—
1893

Tous droits réservés.



Cette étude est mise à disposition selon les termes de la licence
« <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/> »

Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification
4.0 International

AVANT-PROPOS

Le livre que nous présentons aujourd'hui au public traite spécialement des chemins de fer d'intérêt local, des chemins de fer à voie étroite et des tramways.

Il contient le développement d'un sujet que nous avons abordé sommairement dans la sixième partie de notre *Traité complet des Chemins de fer* (Paris, 1891). Il nous a paru intéressant d'étudier avec plus de détails les diverses questions qui se rattachent à l'établissement des lignes d'intérêt local, dont un grand nombre restent encore à construire en France et pour lesquelles l'adoption de la voie étroite s'impose dans la plupart des cas. Nous traitons aussi des tramways, c'est-à-dire des lignes d'un caractère modeste, établies avec la plus grande économie, en empruntant sur tout ou partie de leur longueur le sol des routes. Ces diverses natures de voies ferrées se développent de plus en plus en France et les règles relatives à leur construction et à leur exploitation peuvent être formulées avec précision.

Le lecteur retrouvera, d'ailleurs, dans la présente étude, la reproduction de quelques parties de notre publication antérieure. Nous avons pensé qu'il n'y avait pas lieu de changer notre rédaction lorsque le sujet n'appelait pas de développements nouveaux.

D'autres parties, au contraire, ont été notablement augmentées ou modifiées, pour être mises au courant de l'état actuel de la question.

Nous avons fait suivre ce travail d'une étude sommaire des chemins de fer à crémaillère et des chemins de fer funiculaires ; ces systèmes de chemins de fer, qui répondent à des besoins spéciaux, commencent à se répandre, et il nous a paru intéressant d'en résumer les dispositions principales.

Le présent ouvrage comprend six parties, savoir :

1. *Considérations générales*, contenant l'historique des chemins de fer d'intérêt local, l'étude du régime légal auquel ils sont soumis, l'appréciation de l'utilité qu'ils peuvent présenter, l'examen et la discussion des différents modes de construction et d'exploitation employés, et faisant ressortir la convenance de l'adoption, dans la plupart des cas, d'une largeur de voie inférieure à la largeur normale des grands réseaux ;
2. *Infrastructure*, comprenant le tracé, les terrassements et ouvrages d'art, les clôtures, les dépenses ;
3. *Superstructure*, contenant la voie et ses accessoires, les gares et stations, l'évaluation du trafic probable, les signaux, les dépenses ;
4. *Matériel roulant et traction*, comprenant le matériel à voyageurs et à marchandises, l'étude de la résistance des trains et de la charge des machines, les différents types de locomotives, les voitures automotrices pour tramways,

et se terminant par le résumé des dépenses d'établissement d'une ligne à voie étroite ;

5. *Exploitation*, comprenant l'étude des différents services qui se rattachent à l'exploitation technique et commerciale des petites lignes, les frais de transbordement, l'impôt sur la grande vitesse, les dépenses d'exploitation.
6. *Chemins de fer exceptionnels*, contenant une étude sommaire des lignes à crémaillère et funiculaires.

Nous reproduisons, en outre, aux annexes, divers documents relatifs au calcul de la résistance des rails, à la pose de la voie, aux frais de transbordement et à un appareil ingénieux appliqué depuis peu sur le réseau de l'Etat pour la pénétration d'une ligne à voie étroite à l'intérieur d'une ligne à voie normale.

Enfin, aux documents officiels, nous donnons le texte des lois et règlements principaux relatifs aux chemins de fer d'intérêt local.

Nous espérons que le présent ouvrage pourra être utile à tous ceux qui ont à s'occuper de l'établissement de ces petites lignes, chemins de fer proprement dits ou tramways, que nous croyons appelées à rendre de si grands services, et qui sont loin d'avoir pris en France le développement qu'elles nous semblent comporter.

G. H.

CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL CHEMINS DE FER A VOIE ETROITE — TRAMWAYS

LIVRE PREMIER CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

CHAPITRE PREMIER

LA LOI DU 11 JUIN 1880

Chemins de fer d'intérêt local. — Tramways. — Résultats produits par la loi du 11 juin 1880. — Modifications à apporter à cette loi. — Nouveau texte élaboré par le Conseil d'État.

CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL. — Les chemins de fer d'intérêt local ont été pour la première fois définis en France par une loi du 12 juillet 1865, qui avait en vue la création de lignes devant être construites et exploitées à bon marché. D'après cette loi, les départements et les communes étaient autorisés à exécuter soit eux-mêmes, soit par voie de concession, avec le concours et sous le contrôle de l'État, des chemins de fer destinés principalement à relier aux grandes lignes les localités secondaires. L'exposé des motifs de la loi indiquait clairement le but qu'on voulait atteindre : il s'agissait de créer en quelque sorte la vicinalité des chemins de fer. Une entière liberté était d'ailleurs laissée aux départements et aux communes pour le mode de construction des lignes et la largeur de la voie.

Cette loi n'a pas réalisé les espérances conçues par ses auteurs ; c'est ainsi qu'au 31 décembre 1870, la longueur livrée à l'exploitation n'était que de 268 kilomètres, celle en construction ou à construire, de 1502 kilomètres.

Au 31 décembre 1880, la longueur totale concédée n'atteignait encore que 3681 kilomètres, savoir :

Longueur exploitée.....	2189 km	} 3681 kil.
En construction ou à construire....	1492 "	

Les causes de cet échec sont de plusieurs sortes. En premier lieu, l'esprit de la loi de 1865 a été presque partout méconnu dans les applications qui en ont été faites. Au lieu de chercher à construire des lignes de faible longueur établies économiquement et destinées à servir d'affluents aux grandes artères du réseau français, certains capitalistes ont profité de cette loi pour demander à plusieurs départements voisins la concession de chemins d'intérêt local se faisant suite à travers leurs territoires et constituer ainsi des lignes à long parcours, destinées à faire concurrence aux lignes d'intérêt général exploitées par les grandes

Compagnies. C'était marcher à une ruine à peu près certaine, et ce résultat n'a pas manqué de se produire dans la plupart des cas, en raison des dépenses exagérées qui étaient la conséquence de ce programme trop ambitieux, aussi bien dans la construction que dans l'exploitation. Une des plus grandes erreurs commises à cet égard a consisté à conserver, pour les chemins de fer d'intérêt local, la voie normale des grandes lignes, au lieu d'adopter une voie à écartement réduit qui permet de réaliser, comme nous le verrons bientôt, d'importantes économies sur la construction et sur l'exploitation.

D'un autre côté, il y avait dans la loi elle-même une autre cause d'échec pour les entreprises de chemins de fer d'intérêt local : c'était l'allocation de subventions en capital.

« Le législateur de 1865, dit M. Picard¹, avait commis une faute lourde en instituant un système de subventions en capital ; il avait ainsi involontairement encouragé la spéculation, en lui procurant une première mise de fonds et en lui donnant un aliment qui lui permettait de se soutenir pendant la période de construction et de faire illusion au public, sans attribuer aux capitaux engagés aucune garantie de rémunération, sans fournir aux départements intéressés aucune garantie d'exploitation. Plus d'une fois, les concessionnaires des chemins secondaires s'étaient empressés de réaliser d'énormes bénéfices, au moyen de l'émission des titres et au moyen de marchés consentis avec des majorations scandaleuses, puis d'abandonner les entreprises dont ils avaient pris l'initiative, laissant ainsi les départements en face de difficultés et d'embarras inextricables. (Parmi les exemples d'abus les plus frappants, on peut citer celui d'un concessionnaire qui, après avoir obtenu une subvention de 900000 fr. du département, avait constitué une société, dont la charte lui réservait la totalité de cette subvention, à titre de part de fondateur.) Cette situation avait encore été aggravée par la loi du 24 juillet 1867, qui, en émancipant les sociétés anonymes, avait porté atteinte aux mesures tutélaires édictées par la loi du 15 juillet 1845, pour mettre un frein à l'agiotage, pour sauvegarder les droits des intéressés, pour maintenir une sage proportion entre le capital-actions et le capital-obligations, pour assurer le bon emploi des fonds souscrits par le public ou fournis par l'État et par les départements. Le Conseil d'État s'était, à la vérité, appliqué, depuis 1872 notamment, à couper court aux abus, en insérant dans les actes de concession des dispositions particulières à chaque espèce ; mais il importait évidemment de faire davantage et de prendre des mesures d'ensemble consacrées par le Parlement. »

C'est dans ce but qu'a été élaborée la loi du 11 juin 1880, qui vise deux catégories de chemins de fer : d'une part, les lignes d'intérêt local proprement dites, déjà prévues par la loi de 1865, et, d'autre part, les chemins de fer sur routes ou tramways, qui prenaient de plus en plus d'extension et dont le régime n'avait pas encore été réglé par voie législative.

1 *Les Chemins de fer français*, t. V, page 170.

La loi du 11 juin 1880² contient 39 articles, dont les 25 premiers, formant le chapitre I, sont relatifs aux chemins de fer d'intérêt local, et les 14 autres (chap. II) aux tramways.

Les articles 2, 13, 14 et 18 contiennent les dispositions essentielles, en ce qui concerne les chemins de fer d'intérêt local.

Aux termes de cette loi (art. 1 et 2), il peut être établi des chemins de fer d'intérêt local par les départements ou par les communes, conformément aux clauses et conditions d'un cahier des charges type préparé par le Conseil d'État et qui a été approuvé ultérieurement par un décret du 6 août 1881³. Le conseil général du département ou le conseil municipal de la commune, suivant le cas, arrête la direction des chemins, le mode de construction, ainsi que les traités et les dispositions nécessaires pour en assurer l'exploitation. Mais, contrairement à ce que prévoyait la loi de 1865, il ne suffit plus d'un décret délibéré en Conseil d'Etat pour autoriser l'exécution de la ligne : l'utilité publique est déclarée et l'exécution autorisée par une loi.

L'article 13 règle les conditions de la subvention de l'État. Cette subvention peut être accordée lorsque le produit brut de l'exploitation de la ligne est insuffisant pour couvrir les dépenses de cette exploitation, augmentées de 5 % du capital de premier établissement, tel qu'il a été fixé par l'acte de concession et majoré, s'il y a lieu, des insuffisances constatées pendant la période assignée à cette construction ; mais elle n'est exigible qu'à la condition qu'une partie au moins équivalente sera payée par le département ou par la commune, avec ou sans le concours des intéressés.

La subvention de l'Etat est formée : 1° d'une somme fixe de 500 fr. par kilomètre exploité ; 2° du quart de la somme nécessaire pour élever la recette brute annuelle (impôts déduits) au chiffre de 10000 fr. par kilomètre pour les lignes à voie normale, à 8000 fr. pour les lignes à voie étroite. Cette subvention ne peut, en aucun cas, élever la recette brute kilométrique au dessus de 10500 fr. ou de 8500 fr., suivant les cas, ni attribuer au capital de premier établissement plus de 5 % par an.

Ainsi, la subvention de l'Etat, au lieu d'être formée d'une somme fixe donnée une fois pour toutes, comme sous le régime de la loi de 1865, est désormais annuelle et calculée d'après l'insuffisance du produit de la ligne.

L'article 14 de la loi fixe d'ailleurs à 400000 fr. le maximum de la charge qui peut être imposée annuellement au Trésor pour l'ensemble des lignes d'un même département.

Quant à l'article 18, il règle les conditions dans lesquelles la Compagnie concessionnaire peut réaliser les capitaux qui lui sont nécessaires. D'après cet

2 V. Documents officiels.

3 V. Documents officiels.

article, aucune émission d'obligations ne peut avoir lieu qu'en vertu d'une autorisation donnée par le ministre des travaux publics, après avis du ministre des finances ; il ne peut être émis d'obligations pour une somme supérieure au montant du capital-actions, lequel est fixé à la moitié au moins de la dépense jugée nécessaire pour le complet établissement et la mise en exploitation de la ligne; enfin aucune émission d'obligations ne peut être autorisée avant que les 4/5 du capital-actions aient été versés et employés en achat de terrains, approvisionnements sur place ou en dépôt de cautionnement.

Toutefois, les dispositions ci-dessus ne sont pas applicables dans le cas où la concession est faite à une Compagnie déjà concessionnaire d'autres lignes en exploitation et si le ministre des travaux publics reconnaît que les revenus nets de ces lignes sont suffisants pour assurer l'acquittement des charges résultant des obligations à émettre.

Indépendamment des articles 2, 13, 14 et 18, qui contiennent les dispositions fondamentales de la loi, en ce qui concerne les chemins de fer d'intérêt local, il convient encore de citer les stipulations suivantes :

Les tarifs sont homologués par le préfet, sauf dans le cas où la ligne s'étend sur le territoire de plusieurs départements; l'homologation appartient, dans ce cas, au ministre des travaux publics (art. 5) ;

La cession de la concession, le changement du concessionnaire, la substitution de l'exploitation directe à l'exploitation par concession, l'élévation des tarifs au dessus du maximum fixé ne peuvent avoir lieu qu'en vertu d'un décret délibéré en Conseil d'État (art. 10) ;

A toute époque, une ligne d'intérêt local peut être distraite du domaine public communal ou départemental et classée par une loi dans le domaine public national (art 11) ;

Les ressources créées en vertu de la loi du 21 mai 1836 pour les chemins vicinaux peuvent être appliquées en partie à l'établissement des lignes d'intérêt local par les communes dont les chemins sont à l'état d'entretien (art. 12) ;

Dans le cas où une ligne subventionnée arrive à couvrir ses dépenses d'exploitation augmentées de 6 % par an du capital de premier établissement, la moitié du surplus de la recette est partagée entre l'Etat, le département ou les communes, dans la proportion des avances faites par chacun des intéressés (art. 15) ;

Le compte rendu détaillé des résultats de l'exploitation doit être publié tous les trois mois, d'après un modèle arrêté par le ministre des travaux publics (art. 19) ;

La dispense de poser des clôtures et des barrières peut être accordée par le préfet (art. 20) ;

Le contrôle est exercé par les préfets, sous la surveillance du ministre des travaux publics (art. 21) ;

Enfin, les subventions en capital promises par la loi de 1865 peuvent être, sur la demande des conseils généraux ou municipaux, et après adhésion des concessionnaires, remplacées par des subventions en annuités, conformément aux stipulations de la nouvelle loi (art. 23).

Telles sont les principales dispositions relatives aux chemins de fer d'intérêt local proprement dits.

TRAMWAY. — La loi du 11 juin 1880 contient, dans son chapitre II, les dispositions relatives à une catégorie spéciale de chemins de fer, ceux qui sont établis en totalité ou en partie sur le sol des routes dépendant du domaine public de l'État, des départements ou des communes ; ces lignes portent le nom de *tramways*, que la traction y soit faite par des chevaux ou h l'aide de moteurs mécaniques.

Ce système de voies ferrées, dont la loi de 1865 ne faisait pas mention, et qui a pris depuis quelques années un assez grand développement, peut être établi d'une manière plus économique que les chemins de fer ordinaires, à égalité de largeur de voie, puisqu'il permet de supprimer, ou tout au moins de diminuer dans une large mesure, la partie la plus aléatoire de la dépense, celle de l'acquisition des terrains. Il fournit une solution particulièrement heureuse des chemins de fer à bon marché, en même temps qu'il utilise pour l'établissement de la voie les accotements des routes qui sont souvent fort larges et d'un entretien coûteux, eu égard à la faible circulation de voitures qu'elles ont à supporter. L'expérience démontre d'ailleurs qu'il n'y a pas à s'inquiéter outre mesure du danger que présente, pour les piétons et pour les chevaux, le passage sur les routes de trains remorqués par des moteurs mécaniques; ce danger est, en somme, assez faible, il peut être atténué par une exploitation prudente ; il n'est pas, en tout cas, de nature à faire repousser en principe le système des chemins de fer sur routes.

Les dispositions les plus importantes de la loi, en ce qui touche cette catégorie de voies ferrées, sont comprises dans les articles 27, 29 et 36.

D'après l'article 27, la concession des tramways est accordée par l'État, lorsqu'ils empruntent, en tout ou en partie, le sol des routes nationales; par le département, lorsqu'ils sont établis sur les routes départementales, les chemins de grande communication ou d'intérêt commun, ou lorsqu'ils s'étendent sur le territoire de plusieurs communes; la concession est faite par la commune quand la voie ferrée emprunte un chemin vicinal ordinaire ou un chemin rural.

D'après l'article 29, aucune concession ne peut être faite qu'après une enquête dans les formes déterminées par un règlement d'administration publique⁴, et après avis des conseils généraux ou municipaux. L'utilité publique des travaux est déclarée et l'exécution autorisée par un décret délibéré en Conseil d'État.

L'article 36 règle les conditions de la subvention de l'État. Elle est formée :

1° D'une somme fixe de 500 fr. par kilomètre exploité ; 2° du quart de la somme

⁴ Ce règlement porte la date du 18 mai 1881 (V. Documents officiels).

nécessaire pour élever la recette brute annuelle (impôts déduits) au chiffre de 6000 fr. par kilomètre.

Cette subvention ne peut être accordée que pour des tramways desservis par des locomotives et destinés au transport des marchandises comme des voyageurs, et dans les mêmes conditions d'insuffisance de la recette brute que pour les lignes d'intérêt local. En aucun cas, cette subvention ne peut élever la recette brute au dessus de 6500 fr. par kilomètre, ni attribuer au capital de premier établissement plus de 5 % par an.

Les autres dispositions de la loi sont analogues à celles qui s'appliquent aux chemins de fer d'intérêt local.

RÉSULTATS PRODUITS PAR LA LOI DU 11 JUIN 1880. — La loi de 1880 a été complétée :

1° Par un décret du 18 mai 1881, portant règlement d'administration publique sur la forme des enquêtes en matière de chemins de fer d'intérêt local et de tramways ; Il est bon de remarquer, à ce propos, que les lignes d'intérêt local peuvent, comme les tramways, emprunter sur une partie de leur parcours le sol des voies publiques (article 3 de la loi) ; les enquêtes prévues par ce décret leur sont, dans ce cas, applicables.

2° Par un décret du 6 août 1881⁵ portant règlement d'administration publique pour l'établissement et l'exploitation des voies ferrées sur le sol des voies publiques (exécution de l'article 38 de la loi) ;

3° Par deux décrets de la même date⁶ portant approbation de deux cahiers des charges types, pour la concession des chemins de fer d'intérêt local et des tramways ;

4° Par deux décrets du 20 mars 1882 et du 23 décembre 1885⁷ portant règlement d'administration publique et déterminant :

a. — Les justifications à fournir par les concessionnaires pour établir les recettes et les dépenses annuelles ;

b. — Les conditions dans lesquelles sont fixés le chiffre de la subvention due par l'État, le département ou les communes, et, s'il y a lieu, la part revenant à l'État, au département, aux communes ou aux intéressés, à titre de remboursement de leurs avances, sur le produit net de l'exploitation.

Enfin, une circulaire du 26 septembre 1887, adressée aux préfets et aux ingénieurs en chef, a précisé les conditions du calcul de la subvention de l'État et fixé les divers maxima dont il doit être tenu compte⁸.

La loi de 1880 a fait disparaître les principaux inconvénients de celle de 1865, en donnant au concours de l'État la forme d'une garantie d'intérêt accordée sous certaines conditions et en fournissant au Parlement les moyens d'empêcher les

5 V. Documents officiels

6 V. Documents officiels

7 V. Documents officiels

8 V. Documents officiels

combinaisons de lignes destinées à faire concurrence à celles des grandes Compagnies, déjà subventionnées par l'État, pour la plupart. Cette loi, il est vrai, n'a rien fixé en ce qui concerne la largeur de voie à adopter; certaines lignes d'intérêt local ont pu et pourront encore, grâce à cette liberté, être établies avec la voie normale, lorsque leur situation particulière l'exigera; mais on peut affirmer que, pour arriver à donner au réseau secondaire des chemins de fer le développement qu'il comporte, il faudra le plus souvent adopter la voie étroite.

Bien que la loi de 1880 ne soit pas parfaite et que certaines de ses dispositions prêtent encore à la critique, elle a néanmoins produit des résultats considérables; c'est elle qui a permis la construction d'un grand nombre de chemins de fer à voie étroite et de tramways, dont la dépense d'établissement descend jusqu'à 60000 fr. et même 40000 fr. par kilomètre, prix auxquels personne, il y a 25 ans, n'aurait cru possible d'établir des voies ferrées.

D'après les documents statistiques publiés par le ministère des travaux publics, la longueur totale des chemins de fer d'intérêt local et des tramways concédés au 31 décembre 1891 était de 6186 kilomètres, savoir :

	En exploitation	En construction ou à construire	TOTAL
Chemin de fer d'intérêt local.....	3286 k.	1037 k.	4233 k.
Tramways.....	1382	481	1863
	Longueur Totale.....		6186

Sur cette longueur, 2931 kilomètres seulement étaient construits ou prévus à voie étroite, savoir :

1868 k. de chemins d'intérêt local,
1063 k. de tramways.

Le surplus, soit 3255 kilomètres, était à voie normale.

Au 31 décembre 1892, la longueur totale des chemins de fer d'intérêt local concédés n'était plus que de 4232 kilomètres, savoir :

En exploitation 3270 k.
En construction ou à construire 962

La longueur des tramways concédés était de 2070 kilomètres, savoir :

En exploitation 1512 k.
En construction ou à construire 558

La dépense totale d'établissement des chemins de fer d'intérêt local exploités au 31 décembre 1889 était de 345228000 fr. environ, faisant ressortir à 117000 fr. le prix du kilomètre de chemin, ainsi que cela résulte des indications ci-dessous, qui donnent en outre la répartition des dépenses entre les divers intéressés :

LONGUEUR	DÉPENSES D'ETABLISSEMENT							
	TOTALES				PAR KILOMÈTRE			
	État	Compagnies	Divers	Ensemble	État	Compagnies	Divers	Ensemble
2946 k.	18061951 f.	264023804 f.	63141841 f.	345227596 f.	6131 f.	39621 f.	21433 f.	117185 f.

Les recettes brutes totales, en 1889, se sont élevées à 12903000 francs et les dépenses d'exploitation à 11705000 francs.

Le produit net kilométrique moyen ressort ainsi à 480 francs. Cette moyenne s'éloigne d'ailleurs beaucoup des chiffres extrêmes qui servent à l'établir. Il y a des chemins dont le produit net dépasse 6000 francs (ligne d'Etival-Clairefontaine à Senones, 6226 fr.; ligne de Saint-Quentin à Guise, 6344 fr.) ; d'autres sont en déficit de plus de 3000 francs (ligne de Valmondois à Epiais-Rhus, 3422 fr.; ligne de Pont-Maugis à Raucourt, 4699 fr.). Il en est un, celui de Bayonne à Biarritz, qui a 8 kilomètres de longueur et dont le produit net est de 7590 francs, et un autre, celui de Lyon à Fourvières, qui n'a qu'un kilomètre de longueur et qui réalise un bénéfice net de 165840 francs.

MODIFICATIONS A APPORTER A LA LOI DU 11 JUIN 1880. — Ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer, la loi de 1880, malgré les résultats qu'elle a produits, n'est pas à l'abri de tout reproche ; la nécessité de modifier certaines de ses dispositions s'est fait sentir depuis plusieurs années, et, le 30 novembre 1889, un arrêté du ministre des travaux publics instituait une commission ayant pour objet de rechercher les modifications qu'il conviendrait d'apporter à cette loi et de préparer un projet à soumettre au Conseil d'Etat et ensuite au Parlement. Une enquête a été également ouverte en France sur le même objet auprès des conseils généraux, des Sociétés concessionnaires de lignes d'intérêt local et, en général, de tous les intéressés, et un questionnaire leur a été adressé pour leur permettre de faire connaître leur opinion sur les diverses dispositions de la loi.

Enfin, le 16 février 1892, le Gouvernement a déposé sur le bureau de la Chambre des députés le texte d'un projet de loi, délibéré par le Conseil d'Etat et destiné à modifier la loi du 11 juin 1880. Voici comment s'exprime l'exposé des motifs de ce projet de loi :

Le Conseil d'Etat, appelé à se prononcer sur les réformes qu'il convenait d'opérer, a déclaré que la révision de la loi du 11 juin 1880 devait porter sur trois points essentiels, savoir :

Le mode et le quantum du concours financier de l'Etat, du département et de la commune ;

La fixation du capital de construction et des frais d'exploitation;

La proportion entre le capital-actions et le capital-obligations.

Nous avons adopté son avis, qui représente le résumé des améliorations principales signalées, et voici le système qui en résulte :

Actuellement, aux termes des articles 13 et 36 de la loi du 11 juin 1880, l'État peut, lors de l'établissement d'un chemin de fer d'intérêt local ou d'un tramway à vapeur

destiné au transport des voyageurs et des marchandises, s'engager, — en cas d'insuffisance du produit brut pour couvrir les dépenses d'exploitation et 5 % par an du capital de premier établissement, — à subvenir, pour partie, au paiement de cette insuffisance, à la Condition qu'une partie, au moins équivalente, sera payée par le département ou par la commune, avec ou sans le concours des intéressés.

Le taux de 5 % indiqué par la loi, comprend à la fois l'intérêt et l'amortissement du capital. Or il importe, dans la pratique, de distinguer ces deux éléments, afin de mettre le chiffre de l'amortissement en rapport avec la durée de la concession et d'éviter ainsi de traiter les longues concessions avec plus de faveur que celles de courte durée. Nous avons pensé que, dans l'état actuel du marché financier, le taux de l'intérêt simple pouvait être fixé à 3, 75 % et qu'il convenait, pour l'amortissement, calculé au même taux pendant toute la durée de la concession, d'adopter un maximum de 0, 75 % qui correspond à une concession de quarante-huit ans.

D'un autre côté, on a dû constater que les Compagnies et les départements sont trop facilement entraînés à poursuivre l'établissement de lignes qui, par leur situation, n'auront longtemps qu'un trafic insignifiant, bien inférieur aux dépenses d'exploitation proprement dites. Le Gouvernement regarde comme nécessaire d'assigner une limite à la portion de la subvention correspondant aux insuffisances d'exploitation. Cette limite lui a paru devoir être fixée à 750 fr. par kilom. pour les lignes d'intérêt local, et à 500 fr. pour les tramways.

Enfin, dans ces dernières années ont été adoptées des combinaisons offrant quelque analogie avec celles de 1865 et en vertu desquelles la ligne est entièrement construite aux frais du département, de sorte que le concessionnaire n'engage qu'une somme insignifiante dans l'affaire; on peut craindre que celui-ci ne soit porté à négliger l'entretien ou les renouvellements de la voie et du matériel et même qu'il n'abandonne complètement, quand ces renouvellements deviendront nécessaires, une entreprise dans laquelle il n'a presque rien risqué. Nous proposons de prescrire, quelles que soient les combinaisons adoptées dans les conventions de concession, que le concessionnaire fournira toujours une portion du capital de premier établissement. Cet apport liera le concessionnaire vis k vis du département et l'intéressera plus complètement à l'avenir de l'entreprise.

En second lieu, le capital de premier établissement qui doit servir de base au calcul de la subvention est limité, dans les derniers actes de concession, par un maximum, mais il affectait autrefois plus fréquemment la forme d'un forfait. Or, le système des forfaits de construction a soulevé de vives critiques de la part du Conseil général des Ponts et Chaussées et du Conseil d'État. On lui reproche, avec raison, d'inciter le concessionnaire à tâcher de réaliser de gros bénéfices sur l'exécution et de construire les lignes dans de mauvaises conditions. Nous pensons qu'il convient de rendre obligatoire la pratique actuelle de renoncer complètement à ce système et de disposer que le capital de premier établissement sera toujours déterminé d'après les dépenses réelles, dûment contrôlées dans les limites d'un maximum. Des primes d'économie pourront d'ailleurs être accordées au concessionnaire pour l'intéresser à l'économie.

Les formules forfaitaires d'exploitation ont soulevé des critiques encore plus vives que les forfaits de construction. Il y a lieu également de les interdire et d'exiger que les comptes entre le concédant et le concessionnaire soient de même réglés d'après les dépenses réelles, dans les limites d'un maximum déterminé en fonction du trafic, sauf à y comprendre, s'il y a lieu, une prime d'économie.

La dernière modification proposée concerne les émissions d'obligations.

La règle posée dans la loi de 1880 est qu'il ne peut être émis d'obligations pour une

somme supérieure au montant du capital-actions et que ce capital doit être de la moitié au moins de la dépense jugée nécessaire pour le complet établissement et la mise en exploitation de la ligne. Dans ces conditions, le capital-obligations ne dépasse pas la moitié de la dépense. Le législateur de 1880 avait reconnu qu'il convenait d'apporter un tempérament à la rigueur de cette règle tutélaire pour les Compagnies déjà concessionnaires d'autres chemins de fer en exploitation, si le ministre des travaux publics reconnaissait que les revenus nets de ces chemins étaient suffisants pour assurer l'acquittement des charges résultant des obligations à émettre. L'interprétation du paragraphe relatif à cette disposition exceptionnelle a donné lieu à des difficultés; on s'est demandé si les subventions devaient ou non être comprises dans l'évaluation des revenus nets et l'administration s'est prononcée constamment pour la négative.

Aujourd'hui, nous admettons que les subventions seront comptées dans le produit net, mais en prenant des précautions pour remédier aux inconvénients qui peuvent résulter des facilités données aux concessionnaires. La première précaution à prendre consiste à n'autoriser les concessionnaires à émettre d'obligations que jusqu'à concurrence des deux tiers de la dépense laissée à leur charge. On conçoit, en effet, que, même dans le cas où il est reconnu au moment de l'émission que les lignes construites ou à construire donnent ou peuvent donner un produit net suffisant pour assurer le service des obligations, il est à craindre que ce produit net ne soit dans l'avenir entamé par des réfections, des accidents ou d'autres dépenses imprévues. Pour parer à ces éventualités, le capital-actions doit être engagé dans l'établissement de chaque ligne concédée pour une somme au moins égale au tiers de la dépense laissée à la charge du concessionnaire. En raison des difficultés que présente l'évaluation du produit net d'une ligne à construire, nous estimons, en outre, qu'on ne doit en tenir compte que jusqu'à concurrence des trois quarts.

La seconde précaution consiste à ne pas encourager une même Compagnie à exploiter des lignes dans les départements éloignés les uns des autres et à exposer ainsi des obligataires, qui n'ont généralement souscrit qu'en vue d'une entreprise déterminée, à voir leur gage diminué par l'adjonction d'une affaire onéreuse, sans lien avec la première ; le projet propose de limiter l'exception au cas où des lignes dont la Compagnie est déjà concessionnaire sont situées dans le même département ou se prolongeraient sur un département limitrophe.

En conséquence de cet exposé, la loi soumise aux délibérations du Parlement se compose d'un seul article conçu comme il suit :

Article unique. — L'article 13, le § 5 de l'article 18 et l'article 36 de la loi du 11 juin 1880, sur les chemins de fer d'intérêt local et les tramways, sont remplacés par les dispositions suivantes :

« Art. 13. — Lors de l'établissement d'un chemin de fer d'intérêt local, l'État peut s'engager envers le département ou la commune — en cas d'insuffisance du produit brut pour couvrir les dépenses d'exploitation, l'intérêt annuel du capital de premier établissement à 3,75 %, et l'amortissement au même taux pendant toute la durée de la concession, sans pouvoir dépasser 0,75 % — à subvenir pour partie au paiement de cette insuffisance, à la condition qu'une partie au moins équivalente sera payée par le département ou par la commune, avec ou sans le concours des intéressés.

« En aucun cas les subventions de l'État et du département ou de la commune ne peuvent couvrir les insuffisances d'exploitation au delà de 750 fr. par kilomètre.

« La loi qui déclare l'utilité publique fixe, dans chaque cas, le maximum de la charge imposée au Trésor.

« Le capital de premier établissement ne peut pas faire l'objet d'un forfait entre le concédant et le concessionnaire; il est limité par un maximum fixé dans l'acte de concession. Le même acte peut stipuler que ce capital sera augmenté : 1° d'une prime sur les économies réalisées pendant la construction; 2° des insuffisances constatées pendant la période assignée à la construction, 3° et des sommes employées ultérieurement pour travaux et dépenses complémentaires. Ces dernières sommes ne peuvent figurer dans le compte des subventions dues par l'État que si les projets ont été, préalablement à leur exécution, approuvés par décrets rendus en Conseil d'État, et seulement jusqu'à concurrence du maximum fixé par la loi.

