

CONSTRUCTION ET EXPLOITATION
DES
CHEMINS DE FER

A VOIE DE 0,60 CENTIMÈTRES

~~Utgallrad~~
Utgallrad
SI

CONSTRUCTION ET EXPLOITATION

DES

CHEMINS DE FER

A VOIE DE 0,60 CENTIMÈTRES

VOIE. TERRASSEMENTS, OUVRAGES D'ART,
MACHINES ET MATÉRIEL ROULANT.
AVEC ÉTUDE D'UN TRACÉ ENTRE DEUX POINTS DONNÉS

PAR

RÉGIS TARTARY

Conducteur des Ponts et Chaussées,
Détaché au Service Municipal de la Ville de Paris,
Exploitation de la Carrière des Maréchaux.



PARIS

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE. BAUDRY ET C^e. ÉDITEURS

15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15

MAISON A LIÈGE, RUE DES DOMINICAINS, 7

1891

Tous droits réservés.

TRAITÉ THÉORIQUE ET PRATIQUE
DE LA CONSTRUCTION
ET DE L'EXPLOITATION
DES CHEMINS DE FER
A VOIE DE 0^m,60 CENTIMÈTRES!

PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE PREMIER

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LES CHEMINS DE FER
A VOIE ÉTROITE

En France, on peut dire que l'ère des chemins de fer à voie normale est à peu près close.

Un vaste champ reste ouvert à l'établissement des chemins de fer à voie étroite que l'on construit à l'écartement d'un mètre et que l'on se propose même de réduire à 0^m,60 dans bien des cas.

M. l'ingénieur des ponts et chaussées, Sampité, dans son ouvrage sur les chemins de fer à faible trafic, note trois considérations essentielles, de principe fondamental, pour assurer le succès d'un chemin de fer d'intérêt local.

Une ligne ou un réseau à voie étroite doit toujours converger vers un centre important. Une ligne qui assurerait la jonction d'une vallée industrielle, peuplée ou fréquentée avec un grand réseau, est encore une ligne convergente.

Il ne suffit pas qu'une ligne soit convergente vers un centre, il faut encore qu'elle ne sorte pas du cercle d'attraction de ce centre. Or, quel est le rayon d'attraction d'un centre important pour les populations à peu près exclusivement agricoles, difficiles à déplacer, que le chemin de fer d'intérêt local est appelé à desservir ?

On admet généralement qu'au delà de 100 kilomètres l'influence de Paris ne se fait plus sentir.

50 kilomètres représentent le rayon d'attraction des villes telles que Lyon, Bordeaux, Marseille, Toulouse, Nantes, etc.

30 à 40 kilomètres pour des villes de 50 à 60 000 habitants.

20 à 30 kilomètres pour des chefs-lieux de départements ordinaires.

15 à 20 kilomètres pour les chefs-lieux d'arrondissement.

Le chemin de fer d'intérêt local doit être aussi rapproché que possible des localités à desservir; s'il ne peut pénétrer dans la localité, il devra au moins la toucher par un point accessible.

Le chef-lieu de département ou d'arrondissement est un point central administratif. C'est là que le paysan trouvera, dans la même journée, un acheteur de ses produits, un marchand pour ses besoins, un tribunal, un notaire, une préfecture ou une sous-préfecture. Il est donc admis qu'il aura souvent affaire au chef-lieu; mais il ne s'y rendra plus souvent qu'autant que les moyens d'accès lui seront rendus plus faciles. Il faut donc de toute nécessité que le petit chemin de fer aille au cultivateur.

Une autre condition de succès est d'établir autant que possible les chemins de fer à voie étroite en accotement de routes. Seules des considérations de pente doivent l'en écarter.

Une vitesse de 15 à 18 kilomètres est bien suffisante pour les petits trafics à faire; mais, si le besoin s'en fait sentir, il faut que le chemin de fer à voie étroite soit en état d'obtenir des vitesses commerciales de 20 à 25 kilomètres, c'est-à-dire une vitesse de 30 à 35 kilomètres en pleine voie.

Les trains journaliers seront peu nombreux, trois en général, quatre au plus les jours de fêtes et marchés.

Les déclivités seront essentiellement dépendantes du trafic. Quand ce dernier ne dépassera pas 3 000 francs le kilomètre, on pourra admettre des rampes de 30 à 40 millimètres, les déclivités ne limiteront pas la vitesse moyenne, car 10 kilomètres en rampe et 35 kilomètres en palier ou en pente donnent une moyenne de 22 kilomètres.

La souplesse de la voie permettra de descendre jusqu'à 30 mètres de rayon pour les courbes, quand l'angle sera très ouvert.

Les tarifs de voyageurs devront être bas avec des réductions importantes sur les billets d'aller et de retour.

C'est là une condition indispensable de succès.

Le tarif des marchandises devra se tenir un peu au-dessous des prix moyens obtenus par les transports ordinaires.

En tout état de cause, il sera simple et d'une application facile. Il ne faudra pas de frais accessoires qui viennent grever notablement les matières premières.

Les taxes de transbordement seront réduites au strict recouvrement de la main-d'œuvre.

Si le tracé a la bonne fortune de rencontrer un ou plusieurs établissements industriels ou même une ferme importante, il y aura souvent intérêt à lui faire l'avance d'un branchement.

Les frais d'exploitation devront être extrêmement réduits, les installations de gares ramenées à leur plus simple expression.

En observant toutes ces règles, il est possible dans un grand nombre de cas de construire des lignes à faible trafic pouvant subsister, très souvent prospérer et développer la richesse d'une contrée.

La loi du 11 juin 1880 sur les chemins de fer à voie étroite a déjà produit des résultats considérables. C'est à elle qu'on doit cette expansion si remarquable des chemins de fer à voie

d'un mètre et des chemins de fer sur routes dont le coût descend à 60 000 francs et même à 40 000 francs le kilomètre, y compris le matériel roulant, et qui sont exploités avec une extrême économie.

Mais il n'est par toujours possible d'adopter la voie d'un mètre. Quelques essais industriels à la voie de 0^m,60 ont donné d'excellents résultats.

L'expérience de l'Exposition universelle de 1889 a prouvé que la voie de 0^m,60 pouvait être appliquée au transport des voyageurs.

La question est nettement posée devant l'opinion publique. Elle a été soulevée dans la séance du 21 mars 1891 par M. le sénateur Poriquet.

La réponse de M. le ministre des travaux publics a été fort nette, telle qu'on devait l'attendre de l'esprit libéral et éclairé de M. Yves Guyot.

Nous la reproduisons 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'inconvénient 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 type, il est vrai, on a prévu trois largeurs de voie, 1^m,44, 1^m,00 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 de 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 de la circulaire du 13 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 pouvaient être 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 donnait 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 minima, mais aussi les largeurs maxima.

« Les travaux de cette commission ont été communiqués au ministère 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 reviser 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 voie d'une largeur inférieure à 1 mètre. »

CHAPITRE II

EXEMPLES DIVERS

I. — CHEMIN DE FER A VOIE DE 0^m,60 DE FESTINIOG, EN ANGLETERRE