« Les dépenses d'exploitation ne peuvent pas faire l'objet d'un forfait; elles sont limitées par des maxima dans l'acte de concession, qui peut allouer au concessionnaire une prime sur les économies réalisées dans l'exploitation.

« Si la subvention est donnée par le département ou la commune, en capital, en terrains, en travaux ou sous toute autre forme que celle d'annuités, elle est, pour le calcul de la subvention de l'État, évaluée et transformée en annuités aux taux d'intérêt et d'amortissement ci-dessus fixés.

« Quelles que soient les combinaisons adoptées dans les conventions passées entre le concessionnaire et le département ou la commune, le concessionnaire devra toujours fournir une portion du capital de premier établissement qui ne sera pas inférieure au quart de ce capital.

« Art. 18, § 5. — La Compagnie concessionnaire peut être autorisée à émettre des obligations pour une somme supérieure au montant du capital-actions, lorsque le ministre des travaux publics reconnaît que l'annuité nécessaire pour couvrir l'intérêt et l'amortissement des obligations à émettre est suffisamment assurée par les produits nets soit de la ligne à construire, soit d'autres lignes dont la Compagnie serait déjà concessionnaire dans le même département, ou qui se prolongeraient sur un département limitrophe, étant entendu que les subventions sont comprises dans l'évaluation des produits nets.

« Toutefois, il ne sera tenu compte du produit net d'une ligne à construire que jusqu'à concurrence des trois quarts. En aucun cas, le montant du capital-actions ne pourra être inférieur au tiers de la dépense laissée à la charge du concessionnaire.

a Art. 36. — Lors de l'établissement d'un tramway à traction mécanique et destiné au transport des marchandises en même temps qu'au transport des voyageurs, l'État peut s'engager envers le département ou la commune — en cas d'insuffisance du produit brut pour couvrir les dépenses d'exploitation, l'intérêt annuel du capital de premier établissement à 3,75 % et l'amortissement au même taux pendant toute la durée de la concession, sans pouvoir dépasser 0,75 % — à subvenir pour partie au paiement de cette insuffisance, à la condition qu'une partie au moins équivalente sera payée par le département ou par la commune, avec ou sans le concours des intéressés.

« En aucun cas, les subventions de l'État et du département ou de la commune ne peuvent couvrir les insuffisances d'exploitation au delà de 500 fr. par kilomètre.

« Le décret qui déclare l'utilité publique fixe, dans chaque cas, le maximum de la charge annuelle imposée au Trésor.

« Les §§ 4, 5, 6 et 7 de l'article 13 sont applicables aux tramways. »

Cette nouvelle loi, si elle reçoit la sanction du Parlement, constituera une grande amélioration : elle fera disparaître deux des plus graves Inconvénients constatés au cours de ces dernières années dans la construction et l'exploitation des chemins de

fer d'intérêt local, nous voulons parler des forfaits de construction et d'exploitation, dont nous exposerons, dans un chapitre ultérieur, tous les désavantages ; elle résoudra également, et dans un sens très équitable, la question de constitution du capital des Compagnies et sa répartition en capital-actions et capital-obligations. Le Conseil d'État reconnaît aujourd'hui que l'interprétation qu'il avait donnée du dernier paragraphe de l'article 18 de la loi était abusive, puisqu'il propose d'y renoncer. Il n'est que juste d'ajouter que cette interprétation avait été vivement critiquée, notamment par M. Félix Martin, dans sa brochure sur le *Régime des Chemins de fer secondaires en France* (Paris 1891). M. Félix Martin faisait remarquer avec raison que le produit net existe en réalité pour toute ligne concédée dans les conditions de l'article 13 de la loi, puisque la garantie de l'État et du département est assurée à la ligne projetée par la loi de concession elle-même ; il ajoutait que la jurisprudence du Conseil d'État ne semblait pas partager cette manière de voir, mais au contraire admettre que « cette disposition a été insérée pour permettre aux Compagnies de prendre des concessions de chemins de fer d'intérêt local sans modifier la composition de leur capital⁹ » ; quant à lui, il était convaincu que l'expérience amènerait certainement à une application plus large et plus libérale du texte et de l'esprit de la loi. L'événement lui a donné raison et prouvé que, comme il le supposait, la loi de 1880 n'a pas voulu « réserver aux grandes Compagnies seules le bénéfice de l'application du § 5 de son article 18 », et que cette loi, faite précisément en vue d'aider la création de Compagnies secondaires, ne pouvait pas comporter « une interprétation qui ferait de cet article 18 un véritable leurre, puisqu'aucune des Compagnies appelées à en bénéficier ne pourrait l'appliquer ».

Le texte du projet de loi comporte encore une autre modification heureuse des dispositions actuellement en vigueur. Sous le régime actuel, lorsque la subvention du département est donnée en capital, en terrains, en travaux ou sous toute autre forme que celle d'annuités, l'article 12 du décret du 20 mars 1882 prescrit de la transformer en annuités au taux de 4 %. Cette manière d'opérer n'est certainement pas équitable, surtout lorsque le département paye la dépense de premier établissement de la ligne.

On remarquera, en effet¹⁰ que, dans ce cas, l'État ne paye plus au maximum qu'une annuité de 2 % du capital, alors que, si les frais de premier établissement avaient été avancés par un concessionnaire, il payerait en général, sous réserve des maxima fixés par la loi de 1880 et la loi déclarative d'utilité publique, la moitié de l'insuffisance, c'est-à-dire 2 ½ % du capital de premier établissement, plus la moitié du déficit d'exploitation. C'est là une anomalie : l'État semble vouloir punir les départements qui construisent eux-mêmes leurs lignes, alors qu'il devrait plutôt faire le contraire, le système de construction directe par les départements étant, comme nous le verrons bientôt, le meilleur de tous, au point de vue de la bonne

9 Colson. *La garantie d'intérêts*. [Annales des Ponts et Chaussées, décembre 1888.)

10 Heude, *Chemins de fer d'intérêt local et tramways établis sous le régime de la loi du 11 juin 1880* (Paris 1892)

exécution des travaux et de l'emploi régulier des crédits. Le moins que l'on puisse demander à l'État, c'est de traiter les départements aussi favorablement que les concessionnaires et d'accorder la même garantie dans les deux cas.

On a vu que les dispositions de la nouvelle loi donnent satisfaction à ce désir, puisqu'elle spécifie que la subvention allouée par le département ou la commune sera, pour le calcul de la subvention de l'État, évaluée et transformée en annuités aux mêmes taux d'intérêt et d'amortissement que ceux qui sont fixés par le premier paragraphe du nouvel article 13. C'est le moins qu'on pouvait faire.

Enfin, la nouvelle rédaction de l'article 13, qui limite à 750 fr. par kilomètre le montant des insuffisances d'exploitation que peuvent couvrir les subventions de l'État et du département, fait disparaître la complication des dispositions anciennes, desquelles résultaient plusieurs manières différentes de calculer la subvention de l'État; l'application de ces dispositions ayant donné lieu à diverses difficultés, il avait fallu les éclaircir par une circulaire ministérielle du 26 septembre 1887, dont nous avons déjà parlé, et qui prévoit jusqu'à cinq maxima, entre lesquels il n'était pas toujours très facile de se reconnaître. En limitant simplement à 750 fr. par kilomètre le montant total des insuffisances d'exploitation à couvrir, on supprime toutes ces difficultés.

Il n'est pas inutile de faire remarquer que les chiffres de 750 fr. pour les chemins de fer d'intérêt local et de 500 fr. pour les tramways s'appliquent aux insuffisances d'exploitation seulement, c'est-à-dire à l'excès des dépenses sur les recettes, sans tenir compte de l'intérêt et de l'amortissement du capital de construction. Cela résulte clairement de l'exposé des motifs du projet de loi.

Ce projet apporte donc, en définitive, des améliorations très importantes dans la réglementation actuelle, en supprimant les principaux inconvénients qui s'étaient révélés dans son application.

Il nous paraît cependant regrettable que les départements ne trouvent pas dans le projet des facilités particulières pour le cas où ils voudraient construire des lignes d'intérêt local, sans avoir recours à un concessionnaire; on remarquera, en effet, que toutes les dispositions projetées semblent admettre la nécessité absolue de faire intervenir un contrat de concession, même pour la construction, puisque l'exposé des motifs critique les combinaisons en vertu desquelles une ligne est construite entièrement aux frais du département, et puisque le dernier paragraphe de l'article 13 spécifie que, dans tous les cas, le concessionnaire devra toujours fournir au moins le quart du capital de premier établissement.

Cette prescription a été inspirée par le désir très naturel de ne pas retomber dans les inconvénients de la loi de 1865; mais elle empêche le département de construire à ses frais, solution pourtant très recommandable, comme on le verra plus loin, et de chercher ensuite un fermier pour l'exploitation de la ligne. Nous reviendrons sur cette question dans l'un des chapitres suivants.

En outre, nous croyons qu'au lieu de fixer un taux uniforme de 3,75 % pour

l'intérêt du capital de premier établissement, il serait préférable d'adopter un taux variable, suivant l'état du marché financier. C'est, paraît-il, dans cet ordre d'idées que le rapporteur du projet de loi à la Chambre des députés propose un taux variant avec la valeur de la rente française ¹¹

Nous donnons en terminant deux exemples de l'application des dispositions nouvelles.

Supposons qu'une ligne d'intérêt local puisse être construite moyennant une somme de 60000 fr. par kilomètre et qu'elle soit exploitée pour 3000 fr. par kilomètre et par an. Si les recettes brutes sont de 2000 fr. (il y a beaucoup de petites lignes qui atteignent à peine ce chiffre), l'insuffisance se calculera comme il suit :

Les charges comprennent : 1° l'intérêt et l'amortissement du capital de premier établissement, au taux de 4,50 %, soit 2 700 fr. ; 2° les dépenses d'exploitation, 3000 fr.; soit au total, 5 700 fr.

Les recettes étant de 2000 fr., insuffisance sera de 3 700 fr. ; elle pourra donner lieu à l'allocation de subventions. Mais la portion de la subvention correspondant aux insuffisances de l'exploitation proprement dite ne peut, comme nous l'avons vu, dépasser 750 fr. Le maximum de la subvention totale sera, par suite, de 3450 fr. par kilomètre; le département devra en payer la moitié, soit 1725 fr., pour que l'État paye une somme égale.

S'il s'agissait d'un tramway, coûtant 40000fr. par kilomètre, exploité pour 2200 fr. et donnant une recette brute de 1650 fr., le total des insuffisances serait de 2350 fr. savoir :

Intérêt du capital.....	1800 f
Dépenses d'exploitation.....	2200 f
Total des charges.....	4000f
Recettes.....	<u>1650 f</u>
Différence.....	2350 f

Le maximum de insuffisance d'exploitation proprement dite à couvrir par la subvention étant de 500 fr., le maximum de la subventions totale sera de 2300 fr., dont moitié à charge du département et moitié à charge de l'État.

11 Le rapport dont il s'agit n'est pas encore venu en discussion au Parlement.

CHAPITRE II

DE L'UTILITÉ DES CHEMINS DE FER d'INTÉRÊT LOCAL

Le mémoire de M. Considère sur l'utilité des chemins de fer d'intérêt local. — Bénéfice net d'exploitation. — Economies de transport. — Avantages indirects. — Utilité totale des chemins de fer d'intérêt local. — Opinion de M. Colson.

L'opinion ne semble pas encore bien fixée sur le degré d'utilité que peut présenter pour un pays la constitution d'un réseau important de chemins de fer d'intérêt local, composé en majorité de lignes à faible trafic. Bien des personnes, parmi celles qui s'occupent des chemins de fer, croient volontiers qu'une ligne, pour être utile au pays, doit rapporter au moins ce qu'elle coûte, et considèrent comme funeste à l'intérêt public l'établissement de toute voie ferrée dont la recette n'est pas assez élevée pour couvrir la dépense d'exploitation et l'intérêt du capital de construction. D'autres estiment que, lorsqu'une ligne ne doit pas couvrir ses dépenses d'exploitation, il vaudrait mieux, dans l'intérêt général, ne pas en faire la dépense.

Ce sont là des opinions qui nous semblent erronées. Sans entrer dans de grands développements à cet égard, on peut faire remarquer tout d'abord que, pour qu'une entreprise soit utile, il n'est pas toujours nécessaire qu'elle donne un revenu, c'est-à-dire une rémunération aux capitaux engagés, et citer, comme exemple, les routes que l'État, les départements ou les communes établissent à leurs frais, entretiennent et livrent gratuitement à l'usage public ; il est clair que, dans ce cas, non seulement le revenu de l'entreprise n'existe pas, mais il est remplacé par une perte sèche, qui se renouvelle tous les ans, et qui est représentée par la dépense d'entretien. Et, cependant, il n'est personne qui conteste l'utilité très grande des routes et l'intérêt considérable qu'il y a pour le public à les voir toujours bien entretenues.

On peut se demander pourquoi, dans cet ordre d'idées, ce qui est vrai pour les routes ne serait pas vrai pour les chemins de fer.

Toutefois, il nous paraît utile de serrer la question d'un peu plus près, et de faire connaître les résultats d'une étude très complète, récemment publiée par M. Considère, ingénieur en chef des ponts et chaussées, sur cette intéressante question de l'utilité des chemins de fer d'intérêt local¹², étude dont les conclusions sont absolument conformes à l'opinion que nous venons d'émettre. Nous résumons ci-dessous les points qui nous paraissent les plus importants de l'étude dont il s'agit.

Trois éléments forment l'utilité totale d'un chemin de fer ; ce sont :

- 1° Le bénéfice net d'exploitation, c'est-à-dire l'excès des recettes sur les dépenses; c'est ce bénéfice qui sert à rémunérer le capital de premier établissement ;
- 2° Les économies réalisées par le public sur les frais de transport ;
- 3° Les avantages indirects procurés par les multiples effets du chemin de fer au public, à l'État, aux départements et aux communes.

12 Annales des Ponts et Chaussées, février et mars 1892.

Étudions séparément chacune de ces trois sources d'utilité.

BÉNÉFICE NET D'EXPLOITATION. — Les lignes d'intérêt local ou, d'une manière plus générale, les lignes secondaires qui se raccordent aux réseaux des grandes Compagnies, ont pour effet certain d'amener aux lignes anciennes un trafic supplémentaire qui ne se produirait pas sans la création des lignes nouvelles. Ce fait, très important, ne paraît pas contestable; il est expressément reconnu, en particulier, par M. Noblemaire, directeur de la Compagnie P.-L.-M., dans sa *Note sur les chemins de fer départementaux*¹³. Dès lors, on doit admettre que l'ouverture de toute ligne secondaire nouvelle donnera naissance à deux espèces de trafic : 1° celui qui aura lieu sur ses propres rails; 2° celui qui en résultera sur les anciennes lignes des grands réseaux et qui ne se serait pas produit sans cette nouvelle ligne.

Évaluer avec une rigueur mathématique la part qui revient à chaque ligne nouvelle dans la production de ce trafic supplémentaire serait un travail fort délicat, pour ne pas dire impossible. Mais on peut se faire une idée de l'importance de ce trafic par les résultats d'une étude statistique faite par M. Considère sur un certain nombre de lignes secondaires servant d'affluents aux réseaux de l'Ouest, d'Orléans et du Nord. L'étude a porté sur neuf lignes tracées en impasse, dont la longueur varie entre 8 et 28 kilomètres, et dont la distance à Paris est comprise entre 37 et 681 kilomètres.

Ces lignes sont les suivantes :

Ligne de Morlaix à Roscoff.....	28 k.
— Plouaret à Lannion.....	16
— Quimper à Douarnenez.....	24
— Quimper à Pont-l'Abbé.....	22
— Rosporden à Concarneau.....	16
— Auray à Quiberon.....	28
— Doullens à Beauquesne.....	13
— Noyelles au Crotoy.....	8
— Valmondois à Épiais-Rhus.....	14

De cette étude, il résulte que le rapport Z entre l'augmentation nette de recettes, amenée par ces lignes aux réseaux contigus, et les recettes effectuées sur leurs propres rails, varie, pour les voyageurs, entre 1 et 2 et, pour les marchandises, entre 2 et 9.

Ces résultats, exacts pour les lignes considérées, ne seraient pas pour la moyenne des chemins de fer d'intérêt local qui restent à construire en France. Il faut donc opérer d'une autre manière, pour trouver la valeur probable du rapport Z . Voici comment on y parvient, au moyen des résultats généraux donnés par la statistique des chemins de fer français.

M. Considère établit d'abord que, d'après les statistiques officielles, le parcours

13 Annales des Ponts et Chaussées, décembre 1887.

moyen effectué sur les chemins de fer français, en 1889, paraît avoir été de 35 kilomètres pour les voyageurs et de 127 kilomètres pour les marchandises; mais que ces chiffres sont trop faibles, parce qu'ils résultent des statistiques particulières de chaque Compagnie, et non d'un travail d'ensemble, permettant de suivre, dans tout leur parcours, les unités de transport qui empruntent successivement plusieurs réseaux. Dès lors, on devrait faire subir à ces chiffres des majorations assez importantes pour obtenir le parcours réellement effectué ; néanmoins, on peut les supposer exacts et rechercher quelles conclusions on en doit tirer pour le trafic qui emprunte les chemins de fer d'intérêt local.

Le parcours moyen fait sur tous les chemins de fer par les voyageurs qui empruntent les lignes d'intérêt local sur une partie de leur trajet ne semble pas devoir être plus faible que le chiffre de 35 kilomètres fourni par les statistiques individuelles des Compagnies ; néanmoins, on admettra le chiffre de 30 kilomètres seulement, pour tenir compte de ce fait que beaucoup de petites lignes aboutissent à un centre important, que ne dépassent pas les voyageurs de ces lignes.

Pour les marchandises, il n'y a aucun motif d'admettre que celles qui empruntent les petites lignes parcourent, en moyenne, des distance moindres que celles qui voyagent exclusivement sur les grands réseaux ; il y aurait plutôt lieu de croire le contraire, attendu que les embranchements sont rarement utilisés pour les transports en provenance ou à destination des stations du grand réseau voisines de leur point d'embranchement. Néanmoins, on admettra le chiffre de 127 kilomètres, pour éviter tout reproche d'exagération.

Dès lors, étant admis les deux chiffres de 30 et 127 kilomètres, il est facile de savoir comment ils se répartissent entre les chemins d'intérêt local et les lignes des grands réseaux.

Les statistiques officielles donnent, pour les parcours moyens sur les lignes d'intérêt local, 11 kilomètres pour les voyageurs et 20 kilomètres pour les marchandises¹⁴

En se basant sur ces chiffres, on décompose, comme il suit, les parcours totaux de 30 et de 127 kilomètres.

14 Les moyennes des dernières années sont les suivantes :

	Voyageurs.	Marchandises.
Année 1883.....	12k 6.....	23 k
— 1884.....	10 3.....	18 5
— 1885.....	10 6.....	18 5
— 1886.....	10 6.....	19 3
— 1887.....	10 9.....	19 9
— 1888.....	10 5.....	21
— 1889.....	11 5.....	21 7

	PARCOURS MOYEN DU TRAFIC COMMUN		
	SUR CHEMIN d'intérêt local	SUR CHEMIN d'intérêt général	TOTAL
Voyageurs-----	11 k.	19 k.	30 k.
Marchandises-----	20	107	127

Si l'on applique à ces chiffres les tarifs moyens de chaque catégorie de chemins de fer, tels qu'ils sont donnés par les statistiques officielles¹⁵, on aura, pour le rapport des recettes que le trafic des lignes secondaires procure aux grands réseaux et de celles qu'elles en retirent elles-mêmes, les résultats suivants :

$$\text{Voyageurs.....} \frac{19 \times 4,63}{11 \times 5,37} = 1,5 ;$$

$$\text{Marchandises.....} \frac{107 \times 5,95}{20 \times 10,99} = 2,9$$

Les tarifs moyens des voyageurs diffèrent peu sur les deux catégories de lignes; la différence est, au contraire, très grande pour les marchandises (5^c95 et 10^c99). M. Considère fait observer que ce résultat est dû aux conventions défectueuses qui régissent les chemins de fer d'intérêt local, et il pense qu'avec des conventions bien conçues la moyenne des tarifs de marchandises s'abaisserait certainement au dessous de 8 centimes. Comme il ne s'agit ici que de moyennes applicables à l'ensemble du *futur réseau d'intérêt local* il propose d'admettre pour les marchandises le rapport

$$\frac{107 \times 5,95}{20 \times 8}$$

Mais ces rapports 1,5 et 4 donneraient une valeur supérieure au *boni* réel que les lignes secondaires procurent aux grands réseaux; on doit admettre, en effet, qu'une partie du trafic amené par les petites lignes viendrait en voiture si ces petites lignes n'existaient pas. Il faut donc réduire les chiffres trouvés ci-dessus; M. Considère propose de les multiplier par les coefficients 0,70 et 0,50, le premier s'appliquant aux voyageurs, le second, aux marchandises. Ces coefficients sont déduits d'une étude de la loi de décroissance de l'attraction des chemins de fer, à mesure que la distance augmente, étude que nous ne pouvons reproduire ici, et au sujet de

15 Les tarifs moyens des dernières années sont les suivants :

ANNÉES	VOYAGEURS		MARCHANDISES	
	INTÉRÊT GÉNÉRAL	INTÉRÊT LOCAL	INTÉRÊT GÉNÉRAL	INTÉRÊT LOCAL
1883.....	4c 77	5c 48	5c 73	8c 18
1884.....				
1885.....				
1886.....				
1887.....				
1888.....				
1889.....				

laquelle nous renvoyons le lecteur au Mémoire original.

Dès lors, on est amené à ce résultat que le rapport Z de l'augmentation de recettes, que les lignes secondaires apportent aux grands réseaux, aux recettes qu'elles réalisent elles-mêmes, est égal à

$$1,5 \times 0,70 = 1 \text{ (en nombre rond) pour les voyageurs}$$

et à

$$4,0 \times 0,50 = 2 \text{ pour les marchandises.}$$

En d'autres termes, à chaque franc de recette que fait un chemin de fer d'intérêt local correspond, en moyenne, pour les réseaux dont il est l'affluent, une augmentation nette de recettes de

1 fr. pour les voyageurs,

2 fr. pour les marchandises.

Or, d*après les statistiques officielles de 1889, la recette brute des chemins de fer d'intérêt local a été de

5493516 fr. pour les voyageurs,

et de

6875465 fr. pour les marchandises.

Si l'on admettait la même proportion de recettes pour le trafic des chemins de fer restant à construire, on obtiendrait, pour le rapport Z, la valeur suivante :

$$\frac{(1 \times 5493516) + (2 \times 6875465)}{5493516 + 6875465} = 1,6.$$

Mais il paraît prudent de ne pas compter qu'en moyenne, le trafic des marchandises aura une importance supérieure à celui des voyageurs. C'est pourquoi on réduira à 1,4 la valeur du rapport Z, ce qui amène à conclure ainsi :

En moyenne, les chemins de fer d'intérêt local, à construire en France, donneront vraisemblablement aux grands réseaux dont ils seront les affluents, une augmentation de recettes égale aux 140 centièmes de leurs recettes propres.

Cette conclusion va nous permettre de calculer le bénéfice net d*exploitation produit par les chemins de fer d'intérêt local.

En effet, soit D la dépense kilométrique d'exploitation d'une ligne d'intérêt local. Bien qu'il ne soit pas possible de la représenter exactement par une formule dans laquelle ne figure que la recette brute, on peut admettre, à titre d'approximation, et comme moyenne applicable au futur réseau d'intérêt local, la formule

$$D = 1000^f + 0,50R,$$

R étant la recette brute de la ligne considérée.

Si B représente le bénéfice d'exploitation que produit la ligne sur ses propres rails,

on aura

$$B = R - D = 0,50R - 1000^f$$

B' étant le bénéfice réalisé par l'augmentation de trafic que la petite ligne détermine sur les grands réseaux, et R' l'augmentation de la recette brute correspondante, M. Considère admet, d'après les travaux de M. l'Inspecteur général Ricour sur le prix de revient des transports, que l'on a

$$B' = 0,50R'$$

et, d'après ce qu'on a vu précédemment,

$$B' = 0,50 \times 1,40 \times R = 0,70 R.$$

Donc

$$B + B' = 1,20 R - 1000^f.$$

Tel est le bénéfice total d'exploitation que produit, sur tous les rails, une ligne d'intérêt local dont la recette brute est R.

En admettant que la dépense moyenne d'établissement des lignes d'intérêt local, à voie d'un mètre et à travers champs, soit de 50000 fr. par kilomètre, on voit que, pour que B + B' soit égal à 2500 fr., c'est-à-dire à 5 % du capital de premier établissement, il suffit que l'on ait

$$1,20 R - 1000 = 2500^f$$

d'où

$$R = 3000^f$$

Le bénéfice net produit par les chemins de fer d'intérêt général n'étant guère que de 3,90 % de leur capital de premier établissement¹⁶, on voit que, pour qu'une ligne d'intérêt local soit, à ce point de vue, aussi avantageuse que le réseau d'intérêt général, il suffit que

$$1,20R - 1000 = 50000 \times \frac{3,90}{100} = 1950^f$$

d'où

$$R = 2450^f.$$

D'où cette conclusion :

Une ligne à voie d'un mètre, desservie par trois trains par jour, donnant 2400 à 2500 fr. de

¹⁶ En 1889, les chemins de fer français d'intérêt général ont donné un bénéfice net d'exploitation de 16879 fr. par kilomètre, soit 3,90 % de leur dépense de premier établissement, qui était de 424000 fr.

Les résultats des années précédentes sont indiqués ci-dessous :

Bénéfice Dépense

d'exploit. de premier établissement.

recette brute kilométrique y produirait sur ses rails ou sur les rails des grands réseaux un bénéfice net d'exploitation aussi élevé, par rapport à sa dépense de construction, que la moyenne des chemins de fer d'intérêt général.

Et pourtant, d'après la formule $B = 0,50R - 1000^f$, cette ligne ne donnerait sur ses propres rails qu'un bénéfice net de 250 fr. par kilomètre, à peine suffisant pour rémunérer les peines de l'exploitant.

S'il s'agissait de tramways, coûtant 35000 fr. environ par kilomètre, exploités avec deux trains seulement par jour, le même résultat serait atteint, en ce qui concerne le bénéfice d'exploitation produit sur tous les rails, avec 1800 fr. de recette brute kilométrique.

Remarque. — Nous n'avons pas voulu interrompre l'exposé qui précède par des réflexions qui en auraient troublé la clarté. Mais il n'a pas dû échapper au lecteur que les chiffres, dont sont tirées les conclusions ci-dessus, sont seulement approximatifs. L'auteur du mémoire que nous analysons est, d'ailleurs, le premier à le reconnaître.

« Ces conclusions, dit-il, s'écartent tellement des idées les plus répandues, que nous aurions hésité à les formuler si nous les avions déduites exclusivement des considérations délicates qui sont l'objet de ce chapitre ; mais on reconnaîtra qu'elles reçoivent une confirmation bien sérieuse de l'étude statistique qui forme le chapitre I.

« En effet, pour les voyageurs, le rapport Z en question varie de 0,90 à 2 et a une valeur moyenne de 1,27 pour neuf lignes placées dans des conditions aussi différentes que possible. En ce qui concerne les marchandises, le rapport Z varie de 2,1 à 9, et a une valeur moyenne de 4,2 pour les six lignes du premier tableau, les seules qui donnent des renseignements sérieux.

« Parmi ces lignes, il y en a deux, celles de Morlaix et de Lannion, qui, à des degrés très différents, présentent un caractère exceptionnel, au point de vue de la distance aux centres de consommation. Mais les quatre autres lignes sont, à ce point de vue, dans des conditions ordinaires, malgré leur distance à Paris, puisque les produits qu'elles envoient à la capitale ne parcourent que 173, 153 et 73 kilomètres avant de quitter le réseau d'Orléans, le seul dont les recettes figurent au tableau. Ce sont des distances plutôt inférieures que supérieures à la moyenne qu'il faut admettre pour l'ensemble du réseau des chemins de fer français.

« Le seul point de vue, auquel ces lignes s'écartent d'un grand nombre de chemins de fer d'intérêt local, est celui des tarifs, qui sont ceux du grand réseau. Il nous semble que, même en tenant largement compte de cette différence, on doit reconnaître que l'étude statistique que nous avons faite conduit à considérer comme très modérées les valeurs de 1 (voyageurs) et 2 (marchandises), que nous avons admises pour le rapport Z . »

Nous croyons, en effet, que les conclusions de M. Considère sont fort justes et que, si l'on peut contester quelques-uns des chiffres dont il s'est servi, les atténuations

introduites par lui dans l'emploi de ces chiffres donnent une grande probabilité aux résultats qui en découlent. Arrivé à ce point de notre étude, nous ne pouvons que nous associer pleinement à cette réflexion de l'auteur :

« Bien que nous n'ayons encore étudié qu'un des trois éléments qui forment l'utilité des chemins de fer, on voit déjà combien est faux et étroit le point de vue auquel se placent ceux qui ne tiennent compte que du bénéfice propre d'exploitation des chemins de fer d'intérêt local et qui déclarent funeste aux intérêts généraux l'établissement de toute ligne dont l'exploitation ne donne pas un bénéfice suffisant pour rémunérer la dépense de construction. »

ÉCONOMIES DE TRANSPORT. — On a évalué de bien des manières les économies de transport que le public réalise par l'emploi des chemins de fer et, en général, on paraît les avoir beaucoup exagérées.

Il ne suffit pas, en effet, de comparer les prix anciennement payés sur voie de terre (soit 0^f 10 en moyenne, pour les voyageurs, et 0^f 20 à 0^f 30 pour les marchandises) avec les tarifs moyens de chemins de fer (soit 0^f 05 pour les voyageurs et 0^f 06 pour les marchandises) pour conclure de là à une économie de 0^f 05 par voyageur et de 0^f 14 à 0^f 24 par tonne de marchandise. Si l'on appliquait ces bases de calcul au trafic du réseau français, on obtiendrait des chiffres énormes, mais inexacts.

Il faudrait d'abord déduire de là les frais de camionnage au départ et à l'arrivée, qui s'ajoutent aux frais de transport par chemin de fer. En outre, l'économie réalisée n'est égale à la différence des taxes indiquées plus haut que pour les transports qui se feraient par voiture, même au cas où les chemins de fer n'existeraient pas. Or, chacun sait que ces transports ne sont qu'une faible part du trafic actuel des chemins de fer, trafic qui ne se produit précisément qu'en raison des tarifs avantageux qu'on lui offre.

Voici comment M. Considère évalue les économies de transport.

Si l'on porte sur une ligne horizontale OX (fig. 1) des abscisses représentant Q

Si l'on porte sur une ligne horizontale OX (fig. 1) des abscisses représentant les divers tarifs qu'on peut appliquer, et si, au dessus de chaque point S, on élève une verticale Ss, dont la longueur représente, à une certaine échelle, le trafic que produirait l'application du tarif OS, c'est-à-dire le nombre des unités qui seraient transportées, on obtient, en réunissant les points s par un trait continu, une courbe PQ, qui est la *courbe du trafic*.

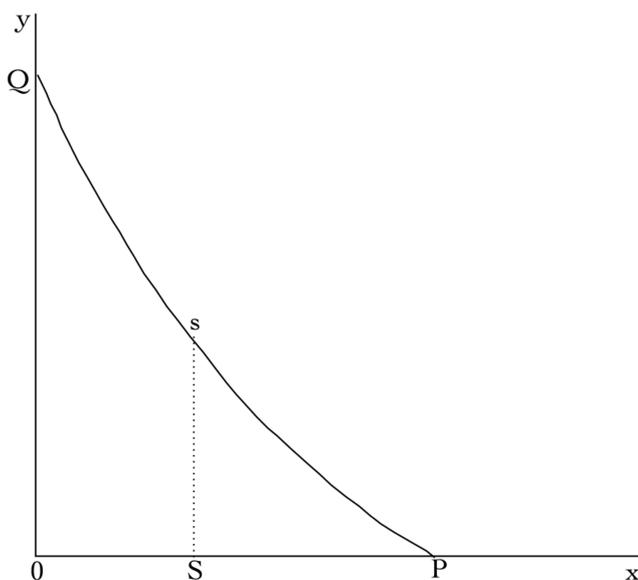


Fig. 1.. — Courbe du trafic.

Il est clair que, si les taxes étaient trop élevées, le trafic serait nul ; la courbe rencontre donc l'axe des x en un point P , tel que OP est égal à la taxe limite, au dessus de laquelle aucun trafic ne se produirait plus; OP est dit *tarif prohibitif*. À mesure que les taxes s'abaissent au dessous de OP , le trafic naît et se développe ; la courbe s'élève donc en se rapprochant de l'axe des y .

Si l'on cherche maintenant la courbe du bénéfice net d'exploitation, on trouve un résultat tout différent. On sait que les dépenses d'exploitation sont de deux sortes : les unes constantes et indépendantes du trafic, les autres, à peu près proportionnelles aux transports et dont nous appellerons la valeur par unité *prix de revient partiel* de transport.

Dès lors, si l'on prend pour abscisses les tarifs, et pour ordonnées l'excès des recettes sur cette partie des dépenses qui varie proportionnellement aux transports, on aura une courbe RmP (fig. 2), qui rencontrera l'axe des x en deux points ; elle aura, en effet, une ordonnée nulle pour l'abscisse OP , égale au tarif prohibitif, et une autre ordonnée nulle pour l'abscisse OR , qui représente un tarif égal au prix de revient partiel de transport. Entre les points P et R , la courbe passe nécessairement par un maximum m .

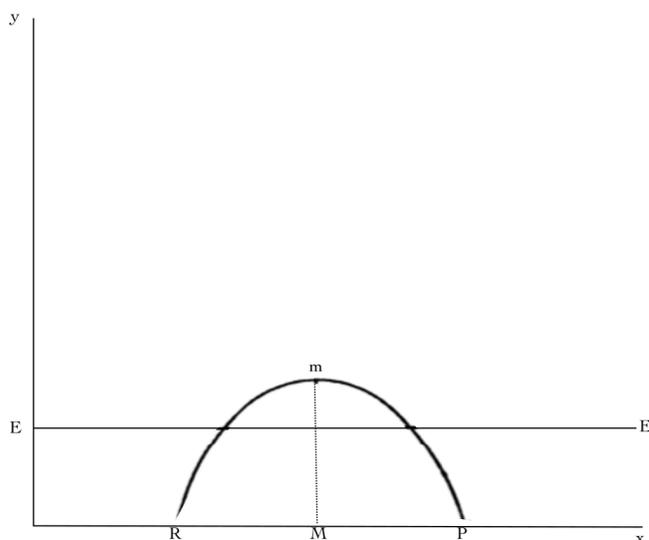


Fig. 2 — Courbe de bénéfices d'exploitation

Si l'on veut avoir le bénéfice net correspondant à l'application de divers tarifs, il suffit de mesurer les ordonnées de la courbe, par rapport à une ligne horizontale EE' , dont la hauteur au dessus de OX soit égale aux dépenses constantes et indépendantes du trafic.

Cela posé, soit p le tarif prohibitif,

r le tarif égal au prix de revient partiel de transport,

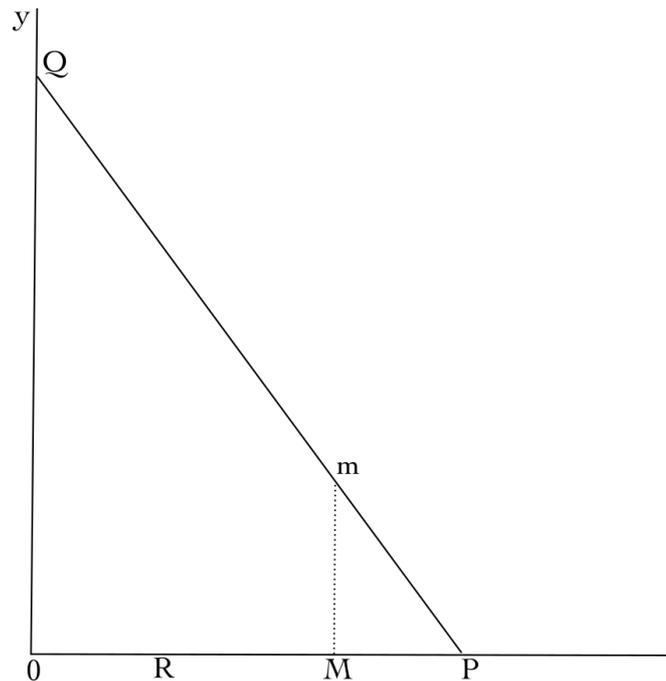
n le tarif qui donne le maximum de bénéfice net d'exploitation.

On ne connaît jamais a priori la forme qu'affecte la courbe du trafic pour une catégorie donnée de marchandises, et les statistiques ne fournissent, après coup, qu'un assez petit nombre de points de cette courbe. Mais, si l'on suppose, pour

simplifier, qu'elle soit rectiligne, c'est-à-dire qu'à d'égales réductions de tarifs correspondent toujours d'égales augmentations de trafic, on démontre facilement que l'on a¹⁷

$$(1) \quad n = \frac{r+p}{2}$$

D'après les études publiées en 1844 par Dupuit sur la mesure de l'utilité publique, la valeur des économies de transport que réalisent les expéditeurs, lorsqu'on applique un tarif donné, est égale à l'aire du triangle curviligne compris entre l'ordonnée correspondant à ce tarif, la courbe du trafic et l'axe des abscisses. Ce résultat est vrai, quelle que soit la forme de la courbe.



Si cette courbe est une droite (fig. 3), le triangle en question est MPm et sa surface est égale à

17 En effet, OR représentant (fig.3) le prix de revient partiel de transport, si l'on applique un tarif quelconque OM , l'augmentation du bénéfice d'exploitation est égale à

$$OM - OR$$

par unité, et à

$$(OM - OR) \times Mm$$

pour le trafic total qui est dans ce cas égal à Mm .

Mais Mm varie proportionnellement à MP , ou à $(OP - OM)$; on a donc

$$Mm = k \times (OP - OM).$$

k étant un coefficient convenablement choisi.

Dès lors, l'augmentation du bénéfice d'exploitation devient

$$k \times (OM - OR)(OP - OM).$$

La somme des deux facteurs variables $(OM - OR)$ et $(OP - OM)$ état constante et égale à $OP - OR$, leur produit est maximum quant ils seront égaux ; c'est à dire lorsque l'on aura

$$OM - OR = OP - OM$$

ou quand le point M sera au milieu de la distance RP .

$$Mm \times \frac{1}{2} MP$$

ou à

$$Mm \times \frac{1}{2} (p - m),$$

en désignant par m le tarif OM.

L'économie de transport par unité est donc

$$\frac{1}{2} (p - m)$$

pour une valeur m du tarif. Elle sera égale à

$$\frac{1}{2} (p - n)$$

si l'on applique le tarif n , qui donne le maximum de bénéfice net d'exploitation.

En vertu de la formule (1), cette valeur devient

$$(2) \quad \frac{1}{2} (n - r)$$

La formule (2) permet de calculer l'économie moyenne de transport que les chemins de fer procurent au public, quand on connaît les valeurs de n et de r pour l'ensemble du trafic.

D'après les travaux de M. Ricour sur le prix de revient des transports des chemins de fer d'intérêt général, on a sensiblement, pour le prix de revient partiel des transports sur les grands réseaux¹⁸,

$$r = 0,02.$$

Quant à n , tarif qui donnerait le maximum de bénéfice net d'exploitation, les Compagnies de chemins de fer, qui n'ont pas à poursuivre d'autre but que les intérêts de leurs actionnaires, doivent chercher à s'en rapprocher le plus possible. Si elles étaient absolument libres dans la fixation des tarifs, il faudrait admettre que n est précisément égal au tarif moyen réellement appliqué, c'est-à-dire à 0^f055 environ.

On aurait, dès lors, pour la valeur de l'économie moyenne,

$$\frac{1}{2} (n - r) = \frac{1}{2} 0^f 055 - 0^f 02 = 0^f 0175.$$

Ce résultat suppose :

1° Que la courbe moyenne du trafic est rectiligne ;

2° Que les Compagnies appliquent les tarifs qui leur procurent le maximum de bénéfice.

18 D'après M. Ricour, la dépense kilométrique d'exploitation D est représentée par la formule

$$D = 6125^f + 0,0215 \times F.$$

F étant le nombre des unités transportées. (*Annales des Ponts et Chaussées*, 2e semestre, 1887.)

Or, ces deux conditions ne sont pas remplies absolument. Parmi les causes qui influent sur la forme de la courbe du trafic, les unes tendent à la rendre concave, les autres, à la rendre convexe ; il n'est guère possible d'apprécier exactement le résultat de ces influences, mais on peut admettre, à titre d'approximation, que la courbe se rapproche d'une ligne droite. Quant aux tarifs appliqués, ils ne remplissent pas non plus entièrement la condition indiquée, puisque les Compagnies ne sont pas libres de les fixer à leur convenance. Mais la différence ne doit pas être très considérable.

En tout cas, il ne semble pas que l'économie moyenne puisse augmenter, pour ces deux causes, de plus de la moitié de sa propre valeur : c'est pourquoi nous pensons, avec M. Considère, qu'en évaluant cette économie à 0^f 0275 (moitié du tarif moyen), au lieu de 0^f 0175, chiffre trouvé ci-dessus, on est plutôt au-dessus de la vérité. On est ainsi conduit à la conclusion suivante :

L'économie totale, que les chemins de fer d'intérêt général procurent chaque année au public, est au plus égale à la moitié de leur recette brute, soit à moins de 600 millions de francs.

On ne voit pas de raison fondamentale pour que la conclusion qui précède ne s'applique pas également aux chemins de fer d'intérêt local et on admettra, dès lors, que l'économie de transport réalisée par ces derniers est, de même, au plus égale à la moitié de la recette brute.

AVANTAGES INDIRECTS DES CHEMINS DE FER. — Personne ne conteste l'existence des avantages indirects qui résultent, pour un pays, de l'exploitation des chemins de fer; M. Picard, dans son Traité publié en 1887, a consacré un important chapitre¹⁹ à l'exposé des résultats économiques de l'ouverture des voies ferrées. Mais ce qui paraît assez délicat, c'est d'évaluer en argent la valeur de ces résultats.

« Quelle est, dit M. Picard (Tome I^{er}, chap. III), la mesure de ces avantages indirects? Quelle en est la quote-part entrant dans les caisses du Trésor ? Nous sommes à cet égard en plein inconnu : ce ne sont plus des supputations plus ou moins approchées, mais de simples conjectures que nous pouvons formuler.

« Nous avons montré, ajoute-t-il, que, pendant les trente dernières années, les recettes ordinaires du budget s'étaient accrues de près de 1500 millions, et avaient ainsi doublé. Nous serons certainement au dessous de la vérité en attribuant le tiers de cet accroissement, soit 500 millions, à l'action indirecte des chemins de fer; c'est la proportion qu'a admise M. Olry de Labry, ingénieur des Ponts et Chaussées, dans un mémoire inséré aux *Annales des Ponts et Chaussées* (1880, 1^{er} semestre). D'un autre côté, les économistes et les financiers admettent que, dans son ensemble, le produit des impôts représente le dixième de la production nationale : cette production aurait ainsi augmenté, sous l'influence indirecte des chemins de fer, de 5 milliards, c'est-à-dire de 50 % des capitaux engagés. »

C'est en partant de ces données que M. Considère essaye de chiffrer la valeur

19 Tome I^{er}, chap II. *Aperçu économique sur les résultats généraux de l'ouverture des chemins de fer.*

actuelle des avantages de toute nature que les chemins de fer procurent au public.

Voici l'essentiel de son raisonnement :

Si l'on admet la proportion donnée par les économistes entre l'impôt et la valeur de la production nationale, cette dernière a dû, d'après ce qui précède, éprouver depuis une trentaine d'années une augmentation de 15 milliards environ. Dans cette somme de 15 milliards, il entre plusieurs éléments : 1° un milliard environ représente le salaire de l'augmentation de population (2 millions d'habitants) qui s'est produite entre les recensements de 1856 et de 1886; 2° trois milliards et demi à peu près représentent le revenu que donnent à leurs propriétaires les capitaux nouvellement formés dans la même période (évalués à 80 milliards) ; 3° le surplus, soit plus de 10 milliards, doit représenter les avantages directs et indirects que les progrès accomplis dans les diverses branches de l'industrie humaine procurent à la masse du public.

C'est dans cette dernière somme qu'est évidemment comprise la valeur actuelle des avantages directs et indirects que le public retire des chemins de fer. Or, ceux-ci ont eu certainement une part prépondérante dans les progrès accomplis depuis trente ans, et il ne paraît pas exagéré d'admettre, avec M. Picard, que la valeur actuelle de ces avantages est au moins égale au tiers de ces 10 milliards, non compris, bien entendu, le revenu que les chemins de fer donnent à leurs actionnaires.

Si l'on admet les résultats de cette analyse approximative, on arrive à cette conclusion que la valeur actuelle des avantages de toute nature que les chemins de fer d'intérêt général procurent au public est de 3 milliards et demi environ, en dehors de leur revenu propre. C'est à peu près le triple de la recette brute (comprise entre 1 milliard et 1 milliard 200 millions).

Dès lors, en tenant compte de la valeur précédemment trouvée pour les économies de transport, soit à peu près la moitié de la recette brute, on peut admettre que les avantages indirects sont représentés par

$$3R - 0,5R = 2,5R,$$

R étant la recette brute.

On voit qu'en résumé, l'étude qui précède des trois éléments de l'utilité d'un chemin de fer conduit finalement à cette conclusion :

Les économies de transport, que les chemins de fer d'intérêt général français permettent au public de réaliser, sont égales, au plus, à la moitié de la recette brute.

Les avantages indirects qu'ils procurent au pays égalent, au moins, deux fois et demie la recette brute.

Leur utilité totale égale au moins le triple de la recette brute, plus le revenu qu'ils donnent à leurs propriétaires.

Cette conclusion est absolument d'accord avec l'opinion qu'émettait M. Varroy, en 1879, à la tribune du Sénat, lorsqu'à l'occasion de la discussion du programme de

M. de Freycinet, il évaluait h trois fois la recette brute la somme des avantages de toute nature que les chemins projetés procureraient au pays²⁰.

DE L'UTILITÉ DES CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL. — Au moyen des résultats qui viennent d'être résumés, il va nous être possible d'apprécier avec quelque exactitude le degré d'utilité des chemins de fer d'intérêt local.

On a vu (page 21) qu'en ce qui concerne le trafic des voyageurs qui fréquentent ces chemins de fer, le tiers seulement du parcours se fait sur leurs propres rails, et que les deux autres tiers empruntent les rails des grandes lignes. Il est clair que, pour ces deux derniers tiers, le rapport de l'utilité à la recette brute est égal à 3, comme pour les transports qui se font exclusivement sur les lignes d'intérêt général.

Quant à l'utilité du premier tiers, elle est certainement moindre, car les petits voyages pourraient, plus facilement que les grands, se faire en voiture, à la condition d'y mettre plus de temps, plus d'argent, et d'y avoir moins de confortable. Cependant la réduction d'utilité ne doit pas être de moitié par rapport à celle des voyages faits sur les grandes lignes ; admettons pourtant une réduction de moitié. On aura, pour la mesure de l'utilité du trafic-voyageurs,

$$(3 \times \frac{2}{3}) + (1,5 \times \frac{1}{3}) = 2,5.$$

Pour les marchandises, il a été établi (page 20) que le parcours sur rails de celles qui empruntent les lignes d'intérêt local est, en général, supérieur à la moyenne des parcours effectués entièrement sur les grands réseaux* Leur trafic doit donc présenter une utilité plus grande. Admettons qu'elle soit seulement aussi grande; il faudra dès lors conserver le coefficient 3, comme pour les chemins d'intérêt général.

La recette des marchandises étant un peu moindre que celle des voyageurs, le coefficient d'utilité du trafic total sera légèrement inférieur à la moyenne de 2,5 et de 3. Pour éviter plus sûrement tout reproche d'exagération, M. Considère propose de réduire ce coefficient à 2,5, ce qui revient à dire que, pour avoir la valeur des avantages directs et indirects résultant des chemins de fer d'intérêt local, il faut multiplier par 2,5 le trafic qu'ils développent sur tous les réseaux.

Comme on a démontré d'ailleurs que la recette totale de ce trafic est égale à la recette propre des petits chemins de fer, multipliée par 2,4, on arrive à représenter la valeur de ces avantages par la formule

$$2,5 \times 2,4 \times R = 6R.$$

Donc :

La valeur des avantages directs et indirects procurés au public par les chemins de fer d'intérêt local est égale à 6 fois la recette produite par les transports effectués sur leurs propres rails.

20 Picard. *Traité des Chemins de fer*, Tome I^{er} chap. III.

Ce chiffre ne comprend pas les bénéfices d'exploitation.

Il est facile maintenant de chiffrer l'utilité totale d'un chemin de fer d'intérêt local. Elle se compose : 1° du bénéfice total d'exploitation produit sur tous les rails : il a été évalué précédemment à $1,20 R - 1000^f$; 2° de la somme des avantages directs et indirects, soit $6 R$. Elle est donc égale à

$$1,20R - 1000^f + 6R = 7,2 R - 1000^f.$$

En appliquant cette formule à des lignes coûtant 50000 fr. par kilomètre et donnant des recettes kilométriques de 2000, 2500 et 3000 fr., on trouve les résultats suivants :

RECETTE PROPRE DU CHEMIN DE FER d'intérêt local (R)	BENEFICE PROPRE DE CE CHEMIN DE FER ($\frac{R}{2} - 1000^f$)	UTILITÉ TOTALE DE CE CHEMIN DE FER ($7,2 R - 1000^f$)	RAPPORT DE UTILITÉ À LA DÉPENSE de premier établissement (supposée égale à 50000 fr)
1500 f.	-250 (perte)	9800 f.	20 %
2000	0	13400	27 %
2500	+ 250 (bénéfice)	17000	34 %
3000	+ 500 Id.	20600	41 %

Si l'on compare ces résultats avec ceux que donneraient les chemins de fer d'intérêt général pour l'année 1889, voici ce qu'on trouve :

La dépense de premier établissement est de 424000 fr. par kilomètre ; la recette brute est de 34770 fr. et le bénéfice propre, de 16879 fr. d*après les statistiques officielles.

On a donc :

Recette propre du chemin de fer.....	34770 f
Bénéfice propre.....	16879 f
Utilité totale (3 fois la recette, plus le bénéfice propre).....	121189' f
Rapport de l'utilité à la dépense de premier établissement.....	29 %

Ce qui conduit finalement à cette conclusion importante :

Les dépenses faites pour la construction des chemins de fer d'intérêt local, dont la recette varie entre 2000 et 2500 fr. par kilomètre, c'est-à-dire couvre ou dépasse légèrement la dépense d'exploitation, sont à peu près aussi utiles en moyenne aux intérêts généraux du pays que celles qui ont été faites pour la construction des grands réseaux français d'intérêt général.

Remarque. — La conclusion qui précède va directement à l'encontre des idées reçues. On ne peut contester que les calculs sur lesquels elle s'appuie manquent un peu de certitude ; cependant, comme le dit très judicieusement l'auteur du mémoire que nous venons d'analyser, il importe de remarquer que cette conclusion est à peu près indépendante des valeurs absolues admises pour les coefficients d'utilité des

chemins de fer d'intérêt général et d'intérêt local et qu'elle subsisterait alors même que ces deux coefficients auraient été pris trop élevés, pourvu que leur rapport fût exact. Or, il ne nous semble pas que le coefficient 2,5, admis pour les chemins de fer d'intérêt local, soit relativement trop élevé, étant donnée la manière dont il est établi.

Quoi qu'il en soit de l'exactitude rigoureuse de la conclusion ci-dessus, nous avons voulu surtout attirer l'attention sur ce fait que l'utilité réelle des petites lignes, même lorsqu'elles sont improductives de revenu, est beaucoup plus grande qu'on ne l'admet généralement, et nous ne pouvons que nous associer entièrement à l'opinion émise dans les lignes suivantes du mémoire de M. Considère :

« Si l'on a présente à l'esprit la transformation que les chemins de fer d'intérêt général ont opérée pendant les trente ou quarante dernières années, et la place qu'ils tiennent dans la prospérité économique du pays, on sera forcément amené à conclure qu'il importe de pousser activement la construction d'un réseau d'intérêt local, et que ce serait un grand bonheur pour le pays si l'on pouvait faire refluer vers ces utiles entreprises les capitaux que la France exporte sans relâche, qu'on emploie souvent à des entreprises désastreuses et qui profitent alors uniquement aux agioteurs et aux financiers.

« On doit évidemment commencer par construire les lignes les plus utiles, c'est-à-dire, en général, celles qui doivent donner le plus de recettes et de bénéfices d'exploitation, et nous croyons qu'on peut en trouver assez dont les recettes couvrent les dépenses, pour employer les capitaux disponibles pendant bien des années. On aura donc tout le temps de réfléchir avant d'entreprendre les lignes qui donneraient une perte d'exploitation et de vérifier, en toute rigueur, l'exactitude de nos conclusions. Mais nous pensons que, tôt ou tard, on arrivera à construire des lignes dont l'exploitation sera onéreuse. Cette éventualité peut paraître inadmissible à ceux qu'aveugle l'habitude de voir le bénéfice des grandes lignes rémunérer le capital de premier établissement, et qui ne sauraient comprendre que des voies ferrées jouent un autre rôle et puissent néanmoins être fort utiles à la collectivité. Mais, en somme, nous ne voyons pas que le fait de poser des rails, au lieu de macadam, sur la plate-forme d'une voie de communication, en change forcément le régime économique, et qu'il soit ABSURDE DE PRÉVOIR POUR CERTAINS CHEMINS DE FER UNE EXPLOITATION A PERTE, COMME CELLE QUE L'ÉTAT, LES DÉPARTEMENTS OU LES COMMUNES ONT ADOPTÉE POUR LES PORTS, LES CANAUX, LES ROUTES ET LES CHEMINS DE TOUTES CATÉGORIES. »

Nous appelons spécialement l'attention sur cette dernière phrase, qui résume, en quelques mots frappants, le principal argument qu'on peut invoquer en faveur de l'établissement des chemins de fer improductifs en apparence ; nous ajouterons seulement cette remarque que, dans la construction et dans l'exploitation de ces lignes, modestes mais utiles, il faut apporter toutes les économies compatibles avec un bon service.

Nous ne devons pas laisser ignorer, d'ailleurs, que les conclusions de l'étude de M. Considère, sur l'utilité des chemins de fer d'intérêt local, n'ont pas été sans faire naître quelques protestations : M. Colson, maître des requêtes au Conseil d'État, a

inséré aux *Annales des Mines* de juillet 1892, un mémoire²¹ dans lequel il a critiqué ces conclusions et émis l'avis que l'utilité totale des chemins de fer d'intérêt local devrait être évaluée à un chiffre moins élevé que celui que donne M. Considère.

M. Colson incline à penser que « pour qu'il soit certain qu'une ligne offre à la communauté des avantages supérieurs aux charges qu'elle lui impose, il faut que la recette d'exploitation puisse couvrir plus de la moitié de l'ensemble des dépenses. Pour des lignes coûtant environ 50000 fr. par kilomètre, et dont les frais d'exploitation, à l'origine, s'élèvent à 2000 ou 2500 fr., les dépenses sont constituées moitié environ par les intérêts et l'amortissement du capital, et moitié par les frais d'exploitation. Pour qu'une ligne soit certainement utile, il faut que la recette brute dépasse la moitié des charges ; il faut donc qu'elle couvre les frais d'exploitation et rémunère même une petite partie du capital d'établissement ».

Nous croyons, quant à nous, que les conclusions de M. Considère se rapprochent beaucoup plus de la vérité que celles de M. Colson; nous engageons le lecteur à se reporter aux mémoires de ces deux auteurs, dans lesquels ils trouveront exposés, avec beaucoup d'arguments à l'appui, les deux thèses rivales, et nous pensons qu'il emportera de cette lecture la même opinion que nous-même.

21 La formule d'exploitation de M. Considère, par C. Colson. (*Annales des Mines*, juillet 1892, *Annales des Ponts et Chaussées*, novembre 1892)

CHAPITRE III

DU MODE DE CONSTRUCTION ET D'EXPLOITATION DES CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL

§ 1^{er}. — De la construction des chemins de fer d'intérêt local. — Nécessité de renoncer aux forfaits de construction. — Supériorité de la construction directe par le département.

§ 2. — De l'exploitation des chemins de fer d'intérêt local. — Examen des divers systèmes employés. — Remboursement des dépenses réelles dans les limites d'un maximum de la forme $a + b R$. — Forfait d'exploitation de la forme $a + b R$. Inconvénients de toutes les formules de ce genre. Formule du Finistère à coefficients multiples. Formule à 4 termes. Formule à 6 termes. — Forfait d'exploitation avec minimum. — Autres systèmes adoptés. Partage du bénéfice net. Paiement au kilomètre de parcours des trains. — Système définitivement proposé pour l'exploitation. Remboursement des dépenses réelles, dans les limites d'un maximum donné par la formule à 6 termes, avec primes d'économies.

La question du mode de construction et d'exploitation des chemins de fer d'intérêt local a, depuis quelques années, beaucoup préoccupé les ingénieurs et donné lieu à de nombreuses et intéressantes études. Nous citerons, en particulier, la *Note sur les chemins de fer départementaux*, publiée dans les *Annales des Ponts et Chaussées* (Décembre 1889) par M. Noblemaire, directeur de la Compagnie P.-L.-M., qui contient la critique des principaux systèmes employés et l'indication des mesures propres à remédier aux inconvénients qu'ils présentent ; la brochure de M. Félix Martin, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, sur *Le régime des chemins de fer secondaires en France* (1891) ; celle de Mi Heude, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, publiée en 1892, sur *Les chemins de fer d'intérêt local et les tramways* établis sous le régime de la loi du 11 juin 1880 ; l'étude de M. Considère, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, sur *l'Utilité des chemins de fer d'intérêt local*, dont la deuxième partie (*Annales des Ponts et Chaussées*, mars 1892), contient un examen de la valeur des divers types de convention adoptés pour ces chemins de fer.

Il paraît possible aujourd'hui de dégager de ces différentes études des conclusions nettes et de poser quelques principes qui seront utiles pour l'avenir. Nous traiterons successivement de la construction et de l'exploitation.

§ 1^{er} — De la construction des chemins de fer d'intérêt local.

Le système suivi par les départements pour arriver à l'établissement de leurs chemins de fer est généralement le suivant :

Une convention, passée entre le département et un concessionnaire, charge ce dernier de la construction et de l'exploitation de la ligne pendant un certain temps, généralement fort long. La construction se fait, suivant un tracé approuvé par l'autorité compétente, moyennant un prix le plus souvent fixé à forfait à la suite d'une étude sommaire, sous forme d'avant-projet.

Ainsi qu'on a pu le voir à la lecture de l'exposé des motifs du projet de loi destiné à

modifier la législation actuellement en vigueur pour les chemins de fer d'intérêt local, ce système est déplorable. On comprend bien pourquoi les départements l'ont souvent appliqué : c'est que les assemblées départementales, craignant les mécomptes et les augmentations de dépenses, désirent généralement connaître à l'avance et d'une manière exacte le capital de premier établissement de la ligne.

« C'est un sentiment bien naturel, mais avec un pareil système, une des deux parties est toujours trompée. Il est matériellement impossible de déterminer à l'avance le coût exact d'une ligne de chemin de fer ou de tramway sur un avant-projet. Or, un concessionnaire ne peut faire qu'un avant-projet, tant qu'il n'est pas sûr d'avoir sa concession ; un projet complet lui occasionnerait des dépenses considérables, qui pourraient être faites en pure perte. Dès lors, de deux choses l'une, ou le forfait est trop élevé et le concessionnaire réalise un gros bénéfice : c'est le département qui est trompé ; ou bien le forfait est trop faible, alors c'est le concessionnaire qui est trompé : il perd de l'argent s'il est consciencieux ; s'il ne l'est pas, il tache de s'en tirer en économisant partout ; le forfait devient, comme le dit M. Noblemaire, *une prime à la malfaçon* et les malfaçons pèsent lourdement plus tard sur l'exploitation²². »

Donc, pas de forfait de construction ; voilà un premier principe sur lequel tout le monde est d'accord, et qui sera vraisemblablement sanctionné par la nouvelle législation.

Dans le cas où le département traite avec un concessionnaire pour la construction de la ligne, il faut que le capital de premier établissement soit limité par un maximum convenablement fixé, et que, dans la limite de ce maximum, les dépenses réellement faites soient seules portées en compte. Des primes d'économies seront nécessairement allouées au concessionnaire, afin de l'intéresser à en réaliser.

Cette manière de procéder élimine évidemment les principaux inconvénients que présente le système du forfait ; mais il faut convenir qu'elle ne les supprime pas complètement. Les erreurs auxquelles peut donner lieu le forfait sont susceptibles de se produire, quoique d'une façon moins grave, dans la fixation du maximum. S'il est trop élevé, il n'y a pas grand inconvénient ; mais s'il est trop faible, on sera conduit, soit à le revisser en cours d'exécution, et alors ce n'est plus un véritable maximum, soit à le conserver tel quel, et alors la ligne ne sera pas construite avec toutes les installations dont elle a besoin. La substitution du maximum au forfait n'est donc, suivant nous, qu'un palliatif des inconvénients signalés : elle ne peut pas les supprimer entièrement.

Nous pensons, comme M. Noblemaire, comme M. Heude, que le seul système rationnel est celui de la construction directe par le département ou les communes, au moyen d'entreprises adjudgées au rabais sur séries de prix. Reproduisons ici les arguments que donne M. Noblemaire à l'appui de cette opinion : ils sont fort intéressants, et de nature à faire cesser un préjugé trop répandu sur la prétendue

22 Heude, Brochure citée.

incapacité des départements, comme de l'État, à construire économiquement.

« La ligne, tout d'abord, serait mieux construite et, par suite, plus sérieusement en état de se prêter à une exploitation économique. Les ingénieurs, les voyers du département peuvent construire aussi bien et mieux que des concessionnaires parfois désignés par le hasard d'une concurrence excessive ; s'ils ne construisent pas en régie, il leur sera facile de trouver des entrepreneurs, des tâcherons qui se chargeront des travaux sur série de prix ou à forfait²³, et qu'ils n'auront qu'à surveiller. En raison des habitudes administratives, des formalités un peu solennelles auxquelles ils sont habitués, on ne manquera pas de prétendre qu'ils construiront plus chèrement qu'un concessionnaire stimulé (trop peut-être) par son intérêt personnel. — Cela n'est pas certain. — Admettons-le cependant; en matière de travaux publics, plus encore qu'en d'autres matières, parce qu'il s'agit de travaux qui doivent être durables, on en a toujours pour son argent; l'économie est parfois le pire des calculs, et l'on ne saurait trop insister sur ce fait que les réductions exagérées faites sur la construction se répercutent lourdement et pèsent à jamais sur les dépenses de l'exploitation ultérieure, en vue de laquelle la ligne est construite. On l'oublie trop souvent, ou l'on veut l'oublier ; mais l'opinion de tous ceux qui ont fait de l'exploitation est bien faite à cet égard²⁴. »

La seule objection pratique que l'on puisse opposer à cette manière de faire, c'est que les assemblées départementales n'aiment pas, en général, à emprunter directement de grosses sommes, et qu'elles préfèrent souvent accorder à un concessionnaire une garantie d'intérêt qui grèvera pendant de longues années les budgets futurs du département. C'est un grand tort et une grave erreur ; il ne faut pas hésiter à le déclarer. Le crédit d'un département est toujours plus grand que celui d'un concessionnaire, quel qu'il soit ; le taux auquel empruntera le département sera toujours plus faible que celui que devrait accepter le constructeur concessionnaire, pour se procurer l'argent nécessaire à ses travaux²⁵. Il y aura donc, de ce fait, une réduction du capital de premier établissement. En outre, comme le fait judicieusement observer M. Noblemaire, « plus de commissions, plus de ce que l'on est convenu d'appeler, par euphémisme, les faux frais de constitution de l'affaire. Tout ce que le département dépensera, il en saura l'emploi exact ; il aura la certitude que cela a été employé en travaux. »

Ajoutons enfin, toujours d'après M. Noblemaire, qu'un département, construisant lui-même un réseau de lignes d'intérêt local destinées à servir d'affluents à celles de la grande compagnie qui l'englobe, pourra peut-être trouver auprès de cette

23 Notre opinion bien arrêtée est que les travaux doivent être exécutés à l'entreprise au moyen d'adjudications au rabais, d'après des projets réguliers ; cette manière d'opérer, qui donne d'excellents résultats dans le service des Ponts et Chaussées, ne peut présenter aucun inconvénient pour les travaux de chemins de fer.

24 Noblemaire. Brochure citée.

25 Les départements peuvent aujourd'hui emprunter à 4 % (4,655 % avec amortissement en 50 ans).

dernière une aide et un concours, en raison des nouveaux éléments de trafic qu'elle aura à recevoir des lignes projetées ; et ce concours se produira probablement vis à vis d'un département plus volontiers que vis à vis d'un concessionnaire. On conçoit fort bien, surtout si l'on se reporte aux considérations que nous avons développées à propos de l'utilité des chemins de fer d'intérêt local, que l'établissement de lignes nouvelles capables d'augmenter le trafic de la grande compagnie puisse être favorisé par celle-ci et que, le département se chargeant, par exemple, de l'acquisition des terrains, de l'infrastructure, des bâtiments des stations, la grande compagnie puisse se mettre à sa disposition pour exécuter, à prix coûtant, les travaux de ballastage et de pose de voie, qu'elle fera évidemment dans de meilleures conditions que les ingénieurs locaux. Il y aurait, dans cette répartition du travail, quelque chose de rationnel, qui ne saurait manquer de donner de bons résultats, toutes les fois que la grande compagnie voudra y consentir.

Il faudrait également qu'en cas d'établissement de gares de jonction, le grand réseau prit à sa charge une part plus ou moins importante de la dépense, suivant le trafic qu'il peut espérer.

En résumé, et même dans le cas où aucune contribution, aucun secours ne peut être obtenu des grandes compagnies, la construction des chemins de fer d'intérêt local ne doit jamais être faite au moyen d'un traité à forfait passé avec un concessionnaire ; quand le département ne se décide pas à construire lui-même, il doit tout au moins limiter, par un maximum soigneusement établi, le capital de premier établissement de la ligne, et n'admettre en compte que les dépenses réellement faites, dans la limite de ce maximum.

Mais le meilleur des systèmes consiste, suivant nous, dans la construction directe par les départements : « C'est pour eux, à la fois, la meilleure garantie d'une bonne construction, qui est l'élément le plus indispensable d'une exploitation économique, le moyen de conserver leur indépendance, et, somme toute, le meilleur emploi de leurs sacrifices financiers²⁶ »

Il convient d'ajouter, pour rendre à chacun ce qui lui appartient, que depuis longtemps déjà, dans le département de la Sarthe, les principes ci-dessus exposés ont reçu leur application. C'est ce qui résulte d'une note de M. Etienne, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, en date du 31 mars 1890 [*Annales des Ponts et Chaussées*, 2^e semestre 1890), dans laquelle on lit ce qui suit :

« Pour les lignes actuellement en exploitation, les dépenses d'établissement ont été payées par le département ; l'infrastructure a été exécutée sur projets spéciaux et la superstructure, réglée à forfait, faisait partie des obligations à remplir par le concessionnaire, qui n'a eu ainsi à s'imposer aucune avance de fonds, ni un capital à constituer. Ce système a été adopté il y a environ dix ans. »

Et plus loin :

26 Noblemaire. Brochure citée.

« Les conditions des nouvelles concessions faites au mois de juillet 1889 sont conformes, pour la plupart, au programme tracé par M. Noblemaire ; tous les travaux seront exécutés par le département et à sa charge ; le concessionnaire fournit, à titre de cautionnement, le matériel roulant, estimé 5000 francs par kilomètre, et touchera, sur les bénéfices à attendre de l'exploitation, l'intérêt à 4 % de ce cautionnement; il sera constitué, sur les mêmes bénéfices, un capital de renouvellement fixé à 3000 francs par kilomètre et destiné aux grosses réparations. La durée des concessions est de trente ans. »

§ II. — De l'exploitation des chemins de fer d'intérêt local.

Peu de questions ont donné lieu à des discussions aussi nombreuses et à des solutions aussi variées que celle de l'exploitation des chemins de fer d'intérêt local ; le grand nombre des formules employées pour calculer les frais d'exploitation suffirait à démontrer que le problème n'est pas facile à résoudre. Examinons-le d'un peu près, en profitant des études déjà faites.

Quel que soit le mode adopté pour la construction et, en écartant le cas particulier des lignes construites et exploitées moyennant le paiement d'une somme forfaitaire de tant par kilomètre, le département, appliquant les principes posés par la loi du 11 juin 1880, accorde généralement au concessionnaire une garantie d'intérêt du capital de premier établissement de la ligne ; cette garantie d'intérêt, souvent fixée au taux de 5 % doit être diminuée, bien entendu, du bénéfice net donné par l'exploitation, c'est-à-dire de la différence entre le produit brut (impôts déduits) et les dépenses d'exploitation.

C'est ici que la difficulté commence : le produit brut est facilement connu ; mais les dépenses d'exploitation ne sont pas aussi aisées à évaluer. Différents systèmes ont été suivis jusqu'à présent pour les calculer. M. Noblemaire les ramène à trois types principaux :

1° On tient compte à l'exploitant de ses dépenses effectives dans la limite d'un maximum déterminé par une formule de la forme

$$a + b R$$

R désignant la recette brute, a et b deux constantes ;

2° On fixe à forfait, d'après une formule analogue à la précédente, le montant des frais d'exploitation, dont il y a lieu de tenir compte ;

3° Les frais d'exploitation sont fixés à forfait, comme dans le deuxième système ; mais le concessionnaire a droit à un minimum déterminé par kilomètre.

Si le produit net, évalué par l'un des moyens indiqués, se trouve insuffisant pour couvrir les charges du capital de premier établissement (ce qui est ordinairement le cas), le département paye la différence au concessionnaire; les sommes payées de ce chef ne sont d'ailleurs que des avances qui pourront être remboursées ultérieurement au département, si le produit net devient un jour supérieur aux

charges du capital.

1^{er} SYSTÈME. — Le premier système, qui ne tient compte à l'exploitant que de ses dépenses réelles dans la limite d'un maximum, est bon en principe, mais la difficulté consiste à fixer convenablement ce maximum. On a vu précédemment que c'est ce système que consacre le nouveau projet de loi sur les chemins de fer d'intérêt local, en y ajoutant, s'il y a lieu, une prime d'économie. Les diverses formules essayées jusqu'à présent pour assigner aux dépenses d'exploitation un maximum convenable, affectent comme nous l'avons dit plus haut, la forme générale suivante :

$$a + b R$$

et, d'après M. Noblemaire, elles oscillent dans d'assez larges limites autour de la formule moyenne

$$F = 1800^f + \frac{1}{3} R,$$

F, dépenses d'exploitation par kilomètre,

R, recette brute par kilomètre.

Il est évident, à priori^ qu'une formule de cette nature ne saurait convenir pour toutes les valeurs de la recette. Si elle est bonne pour des recettes moyennes de 3000 fr. par kilomètre, elle ne l'est plus pour des recettes notablement supérieures, ni pour des recettes inférieures.

Si l'on considère, par exemple, la formule

$$F = 2500^f + \frac{1}{4} R,$$

dans laquelle le terme constant est élevé et le coefficient de R assez faible, elle donne certainement des résultats trop forts pour les lignes dont la recette est faible ; pour une recette kilométrique de 1200 fr., elle conduirait à un maximum de frais d'exploitation de 2800 fr., tout à fait inadmissible. Pour des recettes de 6000 à 8000 fr., qui sont relativement fortes et assez rares sur les lignes d'intérêt local, elle conduit aux valeurs

$$F = 4000^f \text{ et } F = 4500^f,$$

qui ne sont pas exagérées comme maximum. Si l'on prend, au contraire, la formule

$$F = 750^f + \frac{3}{4} R,$$

où le terme constant est faible et le coefficient de R très élevé, elle donne des résultats trop faibles pour les petites recettes; pour $R=1200^f$ elle donnerait

$$F = 1650^f,$$

chiffre insuffisant comme maximum.

Pour des recettes de 6000 à 8000 fr., elle donnerait

$$F = 5250^f \text{ et } F = 6750^f ,$$

valeurs assurément trop élevées.

En outre, la première formule $F = 2500^f + \frac{1}{4} R$ à un inconvénient grave, c'est de ne pas intéresser suffisamment le concessionnaire à augmenter la recette en faisant des dépenses productives, puisque le quart seulement des recettes supplémentaires qui en résulteraient lui serait abandonné. L'autre formule n'a pas cet inconvénient, mais elle donne, comme nous venons de le voir, des chiffres trop élevés quand la recette devient forte.

En somme, une seule formule ne peut convenir à tous les cas, et nous pensons, comme M. Noblemaire, que, si l'on se décide pour ce système d'évaluation des dépenses d'exploitation, il conviendrait tout au moins de leur assigner un maximum variable avec la recette.

Voici les formules qu'indique M. Noblemaire :

Jusqu'à 1000 f de recette kilométrique, le maximum serait de....R

De 1000 à 3000 f..... $250 f + \frac{3}{4} R$

De 3000 à 5000f..... $250 f + \frac{1}{2} R$

Au delà de 5000 f..... $2000f + 0,30R$

Il n'en propose pas cependant l'adoption, parce que, d'après lui, la solution du problème doit être cherchée dans une autre voie, celle du partage du bénéfice net entre le département et le concessionnaire. Nous reviendrons plus loin sur cette question.

Nous ne croyons pas non plus que les quatre formules indiquées plus haut donnent une solution satisfaisante ; mais c'est pour un motif que nous développerons tout à l'heure, quand nous parlerons des forfaits d'exploitation. Nous ne faisons que l'indiquer en ce moment : une formule à deux termes, telle que $a + b R$, a l'inconvénient de donner, suivant la valeur des coefficients, des résultats trop élevés pour le trafic des voyageurs et pour celui des marchandises des catégories supérieures ou, au contraire, des résultats trop faibles pour les transports à prix réduits ; c'est l'emploi d'une formule ayant un plus grand nombre de termes qui peut remédier à cet inconvénient.

Le système du remboursement des dépenses réelles présente, d'ailleurs, une difficulté d'ordre pratique, qu'il ne convient pas d'exagérer, mais qui existe cependant : c'est celle de la vérification de ces dépenses.

M. Considère, dans la deuxième partie de son étude sur l'*Utilité des chemins de fer d'intérêt local*, a examiné en détail les difficultés que comporte, d'après lui, cette vérification; après avoir fait remarquer que cette vérification de dépenses se fait couramment, en ce qui concerne les réseaux d'intérêt général, il ajoute que l'organisation des grandes Compagnies qui les exploitent, ainsi que la constitution

du corps des ingénieurs et agents du contrôle, technique et financier, qui possèdent une compétence étendue et une grande expérience, rendent possible cette vérification, tandis qu'elle deviendrait beaucoup plus difficile pour les chemins de fer d'intérêt local, dont le contrôle est fait, soit par des ingénieurs départementaux, qui n'ont parfois qu'une expérience incomplète des chemins de fer, soit par des agents voyers, qui souvent en ont moins encore.

Ces considérations, qui ont leur valeur, ne nous paraissent cependant pas absolument concluantes ; elles prouvent surtout que l'organisation du contrôle des chemins de fer d'intérêt local n'est pas toujours suffisamment forte, et qu'il y aurait lieu de la modifier pour lui permettre de s'exercer dans des conditions meilleures; c'est un point qui ne nous paraît pas douteux. Mais nous ne croyons pas qu'il y ait là une impossibilité et que la vérification des dépenses, qui se fait couramment pour les lignes d'intérêt général, soit irréalisable pour celles d'intérêt local. Quand on le voudra sérieusement, on pourra contrôler les petites Compagnies aussi bien que les grandes.

2° SYSTÈME. — Dans ce système, les dépenses d'exploitation sont évaluées à forfait d'après une formule, qui est généralement linéaire et à deux termes, comme celles dont il vient d'être parlé dans le premier système. Ce sont les résultats donnés par cette formule :

$$F = a + b R,$$

pour les diverses valeurs de la recette, qui constituent les sommes allouées au concessionnaire pour l'exploitation.

M. Noblemaire fait remarquer qu'en principe un pareil système est mauvais. Si le chiffre est fixé trop bas, l'entrepreneur est en perte, ce qui est inadmissible. S'il est fixé trop haut, l'exploitant peut alors rémunérer autre chose que des dépenses d'exploitation, ce qui lui constitue un bénéfice certain au détriment du département. Si, enfin, le chiffre du forfait est équitablement fixé, il en résulte que la totalité du bénéfice net d'exploitation, quand il y en a, soit $R - F$, est attribuée au département, sans que le concessionnaire en ait sa part; il n'y a plus, dès lors, association d'intérêts entre l'exploitant et le département.

En fait, les formules forfaitaires d'exploitation généralement employées donnent plutôt des chiffres trop élevés; voici quelques exemples de celles qui sont en vigueur²⁷ :

Département de la Gironde. — Ligne du Blayais et réseau des Landes. (Voie normale.)

Tant que la recette est inférieure à 5500 fr., les frais d'exploitation sont invariables et égaux à

$$F = 3786 \text{ f.}$$

Lorsque la recette est comprise entre 5500 et 6000 f

$$F = 4300 \text{ f.}$$

27 Heude, brochure citée.

Si la recette dépasse 6000 fr., la formule devient

$$F = 2300f + \frac{R}{3} .$$

Département d'Indre-et-Loire. — Ligne de Port-Boulet à Châteaurenault. (Voie de 1 mètre.)

$$F = 2000 f + 0,3 R.$$

Lignes de Ligueil à Montrésor et du Grand-Pressigny à Esvres.

$$F = 2000 f + \frac{R}{3} .$$

Département de la Meuse. (Voie de 1 mètre.)

$$F = 1800 f + 0,3R.$$

Département de l'Yonne. Ligne de Laroche à l'Isle-sur-Serein. (Voie de 1 mètre.)

$$F = 2000f + \frac{R}{3} .$$

Département de la Somme, (Voie de 1 mètre.)

$$F = 2000 f + 0,3 R.$$

Département de Seine-et-Marne. — Lignes de Montereau à Château-Landon et de la Ferté-sous-Jouarre à Montmirail. (Voie de 1 mètre.)

$$F = 2000f + \frac{R}{3} .$$

Département de la Charente. — Ligne d'Angoulême à Rouillac. (Voie de 1 mètre.)

$$F = 2000f + \frac{R}{3} .$$

Département de la Loire-Inférieure. — Tramway de Châteaubriant à Saint-Julien-de-Vouvantes. (Voie de 1 mètre.)

$$F = 2000f + \frac{R}{3} .$$

La formule qui revient le plus souvent parmi celles que nous venons de citer est celle qui alloue à l'entrepreneur une somme fixe de 2000 fr. par kilomètre, plus le tiers de la recette brute. D'une manière générale, les formules les plus employées s'écartent assez peu des quatre types suivants :

$$F = 2300 f + \frac{R}{3} ,$$

$$F = 2000 f + \frac{R}{3} ,$$

$$F = 1800 f + \frac{R}{2} ,$$

$$F = 750 f + \frac{3}{4} R.$$

Les constantes de ces diverses formules ont été calculées de telle façon qu'il y ait

égalité, ou à peu près, entre les frais forfaitaires d'exploitation et les recettes, lorsque ces dernières atteignent le chiffre de 3000 fr. Cela revient à admettre que la recette de 3000 fr. suffit exactement à couvrir les dépenses d'exploitation qu'elle entraîne, augmentées du bénéfice légitime du concessionnaire. Or, d'après les résultats fournis par l'exploitation de la plupart des lignes d'intérêt local, il paraît établi que l'équilibre se produit pour une recette inférieure à ce chiffre, ce qui tend à prouver que les constantes des formules sont trop élevées.

D'ailleurs, on a vu précédemment que le système des forfaits d'exploitation est condamné, en principe, par le projet de loi modificatif de celle du 11 juin 1880, qui prescrit de les remplacer par le remboursement des dépenses réelles, dans la limite d'un maximum fixé en fonctions du trafic.

Inconvénients des formules adoptées. — Il n'est pas difficile, en effet, de voir que l'emploi des formules précédentes, ou de toute autre analogue qui prévoit le partage uniforme de la recette brute, ne peut donner que de mauvais résultats. Cette question a fait l'objet d'une étude très complète de M. Considère²⁸ à laquelle nous empruntons les observations qui suivent.

En premier lieu, l'emploi de ces formules, qui allouent au concessionnaire une portion de la recette brute, conduit ce dernier à maintenir les tarifs à un niveau très préjudiciable à l'intérêt général.

En effet, supposons qu'un tarif soit fixé au chiffre qui donne le maximum de bénéfice d'exploitation. Examinons ce qui se passera si l'on augmente ce tarif d'une quantité très petite : le bénéfice d'exploitation changera peu, car toute fonction continue varie peu dans le voisinage de son maximum.

Mais, comme le trafic diminuera, il faut que la diminution de recette qui en résulte soit sensiblement égale à la diminution de dépense. Le concessionnaire, qui exploite d'après une formule telle que $a + \frac{R}{K}$, bénéficiera de la totalité de la diminution de dépense, mais il ne perdra que la fraction $\frac{1}{K}$ de la diminution de recette, et il réalisera un bénéfice d'autant plus grand que la fraction $\frac{1}{K}$ sera plus faible.

Dès lors, le concessionnaire a intérêt à maintenir les tarifs au dessus de la valeur qui rend maximum le bénéfice d'exploitation, et à les rendre d'autant plus élevés que la fraction $\frac{1}{K}$ de la recette qu'il conserve est plus petite.

Cette situation est évidemment funeste à l'intérêt général ; elle a pour résultat de réduire, dans une notable proportion, l'utilité totale produite par les chemins de fer d'intérêt local.

En second lieu, le partage uniforme de la recette brute empêche certains

28 Considère. *Utilité des chemins de fer d'intérêt local* (2^e partie), *Annales des Ponts et Chaussées*, mars 1892.

transports.

M. Considère admet que, pour qu'un concessionnaire n'éprouve pas une perte, au lieu de recueillir un bénéfice, lorsque le trafic augmente, il faut qu'il reçoive environ 3 à 4 centimes par tonne transportée à un kilomètre. Cette hypothèse est d'accord avec les chiffres qu'on trouve dans une *Note sur l'Exploitation locale des grandes compagnies*, de M. Tavernier (*Annales des Ponts et Chaussées*, 1^{er} semestre 1888). D'après cette étude et les documents statistiques qu'elle contient, le transport d'une tonne à 1 kilomètre aurait entraîné en 1883, sur les réseaux d'intérêt local exploités à cette époque, une augmentation moyenne de dépenses de 3c 74. La formule du prix de revient d'une unité de trafic est, en effet :

$$P = \frac{1989}{F} + 3c\ 74,$$

F représentant le nombre des unités de trafic transportées (voyageurs ou tonnes à 1 kilomètre).

$\frac{1989}{F}$ est la part qui revient à chaque unité dans la dépense indépendante du trafic, et 3c 74 est l'augmentation de dépense qui correspond au transport de chaque unité en sus. C'est ce que M. Considère a appelé : Prix de revient partiel de transport

Dès lors, pour qu'une tonne de marchandises laisse 4 centimes à un concessionnaire qui reçoit, d'après sa formule d'exploitation, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}$ ou $\frac{3}{4}$ de la recette brute, il faut qu'elle paie un tarif de 16c, 12c, 8c ou 5c 3. Or, il est rare que des tarifs supérieurs à 12 centimes soient effectivement appliqués; le cahier des charges type prévoit, il est vrai, des taxes de 0c 16 et 0c 14 pour les marchandises des deux premières catégories, mais elles sont presque toujours réduites par des tarifs spéciaux. Il en résulte qu'avec les deux premières formules d'exploitation, celles qui laissent au concessionnaire le quart ou le tiers de la recette brute, ce dernier doit être forcément l'ennemi de presque tout le trafic-marchandises et faire tous ses efforts pour l'empêcher de naître et de se développer, puisqu'il correspond pour lui à une perte sèche.

La troisième formule empêche de même le transport des marchandises qui ne paient pas au moins 8 centimes ; quant à la dernière, elle donne de meilleurs résultats, mais rend encore impossible le transport des matières pondéreuses, telles que pierres, sables, engrais, etc., qui ne peuvent supporter une taxe supérieure à 4 ou 5 centimes.

Enfin, et c'est là un inconvénient qui peut se faire sentir très gravement au public, le partage de la recette brute empêche l'établissement de trains qui seraient utiles.

En effet, si la dépense kilométrique des trains est égale à D, le concessionnaire, qui

la supporte tout entière et qui ne reçoit qu'une fraction $\frac{1}{K}$ de la recette brute, n'a intérêt à faire de nouveaux trains que s'ils doivent donner une augmentation de recette supérieure à KD . Dans le cas contraire, il ne les fera que s'il y est contraint. Or, ces nouveaux trains peuvent être fort utiles, tout en donnant un supplément de recettes bien inférieur à KD ; il suffit, en effet, que ce supplément soit égal à D pour que la création des nouveaux trains soit utile à la collectivité, puisqu'elle n'entraîne dans ce cas aucune perte d'exploitation et qu'elle rend service au public par suite de la plus grande fréquence des départs.

En résumé, le partage uniforme de la recette brute par l'emploi d'une formule telle que $a + bR$ présente trois inconvénients principaux : il crée un antagonisme fâcheux entre les intérêts du public et celui du concessionnaire, en incitant ce dernier à maintenir les tarifs à un taux trop élevé ; il empêche le transport de certaines marchandises ; il empêche également la création de nouveaux trains, qui seraient utiles à la collectivité. On voit qu'en somme, les formules forfaitaires d'exploitation mentionnées ci-dessus présentent de sérieux inconvénients ; on comprend qu'elles aient donné lieu à de graves mécomptes, et qu'un mouvement d'opinion se soit nettement dessiné dans le sens de leur suppression.

Pourtant ces formules sont encore très en honneur en Belgique. La Société nationale des chemins de fer vicinaux, qui est concessionnaire de près de 700 kilomètres de lignes à voie étroite, les construit directement, les munit du matériel roulant, puis en donne à bail l'exploitation, d'après des formules analogues aux précédentes. Mais ces formules ne sont pas les mêmes pour toutes les recettes : elles sont au nombre de trois et peuvent s'écrire ainsi :

Jusqu'à 2000 francs de recette kilométrique, l'allocation est égale à R

De 2000 à 5000 f, elle est de $1500 + 0,30R$

Au delà de 5000f $500 + 0,50R$

Ces formules supposent donc que les dépenses d'exploitation augmentent plus vite pour les recettes supérieures à 5000 fr. que pour celles qui sont inférieures à ce chiffre. M. Noblemaire admet, au contraire, que les dépenses augmentent d'autant plus rapidement que les recettes sont plus élevées, et il estime que, dans cet ordre d'idées, il vaudrait mieux employer le groupe des quatre formules que nous avons citées à propos du premier système.

Quoi qu'il en soit, il n'est pas douteux que le groupe des formules belges présente les mêmes inconvénients que les formules uniques. En effet, pendant une année d'exploitation, la valeur de R se trouvant comprise entre deux des limites indiquées pour l'application des formules, c'est l'une d'elles qui sera seule employée et elle produira les mêmes effets que si les autres n'existaient pas.

Formule du Finistère. — Formule à 6 termes. — Le système du forfait a cependant trouvé, en M. Considère, un défenseur fort habile; mais c'est à la condition que ce forfait soit réalisé au moyen d'une formule à 6 termes, qui tient compte séparément

des recettes voyageurs et marchandises, des nombres de voyageurs et de tonnes kilométriques, enfin des kilomètres parcourus par les trains dans l'année. Il convient de dire ici quelques mots de cette formule.

Elle est fondée sur le principe suivant : au lieu d'abandonner au concessionnaire une même fraction de toutes les recettes, ce qui conduit aux inconvénients signalés plus haut, on lui donne une part de chacune d'autant plus grande que le transport correspondant est naturellement moins avantageux, c'est-à-dire qu'il y a moins d'écart entre le tarif et la dépense du transport. L'application de ce principe a conduit à une formule à coefficients multiples qui a été insérée dans la convention relative aux chemins de fer d'intérêt local du Finistère, et qui est la suivante :

$$(1) F = 1550 f + 0,30R^v + 0,47r^a + 0,50r^b + 0,53r^c + 0,58r^d \\ + 0,65r^e + 0,77r^f + 0,86r^g + r^h.$$

R^v représente la recette des voyageurs et des marchandises en grande vitesse ;

$$r^a \ r^b \ r^c \ r^d \ r^e \ r^f \ r^g \ r^h$$

représentent les recettes de petite vitesse correspondant, après déduction des frais accessoires, à des tarifs compris entre les minima exclus de

$$15c, 13c, 11c, 9c, 7c, 5c \ 5, 4c \ 5, 0$$

et les maxima inclus de

$$16c, 15c, 13c, 11c, 9c, 7c, 5c \ 5, 4c \ 5.$$

Ces chiffres de recettes comprennent les frais accessoires, mais non les impôts.

Le principe sur lequel repose cette formule nous paraît susceptible de remédier aux inconvénients signalés. Il est évident, d'ailleurs, que les coefficients, qui ont été choisis en vue de l'exploitation des lignes du Finistère, pourraient et devraient varier, suivant les circonstances, d'après le type de chemin de fer adopté et notamment d'après le prix de revient des transports. Voici, en tout cas, comment ils ont été fixés.

On a admis, pour le trafic-voyageurs, le coefficient 0,30, parce que les concessionnaires se reconnaissent, en général, comme suffisamment intéressés quand on leur abandonne le 1/3 ou le 1/4 de la recette.

Pour les matières pondéreuses, transportées à bas prix, on a admis que le concessionnaire doit conserver au moins 4 centimes par tonne pour être réellement intéressé au développement du trafic, ainsi que nous l'avons exposé précédemment.

Pour les autres marchandises, qui paient plus cher, on a alloué au concessionnaire une fraction d'autant plus faible de la recette que le tarif est plus élevé ; c'est ainsi qu'on a obtenu les coefficients décroissants de 0, 86, 0,77, 0,65, 0,58, 0,53, 0,50 et 0,47.

Les effets produits par cette formule, en ce qui concerne les marchandises, sont rendus sensibles aux yeux au moyen de l'épure que représente la figure 4.

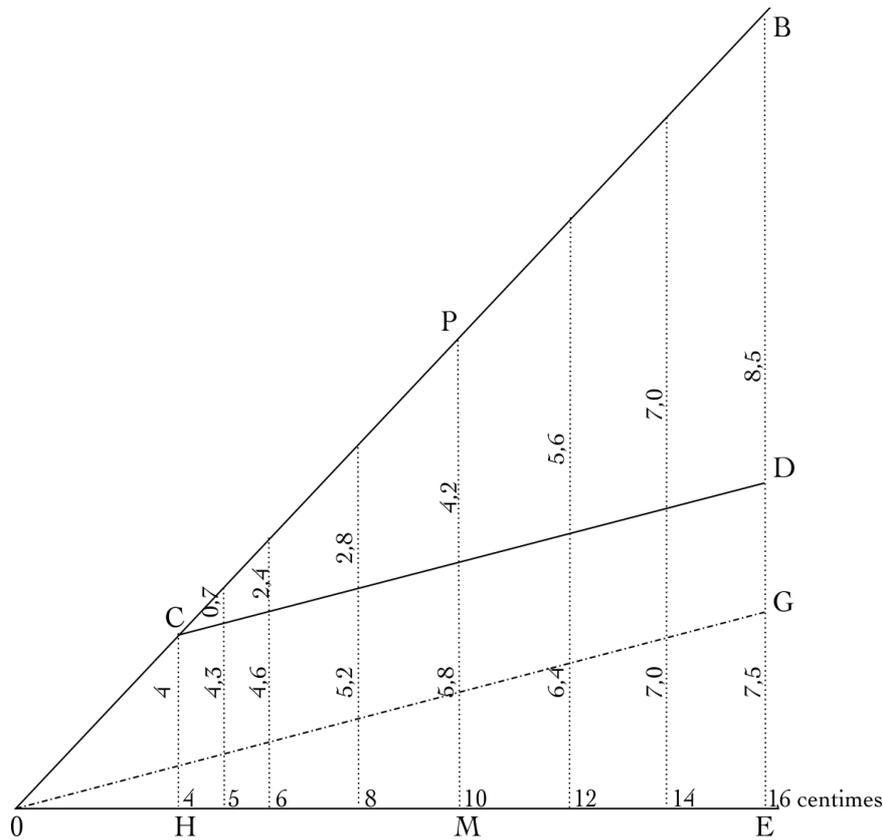


Fig. 4

Sur une ligne horizontale OE on porte les différents tarifs, et par le point 0 on mène une ligne OB inclinée à 45°. Chacune des ordonnées MP de cette ligne est égale à l'abscisse correspondante OM et représente la recette que donne une tonne de marchandise, à laquelle on applique le tarif OM. La ligne CD représente les effets produits par la formule du Finistère ; elle divise chaque ordonnée en deux parties : la partie supérieure est la fraction de la recette qui revient au département (y compris la part de l'État), la partie inférieure est celle qui est allouée au concessionnaire.

On voit que l'ordonnée HC est tout entière au dessous de la ligne de séparation CD, ce qui montre que le concessionnaire conserve la totalité des recettes produites par le tarif OH, égal à 4 centimes ; l'ordonnée extrême EB, correspondant au tarif de 16 centimes, est, au contraire, divisée de telle sorte, que le concessionnaire reçoit seulement les 47/100 de la recette, soit 7c 8 par tonne. L'épure indique, pour chaque tarif, la somme allouée au concessionnaire et celle que conserve le département.

Il est clair que, si les coefficients avaient des valeurs différentes, la ligne CD pourrait varier de position et d'inclinaison ; elle pourrait même devenir courbe, il n'y a à cela aucune impossibilité. Ce qu'il faut seulement retenir, c'est que cette ligne se détache, de la ligne de recette OB en un point C qui résulte du prix de revient de transport des matières pondéreuses, et qu'elle va en s'élevant vers la droite, mais moins vite que la ligne OB.

L'épure de la figure 4 permet de remplacer la formule du Finistère, qui est longue et complexe et qui a l'inconvénient d'être discontinuée²⁹, par une autre, absolument équivalente, mais plus simple et continue.

Si l'on mène par le point O une ligne OG parallèle à CD, il se trouve que son coefficient angulaire est égal à 0,30 et que les portions d'ordonnées comprises entre ces deux lignes sont égales à 2c 8 plus 0,30 du tarif correspondant; par suite, les termes de la formule qui contiennent r^a , r^b , r^c , ..., etc, peuvent être remplacés par les deux termes

$$0,028 M^k + 0,30 R^M,$$

M^k représentant le nombre de tonnes kilométriques de marchandises transportées en petite vitesse, R^M la recette totale correspondante.

La formule n'a donc plus que quatre termes :

$$F = 1550 f + 0,30 R^v + 0,028 M^k + 0,30 R^M,$$

et, par suite de l'égalité accidentelle des deux coefficients de R^v et de R^M , ces quatre termes se réduisent à trois :

$$(2) F = 1550 f + 0,30 R + 0,028 M^k$$

R étant la recette totale $R^v + R^M$.

La transformation de la formule (1) est toujours possible par le procédé que nous venons d'indiquer; seulement, le coefficient angulaire de la ligne OG n'étant pas, dans tous les cas, égal à 0,30, la formule (2) à laquelle on arrive conservera en général quatre termes.

Telle est la formule (1), ou son équivalent (2), qui régit la convention du réseau départemental du Finistère. Ce n'est pas cependant celle-là que M. Considère propose d'appliquer pour l'avenir.

On s'est aperçu, en effet, que la formule (2), dite à 4 termes, présente, au point de vue de la création de nouveaux trains de voyageurs, le même inconvénient que toutes celles qui prévoient le partage uniforme de la recette brute dans la proportion de 30 pour 100. Pour remédier à cette situation et faire que le concessionnaire ait intérêt à créer des trains nouveaux, il suffit de lui payer, pour chaque kilomètre de parcours des trains, une somme égale au déficit que lui laisse le partage à 30 % de la recette brute.

Si, par exemple, la dépense kilométrique d'un train est de 0c 60, pour que le concessionnaire ne soit pas mis en déficit par la création d'un nouveau train, il faut qu'il en tire au moins 0c 60 ; si la formule d'exploitation lui alloue 30 % de la recette brute, il faudra donc lui donner en outre par kilomètre de train

$$0 f 60 - \left(\frac{30}{100} \times 0 f 60 \right) = 0 f 42.$$

²⁹ En passant du tarif 9c1 au tarif 9c, par exemple, la part de recette du concessionnaire s'élève brusquement de 58 à 65 %.

Cela revient à ajouter h la formule (2) un terme de la forme fK , K désignant le nombre de kilomètres parcourus dans l'année par les trains.

Enfin, si l'on veut inciter le concessionnaire à diminuer les tarifs de voyageurs, il suffit d'introduire dans la formule un 6^e terme, ∂V^k , c'est-à-dire de payer une somme déterminée par voyageur kilométrique V^k . M. Considère fait remarquer que l'opportunité de cette adjonction peut paraître douteuse, les tarifs de voyageurs des chemins d'intérêt local étant généralement assez bas, à cause de la concurrence que leur font les voitures. Toutefois, pour rester dans le cas le plus général, il propose de maintenir le terme ∂V^k et arrive définitivement à la formule suivante :

$$(3) F = a + b R^v + c R^M + \partial V^k + e M^K + f K.$$

Il n'y aurait aucun intérêt à connaître la série des calculs par lesquels on a déterminé les coefficients de cette formule, de manière à lui faire donner, en moyenne, les mêmes résultats pour le concessionnaire que la formule à 4 termes ; il suffira de savoir que, dans sa forme numérique, cette formule s'écrit :

$$F = 100 f + 0,15 R^v + 0,25 R^M + 0,004 V^k + 0,012 M^K + 0,40 K.$$

Nous ne nous arrêterons pas plus longtemps à l'examen de cette formule : le lecteur, désireux de trouver sur ce sujet de plus amples renseignements, pourra consulter le travail original de l'auteur. Nous croyons, comme lui, que la formule à 6 termes est bien supérieure, à tous les points de vue, aux diverses formules qui prévoient le partage uniforme de la recette brute, et nous reconnaissons qu'elle est rationnelle et établie en tenant compte de tous les intérêts en jeu. Mais elle est forfaitaire, et cela seul suffit pour que nous n'en proposons pas l'adoption, tout forfait d'exploitation nous paraissant un expédient auquel nous croyons qu'il vaut mieux ne pas avoir recours, à moins de ne pouvoir faire autrement. En un mot, si l'on croît devoir adopter le principe du forfait d'exploitation, il ne nous paraît pas douteux que la formule à 6 termes, avec des coefficients convenablement établis, ne soit préférable à toutes les autres ; mais nous persistons à penser qu'il vaut mieux ne pas faire de forfaits d'exploitation.

3^o SYSTÈME. — Le troisième système dont nous avons parlé consiste à fixer à forfait les dépenses d'exploitation, en fonctions de la recette brute, mais à allouer en tout cas au concessionnaire un minimum, au dessous duquel ces dépenses ne peuvent pas descendre.

Ce système de forfait a reçu d'assez nombreuses applications; en voici quelques exemples donnés par M. Heude.

Département des Bouches-du-Rhône, — Lignes de Fontvieille à Salon, d'Eyguières à Meyrargues, etc. (Voie normale.)

$$F = 2300 f + \frac{R}{3},$$

avec minimum de 4600 fr., correspondant à une recette de 6000 fr.

Département de la Haute-Marne. — Ligne de Gudmont à Rimaucourt. (Voie normale.)

$$F = 2000 f + \frac{R}{3} ,$$

avec minimum de 4000 fr. pour les trois premières années d'exploitation, et de 4300 fr. pour les années suivantes.

Département du Puy-de-Dôme. — Ligne de Gerzat à Maringues. (Voie normale.)

$$F = 2000 f + \frac{R}{3} ,$$

avec minimum de 3666 fr. 66.

A partir d'une recette kilométrique de 12000 fr., la formule sera remplacée par

$$F = \frac{R}{2} ,$$

Département de la Manche, — Ligne de Valogne à Barfleur. (Voie normale.)

$$F = 2300 f + \frac{R}{3} ,$$

au minimum de 4500 fr.

Département des Landes, — Ligne de Sore à Luxey. (Voie normale.)

$$F = 2300 f + \frac{R}{3} ,$$

avec minimum de 4300 fr. lorsque les recettes dépasseront 5500 fr.

Au dessous de ce chiffre, les frais d'exploitation sont fixés à 3275 fr. pour un seul train dans chaque sens.

Département de l'Allier. — Lignes de Moulins à Cosne et de Varennes à Bezenet. (Voie de 1 mètre.)

$$F = 1800 f + \frac{R}{4} ,$$

avec minimum de 3700 fr., d'où il résulte que la formule ne sera applicable que lorsque les recettes dépasseront 7600 fr.

Département du Cher, — Ligne de Bourges à Dun-sur-Auron. (Voie de 1 mètre.)

$$F = 1800 f + \frac{R}{4} ,$$

avec minimum de 3200 fr. correspondant à une recette de 5600 fr.

Département de Seine-et-Oise. — Ligne de Valmondois à Épiiais-Rhus. (Voie de 1 mètre.)

$$F = 2000 f + \frac{R}{4} ,$$

avec minimum de 6000 fr. ; la formule ne sera donc appliquée que lorsque les recettes atteindront 16000 fr.

Après l'étude que nous venons de faire des résultats donnés par les forfaits d'exploitation, il ne nous paraît pas nécessaire de discuter ce troisième système, qui participe évidemment à tous les inconvénients du précédent, aggravés encore par l'allocation d'un minimum souvent beaucoup trop élevé. La plupart des

conventions qui contiennent les formules indiquées ci-dessus ont pour effet d'enlever au concessionnaire tout désir de voir se développer le trafic, et même certaine d'entre elles (celle du département de l'Allier) fait que l'exploitant a un intérêt évident à ne rien transporter du tout. Il est facile de s'en rendre compte en quelques mots.

Le concessionnaire, qui a construit la ligne et l'exploite pour 99 ans, reçoit l'intérêt à 5 % du capital qu'il a engagé; en outre, on lui paye des frais d'exploitation de 3700 fr. par kilomètre, quelle que soit la recette, tant qu'elle ne dépassera pas 7600 fr. Avec des recettes de 2800 et de 4000 fr., qui sont celles de l'année 1890, le concessionnaire n'est pas en perte, mais il a grand intérêt à ce que les recettes n'augmentent pas, car il recevrait en moins du département et de l'État exactement la somme dont le trafic se serait élevé, et, comme ses dépenses d'exploitation augmenteraient nécessairement avec les recettes, il serait finalement en perte. Il n'est pas besoin d'insister sur les inconvénients d'une semblable combinaison.

AUTRES SYSTÈMES ADOPTÉS POUR L'EXPLOITATION. — En dehors des systèmes dont nous venons de parler, il en existe d'autres, dont il convient de dire ici quelques mots.

Partage du bénéfice net. — C'est la solution proposée par M. Noblemaire comme lui paraissant la plus avantageuse, pour le département comme pour l'entrepreneur. Voici comment il la justifie.

Supposant, ainsi que nous l'avons exposé, que le département aura fait, avec le secours de l'État, une mise de fonds immédiate pour établir lui-même son chemin de fer, il ajoute qu'il ne peut plus, dès lors, être question de garantie d'intérêt, mais qu'il s'agit seulement d'exploiter la ligne dans les meilleures conditions, dans l'intérêt de tous, et de lui faire rendre le maximum de produit net, à partager dans une certaine proportion entre le département et son fermier.

« Renonçant alors, ajoute-t-il, à rechercher une de ces formules d'exploitation qu'il est si malaisé d'établir sans léser les intérêts d'une des parties en cause, le département autoriserait son fermier à prélever sur la recette brute l'intégralité de ses frais effectifs d'exploitation, en se réservant, bien entendu, d'en contrôler l'exactitude et la nécessité. Il pourrait même, s'il croyait indispensable ce supplément de garantie, les limiter par un maximum dont la formule, beaucoup moins importante alors que dans l'état actuel des choses, devrait être en tous cas suffisante pour que l'exploitant pût raisonnablement s'y mouvoir et pourrait sans doute, sans inconvénient, être représentée par l'expression 2000 f + 0,30 R.

Le bénéfice net de l'exploitation, différence entre la recette et la dépense effective, serait à répartir entre le département et l'entrepreneur de la manière suivante, par exemple :

De 0 à 400 fr. de bénéfice net kilométrique, le fermier en aurait.....	50 %
Sur les 1600 fr. suivants, il toucherait.....	25
Sur tout ce qui dépasserait 2000 fr.....	18

L'exploitant serait ainsi immédiatement et constamment incité à augmenter le produit net, il n'aurait plus la crainte d'engager une dépense utile, à la seule condition qu'elle amène un produit au moins égal, puisqu'en la faisant, il augmenterait le produit net, dont une part lui est attribuée.

Le département, de son côté, recevrait dans le bénéfice net une part limitée tout d'abord à 50 % de manière à inciter l'exploitant à créer, le plus tôt possible, un bénéfice net d'exploitation, puis rapidement croissante, de manière à rémunérer de mieux en mieux, par une loi raisonnable de progression, le capital qu'il aura consacré à l'établissement de la ligne. »

M. Noblemaire propose, en outre, de faire fournir le matériel roulant par l'entrepreneur et de l'autoriser à ajouter aux frais d'exploitation l'intérêt, à 5 % par exemple, de la valeur de ce matériel.

Si les seuls intérêts en jeu étaient ceux du département et du fermier ou concessionnaire, la solution proposée par M. Noblemaire paraîtrait de tous points excellente; elle aurait effectivement pour résultat d'intéresser toujours l'exploitant, à la fois à accroître le produit brut et à réduire ses frais d'exploitation, c'est-à-dire à rendre aussi grand que possible le bénéfice net d'exploitation. Ce serait parfait si les chemins de fer étaient une industrie libre et si les départements étaient assimilables à des sociétés financières cherchant uniquement à faire fructifier leurs capitaux. Mais il n'en est pas et il ne peut pas en être ainsi. Comme le fait très judicieusement remarquer M. Considère, « cette conception du rôle des départements est l'absolu contre-pied de la réalité. Loin de chercher, dans la construction des chemins de fer d'intérêt local, des placements avantageux, les départements savent fort bien qu'il n'en résultera, le plus souvent, pour eux qu'une perte importante, le bénéfice d'exploitation, lorsqu'il existe, étant généralement bien inférieur aux intérêts de la dépense de premier établissement. »

On ne saurait mieux dire, et l'erreur grave contre laquelle s'élève M. Considère provient de ce qu'on est porté à assimiler l'industrie des chemins de fer à une industrie libre, et à croire qu'elle doit, pour être véritablement fructueuse, donner un bénéfice immédiat en argent ; rien n'est plus faux, surtout en ce qui concerne les chemins de fer d'intérêt local, ainsi que nous l'avons établi dans la première partie de ce chapitre, où nous avons montré que l'utilité totale de ces chemins de fer se compose de trois termes, savoir : 1° le bénéfice net d'exploitation; 2° les économies de transport; 3° les avantages indirects procurés au public. Or, le premier terme n'a qu'une importance bien minime, par rapport aux deux autres, ainsi que nous l'avons établi. Nous l'avons déjà dit et nous ne saurions trop le répéter : rien n'autorise à penser qu'une exploitation à perte des chemins de fer, c'est-à-dire une exploitation analogue à celle qui est adoptée pour les routes et pour les canaux, ne puisse être parfaitement légitime et très utile à la collectivité des citoyens, alors que, pour les routes, les canaux et les chemins de toute catégorie, elle est universellement admise, sans que personne songe à protester contre cette situation qui dure depuis un temps immémorial, et qui procure de si grands avantages au

pays.

La nécessité d'exploiter les chemins de fer, uniquement de manière à satisfaire les intérêts généraux, semble avoir été perdue de vue pendant bien des années; elle avait été cependant posée en principe d'une manière fort nette dans le rapport annexé à l'ordonnance du 15 novembre 1846, rapport qui s'exprimait comme il suit :

« Les chemins de fer, qu'ils soient concédés ou non, font essentiellement partie du domaine public ; *ils ne peuvent et ils ne doivent être exploités que dans l'intérêt de tous* et c'est à l'autorité publique qu'il appartient d'en régler l'usage. »

Il importe que ce principe ne soit pas oublié. Il est donc tout à fait irrationnel de donner pour but unique aux chemins de fer d'intérêt local la production du plus grand bénéfice net d'exploitation et de sacrifier les véritables intérêts du pays à ce résultat, d'importance tout à fait secondaire. Or, c'est ce qui arriverait fatalement avec le partage du bénéfice net, le concessionnaire comme le département ne pouvant avoir, dans ce cas, qu'un seul objectif, celui d'augmenter le plus possible ce bénéfice net, ce qui conduirait à ne jamais abaisser les tarifs au dessous de la limite qui rend maximum ce bénéfice, bien qu'elle lèse absolument les intérêts du public.

Payement au kilomètre de parcours des trains, — Quelquefois, on prend pour base du règlement des comptes d'exploitation le nombre de kilomètres des trains parcourus pendant l'année, en donnant, en outre, au concessionnaire une fraction minime de la recette brute.

M. Considère fait remarquer que ce mode de convention présente deux inconvénients :

1° Il est défavorable au développement du trafic des marchandises, tant que les trains exigés par le cahier des charges sont suffisants, sans contestation possible. En effet, il peut dans ce cas se représenter par la formule

$$F = A + \frac{R}{K} ,$$

A étant une constante proportionnelle au nombre de kilomètres exigés et nous avons vu précédemment les inconvénients que présente, au point de vue du trafic-marchandises, l'adoption d'une formule de ce genre ;

2° Il devient très dangereux pour les intérêts du département, dès qu'on peut demander l'organisation de nouveaux trains, attendu que le concessionnaire, dont le bénéfice provient de l'excès du prix payé pour le kilomètre de train sur la dépense qu'il entraîne réellement, a un intérêt évident à augmenter le nombre des trains, bien au delà des besoins véritables de l'exploitation.

Les inconvénients signalés nous paraissent très réels, le premier surtout, en raison de la faiblesse du coefficient $\frac{1}{K}$, qui est généralement voisin de $\frac{1}{20}$.

Dès lors, nous croyons que ce mode de convention ne doit pas être adopté.

SYSTÈME DÉFINITIVEMENT PROPOSÉ POUR L'EXPLOITATION. — Après avoir fait la critique des différents systèmes adoptés, il convient d'indiquer celui qui paraît devoir les remplacer, pour tenir compte du principe que nous énoncions tout à l'heure, et qui consiste à exploiter les chemins de fer dans l'intérêt de tous. Si le lecteur a suivi attentivement l'exposé que nous venons de faire, il apercevra nettement que deux systèmes seulement nous paraissent possibles : ou l'exploitation directe par le département, ou l'affermage de l'exploitation à un entrepreneur, dans des conditions à déterminer.

Bien peu d'ingénieurs paraissent actuellement favorables au premier système et nous le regrettons. Partisan de l'exploitation des chemins de fer d'intérêt général par l'État, ou tout au moins d'une exploitation dans laquelle l'Etat aurait des droits effectifs bien plus grands que dans le système de la concession à des sociétés particulières, nous ne pouvons pas croire qu'en principe, l'exploitation des lignes d'intérêt local par les départements doive donner de mauvais résultats. Elle aurait, dans tous les cas, l'incontestable avantage de supprimer la complication des comptes d'exploitation à régler avec un concessionnaire ; elle permettrait d'abaisser les tarifs, au grand avantage de la collectivité des citoyens et de l'utilité générale du chemin de fer ; elle supprimerait enfin cette dualité de services qui existe dans tous les départements et qui résulte forcément des systèmes actuellement adoptés, savoir : un service pour exploiter la ligne et un service pour contrôler l'exploitant.

L'exploitation directe par le département serait-elle d'une application difficile ? Nous ne le pensons pas.

Les ingénieurs des départements, qui font le contrôle de la ligne, pourraient tout aussi bien en faire l'exploitation. Il y aurait, à la fois, économie d'administration et simplification dans les rouages administratifs.

Quoi qu'il en soit, cette solution n'a que peu de chances d'être adoptée, et il ne reste alors que celle qui consiste à affermer l'exploitation, moyennant certaines conditions, qui nous paraissent devoir être les suivantes : remboursement des dépenses réelles, dans les limites d'un maximum déterminé en fonctions du trafic, en accordant au fermier une partie des économies qu'il réaliserait par rapport à ce maximum. C'est, on le voit, le système préconisé par l'exposé des motifs du nouveau projet de loi. Il nous paraît réunir des avantages qui permettent d'en proposer l'adoption. M. Considère, qui examine ce système dans la deuxième partie de son étude, reconnaît d'ailleurs ces avantages, et, s'il ne conclut pas en sa faveur, c'est seulement parce qu'il exige la vérification des dépenses et l'immixtion du département dans la direction même de l'exploitation, ce qui lui paraît inacceptable.

Nous nous sommes déjà expliqué à ce sujet et nous avons fait remarquer que la vérification des dépenses ne nous paraissait pas présenter les difficultés que l'on craint ; quant à l'immixtion du département dans la direction de l'exploitation, loin de la redouter, nous la considérons comme désirable et nous croyons que c'est le

seul moyen d'arriver à ce que les lignes ne soient exploitées que dans l'intérêt de tous, conformément au principe posé par la réglementation de 1846.

Reste à savoir de quelle façon serait fixé le maximum des frais d'exploitation ; ici nous sommes, bien entendu, complètement d'accord avec M. Considère : il faut se garder d'adopter une formule telle que

$$M = a + b R.$$

Le maximum ainsi fixé serait ou beaucoup trop large pour le trafic des voyageurs et des marchandises des catégories supérieures, ou beaucoup trop réduit pour celui des transports à bas prix. « Si les premiers dominent, le concessionnaire aura trop de marge et réalisera des bénéfices exagérés ; si, au contraire, les derniers l'emportent, il pourra faire une perte sèche. En tous cas, il cherchera à développer les uns au détriment des autres. »

Il y a donc grand intérêt à chercher, pour fixer ce maximum, une formule qui donne des chiffres bien en rapport avec les dépenses réelles d'exploitation, et il nous paraît évident que la formule à six termes remplit cette condition et qu'elle doit trouver ici son emploi. Dès l'instant qu'elle n'est pas destinée à établir un forfait, mais un maximum, cette formule, avec des coefficients convenables, nous semble excellente.

Voici donc, en définitive, le système que nous proposons, à défaut de l'exploitation directe.

Le département construirait la ligne à ses frais, ainsi que nous l'avons indiqué, et il rechercherait, pour l'exploitation, non pas un concessionnaire, mais un fermier, auquel il se lierait pour une période assez courte, 15 ou 20 ans par exemple.

Il pourrait, comme le propose M. Noblemaire et conformément à l'esprit du nouveau projet de loi, demander à ce fermier de fournir à ses frais le matériel roulant, dont on lui paierait l'intérêt à 5 % par exemple.

Le département conserverait les droits les plus étendus sur l'exploitation de la ligne, notamment en ce qui concerne la fixation des tarifs, le nombre des trains dans chaque sens, etc., de manière à la diriger réellement dans l'intérêt de tous. Les dépenses d'exploitation, dûment contrôlées, seraient remboursées au fermier d'après leur chiffre réel, dans les limites d'un maximum déterminé par la formule :

$$F = a + b R^v + c R^M + d V^k + e M^k + f K ;$$

a, b, c, d, e et f étant des constantes à déterminer dans chaque cas particulier,

R^v désignant la recette du trafic des voyageurs,

R^M — des marchandises,

V^k — le nombre de voyageurs kilométriques,

M^k — le nombre de tonnes kilométriques,

K — le nombre de kilomètres parcourus par les trains dans l'année.

Le fermier aurait droit, en outre, à une portion de l'économie qu'il réaliserait par

rapport aux chiffres donnés par la formule.

Il est certain qu'un pareil système serait beaucoup moins simple qu'un forfait d'exploitation déterminé par la formule $a + b R$; mais les avantages qu'il présente sont hors de proportion avec la faible augmentation de dépense que peut entraîner, pour l'exploitant, l'emploi de la formule à 6 termes.

D'ailleurs, les difficultés d'application de cette formule ne sont pas grandes et sa complication n'est qu'apparente, comme l'a fait voir M. Considère, et comme il est facile de le montrer en quelques mots.

Les trois premiers termes de la formule ne soulèvent aucune difficulté, le premier étant une constante et les deux autres renfermant les quantités R^v , recette des voyageurs, et R^M , recette des marchandises, qui sont directement connues.

Le quatrième terme, V^k , nombre de voyageurs kilométriques, s'obtiendra assez facilement, en prenant le nombre de billets délivrés dans l'année entre deux stations quelconques, en les multipliant par la distance qui les sépare et faisant la somme des produits ainsi obtenus.

Le cinquième terme, M^k , nombre de tonnes kilométriques, s'obtiendra sans plus de difficultés : les poids des marchandises sont toujours connus ; quant aux distances de transport, elles servent de base au calcul des tarifs sur les feuilles d'expédition ; on totalisera, en fin d'année, les produits obtenus en multipliant les premiers par les seconds.

Reste le terme K , parcours total des trains dans l'année, qui est facile à avoir, puisqu'il figure dans les écritures de l'exploitant.

CHAPITRE IV

DES CHEMINS DE FER A VOIE ETROITE

§ 1^{er}. — Aperçu des économies que peut procurer l'adoption d'une largeur de voie de 0^m 90 à 1^m. — Economies dans les dépenses de construction. Exemples. — Economies dans les dépenses d'exploitation. Exemples. — Conclusions

§ 2. — Chemins de fer à voie plus étroite que 1 mètre. — Lignes à voie de 0^m 60. — Exemples. — La circulaire ministérielle du 12 janvier 1888. Son abrogation virtuelle

§ 3. — Comparaison entre la voie de 1^m et la voie de 0^m 60. Examen des principaux arguments produits en faveur de l'une et l'autre voie. Conférence de M. Coste. Brochure de M. Félix Martin. Réponses de M. Decauville. — Conclusions.

§ 1^{er} — Aperçu des économies que procure l'emploi de la voie de 1 mètre.

On ne conteste plus guère aujourd'hui les avantages que présente l'adoption d'une voie plus étroite que la voie normale (1^m 44 à 1^m 45 entre les bords intérieurs des rails) pour l'établissement des lignes à faible trafic, qui forment la majorité des lignes restant à construire, tant en France qu'à l'étranger, et l'on sait maintenant d'une manière certaine que la réduction de la largeur de la voie peut conduire à des économies assez importantes pour rendre possible la construction d'une ligne qui, établie à voie normale, serait ruineuse pour l'entreprise qui s'en chargerait.

Dans notre *Traité des Chemins de fer*³⁰, nous avons résumé, de la manière suivante, la dépense moyenne d'établissement d'une ligne à voie normale (et à voie unique) destinée à devenir un trafic modéré, compris entre 8000 et 15000 fr. par kilomètre.

CHEMINS DE DIFFICULTÉ ORDINAIRE

Infrastructure.....	105000 f
Superstructure.....	65000
Matériel roulant.....	20000
Intérêts pendant la construction, 10 % des sommes ci-dessus.....	<u>19000</u>
Total.....	200000 f
soit, en chiffres ronds.....	210000

CHEMINS FACILES

Infrastructure.....	75000 f
Superstructure.....	65000
Matériel roulant.....	20000
Intérêts pendant la construction, 10 % des sommes ci-dessus.....	16000
Total	176000 f
soit.....	175000

Les évaluations ci-dessus, qui ne sont d'ailleurs que de simples moyennes, se rapportent à une ligne desservie par cinq trains dans chaque sens.

30 Paris, 1891. tome II, page 321.

Pour une ligne dont le trafic serait encore plus faible, le nombre de trains pourrait être diminué et ramené à trois dans chaque sens; la dépense du matériel roulant se réduirait dans une certaine proportion, mais ne pourrait guère descendre au dessous de 12000 fr. par kilomètre. Le prix de revient de la ligne s'abaisserait alors jusqu'à 200000 fr. pour un chemin de difficulté ordinaire et 167000 fr. pour un chemin facile. Il ne faudrait pas compter descendre au dessous de ces chiffres.

D'un autre côté, nous avons évalué à 5000 fr. par kilomètre³¹ le minimum de la dépense d'exploitation d'une ligne à voie normale, desservie par trois trains dans chaque sens et exploitée dans les conditions les plus économiques par des trains légers et avec un personnel restreint dans les gares.

Examinons avec quelques détails les différentes économies que peut procurer l'adoption d'une voie plus étroite, dans la construction et dans l'exploitation.

ÉCONOMIES DANS LES DÉPENSES DE CONSTRUCTION. — Les économies qu'on peut réaliser dans les dépenses d'établissement d'une ligne à voie étroite proviennent de deux sources : l'emploi de courbes plus prononcées, l'adoption d'une voie plus légère.

Ce qui limite les courbes sur les chemins de fer, c'est principalement la solidarité des roues et le parallélisme des essieux, deux conditions qui tiennent au mode de construction du matériel roulant ordinairement employé, et connu sous le nom de matériel rigide, parce que les essieux sont fixés au châssis dans des positions parallèles ou à très peu près invariables. Les essieux forment ainsi avec les deux parois longitudinales du wagon une sorte de parallélogramme à peu près indéformable, qui ne peut pas s'inscrire dans une courbe d'un rayon trop petit. Or, si l'on adopte une voie plus étroite, le matériel roulant sera aussi plus étroit; la longueur des wagons diminuera proportionnellement, de sorte que l'écartement des essieux sera plus faible et que le parallélogramme passera plus facilement dans les courbes. L'adoption d'une largeur de voie réduite procurera donc de notables facilités pour l'emploi des courbes et, par suite, des économies importantes dans la dépense d'établissement de la plate-forme, puisque le tracé de la ligne pourra épouser de plus près la forme du terrain.

Il ne faut rien exagérer toutefois. L'emploi de courbes très prononcées, en admettant qu'il fût possible par suite des dispositions du matériel roulant, aurait l'inconvénient de réduire la vitesse des trains dans une proportion considérable, d'abord parce que la présence des courbes créerait une résistance à la traction qui pourrait atteindre un chiffre élevé, ensuite parce que la circulation en vitesse dans des tracés très sinueux présenterait des dangers. Il faut donc se tenir dans de sages limites en ce qui concerne le rayon des courbes et ne pas chiffrer trop haut l'avantage que procure à ce point de vue l'adoption de la voie étroite.

31 *Traité complet des Chemins de fer*, tome III, page 256

« Cet avantage, écrivait M. Sévène en 1876³² est d'autant plus marqué que la voie sera plus étroite. Les essais de petite voie qui ont eu lieu jusqu'ici ont varié entre 0^m 76 et 1^m 15 de largeur. Il y a une application de l'écartement de 0^m 61, sur le chemin de fer de Festiniog, dans le pays de Galles; mais les ingénieurs qui l'exploitent recommandent eux-mêmes de ne pas descendre aussi bas. Tous les autres chemins à petite voie ont des écartements compris entre 0^m 76 et 1^m 15, et l'on s'accorde en général à regarder l'écartement de 0^m 90 à 1^m comme celui qui concilie le mieux les économies du tracé et les facilités de construction du matériel. Avec cet écartement de 0^m 90 à 1^m, on peut sans difficulté franchir des courbes de 100 mètres et, exceptionnellement, des courbes plus raides, dans les gares, par exemple. »

L'expérience a, en effet, démontré que le matériel des lignes à voie d'un mètre passe au moins aussi facilement dans les courbes de 100 mètres que celui des lignes à voie normale dans les courbes de 300 mètres³³. Il faut seulement, avec des courbes aussi réduites, renoncer aux grandes vitesses, ce qui est parfaitement acceptable pour des lignes à faible circulation. Sur des chemins destinés à desservir des localités peu importantes et pour des trajets qui ne sont jamais bien longs, une vitesse de 25 à 30 kilomètres à l'heure paraît de nature à donner satisfaction au public, et elle se concilie parfaitement avec les rayons de 100 mètres.

Or, l'adoption de rayons pouvant descendre jusqu'à 100 mètres en pleine voie et au dessous dans les gares, jointe à la réduction de largeur de la plateforme, conduit à une économie que l'on peut évaluer à la moitié au moins de la dépense correspondante dans un chemin de fer ordinaire. Ce résultat tient à ce que les lignes secondaires à voie étroite n'ont généralement pas à franchir de grands obstacles tels qu'une haute montagne ou une profonde vallée, de sorte qu'ils peuvent être classés presque tous dans la catégorie des chemins faciles ou de difficulté ordinaire. Les exemples que nous donnerons tout à l'heure conduiraient même à admettre une réduction de plus de moitié dans la dépense d'établissement de la plate-forme.

La dépense de la voie dépend de son poids et celui-ci résulte lui-même du poids des machines qu'on doit y faire circuler. Or, pour que des machines puissent passer dans des courbes de faible rayon, il faut nécessairement que leurs essieux soient

32 Cours de Chemins de fer[^] professé à l'Ecole des Ponts et Chaussées.

33 Ce résultat, admis depuis longtemps, a été récemment mis de nouveau en évidence par des expériences dynamométriques faites en 1891 sur la ligne à voie d'un mètre de Beaune à Arnay-le-Duc, par M. Desdouits, ingénieur en chef adjoint du matériel et de la traction du réseau de l'Etat. Il résulte de ces expériences que la résistance à la traction due aux courbes peut être évaluée comme il suit :

Pour un rayon de 200 mètres,	R = 2	kilogr. par tonne remorquée.
—	100	R = 4
—	40	R 9

Le chiffre de 4 kilogr. par tonne est celui qu'on admet pratiquement sur les chemins de fer à voie normale pour la résistance due aux courbes de 300 mètres.

très rapprochés et, pour cela, deux systèmes sont possibles : ou bien faire porter la machine sur deux ou trois essieux peu éloignés, ou bien la faire porter sur deux groupes d'essieux indépendants, chaque groupe ayant ses essieux très voisins.

Les deux systèmes sont appliqués sur les voies étroites : on fait pour les lignes à voie d'un mètre des machines à deux essieux du poids de 12 à 14 tonnes; on en fait à trois essieux qui pèsent 18 à 22 tonnes; on en fait également qui reposent sur quatre essieux divisés en deux groupes et dont le poids atteint 28 tonnes. Dans tous les cas, on voit que le poids par essieu est de 7 tonnes environ : c'est une charge à peu près moitié de celle qu'on admet sur les lignes à voie normale. Elle conduit à l'emploi de rails pesant de 18 à 20 kilogr. le mètre courant, soit à peu près la moitié des rails ordinaires.

De même, les traverses, ayant à supporter une voie moins large et à recevoir une charge plus faible, peuvent être réduites en longueur et en épaisseur et leur prix de revient s'abaisse à moins de la moitié de celui des traverses de la voie normale.

On peut admettre, en somme, que l'adoption d'une largeur de voie réduite à 0^m 90 ou 1^m procurera une économie de moitié au moins sur le prix de la voie comme sur celui de la plate-forme.

Pour avoir la dépense totale de la ligne, il faut encore tenir compte des stations et du matériel roulant.

En ce qui concerne les stations, les économies à réaliser sont considérables, si l'on veut se contenter, comme cela est naturel, d'installations modestes appropriées à un trafic restreint et ne pas exiger, dans les bâtiments destinés aux voyageurs, toutes les commodités que l'on est habitué à trouver sur les grandes lignes. C'est généralement ce que l'on fait et, habituellement aussi, le public se contente de ces stations restreintes. Il existe même des chemins de fer, établis en grande partie sur l'accotement des routes, dans lesquels les bâtiments des voyageurs sont complètement supprimés, ce qui conduit à une grande économie dans les prix d'établissement de la station. En somme, on peut, sans exagération, admettre aussi une réduction de moitié au moins sur ce chapitre.

Reste le matériel roulant. Sur les lignes à faible circulation, la quantité de ce matériel n'est pas réglée, comme sur les grandes lignes, d'après le trafic à transporter, mais d'après le nombre des trains à faire journellement. En supposant le même nombre de trains que sur une ligne à voie normale, chaque train pourra se composer sur la petite voie de véhicules à peu près moitié moins lourds et d'une capacité moitié moindre, ce qui conduira encore à une dépense égale à la moitié environ de celle du matériel roulant des lignes à voie normale.

Il faut ajouter que l'on tend aujourd'hui à employer sur les lignes à voie d'un mètre des wagons d'une capacité égale à celle des grandes lignes ; mais, ainsi que nous le verrons plus loin, cette tendance ne conduit pas à une augmentation dans la dépense, en raison de la diminution du poids mort à laquelle on est arrivé en même temps.

En résumé, d'après l'exposé qui précède, on peut admettre qu'une ligne, établie avec une largeur de voie de 1 mètre et des rayons de courbure de 100 mètres, coûtera à peine la moitié d'une ligne établie suivant le programme ordinaire de la voie normale.

Exemples, — Les exemples ne manquent pas à l'appui de cette conclusion. Nous citerons d'abord ceux que donne M. Sévène dans son Cours de Chemins de fer.

Vers 1845, la Compagnie des houillères de Commentry a construit une ligne à voie étroite destinée à relier ses mines à la ville de Montluçon. La voie a 1 mètre de largeur, les rails pèsent 18 kilogr. le mètre courant, le rayon minimum des courbes est de 90 mètres; la dépense totale du chemin, matériel roulant compris, a été de 110000 fr. par kilomètre.

Les mines de Blanzly ont établi un chemin analogue pour se relier au chemin de Lyon et au canal du Centre. La voie a 0^m 80 de largeur, les courbes descendent à 75 mètres de rayon en pleine voie et à 45 mètres dans les gares, les rails pèsent 15 kilogr. le mètre courant; la dépense moyenne a été de 40000 fr., non compris les terrains et le matériel roulant, ce qui correspond à une dépense totale qu'on peut évaluer à 60000 ou 70000 fr. par kilomètre.

La Compagnie d'Orléans a construit également un chemin à voie étroite pour transporter les minerais qui alimentent son usine d'Aubin, depuis Mondalazac jusqu'à la station de Salles-la-Source, située sur la ligne de Montauban à Rodez. La voie a 1^m 10 de largeur, les courbes descendent fréquemment à 60 mètres de rayon et, sur un point, à 40; les rails pèsent 16 kilogr. 5 par mètre courant. La dépense kilométrique a été de 50000 fr. seulement.

M. Sévène fait remarquer, d'ailleurs, que ces petites lignes sont destinées à un service spécial et non pas à celui du public qui, par ses usages variés et ses exigences, entraîne nécessairement des dépenses plus grandes. Mais il ajoute que ces lignes desservent un trafic beaucoup plus important que celui qui est généralement réservé aux communications locales. C'est ainsi que celle de Commentry à Montluçon transporte environ 300000 tonnes par an, ce qui est un mouvement considérable.

La dépense d'établissement de ces chemins aurait été certainement plus que doublée, s'ils avaient été construits suivant le programme des grandes lignes.

Si nous prenons maintenant des lignes de construction plus récente, nous trouvons les résultats suivants³⁴ :

Le chemin de fer de Hermès à Beaumont (Oise et Seine-et-Oise] a 32 kilomètres de longueur; il est établi avec une voie ayant 1 mètre d'écartement intérieur, des déclivités de 15 à 20^{mm} par mètre et des courbes dont le rayon minimum est de 300 mètres, sauf aux abords des gares d'un accès difficile, où le rayon est encore plus réduit. Le rail pèse 20 kilogr. au mètre courant. La dépense d'établissement s'est

34 V. Sampité, Les Chemins de fer à faible trafic en France.

élevée, au 31 décembre 1884, à 76000 fr. par kilomètre.

La ligne d'Anvin à Calais (Pas-de-Calais) a 94 kilomètres de longueur; établie avec des déclivités maxima de 16^{mm}, des courbes nombreuses dont le rayon descend fréquemment à 150 et même à 130 mètres, et un rail pesant 20 kilogr. au mètre courant, cette ligne a coûté 76600 fr. par kilomètre.

Les lignes d'intérêt local à voie de 1 mètre exploitées par la Compagnie des chemins de fer départementaux dans différentes régions de la France (Indre-et-Loire, Seine-et-Marne, Yonne, Charente) ont un développement total de 405 kilomètres; le capital de premier établissement fixé par les décrets de concession atteint le chiffre total de 24336000 fr., ce qui fait ressortir à 60000 fr. le prix du kilomètre de chemin.

Enfin, les lignes d'intérêt local à voie de 1 mètre exploitées par la Société générale des chemins de fer économiques dans les départements de Seine-et-Oise, de l'Allier, de la Somme et du Cher, s'étendent sur une longueur de 350 kilomètres et correspondent à un capital d'établissement qui varie de 62000 h 96000 fr. par kilomètre, avec une moyenne de 66000 fr. environ.

Ces exemples, et bien d'autres encore que l'on pourrait citer, justifient amplement la conclusion précédemment énoncée qu'un chemin de fer à voie de 1 mètre de largeur peut être facilement établi moyennant une dépense moitié moindre que celle d'une ligne à voie normale ; ils montrent en même temps que les chemins de fer d'intérêt local h voie étroite établis en France ont coûté moyennement 60000 à 75000 fr. par kilomètre.

Les chiffres ci-dessus s'appliquent tous à des chemins établis a travers champs; on peut encore réduire très notablement la dépense en adoptant la solution des chemins de fer sur routes ou tramways. Il n'y pas très longtemps que ce type de voie ferrée est employé en France, et les développements qu'il y a reçus depuis quelques années sont dus principalement à la persévérance et aux efforts de M. Faliès, qui en a été le promoteur infatigable et qui est devenu le concessionnaire des tramways de la Sarthe, du Loir-et-Cher, et plus récemment de la Loire-Inférieure et de l'Ille-et-Vilaine.

C'est en 1872 que M. Faliès, qui avait une grande expérience de la construction des chemins de fer d'intérêt local, et qui avait visité en Europe un grand nombre de lignes établies d'après ce système, proposa au conseil général de la Sarthe de construire dans ce département des chemins de fer sur routes, dont l'exploitation serait faite par les agents des trains et dont la dépense d'établissement, y compris le matériel roulant, devait osciller autour du chiffre de 40000 fr. par kilomètre.

Cette proposition était séduisante, si l'on songe qu'à cette époque il y avait bien peu de lignes ayant coûté moins de 100000 fr. par kilomètre; après quelques hésitations, le département de la Sarthe finit par l'accepter et, en 1880, concéda a M. Faliès, à titre d'essai, la ligne du Mans au Grand-Lucé, d'une longueur de 31 kilomètres. La dépense kilométrique d'établissement de cette ligne s'est élevée à 44000 fr. environ.

Plus tard, de nouvelles concessions furent faites à M. Faliès dans le même département et, en 1886, le département de Loir-et-Cher lui concéda 110 kilomètres de lignes, au prix forfaitaire de 40000 fr., payables au fur et à mesure de l'exécution des travaux. L'exploitation est faite aux risques et périls du concessionnaire, tant que la recette brute ne dépasse pas 3500 fr. par kilomètre; au delà de ce chiffre, il y a partage avec le département. La durée de la concession est de 50 ans.

L'économie importante réalisée dans la construction de ces chemins de fer provient principalement de deux causes : d'une part, l'emprunt de l'accotement des routes, dont le tracé ne s'écarte que lorsque les déclivités y sont supérieures à 30^{mm} par mètre, ce qui réduit d'une manière importante la dépense des terrains, des terrassements et des ouvrages d'art ; d'autre part, la suppression complète des bâtiments des stations, celles-ci se réduisant aux dispositions de voies nécessaires pour permettre le croisement des trains, la manœuvre et le stationnement des wagons.

Sur les tramways de Loir-et-Cher, en effet, comme dans ceux de la Sarthe, le système d'exploitation diffère essentiellement de celui qui est employé habituellement sur les chemins de fer. A l'exception d'une station de tête, qui centralise tous les services de comptabilité et de contrôle, les autres ne sont que des points de chargement et de déchargement ; la distribution des billets, l'enregistrement des bagages, des messageries et des marchandises sont faits par les conducteurs de trains. Les fonctions de chef de station sont remplies par un aubergiste, quand il se trouve une auberge à proximité, et celle-ci sert alors d'abri aux voyageurs ; dans le cas contraire, c'est un homme de la localité qui est le correspondant de la Compagnie, et qui vient aux heures des trains faire le nécessaire dans la station. Grâce à ce système d'exploitation, sur lequel nous aurons à revenir ultérieurement, les bâtiments des stations sont supprimés et la dépense de leur installation réduite à celle des voies et appareils accessoires.

Le maximum des déclivités est de 30^{mm} et le minimum du rayon des courbes, de 40 mètres; ce dernier n'est d'ailleurs employé nulle part en pleine voie, où les rayons descendent rarement au dessous de 100 mètres. Le rail pèse 15 kilogr. au mètre courant.

En résumé, on doit conclure des exemples qui précèdent que la dépense d'établissement d'un chemin de fer à voie de 1 mètre de largeur peut être évaluée, matériel roulant compris, à 75000 ou 80000 fr., quand il est construit à travers champs et qu'il comporte des stations d'un type réduit, et à 40000 ou 45000 fr., quand il emprunte les accotements des routes et que les bâtiments des stations y sont supprimés.

ECONOMIES DANS LES DÉPENSES D'EXPLOITATION. — Les frais d'exploitation d'un chemin de fer peuvent être également réduits par l'emploi de la voie étroite.

Les terrassements, les ouvrages d'art et les voies représentant une dépense d'établissement deux fois moindre que dans un chemin de fer ordinaire, l'entretien de la ligne, le renouvellement de la voie, etc., donneront lieu également à une dépense que l'on peut prévoir moitié moindre.

Pour la traction, en supposant le même nombre de trains et le service fait par des machines de 18 à 20 tonnes en ordre de marche, et remorquant des trains deux à trois fois moins lourds que ceux des grandes lignes, la dépense pourra être réduite de moitié également. Il en sera de même des dépenses de l'exploitation proprement dite, mais à la condition d'adopter pour les stations des installations modestes, en rapport avec le trafic à desservir. L'exploitation, en effet, coûte proportionnellement à ce qu'on exige d'elle. Si l'on voulait transporter sans modifications, dans les stations des petites lignes, toutes les installations auxquelles le public est habitué sur les grandes, il n'y aurait presque aucune économie à espérer sur ce chapitre. Mais cette manière de faire ne serait pas justifiée. Il est rationnel d'admettre que, sur les lignes à faible trafic, les stations seront moins complètes et moins confortables que sur les grandes lignes. Sur ces dernières, les points d'accès au chemin de fer sont peu nombreux, afin de ne pas trop entraver la circulation à grande vitesse; mais, en revanche, ils sont installés de manière à permettre aux voyageurs et aux marchandises d'attendre assez longtemps les trains qui doivent les emmener. Sur les petites lignes, au contraire, il faut multiplier les stations, les mettre à la portée de chacun des points à desservir, mais en n'y installant que ce qui est absolument indispensable. Une maison de garde un peu agrandie, dans laquelle la distribution des billets sera faite par le garde-barrière ou par sa femme, doit suffire aux exigences du trafic. Avec cette organisation restreinte, les dépenses de l'exploitation proprement dite s'abaisseront au moins dans la même proportion que celles des autres services.

De sorte que, pour une ligne à voie étroite et à faible trafic, en la supposant desservie par cinq trains par jour dans chaque sens, on peut admettre que l'exploitation ne coûtera pas plus de 3000 à 4000 fr. par kilomètre, soit environ la moitié de la dépense à laquelle nous avons évalué l'exploitation d'une ligne à voie normale desservie dans les mêmes conditions³⁵

Cette dépense se réduira encore si la ligne peut être exploitée par trois trains dans chaque sens, et surtout si la ligne, au lieu d'être établie entièrement à travers champs, a le caractère d'un tramway, avec des installations rudimentaires aux stations.

Dans son *Cours de chemins de fer* professé à l'École des Ponts et Chaussées, M. Bricka émet, il est vrai, une opinion différente. Il fait remarquer que la Société des chemins de fer économiques, qui exploite des lignes à voie normale et d'autres à voie de 1 mètre, dans les mêmes conditions de trafic, arrive exactement à la même dépense pour les deux cas ; que si d'autres Compagnies arrivent à des différences

35 *Traité complet des Chemins de fer*, tome III, page 253.

de 1/3 à 1/5, c'est qu'elles donnent plus d'importance à certaines parties du service sur la voie large.

Cette divergence d'opinion entre deux ingénieurs également compétents en matière de chemins de fer, M. Sévène et M. Bricka, provient de deux manières différentes d'envisager la question. Il est certain que la réduction de largeur de la voie ne procure par elle-même d'autre économie que la diminution des frais d'entretien de la plate-forme et de la voie ; mais, en supposant des trains moins lourds et une exploitation simplifiée comme nous l'avons dit, on arrive à une notable économie, qui pourrait à la rigueur être obtenue avec la voie normale, mais que l'adoption de la voie étroite facilite beaucoup, parce que, quoi qu'on fasse, le public sera toujours moins exigeant en matière d'exploitation pour une ligne à petite voie que pour un chemin de fer qui lui semblera établi sur le modèle de ceux des grandes Compagnies.

Quoi qu'il en soit, le point important de notre conclusion, c'est que les lignes modestes que nous avons en vue peuvent pratiquement être exploitées moyennant une dépense de 3000 à 4000 fr. par kilomètre.

Exemples. — Cette conclusion est confirmée par les résultats de l'expérience des lignes dont nous avons déjà parlé.

La ligne de Hermès à Beaumont a été exploitée, en effet, de 1881 à 1885, au moyen d'une dépense qui a varié entre 3000 et 3800 fr. par kilomètre. Celle d'Anvin à Calais a coûté un peu moins de 3000 fr. C'est à un chiffre probablement inférieur à 3000 fr., soit 2500 à 2600 fr., qu'on peut évaluer également les dépenses d'exploitation des chemins de fer d'intérêt local du département d'Indre-et-Loire ; il est vrai que leur recette est faible et n'a guère dépassé 1 300 fr. en 1890.

Pour les tramways, les dépenses d'exploitation peuvent encore être réduites et évaluées à 2000 ou 3000 fr. par kilomètre, suivant le trafic.

CONCLUSIONS. — On voit qu'en définitive l'adoption de la voie étroite conduit à de grandes économies sur les dépenses de construction et d'exploitation d'un chemin de fer. On conçoit que, dans bien des cas, cette réduction des dépenses puisse être un argument décisif en faveur de l'établissement du chemin. Il y a beaucoup de lignes, destinées à desservir un faible trafic, dont la construction à voie large serait une véritable erreur financière, alors que leur établissement à voie étroite peut être entrepris dans des conditions très acceptables de dépenses.

Supposons, par exemple, une ligne destinée à desservir un trafic de 6 000 fr. par kilomètre. Un chemin à voie large coûterait 170000 à 180000 fr. par kilomètre, en le supposant dans la catégorie des chemins faciles, et ses frais d'exploitation seraient, dans les conditions habituelles, de 7 500 fr. La recette ne couvrirait donc pas la dépense d'exploitation et, pour que l'entreprise pût vivre, il faudrait lui attribuer une subvention supérieure à la dépense de construction, soit plus de 180000 fr. par kilomètre; il y aurait là une impossibilité absolue.

Avec une voie de 1 mètre de largeur, la ligne pourrait être établie pour 80000 fr. et exploitée pour 3500 fr. par kilomètre. Il resterait donc un produit net de 2500 fr., représentant un capital de 50000 fr. au moins; une subvention de 30000 fr. par kilomètre serait donc suffisante pour permettre à l'entreprise de se réaliser et de vivre. C'est une dépense très admissible; elle ne dépasse guère celle qui est nécessaire pour l'établissement d'une route départementale. Et l'on peut, sans aucun doute, s'imposer, pour avoir un chemin de fer, un sacrifice équivalent à celui qu'on n'hésite pas à faire pour établir une route.

Ainsi, dans le premier cas, on aboutit à une impossibilité; dans le second, à une solution des plus faciles. La conclusion à en tirer ne saurait être douteuse ; il faut adopter la voie étroite.

Au point de vue du résultat, il est certain que les deux solutions ne sont pas équivalentes : l'adoption de la voie étroite présente deux inconvénients principaux, mais qui sont parfaitement admissibles sur les petites lignes : le premier, c'est l'impossibilité d'avoir de grandes vitesses, en raison des courbes prononcées; le second, c'est la nécessité d'un transbordement aux points de jonction avec les grandes lignes.

Renoncer aux grandes vitesses sur les embranchements de peu d'importance est une solution évidemment très acceptable ; elle l'est d'autant plus que le caractère essentiel des petits chemins de fer, c'est d'avoir de nombreux points d'arrêt. Une vitesse de 25 à 30 kilomètres à l'heure, parfaitement conciliable avec les rayons des courbes de la voie étroite, est très suffisante pour les petites lignes.

Quant au transbordement, on s'en est beaucoup exagéré l'inconvénient : il serait inadmissible, si le tonnage à transborder était très considérable, mais il est tout à fait rationnel de l'admettre, quand il ne s'agit, comme c'est ici le cas, que d'un trafic peu important.

Le transbordement d'une tonne de marchandise ne coûte jamais plus de 30 centimes et il y a beaucoup de cas où il coûte moins : on ne concevrait pas que, pour éviter ce supplément de dépense à quelques tonnes, on s'imposât de dépenser 100000 fr. de plus par kilomètre, sur toute la longueur de la ligne à établir. Ce serait une véritable folie.

On sait d'ailleurs que le transbordement des marchandises a très souvent lieu, malgré l'égalité des largeurs de voies, à l'embranchement des petites lignes sur les grandes artères. Il n'y a guère d'exception que lorsque la ligne secondaire dessert une production spéciale à destination d'un ou deux centres de consommation ou de commerce maritime.

« En effet, dît M. Picard dans son *Traité des Chemins de fer*³⁶, si l'on excepte certains embranchements desservant des industries susceptibles de fournir des wagons à charge complète, les lignes secondaires ont surtout un trafic de détail. Les

36 A. Picard, *Traité des Chemins de fer*, tome II, page 698.

marchandises qu'elles expédient à la gare de jonction sont destinées à plusieurs gares du réseau voisin ; celles qu'elles en reçoivent ne sont presque jamais destinées à une seule de leurs stations et n'ont pas la même provenance. Ainsi, même avec la voie normale, un triage et un transbordement s'imposent dans la gare d'embranchement. »

A cette considération, M. Picard ajoute les suivantes, qui montrent également que le transbordement n'est pas une charge absolument spéciale aux points de raccordement des lignes de largeur différente :

« 1° Si la ligne secondaire est munie d'un matériel léger, ce matériel peut difficilement s'aventurer sur le réseau voisin, sans s'exposer à des avaries dans les manœuvres et, parfois, sans compromettre la sécurité de la circulation des trains formés d'un matériel plus lourd et plus robuste.

« 2° La Compagnie concessionnaire du chemin d'embranchement peut être, dans beaucoup de cas, intéressée à ne pas laisser ses véhicules émigrer à de grandes distances, ce qui la forcerait à les remplacer par des véhicules empruntés à la Compagnie voisine et loués à un prix supérieur à celui qu'elle recevrait elle-même.

« 3° La Compagnie principale, sur les rails de laquelle s'embranchent la ligne secondaire, a souvent des wagons disponibles et est ainsi portée à s'opposer à l'immigration de véhicules étrangers, afin d'utiliser plus complètement son parc de matériel roulant.

« 4° Si la situation financière de la Compagnie d'embranchement n'est pas solidement assise, la grande Compagnie à laquelle elle est reliée cherche à réduire au minimum son compte courant, pour ne pas s'exposer à des pertes éventuelles.

« 5° Dans tous les cas, il y a lieu à certaines manipulations pour la reconnaissance contradictoire des colis, en vue du partage des responsabilités que les pertes ou les avaries peuvent faire peser sur les deux Compagnies. »

Toutes ces considérations démontrent que l'adoption de la voie étroite, pour des lignes secondaires, ne présente pas d'inconvénients graves, au point de vue du transbordement des marchandises et que l'objection faite, à ce point de vue, aux chemins de fer à petite voie, n'a pas l'importance qu'on lui a longtemps attribuée.

Il est donc grandement à désirer que, pour les chemins de fer d'intérêt local, et même pour ceux qui, tout en étant classés dans le réseau d'intérêt général, ne présentent pas une grande importance et ne doivent desservir qu'un faible trafic, la solution de la voie étroite soit adoptée en France, comme elle l'a été à l'étranger, en Norvège, en Suède, au Brésil, aux États-Unis, en Suisse, dans l'Inde anglaise, etc. Elle aura l'avantage, d'une part, de ménager les finances de l'État ou des départements par les économies importantes qu'elle permettra de réaliser; d'autre part, de faire une œuvre logique, en proportionnant l'instrument de transport à l'importance de l'effet à obtenir. Il faut cependant signaler une circonstance dans laquelle il y aurait lieu de renoncer à la voie étroite ; c'est pour les lignes très

courtes destinées à relier deux grandes lignes à voie normale, surtout si les terrains à traverser . étaient peu accidentés ; la différence des dépenses d'établissement serait, en effet, bien moins grande dans ce cas, et il pourrait y avoir lieu de construire la ligne avec l'écartement ordinaire de la voie³⁷

§ II. — Chemins de fer à voie plus étroite qu'un mètre. Lignes à voie de 0^m 60

Nous ne nous sommes occupé, jusqu'à présent, que de lignes dont la largeur de voie était peu différente de la cote 1 mètre ; c'est en effet cette largeur qui paraît concilier « le mieux les économies du tracé et les exigences de dimensions du matériel roulant³⁸ ». M. Picard estime qu'exceptionnellement, « on peut descendre à 0^m 75; mais qu'il ne faudrait pas aller au dessous de cette limite, qui s'impose au point de vue de la stabilité des véhicules et de la sécurité de la circulation, » II ajoute que le « Conseil fédéral allemand, agissant en vertu des articles 42 et 43 de la Constitution de l'Empire, a inscrit, en tête de l'ordonnance du 12 juin 1878 sur les chemins de fer d'intérêt local, une disposition aux termes de laquelle l'écartement normal des rails est de 1^m 435, 1^m ou 0^m 75. Aucune largeur autre que celle de 1^m ou de 0^m 75 ne peut être adoptée sans l'avis favorable du contrôle du pays fédéral où doit être établie la ligne et sans le consentement de l'office impérial des chemins de fer³⁹. »

Les lignes à voie d'un mètre sont, en effet, les plus répandues et, comme nous le verrons plus loin, une controverse assez vive s'est élevée, depuis quelques années, au sujet de la préférence donnée à cette largeur de voie à l'exclusion des autres. Il est nécessaire cependant de signaler ici les services que peuvent rendre dans certains cas les lignes à voie très étroite de 0^m 60 de largeur. Nous ferons connaître ensuite les principaux arguments produits de part et d'autre, pour ou contre l'adoption de cette largeur de voie.

Les lignes à voie de 0^m 60 sont encore peu répandues, et cependant il en existe un exemple fort ancien : c'est le chemin de fer de Festiniog à Portsmadoc, établi en 1832, dans le pays de Galles.

Signalée en 1873 dans le *Traité pratique de l'entretien et de l'exploitation des chemins de fer*, de M. Goschler, décrite quelques années plus tard par M. Sévène, qui la citait dans son *Cours de Chemins de fer* comme l'exemple le plus remarquable qui existât des chemins de fer à voie étroite, sans toutefois conseiller de l'imiter, cette ligne est restée pendant très long-temps la seule application connue d'une largeur de voie aussi réduite. Les résultats qu'elle a donnés sont cependant des plus remarquables et il y a grand intérêt à les faire connaître.

37 On consultera avec beaucoup de fruit sur cette question l'excellent *Traité des Chemins de fer* de M. A. Picard, tome II, pages 674 et suivantes.

38 Sartiaux, *Revue générale des Chemins de fer*, mai 1883.

39 A. Picard, *Traité des Chemins de fer*, tome II. page 705.

Établie primitivement pour l'exploitation d'une carrière d'ardoises située à Dinas, elle a été ensuite prolongée jusqu'à Festiniog et s'est transformée plus tard en chemin public, transportant des voyageurs et des marchandises de toute sorte.

La largeur de la voie, mesurée entre les bords intérieurs des rails, est de 0^m 60.

La longueur de la ligne est de 23 kilomètres ; sa déclivité moyenne est de 0^m 01 par mètre, la pente maxima est de 12^{mm} 5. Les courbes sont nombreuses, et leur rayon, habituellement égal à 120 mètres, s'abaisse jusqu'à 35 mètres, sans qu'aucun alignement droit soit ménagé entre deux courbes de sens contraire.

La largeur de la plate-forme est réduite au strict indispensable ; elle est de 3 mètres seulement à la crête des remblais; il y a des tranchées où elle n'est que de 2^m 50.

La dépense d'établissement de la ligne, posée d'abord en rails de 6 kilogr. au mètre courant, n'a pas dépassé 40000 fr. par kilomètre, malgré les accidents considérables de terrain que présente le pays traversé. Mais, en raison des transformations successives de la ligne et de l'accroissement de son trafic, le poids des machines, qui était primitivement de 7 tonnes, a dû être porté d'abord à 10, puis à 22 tonnes, ce qui a entraîné l'emploi de rails pesant 15 kilogr., en 1847, et 24 kilogr., en 1871. Le capital d'établissement s'élève aujourd'hui, par suite de cette série de transformations, à 165000 fr. par kilomètre. On estime qu'une ligne à voie normale aurait coûté plus du triple.

Le chemin de fer de Festiniog a d'ailleurs à desservir un trafic important, pour lequel il emploie 9 locomotives, 56 voitures à voyageurs et 1200 wagons. Il a transporté, en 1888, 142000 voyageurs et 113000 tonnes de marchandises. Sa recette kilométrique s'est élevée à 29000 fr., dont 8000 fr. pour les voyageurs et 21000 fr. pour les marchandises. Les tarifs sont de 0^f 17 par tonne et par kilomètre pour les marchandises ordinaires, et de 0^f 15 pour les ardoises ; il y a trois classes de voyageurs, payant 0^f 11, 008 et 0^f 07 par kilomètre.

« Il est difficile, dit M. Noblemaire⁴⁰, de citer un exemple plus topique, et qu'il soit plus nécessaire de faire connaître, du parti que l'on peut tirer d'un instrument aussi simple et aussi économique. »

De son côté, M. Sévène en parlait en ces termes, dans son *Cours de Chemins de fer* :

« La ligne traverse un pays très accidenté. Grâce à sa petite largeur et à ses inflexions prononcées, on la voit se développer sur le flanc de ces montagnes escarpées et lécher le terrain, presque sans terrassement. On peut apprécier dans ce parcours, que nous avons fait à découvert, l'immense avantage de la petite voie, au point de vue de la facilité et de l'économie de rétablissement ; il est écrit sur les lieux avec une évidence qui frapperait les yeux les plus prévenus. Cette petite ligne court à fleur de sol, à travers un pays bouleversé, où un chemin de fer ordinaire ne trouverait sa place qu'au prix de travaux gigantesques. »

40 Note sur les chemins de fer départementaux, par M. Noblemaire, directeur de la Compagnie P.-L.-M. — *Annales des Ponts et Chaussées*, décembre 1889.

L'expérience du chemin de fer de Festiniog est, en effet, décisive; elle montre que la voie de 0^m 60 peut suffire pour desservir un trafic élevé, et qu'elle se concilie avec une exploitation active. Toutefois, il ne paraît pas douteux qu'avec un trafic aussi considérable, près de 30000 fr. par kilomètre, il y aurait eu avantage à adopter une largeur de voie de 1 mètre ; c'est ce qui résulte de cette phrase même de M. Sévène : « Il y a une application de l'écartement de 0^m 60, sur le chemin de fer de Festiniog, dans le pays de Galles; mais les ingénieurs qui l'exploitent recommandent eux-mêmes de ne pas descendre aussi bas. »

La ligne de Festiniog est restée pendant fort longtemps l'unique spécimen de l'emploi de cette largeur de voie. M. Noblemaire en cite un second exemple, plus récent; c'est le chemin de fer établi dans l'Inde anglaise, d'Illogori à Darjeeling, pour mettre en communication Calcutta avec le premier plateau de 2000 mètres d'altitude de l'Himalaya.

Ce chemin a 0^m 61 de largeur de voie ; il est établi en partie sur route et comporte des rampes de 35^{mm} et des courbes de 21 mètres de rayon; il a 82 kilomètres de longueur. Les rails pèsent 20 kilogr. au mètre courant. Le matériel roulant se compose de 12 machines, 41 voitures et 110 wagons.

La dépense kilométrique s'est élevée à 78000 fr.

Les tarifs sont fort élevés, à cause du profil accidenté de la ligne ; ils sont de 0^f 56, 0^f 28 et 0^f 11 par kilomètre, pour les trois classes de voyageurs ; de 0^f 60 à 1^f pour les marchandises ordinaires, 0^f 50 pour les céréales, 0^f 30 pour la houille. Le produit brut kilométrique a atteint, en 1888, la somme de 17940 fr. et les dépenses d'exploitation 9670 fr., soit 54 %.

On peut également citer, comme exemples de lignes à voie de 0^m 60, les chemins de fer militaires construits par M. Decauville, en Tunisie, pour relier Sousse à Kairouan (65 kilomètres), la petite ligne de 3 kilomètres 1/2 de longueur, établie par le même constructeur à l'Exposition universelle de Paris, en 1889, ligne qui a transporté, en six mois, plus de 6 millions de voyageurs, le chemin de fer du camp retranché de Toul, enfin la ligne de Pithiviers à Toury, exploitée depuis 1892 dans le département du Loiret.

Ces exemples démontrent que, contrairement à ce que l'on a pu croire longtemps, la voie de 0^m 60 n'est pas trop étroite pour fournir, dans certains cas, une solution satisfaisante et économique de l'établissement des chemins de fer.

En France, l'emploi de cette largeur de voie a été interdit, en principe, par une circulaire ministérielle du 12 janvier 1888, par des motifs qui touchent à la défense nationale. Voici, en effet, comment s'exprime cette circulaire :

« Le Gouvernement a été amené à reconnaître que, pour aider à la prospérité commerciale de ces entreprises (les chemins de fer d'intérêt local et tramways à vapeur à voie étroite), qui le plus souvent engagent les finances de l'État, et rendre ces voies ferrées véritablement utilisables pour les transports militaires, il devenait indispensable de les approprier, par l'adoption d'une largeur de voie unique, à la circulation d'un même matériel.

« Cette largeur ne peut être, évidemment, que celle d'un mètre entre les bords intérieurs des rails, déjà réalisée sur la presque totalité des lignes existantes.

« En conséquence, après avoir pris l'avis de mon collègue de la guerre, j'ai résolu de ne provoquer, à l'avenir, sauf exceptions dûment justifiées et admises par mon administration, d'accord avec l'autorité militaire, la déclaration d'utilité publique d'aucun chemin de fer ou tramway à vapeur à voie étroite, qui serait projeté avec une largeur de voie autre que celle sus-indiquée. »

Mais cette circulaire a été virtuellement abrogée par une déclaration faite à la tribune du Sénat, le 21 mars 1891, par le ministre des travaux publics, en réponse à une question qui lui avait été posée par M. le sénateur Poriquet. Voici cette déclaration, qu'il importe de reproduire textuellement :

« Messieurs, l'honorable M. Poriquet m'a demandé quelle était la politique du ministre des travaux publics à l'égard de la largeur des chemins de fer d'intérêt local. Je dois lui dire, tout d'abord, que le ministre n'a pas d'autre politique que l'application stricte de la loi du 11 juin 1880. C'est aux départements, aux communes, à prendre l'initiative des voies qui peuvent leur convenir ; leurs propositions sont ensuite soumises à la discussion des quatre départements ministériels ; les travaux publics, l'intérieur, les finances, la guerre examinent, avec le concours du Conseil général des Ponts et Chaussées et du Conseil d'État, si les formalités légales ont été remplies, quelles sont les conséquences économiques et financières, et si ces chemins de fer n'ont pas d'inconvénients au point de vue de la défense nationale.

« La loi du 11 juin 1880 n'a pas prévu de largeurs; elle n'a distingué que deux sortes de voies : celles qui peuvent transporter les véhicules des grands réseaux et celles, au contraire, qui ne peuvent pas les transporter. Dans le cahier des charges, il est vrai, on a prévu trois largeurs de voie : 1^m 44, 1^m et 0^m 75. Mais l'article 2 de la loi du 11 juin 1880 spécifie que l'on doit se conformer aux clauses et conditions du cahier des charges type approuvé par le Conseil d'État, sauf les modifications qui seront apportées par la convention et la loi d'approbation.

« Par conséquent, la loi du 11 juin 1880 ne spécifie pas de type de largeur.

« L'honorable M. Poriquet a parlé d'une circulaire du 12 janvier 1888.

« Dans l'histoire des chemins de fer, pendant longtemps, on a considéré qu'il n'y avait qu'une seule formule, la voie de 1^m 44; puis on est arrivé, difficilement, à comprendre que les chemins de fer étaient susceptibles de plusieurs formules, selon les besoins auxquels ils devaient satisfaire. Au moment où cette circulaire a paru, le ministre de la guerre s'opposant, au point de vue de la défense nationale, à l'établissement des voies inférieures à 1 mètre, le ministre des travaux publics a déclaré qu'il ne donnerait pas son approbation à des voies inférieures à 1 mètre.

« Depuis cette époque, le 29 novembre 1889, le ministre de la guerre adressait au ministre des travaux publics une lettre par laquelle il déclarait, au contraire, que la voie de 0^m 60 ayant été adoptée par lui pour divers services, il n'y faisait plus d'opposition.

« Et alors, le 7 décembre 1889, j'ai pris une décision nommant une commission pour l'étude des dimensions à admettre, en ce qui concerne le matériel roulant des chemins de fer d'intérêt local et des tramways, dont la construction à voie de 0^m 60 serait autorisée. Cette commission était, en outre, chargée d'examiner la largeur des plates-formes et le rayon des courbes. Son travail a été envoyé, le 25 juillet 1890, au Comité de l'exploitation technique, auquel M. le Ministre de la guerre a adjoint deux de ses représentants, afin de fixer non seulement les largeurs maxima, mais aussi les largeurs minima.

« Les travaux de cette commission ont été communiqués au ministre de la guerre, qui n'y a pas fait d'observation, mais, en attendant le règlement qui doit en être la conséquence, en attendant

que la commission que j'ai nommée pour réviser la loi de 1880 ait aussi fini le dépouillement de l'enquête très minutieuse à laquelle elle s'est livrée auprès des départements, auprès des concessionnaires et de tous les intéressés, mon administration ne s'oppose pas le moins du monde à la construction de voies d'une largeur inférieure à 1 mètre. »

Ainsi, l'interdiction prononcée par la circulaire du 12 janvier 1888 doit être considérée comme abrogée, et l'administration de la guerre ne s'oppose plus à ce que les départements ou les communes construisent, s'ils le désirent, des lignes dont la largeur de voie sera inférieure à 1 mètre. Il faut se féliciter de ce résultat. Il serait regrettable qu'une réglementation trop uniforme empêchât la construction de certaines lignes de chemins de fer, d'après un programme modeste, et enlevât aux intéressés la possibilité de réaliser de notables économies, toutes les fois que l'intérêt général ne doit pas avoir à en souffrir.

« Les lignes à voie de 0^m 60, dit M. Noblemaire dans l'article déjà cité, dont l'établissement est exceptionnellement facile et économique, dont l'exploitation peut être assurée à meilleur marché encore que celle des chemins à voie de 1 mètre, nous paraissent pouvoir, dans un très grand nombre de cas, rendre les plus utiles services, et pendant une longue série d'années.

« Nous nous garderons de formuler une loi générale, de dire, par exemple, qu'il faut affecter la voie de 1^m 45 aux chemins de fer d'intérêt général, celle de 1^m aux chemins de fer départementaux, celle de 0^m 60 aux chemins de fer vicinaux.

La pratique ne s'accommode pas de formules aussi rigides : c'est l'étude minutieuse de la nature du trafic à desservir qui doit seule déterminer le choix pour les lignes secondaires. Certaines d'entre elles, en raison de leur situation géographique même, et malgré la faiblesse de leur trafic propre, doivent être nécessairement établies à voie de 1^m 45 ; pour toutes celles qui ne sont manifestement pas susceptibles de servir au transit, aux transports stratégiques par exemple, il n'y a aucun doute qu'il faille les établir à voie étroite et choisir entre 1 mètre et 0^m 60, suivant le trafic à desservir. Si l'on est en présence de transports industriels, de très grosses pièces de fer ou de bois, si, dans une région agricole, le gros trafic probable est celui du bétail, la voie de 1 mètre ou de 0^m 75 doit être préférée ; dans tous les autres cas, la voie de 0^m 60 paraît devoir ordinairement suffire ; dans les régions purement agricoles, en particulier, elle présenterait, et présenterait seule, l'avantage inappréciable que des embranchements de même largeur, faciles à poser et à enlever, permettraient aux véhicules de la ligne définitive de pénétrer momentanément à pied d'œuvre jusqu'au centre des exploitations, et d'amener les produits depuis leur lieu même d'origine jusqu'à la grande ligne de 1^m 45, qui doit les transporter aux grands centres de consommation. »

En somme, la largeur de la voie des chemins de fer d'intérêt local doit être proportionnée à l'importance et à la nature du trafic qu'ils sont appelés à desservir; ce serait un grand tort de proscrire la voie de 0^m 60 qui paraît être, en principe, la voie vicinale agricole par excellence.

§111. — Comparaison entre la voie de 1 mètre et la voie de 0^m 60.

Il s'est élevé, depuis quelques années, ainsi que nous l'avons dit, une polémique fort vive, au sujet de la préférence à donner soit à la voie de 1 mètre, soit à la voie de 0^m 60 pour les chemins de fer à faible trafic, et les partisans de chacune de ces deux largeurs n'ont pas toujours été guidés exclusivement par des motifs d'ordre purement technique. Nous voudrions ici, sans aucun parti pris, passer en revue les principaux arguments produits de part et d'autre, afin de permettre au lecteur de se former une opinion raisonnée sur cette question.

Jusqu'à l'année 1889, date de l'Exposition universelle de Paris, la voie de 1 mètre était considérée comme la voie étroite par excellence pour les chemins de fer destinés à un service régulier de voyageurs et de marchandises. Elle avait pour elle, non seulement l'autorité d'ingénieurs tels que MM. Sévène, Picard et Sartiaux, mais encore l'appui de la circulaire ministérielle du 12 janvier 1888. La voie de 0^m 60 paraissait réservée pour des lignes provisoires, établies à peu de frais, faciles à enlever et destinées principalement à des transports industriels. ,

Le succès obtenu par le petit chemin de fer Decauville, établi à l'Exposition universelle de Paris, a modifié cette situation. Ce chemin de fer, en effet, construit à double voie de 0^m 60 de largeur entre les bords intérieurs des champignons des rails, a desservi, pendant la durée de l'Exposition, un trafic considérable (6 millions de voyageurs, d'après M. Noblemaire), et cet exemple a paru assez concluant pour qu'un certain nombre de conseils généraux aient eu l'idée d'adopter cette largeur de voie pour les lignes départementales qu'ils avaient à construire. De là une agitation et une concurrence assez vive entre les Compagnies à voie de 1 mètre et les partisans de la voie de 0^m 60, représentés surtout par la Société Decauville.

La Compagnie des chemins de fer départementaux, dont toutes les concessions sont à voie d'un mètre, consultée à plusieurs reprises par divers conseils généraux et par quelques ingénieurs sur les avantages et les inconvénients de ces deux largeurs de voie, a rédigé, en 1890, une note dans laquelle elle étudie cette question. En outre, un ingénieur de cette Compagnie, M. Coste, a fait, le 7 août 1891, à la Société des Ingénieurs civils, une communication sur le même sujet. Il nous a paru intéressant de faire connaître les principaux arguments produits par cette Compagnie en faveur de la voie de 1 mètre. C'est ce que nous faisons dans le résumé qui suit.

La comparaison entre la voie de 1 mètre et la voie de 0^m 60 doit être faite au point de vue des conditions d'établissement et d'exploitation, ainsi qu'à celui de l'effet utile qu'on peut en obtenir. Cette comparaison résulte de l'examen des questions suivantes :

1° Epaisseur et largeur à donner au ballast pour une voie de 1 mètre et pour une voie de 0^m 60 ;

2° Quels sont, pour l'une et l'autre voie, les plus grandes déclivités et les plus petits rayons de courbes admissibles pour une bonne exploitation ?

3° Quelle est la vitesse moyenne qu'on peut obtenir pour les trains, le nombre de voyageurs et le poids utile en marchandises qu'on peut remorquer ?

4° Quel est le poids des rails par mètre courant? Quel est le poids des locomotives ?

5° Quelle est la dépense kilométrique de superstructure et de matériel roulant pour chaque type de voie ?

6° Quels sont les frais d'exploitation ?

1° ÉPAISSEUR ET LARGEUR DU BALLAST.

Épaisseur. — Si l'on veut établir une voie solide, satisfaisant aux nécessités d'une bonne exploitation, il faut admettre que la section transversale du rail et celle de la traverse seront respectivement identiques pour la voie de 1 mètre et pour celle de 0^m 60.

Le rail doit avoir 0^m 09 de hauteur environ.

Pour obtenir une bonne attache du rail sur la traverse et donner de l'assiette à la voie, la traverse en bois doit avoir de 0^m 18 à 0^m 20 de largeur sur 0^m 12 à 0^m 13 d'épaisseur; sa longueur doit être de 1^m 70 à 1^m 75 pour la voie de 1 mètre et de 1^m 30 à 1^m 35 pour la voie de 0^m 60.

En outre, il doit rester sous la traverse, pour répartir la pression et obtenir une certaine élasticité, une épaisseur de ballast de 0^m 13 à 0^m 14 au moins.

Il faut donc compter, pour le ballast, sur une épaisseur de 0^m 35, à partir du niveau du rail⁴¹.

Largeur. — La largeur en couronne du ballast doit être au moins égale à la largeur adoptée pour le matériel roulant, toutes saillies comprises ; c'est une condition fixée par le cahier des charges type pour la concession des chemins de fer d'intérêt local. (Décret du 6 août 1881.)

D'un autre côté, et conformément aux prescriptions de ce même cahier des charges, il est prudent, au point de vue de la stabilité du matériel roulant, surtout quand il fait du vent, de ne pas donner à ce matériel une largeur supérieure à deux fois et demie celle de la voie.

Dès lors, la largeur du matériel roulant, toutes saillies comprises, doit être, au maximum :

2^m 050 pour les voies de 1 mètre,
1^m 050 pour les voies de 0^m 060.

41 Il faut remarquer, d'ailleurs, que cette épaisseur de 0^m 35 est le minimum prévu par l'article 7 du cahier des charges type pour la concession des chemins de fer d'intérêt local. (Décret du 6 août 1881. V. Documents officiels)

En général, les Compagnies concessionnaires de lignes à voie de 1 mètre ont adopté le chiffre de 2^m 030 ou 2^m 035, toutes saillies comprises, pour la largeur des véhicules ; il paraît convenable de ne pas dépasser cette largeur, pour éviter le balancement des voitures et wagons pendant la marche.

Il est important de remarquer que, pour faciliter les transports des troupes et du matériel de guerre, le ministre des travaux publics, sur la demande du ministre de la guerre, a fixé, dans une circulaire du 10 novembre 1887, les conditions que devaient remplir les véhicules des lignes à voie de 1 mètre, et prescrit de porter à 2 mètres au minimum la largeur intérieure des wagons. Les lignes à voie de 1 mètre, dont le matériel a 2^m 30 de largeur, peuvent donc être comprises dans les chemins de fer stratégiques et utilisées pour les transports de la guerre.

Les lignes à voie de 0^m 60, au contraire, ne peuvent être utilisées en temps de guerre; c'est pour elles une cause d'infériorité.

Il est vrai qu'au chemin de fer de l'Exposition universelle de 1889, on avait fait exception à la règle ci-dessus indiquée et donné au matériel roulant une largeur notablement supérieure à 1^m 50 (1^m 85 environ). Mais, pour racheter le défaut de stabilité résultant de cet excès de largeur, on avait construit des voitures spéciales avec un simple toit, sans parois latérales, et avec un plancher peu élevé, de manière à abaisser le centre de gravité.

Ces dispositions exceptionnelles ne sont applicables que sur des chemins provisoires et pour de faibles parcours ; il serait inadmissible de transporter habituellement des voyageurs dans des véhicules du genre de ceux qui circulaient sur le chemin de fer de l'Exposition.

Partant des données qui précèdent, le profil en travers type, pour l'une et l'autre des deux largeurs de voie, doit être établi suivant les indications des figures 5 et 6.

Le profil de la fig. 6 satisfait bien aux prescriptions du cahier des charges type ; mais il y a lieu de remarquer qu'il n'est pas applicable pratiquement.

La largeur du ballast en couronne serait seulement de 1^m 50 ; celle des accotements serait réduite à 0^m 45, et cette faible largeur de ballast serait absolument insuffisante pour s'opposer au déplacement latéral de la voie. Il ne resterait, en effet, à l'aplomb du bout de la traverse que 8 à 10 centimètres de largeur de ballast ; la stabilité de la voie ne pourrait être assurée.

Par suite, il est indispensable de porter à 0^m 60 au moins la largeur de l'accotement et de modifier le profil, comme cela est indiqué à la fig. 7⁴²

42 Nous verrons ultérieurement qu'en réalité on adopte sur les lignes à voie de 0^m 60 un gabarit plus large que celui de 1^m 50 qui résulterait de l'application du cahier des charges type ; il est généralement de 1^m 80.

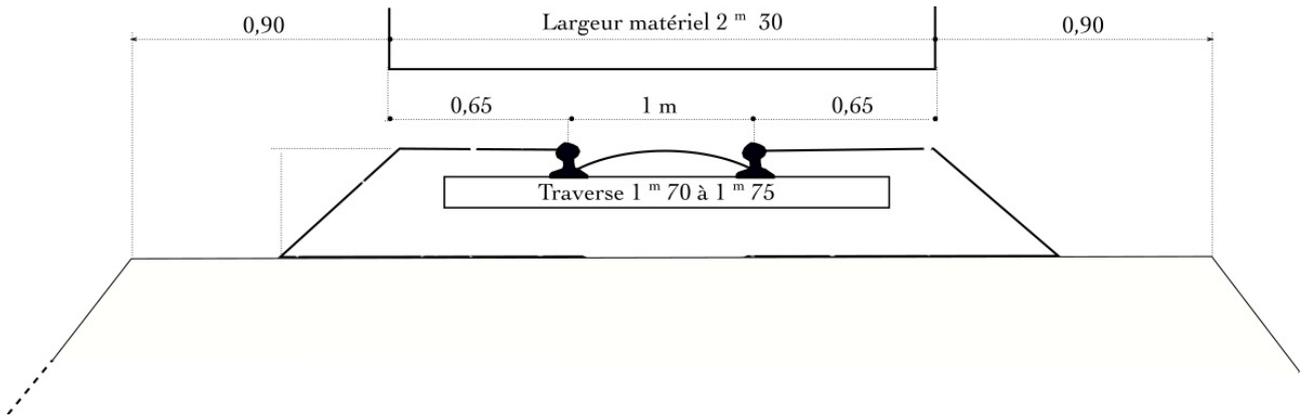


Fig 5 – Profil pour voie de 1 m.

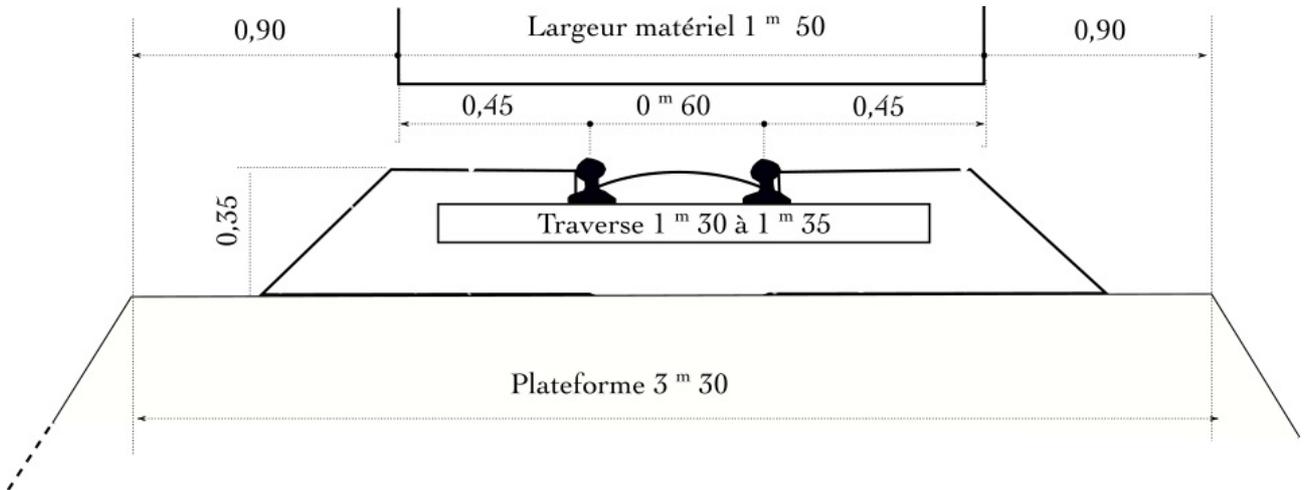


Fig 6 – Profil pour voie de 0^m 60.

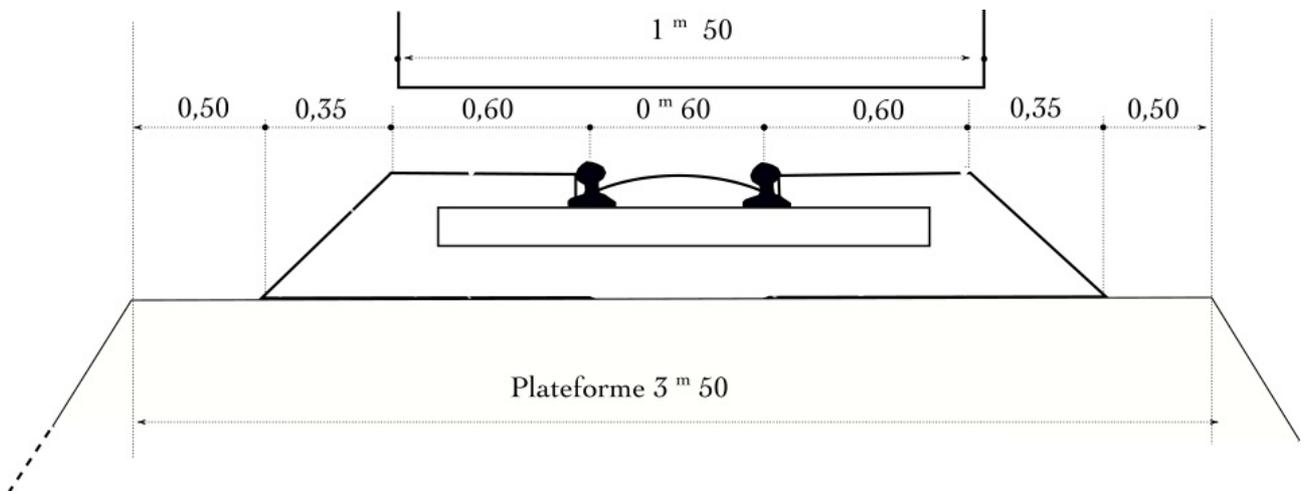


Fig 6 – Voie de 0^m 60. Profil à appliquer.

2° QUELS SONT, POUR L'UNE ET L'AUTRE VOIE, LES PLUS GRANDES DÉCLIVITÉS ET LES PLUS PETITS RATONS DE COURBES ADMISSIBLES POUR UNE BONNE EXPLOITATION ?

Quand on peut satisfaire aux besoins du trafic au moyen de trois ou quatre trains par jour dans chaque sens, on peut admettre généralement, sur les lignes à voie de 1 mètre, des déclivités de 25^{mm} par mètre, et même exceptionnellement de 30^{mm} par mètre, avec des courbes de 100 mètres de rayon.

Ce rayon de 100 mètres n'est pas indispensable pour la circulation des machines à quatre cylindres et à trucks articulés, ni pour celle des voitures à bogies, qui peuvent passer sans difficultés dans des courbes de 60 mètres; mais il est nécessaire pour la circulation des wagons à marchandises pouvant porter 10 tonnes sur deux essieux espacés de 2^m 40 à 2^m 50⁴³

Rien n'empêcherait, d'ailleurs, d'adopter également pour les wagons à marchandises le système des bogies et, dans ce cas, on pourrait admettre 60 mètres de rayon minimum pour la voie de 1 mètre.

Il existe en France, dans la Somme, en Seine-et-Marne, dans l'Allier, en Corse, etc., des lignes d'intérêt général et d'intérêt local à voie de 1 mètre, qui sont exploitées dans les conditions indiquées ci-dessus ; exemples :

a, — La ligne de Montereau à Château-Landon, qui présente des rampes de 25^{mm} et des courbes de 100 mètres de rayon. Les machines qui circulent sur cette ligne sont du type Compound à quatre cylindres (système Mallet), pesant environ 25 tonnes en ordre de marche ; elles y remorquent des charges de 100 tonnes et plus à une vitesse moyenne de 18 à 20 kilomètres à l'heure.

b, — La ligne de La Voute-sur-Loire à Yssingaux, qui présente sur 9 kilomètres de longueur des rampes de 25 et 30^{mm} combinées avec des courbes de 120 et de 100 mètres de rayon. Les machines adoptées sur cette ligne sont aussi du système Mallet : elles pèsent 19 tonnes à vide, 25 tonnes en ordre de marche et remorquent des trains de 70 à 75 tonnes à une vitesse moyenne de 15 à 18 kilomètres à l'heure.

Sur une ligne à voie de 0^m 60, il serait impossible d'obtenir des résultats analogues, même en maintenant pour les courbes le rayon minimum de 100 mètres, attendu qu'on ne peut pas construire, pour cette largeur de voie, des locomotives ayant une puissance équivalente à celles qui circulent sur les lignes ci-dessus désignées.

La faible largeur des locomotives, sur les voies de 0^m 60, ne permet pas, en effet, de disposer d'une surface de grille et d'une surface de chauffe suffisant pour obtenir une puissance de traction comparable à celle des machines à voie de 1 mètre. On ne peut pratiquement construire, pour les voies de 0^m 6, que des machines de 12 tonnes en ordre de marche, pouvant remorquer des charges de 25 à 30 tonnes sur

⁴³ Dans la circulaire déjà mentionnée du 10 novembre 1887, le ministre des travaux publics a prescrit d'établir les wagons à marchandises des lignes à voie de 1 mètre, de telle sorte qu'ils puissent porter une charge de 10 tonnes.

des rampes de 30^{mm} par mètre.

En somme, on peut faire une bonne exploitation sur des voies de 1 mètre de largeur, établies avec rayon minimum de 100 mètres et des rampes de 25 et 30^{mm} ; ce rayon minimum pourrait être réduit à 60 et même à 50 mètres, si l'on adoptait le système à bogies pour tous les véhicules indistinctement.

Sur les voies de 0^m 60, on peut admettre pour les courbes des rayons de 40 et même 30 mètres de rayon et des déclivités de 25 à 30^{mm} ; mais il faut prévoir alors qu'on ne transportera que des charges de 25 à 30 tonnes, soit environ le tiers de celles que l'on pourrait transporter sur une voie de 1 mètre, et qu'en outre la vitesse des trains y sera considérablement diminuée.

3° — QUELLE EST LÀ VITESSE MOYENNE QU'ON PEUT OBTENIR POUR LES TRAINS, LE NOMBRE DES VOYAGEURS ET LE POIDS UTILE EN MARCHANDISES QU'ON PEUT REMORQUER ?

Vitesse des trains — La vitesse d'une locomotive dépend du diamètre des roues couplées. Le nombre des tours d'une roue couplée ne peut, pratiquement, dépasser 3 tours 5 par seconde. La vitesse maxima à l'heure est donc représentée par l'expression

$$3,5 \times 3,6 \times D,$$

soit

$$40 D,$$

en chiffres ronds (D étant le diamètre des roues couplées).

Sur la voie de 1 mètre, les roues des locomotives ont de 0^m 90 à 1 mètre de diamètre ; la vitesse maxima est donc de 36 à 40 kilomètres à l'heure.

Sur la voie de 0^m 60, le diamètre des roues ne peut guère être supérieur à 0^m 60, si l'on veut que la machine soit stable sur la voie et qu'elle puisse circuler dans des courbes de faible rayon (30 à 40 mètres). La vitesse maxima des locomotives est donc de 24 kilomètres à l'heure.

Ces vitesses de 36 à 40 kilomètres pour les locomotives à voie de 1 mètre, et de 24 kilomètres pour les locomotives à voie de 0^m 60, sont respectivement réduites à des vitesses moyennes de 18 à 20 kilomètres pour les premières et de 9 à 12 kilomètres pour les secondes, quand elles remorquent respectivement des charges de 70 à 80 tonnes et de 25 à 30 tonnes sur des rampes de 25 à 30^{mm}.

Nombre de voyageurs transportés, — Sur la ligne à voie de 1 mètre de Lavoute à Yssingeaux, on peut transporter dans chaque train 250 voyageurs avec un matériel (voitures et fourgons) pesant 53 000 kilogr. environ ; le poids mort est donc de 215 kilogr. par voyageur.

En admettant, pour les lignes à voie de 0^m 60, le même poids mort de 215 kilogr. par voyageur, on ne pourrait transporter que 140 voyageurs par train.

Poids utile remorqué en marchandises, — Les Compagnies qui exploitent des lignes à voie d'un mètre y font circuler des wagons pesant en moyenne 3 000 kilogr., qui peuvent être chargés de 10 tonnes de marchandises. La charge utile qui peut être remorquée sur ces lignes est donc de

$$\frac{70 \times 10}{13} = 54 \text{ tonnes.}$$

Un wagon de la voie de 0^m 60 pèsera en moyenne 1800 kilogr. et sera chargé de 5 tonnes. La charge utile qui pourra être remorquée sera donc de

$$\frac{30 \times 5}{6,8} = 12 \text{ tonnes.}$$

4° — QUEL EST LE POIDS DES RAILS PAR MÈTRE COURANT? QUEL EST LE POIDS DES LOCOMOTIVES?

Voie d'un mètre. — Les Compagnies qui exploitent des lignes à voie d'un mètre au moyen de locomotives à quatre essieux pesant 24 à 25 tonnes en ordre de marche et de wagons à deux essieux chargés de 10 tonnes, soit par wagon une charge totale de 13 500 kilogr. environ, ont adopté des rails en acier d'un poids de 18 à 20 kilogr. par mètre courant ; il n'y a guère d'exception que sur les lignes de la Corse, où le rail est à double champignon dissymétrique et pèse près de 23 kilogr. par mètre courant.

Voie de 0^m 60. — Il semble, à priori, qu'on pourrait réduire beaucoup le poids du rail sur les lignes à voie de 0^m 60, en raison des charges roulantes moins fortes ; mais c'est une erreur. Il ne suffit pas qu'un rail ait la force de résister à la charge des essieux ; il faut encore qu'il ne se déforme ni ne se renverse sous l'action des efforts latéraux des boudins des roues.

Il est, en outre, nécessaire que l'ensemble de la voie soit lourd, qu'il présente une certaine masse, pour résister au ripage que la circulation des trains provoque toujours plus ou moins, suivant la vitesse et les pentes, surtout dans les courbes de faible rayon.

Pour ces diverses raisons, le poids du rail doit être à peu près le même sur les voies de 0^m 60 que sur les voies de 1 mètre et ne pas descendre au dessous de 18 kilogr. par mètre courant⁴⁴

Il est utile, à ce propos, de rappeler le précédent bien connu du chemin de fer du Festiniog : à l'origine de l'exploitation, la voie était armée en rails de 8 kilogr. ; pour satisfaire aux nécessités du service, autant que pour améliorer les conditions de stabilité de la voie, la Compagnie a été amenée successivement à remplacer les rails primitifs par d'autres de 15 kilogr., puis de 24 kilogr.

⁴⁴ On peut cependant, sans inconvénient, le réduire à 15 kilogr. ; mais la différence n'est pas grande.

5° — DÉPENSE KILOMÉTRIQUE DE SUPERSTRUCTURE ET DE MATÉRIEL ROULANT.

Superstructure. — La Compagnie des chemins de fer départementaux évalue à 26 000 fr. par kilomètre la dépense nécessaire pour la superstructure d'une ligne à voie de 1 mètre, y compris l'aménagement des gares extrêmes pour le transbordement des marchandises, et à 24 500 fr. celle d'une ligne à voie de 0^m 60 établie dans les conditions ci-dessus indiquées.

Elle fait remarquer que, pour la voie proprement dite, la réduction de dépense portera seulement sur la longueur des traverses et sur le cube du ballast, mais que les frais généraux et de main-d'œuvre d'entreprise seront à très peu près les mêmes ; dès lors, elle admet une réduction de 500 fr. par kilomètre sur la voie proprement dite et une réduction de 1000 fr. pour l'ensemble des appareils et autres installations. Le détail de ces prix de revient est donné ci-dessous :

	VOIE de 1 mètre	VOIE de 0 ^m 60
Voie proprement dite, y compris les voies des gares.....	20000 f	19500 f
Changements de voies, plaques tournantes.....650 f		
Alimentation des machines.....500		
Bâtiments de gares, petit atelier de réparation, remises, etc.....4000	6000	5000
À prévoir pour signaux et quelques barrières, et pour aménagement des gares extrêmes, en vue du trans- bordement des marchandises, télégraphes, mobilier.....850		
Totaux par kilomètre.....	26000 f	24500 f

Matériel roulant. — Il faut remarquer que, dans la construction des machines, les frais de main-d'œuvre surtout sont élevés; ainsi, le prix au kilogramme d'une locomotive de 20 tonnes est sensiblement moins élevé que celui d'une machine de 10 tonnes. D'un autre côté, pour satisfaire aux besoins d'un trafic déterminé, la capacité des wagons étant moindre pour le matériel de la voie de 0^m 60, il faudra plus de matériel pour enlever le même tonnage qu'avec la voie de 1 mètre.

En tenant compte de ces deux éléments importants, on peut admettre, sans exagération, que, malgré la diminution réelle du prix de chaque véhicule, le matériel roulant nécessaire pour une ligne à voie de 0^m 60 coûtera aussi cher, sinon plus, que pour une voie d'un mètre, de même longueur.

Dans l'un et l'autre cas, la dépense peut être évaluée à 9000 ou 10000 fr. par kilomètre pour une ligne de 40 kilomètres. Pour une ligne plus longue (de 60 kilomètres par exemple), le prix total du matériel ne serait pas plus élevé; sa dépense kilométrique se réduirait à 6000 fr. environ.

6° — FRAIS D'EXPLOITATION. — Toutes choses égales d'ailleurs, les dépenses d'exploitation doivent être plus élevées avec la voie de 0^m 60 qu'avec celle de 1 mètre.

Plus la voie est étroite, plus le degré d'oscillation latérale, produite par une inégalité de la voie, est grand ; plus il y a d'inégalité dans les charges sur les ressorts, et, par suite, sur les deux rails. La voie est donc plus fatiguée.

D'un autre côté, les pièces essentielles des machines et les fusées des essieux, étant placées très près du ballast, s'usent beaucoup plus vite sous l'action destructive des sables et des poussières qui, pendant la marche du train, entourent constamment ces pièces.

Les attelages et les ressorts des véhicules éprouvent aussi des secousses plus fréquentes et sont plus tôt mis hors de service.

RÉSUMÉ. — En somme, les considérations développées ci-dessus se résument comme il suit :

Pour l'infrastructure, la dépense d'établissement d'une ligne à voie de 1 mètre n'est pas, en général, très supérieure à celle d'une voie de 0^m 60, même quand le terrain naturel est accidenté. La différence de prix n'est pas appréciable, si le terrain est peu accidenté.

Pour la superstructure, en supposant qu'on admette le même poids pour les rails, la différence de prix entre les deux types de voie est insignifiante.

En ce qui concerne l'exploitation, il y a lieu de considérer :

Que la charge remorquée sur une voie de 0^m 60, établie avec des pentes de 30^{mm} et des courbes de faible rayon, n'atteint pas la moitié de celle qui serait remorquée sur une voie de 1 mètre de largeur, établie dans des conditions équivalentes, et que la vitesse des trains est aussi très sensiblement réduite;

Que les frais d'entretien de la voie et du matériel roulant sont nécessairement plus élevés pour la voie de 0^m 60 que pour la voie de 1 mètre.

Il y a lieu, enfin, de tenir compte de ce fait, déjà remarqué par M. Noblemaire⁴⁵ que les wagons de la voie de 0^m 60 ne peuvent être employés utilement pour le transport des chevaux et du bétail en général, ni pour celui des longues pièces de bois.

La brochure de M. Félix Martin, dont nous avons déjà parlé, contient également un exposé des avantages présentés par la voie de 1 mètre, qu'il nous paraît intéressant de reproduire. D'après M. Félix Martin, la supériorité de la voie de 1 mètre sur les voies de largeur moindre, et spécialement sur celle de 0^m 60, tient principalement aux quatre causes suivantes :

1° LA VOIE DE 1 MÈTRE PERMET L'EMPLOI DES WAGONS DE 10 TONNES RÉDUISANT AU MINIMUM LE POIDS MORT.

Il y a, en effet, grand intérêt à faire circuler sur les lignes d'intérêt local des wagons

45 V. ci-dessus, p. 75.

dont le poids mort soit aussi réduit que possible, en raison des déclivités assez fortes que comportent ces lignes. C'est dans ce but que la Société nationale des chemins de fer vicinaux belges adopte des wagons portant 10 tonnes et pesant 3900 kilogr.; que la Compagnie des chemins de fer du Sud de la France construit des wagons tombereaux portant la même charge et pesant 3670 kilogr.; et que la circulaire ministérielle du 13 novembre 1887 (déjà mentionnée) a prescrit l'adoption de wagons de 10 tonnes sur les lignes secondaires à voie de 1 mètre.

2° — LA VOIE DE 1 MÈTRE PERMET DE RÉDUIRE NOTABLEMENT LA DÉPENSE DU MATÉRIEL ROULANT.

Cela résulte de la déclaration de M. de Burlet, directeur de la Société des chemins de fer vicinaux belges au Congrès international des chemins de fer en 1889, que nous reproduisons ci-dessous :

« J'ai recueilli les prix des wagons de 10 tonnes et de 5 tonnes employés sur les chemins de fer vicinaux belges : ils sont très intéressants à faire connaître. En ce qui concerne les wagons à haussettes, deux wagons de 5 tonnes nous coûtent environ 1600 fr., un wagon de 10 tonnes nous coûte environ 900 fr.... »

Dès lors, l'emploi de wagons de 10 tonnes permet, pour une capacité totale de tonnage égale, d'économiser 40 % environ de la dépense du matériel destiné au transport des marchandises. Cette économie suffit pour compenser à peu près l'augmentation de dépense qui provient de la largeur plus grande de la plate-forme.

3° LA VOIE DE 1 MÈTRE EST NÉCESSAIRE POUR ASSURER LA STABILITÉ PARFAITE DU MATÉRIEL ROULANT.

Il est clair qu'avec la voie de 0^m 60, la largeur des voitures, qui est de 1^m 70 à 1^m 80, présente un défaut évident de stabilité, par suite d'un porte-à-faux trop considérable. Le transport des bestiaux devient très difficile et même dangereux dans des wagons de ce type portés sur deux essieux.

4° LA VOIE DE 1 MÈTRE EST LA SEULE VOIE ÉTROITE COMPORTANT DES MACHINES AYANT UNE SURFACE DE CHAUFFE SUFFISANTE POUR REMORQUER UN POIDS DE 80 TONNES SUR DE FORTES DÉCLIVITÉS CONTINUES.

La surface de chauffe est à peu près fonction du carré du diamètre de la chaudière et, par suite, toutes choses égales d'ailleurs, fonction du carré de la largeur de la voie. Les lignes à voie de 0^m 60 doivent donc conduire à des chiffres notablement plus faibles pour la surface de chauffe que les lignes à voie de 1 mètre, ce qui diminue la puissance absolue de la machine.

D'ailleurs, d'après M. Meyer, ingénieur en chef du Jura-Simplon, la largeur de 1 mètre paraît être la seule permettant l'emploi simultané de l'adhérence et de la crémaillère. Or, c'est dans cet emploi que réside l'avenir de nos lignes secondaires dans les pays montagneux : l'adoption d'une voie de largeur moindre rendrait impossible l'utilisation du matériel roulant des autres lignes sur ces lignes mixtes,

qui paraissent destinées à se développer en France.

Et M. Félix Martin résume comme il suit les considérations précédentes :

« La voie de 1 mètre doit être adoptée pour toute ligne secondaire établie à titre définitif, en vue d'une exploitation normale susceptible d'accroissement et devant assurer le transport de voyageurs, ainsi que de marchandises de toute nature.

« La voie de 0^m 60 doit être réservée pour les cas où est indiqué l'emploi d'une voie portative, posée à titre provisoire pour des besoins temporaires, et notamment pour les raccordements industriels ou agricoles destinés à amener aux lignes secondaires, à moins de frais, les marchandises prises sur les lieux de production. »

Après ces deux éloquents plaidoyers en faveur de la voie de 1 mètre, il nous reste à citer les réponses faites par M. Paul Decauville⁴⁶ à la brochure de M. Félix Martin, ainsi qu'à la communication de M. Coste à la Société des ingénieurs civils. Nous pourrons, en même temps, examiner la valeur des arguments produits de part et d'autre et conclure en toute connaissance de cause.

M. Decauville fait remarquer, dans sa réponse à M. Félix Martin, que les lignes à voie de 0^m 60 doivent coûter beaucoup moins cher que celles à voie de 1 mètre, et il cite comme exemple celle de Pithiviers à Toury, établie moyennant 25000 fr. par kilomètre, pour transporter les mêmes voyageurs, les mêmes marchandises et des fardeaux indivisibles au moins aussi considérables, au besoin 48000 kilogr., soit 2 tonnes de plus que les locomotives à 4 essieux des express du P.-L.-M.

D'après lui, l'économie en faveur de la voie de 0^m 60 résulte :

1° De l'adoption d'un matériel de voie plus léger, rendu possible par la répartition des charges sur un grand nombre d'essieux ;

2° De la réduction du cube du ballast (0^{m³} 330 par mètre courant pour la voie de 0^m 60, au lieu de 0^{m³} 800 à 1^{m³} pour la voie de 1 mètre, et de 1^{m³} 500 à 2^{m³} pour la voie normale) ;

3° De l'emploi de rayons de courbes descendant couramment jusqu'à 20 mètres et même 7 à 8 mètres, chiffres bien inférieurs à ceux de 100 et de 60 mètres, généralement en usage sur la voie de 1 mètre, et même à ceux de 25 mètres employés à titre exceptionnel.

M. Decauville évalue à 50 % et même quelquefois à 75 % la valeur totale de cette économie.

Il nous paraît certain que l'établissement d'une ligne à voie de 0^m 60 doit coûter sensiblement moins cher que celui d'une ligne à voie de 1 mètre; mais nous croyons que l'appréciation ci-dessus exagère beaucoup l'économie qu'on peut réaliser, si l'on veut que la ligne soit établie dans de bonnes conditions. C'est bien ici le cas de

46 Réponse à la note de M, Félix Martin, Corbeil, 1891.

faire remarquer qu'en matière de chemins de fer comme en toute autre matière, on n'en a jamais que pour son argent. Il n'est pas douteux qu'on puisse, dans un pays plat, et en utilisant largement l'accotement des routes, établir une ligne voie de 0^m 60 de largeur pour une somme voisine de 25000 fr. par kilomètre, y compris le matériel roulant; on l'a fait récemment entre Pithiviers et Toury. Mais l'instrument de transport qu'on a ainsi réalisé est-il équivalent à celui qu'aurait fourni une ligne à voie de 1 mètre, dont le prix aurait pu atteindre les environs de 40000 fr. ? M. Decauville parait le soutenir; mais, à notre avis, cette thèse n'est pas défendable, pas plus que ne serait défendable celle qui consisterait à prétendre qu'une ligne à voie de 1 mètre, construite d'après un programme économique, constitue un instrument de transport équivalent à une voie normale établie dans les mêmes conditions que les grandes artères du réseau français. Mais ce n'est pas là ce qui importe. La chose dont on doit surtout se préoccuper, lorsqu'on établit un chemin de fer, c'est de proportionner l'outil à l'importance des services qu'il doit rendre, et, là où une ligne à voie de 1 mètre suffit, il faut bien se garder d'employer la voie normale ; de même, dans bien des cas, la voie de 0^m 60 sera suffisante et alors il faudra l'adopter. C'est dans ce sens que M. Noblemaire disait excellemment : « Que de lignes ont été concédées, en France et en Algérie, avec l'obligation de les construire à la voie de 1^m 45, qu'il aurait suffi de construire avec une voie de 1 mètre et même de 0^m 60 ! Ce sont des errements dans lesquels il est impossible de persévérer. » Toute la question est de savoir dans quel cas il y a lieu d'adopter 1 mètre, et dans quel cas 0^m 60 .

Examinons, toutefois, la valeur des trois arguments donnés par M. Decauville et que nous avons rappelés plus haut :

Le premier nous parait de peu de valeur. Rien n'empêche, avec la voie de 1 mètre, de répartir les charges sur un grand nombre d'essieux et, par suite, d'employer un matériel de voie plus léger : il n'y a de ce fait aucune économie à inscrire à l'actif de la voie de 0^m 60.

La réduction du cube de ballast peut donner une certaine économie ; mais M. Decauville la chiffre beaucoup trop haut. C'est l'emploi des traverses métalliques seul qui permet de réduire le cube du ballast au chiffre de 0^{m³} 330 par mètre courant (lequel semble, d'ailleurs, un peu inférieur à la réalité). Rien n'empêcherait de se servir de traverses métalliques avec la voie de 1 mètre et, dans ce cas, toutes choses égales d'ailleurs, l'augmentation de cube du ballast proviendrait simplement de la plus grande longueur des traverses; elle serait donc bien faible et égale à 0^{m³08} seulement par mètre courant, en supposant, avec M. Decauville, une épaisseur de ballast de 0^m 60.

La réduction du rayon des courbes peut conduire, au contraire, à une économie assez importante dans la dépense, bien qu'il n'y ait pas lieu, dans aucun cas, d'adopter les rayons de 7 à 8 mètres préconisés par M. Decauville. L'emploi courant de rayons de courbes pouvant descendre jusqu'à 20 mètres

procure au tracé une flexibilité qui présente d'incontestables avantages. Mais, sur ce point encore, il ne faut rien exagérer. C'est toujours aux dépens de la vitesse qu'on réduit les rayons des courbes, puisque leur présence crée une résistance spéciale à la traction. Il résulte d'expériences, faites en 1891 par M. Desdouts sur une voie Decauville établie à l'usine de Petit-Bourg, que la résistance à la traction a atteint les chiffres suivants :

Pour des rayons de 20 mètres, la résistance était de 12 à 15 k. par tonne remorquée.

—	35	—	5 à 8	—
—	50	—	3 à 6	—

Il faut ajouter que, dans les parties en courbes de 20 et 35 mètres, les rayons n'étaient pas très réguliers, ce qui a dû avoir pour résultat d'exagérer un peu les chiffres des résistances. Toutefois, on voit que, pour des rayons de 20 mètres, cette résistance est très élevée et, à ce point de vue, il nous paraît rationnel de conclure qu'il vaut mieux éviter le plus possible l'emploi d'un aussi faible rayon et ne pas descendre au dessous de 35 à 40 mètres, comme à la ligne du Festiniog.

L'économie réalisée atteindra-t-elle, dans ces conditions, 50 % et même 75 % de la dépense, comme le pense M. Decauville? Il est très certain que non. Les courbes de 40 mètres de rayon peuvent s'employer avec la voie de 1 mètre, et la seule économie qui résulterait de l'adoption de la voie de 0^m60 proviendrait de la possibilité de se servir plus couramment de ce faible rayon. Nous n'avons pas à chiffrer ici la valeur de cette économie, qui sera évaluée dans le cours de notre ouvrage ; il nous suffit d'avoir constaté qu'elle est réelle.

Examinons maintenant les réponses faites par M. Decauville aux quatre arguments de M. Félix Martin :

1° *Réduction du poids mort.* — M. Decauville répond que la voie de 0^m60 permet l'emploi de wagons portant couramment 10 tonnes et plus, et pesant moins que les wagons correspondants de la voie de 1 mètre.

S'il en est ainsi, cela prouve simplement que la construction du matériel à voie de 1 mètre n'a pas encore atteint le degré de perfectionnement dont elle est susceptible ; car rien n'autorise à penser que la réduction de largeur de la voie puisse amener une diminution du poids mort, au contraire. Quelle que soit la largeur de la voie, on ne peut toujours faire porter à un essieu d'un type déterminé qu'une certaine charge maxima et, si l'emploi des bogies américains permet, sur la voie de 0^m60, de concentrer une charge de 10 tonnes dans un wagon reposant sur 4 essieux, on peut être assuré que le même résultat serait obtenu avec une largeur de voie de 1 mètre et sans augmentation du poids mort.

D'ailleurs, d'après le catalogue de la Société Decauville (août 1892), le poids des wagons découverts, de la force de 10 tonnes, portés sur deux bogies, varie de 3 000 à 3 200 kilogr. ; sur la ligne de Hermès à Beaumont (à voie de 1 mètre), les wagons plateformes pèsent 3 050 kilogr. et les wagons-tombereaux 3280 kilogr.; ils sont portés sur deux essieux seulement et peuvent être chargés de 10 tonnes.

2° *Réduction de la dépense du matériel roulant.* — M. Decauville répond que le matériel à voie de 0^m60 est incontestablement moins cher que le matériel à voie de 1 mètre, organisé dans les mêmes conditions ; il n'apporte, d'ailleurs, aucune preuve à l'appui de cette assertion. Mais il ajoute que, le matériel de la voie de 0^m60 étant très bas, a l'avantage de supprimer à peu près complètement les installations de gares, telles que quais, appareils de levage, etc., ce qui peut se chiffrer, dans certains cas, par des sommes importantes.

Il suffit de se reporter aux catalogues de la Société Decauville pour s'apercevoir que la première assertion est une erreur. En effet, les wagons à marchandises découverts, de la force de 10 tonnes, pour voie de 0^m60, y sont cotés 2520 fr., 2690 fr. et 2850 fr.; les wagons fermés, de la même force, sont cotés 3130 fr. D'après M. de Burlet⁴⁷ les wagons découverts belges, pour voie de 1 mètre, et de la force de 10 tonnes, coûtent 900 fr. environ ; sur la ligne d'Anvin à Calais, à voie de 1 mètre, les wagons plateformes ont coûté 1575 fr., les wagons tombereaux 2000 fr. et les wagons couverts, 2350 fr. Il est vrai qu'ils ne portent que 8 tonnes, mais une augmentation de force de 2 tonnes n'augmenterait certainement pas leurs prix jusqu'à des chiffres égaux à ceux de la voie de 0^m60.

En ce qui concerne l'avantage de supprimer les installations de gares, il n'est pas spécial à cette largeur de voie, puisque, sur les tramways de Loir-et-Cher (à voie de 1 mètre), il n'y a dans les stations ni quais, ni appareils de levage.

3° *Stabilité du matériel roulant.* — M. Decauville répond qu'il y a eu, en effet, des déraillements dans le transport des bestiaux sur les voies étroites, même sur la voie de 1 mètre, mais que ces accidents se sont produits parce qu'on employait sur ces voies des wagons copiés, dans de mauvaises conditions, sur ceux des lignes à voie normale. Il ajoute que la Société Decauville construit, pour le transport des bestiaux, sur la voie de 0^m60, des wagons spéciaux portés sur deux trucks américains, lesquels sont placés aux deux extrémités du wagon, de sorte que le plancher se trouve plus bas que les essieux et que le bétail peut être embarqué en pleine voie, sans quai ni plan incliné. D'après le catalogue de cette Société, ces wagons ont 9^m80 de longueur totale; leur poids est de 4 700 kilogr., et leur prix, de 3200 fr. Ils peuvent recevoir quatre chevaux ou quatre bœufs; des coffres placés aux deux bouts permettent de compléter le chargement à 10 tonnes.

Il est donc reconnu, d'après cet exposé, que le matériel de la voie de 0^m60, lorsqu'il est construit d'après le modèle ordinaire, ne présente pas assez de stabilité pour le transport des bestiaux, et qu'il est nécessaire de construire des wagons spéciaux, fort lourds et d'un prix élevé, lorsqu'on a à faire des transports de cette nature.

Sur la voie de 1 mètre, au contraire, ces transports se font très facilement avec le matériel ordinaire, à la seule condition qu'il soit bien construit. Les renversements qui se sont produits dans le transport des bestiaux sur la ligne d'Anvin à Calais (à voie de 1 mètre) proviennent de ce que les wagons affectés à ce transport

47 Congrès international des chemins de fer. Session de 1889.

manquent de stabilité, en raison de la largeur qu'on leur a donnée pour pouvoir embarquer les bestiaux en travers ; il suffit de renoncer à cette manière de faire et de transporter les bestiaux en long pour n'avoir aucun déraillement à craindre sur la voie de 1 mètre, avec le matériel ordinaire. Il n'en serait pas de même avec la voie de 0^m 60 et même avec la voie de 0^m 75, comme le prouvent les renversements de wagons à bestiaux qui se sont produits sur la ligne, à voie de 0^m 75, de Liesthal à Waldenburg (Suisse), et les difficultés qu'on éprouve sur la ligne, à voie de 0^m 75, de Dœtinchem à Terborgh (Hollande), où ces transports ne peuvent se faire qu'en réduisant à 10 kilomètres la vitesse des trains.

La voie de 1 mètre jouit donc, à ce point de vue, d'une incontestable supériorité sur celle de 0^m 60.

4° *Surface de chauffe et puissance de traction des machines.* — M. Decauville répond en citant les chiffres comparatifs suivants, au sujet de la surface de chauffe et de la surface de grille de deux types de machines pour voie de 0^m 60 et de 1 mètre :

	Surface de chauffe	Surface de grille
Machines préconisées en 1881 pour les chemins de fer corses (à voie de 1 mètre).....	58 ^{m²} 35	1 ^{m²} 076
Machines en service depuis 1872 sur la ligne du Festiniog (à voie de 0 ^m 60).....	66 ^{m²} 24	1 ^{m²} 04

L'argument ne nous paratt pas concluant. On oublie de dire, en effet, que depuis 1871 la ligne du Festiniog est armée en rails de 24 kilogr. le mètre linéaire, ce qui explique comment elle peut porter des machines de 23 tonnes, ayant 66 mètres carrés de surface de chauffe. Mais les machines construites, pour voie de 0^m 60, par la Société Decauville pèsent, au maximum 13 tonnes en ordre de marche et leur surface de chauffe ne dépasse pas 25^{m²} 60. Si donc il est démontré par l'exemple du Festiniog que la voie de 0^m 60 ne s'oppose pas à la construction de machines puissantes, il faut remarquer que c'est à la condition d'employer en même temps un rail lourd, plus lourd que le rail habituel de la voie de 1 mètre, et il est évident que, si la ligne du Festiniog était à voie de 1 mètre, l'emploi de machines puissantes y serait beaucoup plus facile.

Il demeure donc bien acquis, ce qui, au reste, n'était pas contestable, que la largeur de 1 mètre pour la voie est plus favorable que la largeur de 0^m 60 à l'établissement de machines ayant une grande surface de chauffe et développant un grand effort de traction.

Après cet examen un peu détaillé de la controverse entre M. Martin et M. Decauville, il nous sera possible d'être bref en ce qui concerne la réponse faite par ce dernier à la conférence de M. Coste. On n'y trouve, en effet, que peu d'arguments nouveaux ; nous la résumons sommairement.

1° ÉPAISSEUR ET LARGEUR DU BALLAST. — Alors que la voie de 1 mètre exige 1^m^3 300 à 1^m^3 400 de ballast par mètre courant, celle de 0^m60 n'en consomme que 0^m^3 330 à 0^m^3 350, à cause de l'emploi des traverses métalliques; avec des traverses en bois, il en faudrait 0^m^3 600.

Nous avons déjà examiné cet argument et montré qu'il est de faible valeur : on verra, en outre, dans le cours du présent ouvrage que le cube du ballast, pour une voie de 1 mètre de largeur, sur traverses en bois, ne dépasse pas 0^m^3 90 par mètre courant; pour une voie de 0^m60, établie dans les mêmes conditions, ce cube ne diminuerait que de la quantité correspondant à la moindre largeur de la voie, soit à peu près de $0,40 \times 0,35 \times 1,00 = 0^m^3$ 14. Il serait donc de 0^m^3 76 à 0^m^3 86 et non pas de 0^m^3 60.

2° DÉCLIVITÉS ET RAYONS DES COURBES. — M. Decauville laisse de côté les déclivités et ne parle que des rayons de courbes ; il préconise l'emploi du rayon de 20 mètres, qui donne à la voie de 0^m60 une flexibilité excessive (*sic*) et lui permet de pénétrer partout où une voiture peut arriver.

Nous avons déjà examiné cette question et conclu qu'il fallait, autant que possible, ne pas descendre au dessous de 35 à 40 mètres pour les rayons des courbes.

3° VITESSE DES TRAINS. NOMBRE DES VOYAGEURS. POIDS UTILE REMORQUÉ EN MARCHANDISES. — *Vitesse des trains.* — M. Decauville fait observer que l'on peut construire des locomotives à voie de 0^m60 avec des roues de 0^m75 de diamètre, comme c'est le cas pour celles du Festiniog, qui font jusqu'à 50 kilomètres à l'heure. Il ajoute que, sur le chemin de fer de l'Exposition universelle de Paris, les machines, bien que portées sur des roues de 0^m60 et 0^m65 de diamètre, avaient une vitesse de 40 kilomètres à l'heure entre les stations de la Tour Eiffel et de la Galerie des machines, et que c'est grâce à cette vitesse qu'on a pu atteindre le nombre de 300 trains par jour.

D'après l'ouvrage de M. Vignes sur le chemin de fer du Festiniog⁴⁸ les machines les plus récentes employées sur cette ligne ont des roues de 0^m813 de diamètre { et non 0^m75); elles sont du type Fairlie, c'est-à-dire qu'elles se composent, en réalité, de deux machines distinctes, dont on aurait accolé les chaudières par l'arrière des boîtes à feu; leur vitesse maxima, donnée par la formule

$$40 D,$$

est donc de

$$40 \times 0,813 = 32,52,$$

soit à peine 33 kilomètres à l'heure.

Si l'on supposait que les roues couplées fissent 4 tours par seconde, ce qui est

48 Vignes. *Étude technique sur le chemin de fer du Festiniog et quelques autres chemins de fer à voie étroite de l'Angleterre*, Paris 1878.

l'allure des machines des grands express, on arriverait à une vitesse de 36 kilom. 6.

En ce qui concerne la deuxième assertion, la vérification n'est pas possible, puisque la ligne n'existe plus ; mais voici ce qu'on lit dans le compte rendu de la *Revue générale des chemins de fer* (juin 1889) :

« *Service et vitesse des trains.* — Depuis le 6 mai dernier, date de l'inauguration de l'Exposition, jusqu'au 7 juin, les trains ont circulé dans les deux sens entre la station de la Concorde et celle du Trocadéro-Tour Eiffel, à des intervalles de 10 minutes les uns des autres, depuis 8 h. 54' du matin (station Trocadéro-Tour Eiffel) et 9 heures du matin (station de la Concorde) jusqu'à minuit 20' (station Trocadéro-Tour Eiffel) et 11 h. 56' du soir (station de la Concorde). Il y avait donc 90 trains par jour et dans chaque sens ; ce trajet se faisait en 12 minutes. Le nombre des voyageurs transportés dans le premier mois a atteint 700 000.

A partir du 8 juin, les trains ont été autorisés à circuler à 8 minutes d'intervalle les uns des autres. La vitesse maximum réelle de marche des trains est limitée à 15 kilomètres sur la voie courante et doit être réduite à 4 kilomètres aux abords des passages à niveau des stations. »

La mémoire de M. Decauville l'aura probablement mal servi, et, se rappelant à distance le grand et légitime succès obtenu par le petit chemin de fer de l'Exposition, il aura, sans y penser, exagéré les qualités des machines qui le desservaient.

Quoi qu'il en soit, il est prudent de s'en tenir pratiquement aux limites de vitesse données par M. Coste, soit 40 kilomètres pour la voie de 1 mètre et 24 kilomètres pour la voie de 0^m60.

Nombre des voyageurs. — M. Decauville fait remarquer que les trains de l'Exposition contenaient 418 personnes, chaque train pesant 54 tonnes, non compris la machine, et que le poids mort par voyageur était de 60 kilogr. Il y a dans cette remarque une inexactitude manifeste. Un train de 54 tonnes comporterait un poids mort de $\frac{54000}{418} = 128$ kilogr. par voyageur (au lieu de 60). Il est probable que l'auteur a voulu écrire 24000 kilogr. au lieu de 54000. En outre, sa mémoire paraît l'avoir encore mal servi, car on lit dans le compte rendu déjà cité :

« *Composition des trains.* — Chaque train comporte un wagon-salon de première classe, à 20 places, et 5 voitures de deuxième classe à 56 places chacune ; le nombre des places offertes est donc de 300 places par train. »

Si l'on admet comme exact le poids de 24 tonnes, le poids mort par place offerte ressort à 80 kilogr. Mais il ne faut pas perdre de vue que le matériel roulant était exceptionnellement léger et construit en vue d'un service d'été. Il ne serait pas possible de l'utiliser pour un service permanent, devant avoir lieu en toute saison et sur des parcours un peu longs.

En somme, il n'y a pas de raison pour que le matériel à voyageurs de la voie de 0^m60 ait un poids mort plus faible que celui de la voie de 1 mètre et, en tout cas, si l'on voulait faire une comparaison, ce n'est pas le matériel exceptionnel de l'Exposition universelle qu'il faudrait prendre.

Poids utile remorqué en marchandises. — M. Decauville répond sur ce point que les

wagons de 10 tonnes ne sont pas le monopole de la voie de 1 mètre et que la voie de 0^m60 comporte des wagons pesant 2500 kilogr. et portant 10 tonnes. Nous avons déjà examiné cet argument.

Il ajoute que la charge utile remorquée en marchandises doit être la même sur les deux voies, puisqu'elle est la même pour les voyageurs.

Cet argument est de peu de valeur ; il est clair, au contraire, que si les machines de la voie de 0^m60 sont, en général, plus faibles que celles de la voie de 1 mètre (ce qu'on ne saurait contester), et si, d'autre part, cette dernière voie permet de diminuer le poids mort des wagons (ce qui ne nous paraît pas douteux), le poids utile remorqué sera, toutes choses égales d'ailleurs, plus grand sur la voie de 1 mètre que sur celle de 0^m60.

4° POIDS DES RAILS. POIDS DES LOCOMOTIVES. — M. Decauville remarque simplement que le réseau stratégique de l'Est est établi en rails de 9 kilogr. 500, en acier, rivés sur traverses en acier du poids de 10 kilogr., au nombre de huit par longueur de rail de 5 mètres, et que cette voie est plus résistante qu'une voie en rails de 12 kilogr., sur traverses en bois.

Il est clair que ce n'est pas la question et qu'il n'y a pas à tenir compte de cet argument, absolument indépendant de la largeur de la voie.

5° DÉPENSE KILOMÉTRIQUE DE SUPERSTRUCTURE ET DE MATÉRIEL ROULANT. — Il n'y a que bien peu de choses à dire à ce sujet. M. Decauville se borne à faire remarquer sur le premier point que « l'ingénieur en chef du Loiret, chargé d'installer la ligne de Pithiviers à Toury, longue de 29 kilomètres, à voie de 0^m60, a compté son *infrastructure* (*sic*) à raison de 6670 fr. par kilomètre » et que, « sur la section de la ligne de Luc à Ouystreham, l'*infrastructure* (*sic*) a été faite par le département du Calvados et lui a coûté 1330 fr. par kilomètre. » Il est clair, également, que ce n'est pas la question.

Sur le deuxième point, aucun argument nouveau.

FRAIS D'EXPLOITATION. — M. Decauville vante, avec beaucoup de raison, le système de matériel roulant porté sur deux bogies, et fait remarquer que la suspension de ce genre de voitures ne laisse rien à désirer et que la douceur du roulement y est parfaite. C'est très exact, mais on conviendra que ce système n'est pas spécial à la largeur de voie de 0^m60.

CONCLUSIONS. — Après cet examen des divers arguments produits en faveur de l'une et l'autre largeur de voie, il nous reste à conclure. Nous le ferons en peu de mots.

Il nous paraît clair que la voie de 1 mètre présente de grands avantages par rapport à celle de 0^m60, notamment le moindre prix et la stabilité plus grande du matériel roulant, et qu'elle est un instrument de transport plus perfectionné; la voie de 0^m60, de son côté, sans prétendre à remplir le même programme qu'une voie de largeur plus grande, peut rendre de très utiles services, précisément parce qu'elle peut se

prêter à une installation plus économique, et répondre à des besoins plus modestes. Chacune des deux largeurs de voie peut donc être employée et rendre des services. Le point important est de bien choisir et d'approprier l'instrument de transport aux nécessités du trafic. Mais, en tout cas, la voie de 0^m60 ne doit pas être écartée en principe, et il est intéressant d'en étudier les dispositions afin de pouvoir les appliquer au besoin. Quant aux circonstances de son emploi, nous croyons qu'elles ne sauraient être mieux caractérisées que par l'appréciation qu'en a faite M. Noblemaire, dans son *Étude sur les chemins de fer départementaux*.

Il faut se garder de croire, comme paraît le faire M. Decauville, que la voie de 0^m60 soit en principe une solution meilleure que la voie de 1 mètre; mais il ne faut pas non plus refuser de descendre au dessous de cette dernière largeur de voie et, dans les divers cas où la voie de 0 0^m60 peut suffire, il ne faut pas hésiter à l'adopter.

Nous pouvons citer, comme exemple d'emploi rationnel de la voie de 0^m 60, celui qui en a été fait par le service municipal de Paris pour l'exploitation de la carrière des Maréchaux, dans le département de Seine-et-Oise⁴⁹ : nous ne prétendons pas, d'ailleurs, que l'emploi de cette voie doive être limité à des cas analogues, mais nous voulons faire voir qu'il a présenté, dans ces circonstances, de grands avantages.

La ville de Paris exploite cette carrière depuis 1879 pour le pavage de ses rues. Jusqu'en 1885, les produits étaient conduits au tombereau à la station des Essarts-le-Roi, sur la ligne de Paris à Chartres, et de là transportés à Paris par chemin de fer. Le trajet en tombereau était d'environ 10 kilomètres, par des chemins communaux sommairement entretenus et qui devenaient impraticables dans la saison des pluies; les transports étaient interrompus pendant au moins 3 mois d'hiver; en toute saison, ils étaient difficiles. Le prix de transport d'une tonne de pavés aux Essarts-le-Roi atteignait 5 fr. environ, dont 1 fr. de subvention industrielle allouée aux communes dont on dégradait les chemins. En outre, les produits secondaires de la carrière, d'une valeur beaucoup moindre que les pavés, ne se transportaient pas. En somme, l'opération était très onéreuse pour la ville de Paris.

L'établissement d'une ligne à voie étroite entre la carrière et la station des Essarts-le-Roi est venu modifier d'une façon heureuse cette situation. On a choisi la largeur de voie de 0^m 60 et commandé le matériel fixe et roulant à la Société Decauville.

La ligne, établie dans des conditions économiques en rails de 9 kilogr. 500 au mètre courant rivés sur des traverses métalliques, a 9 kilomètres de longueur environ. La largeur de voie de 0^m 60 satisfait, depuis 1885, aux exigences de l'exploitation ; elle a permis, notamment, de réduire au minimum la largeur empruntée aux chemins forestiers et de loger la voie, sans acquisition de terrain, dans les dépendances de la ligne de Bretagne, sur 1 kilomètre de longueur.

49 *Annales des Ponts et Chaussées*, juin 1892. Note par M. Tur, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Il résulte des calculs joints à la note de M. Tur que l'installation de cette ligne a permis de réduire à 1 fr. 50 par tonne environ le prix de transport des pavés et, en outre, de trouver un écoulement aux produits secondaires de la carrière. Le bénéfice qui en est résulté pour la ville de Paris a atteint une moyenne de 64200 fr. par an.

Nous reviendrons sur les conditions techniques d'établissement de cette ligne; il nous suffit pour le moment d'avoir montré l'intérêt qu'elle présente.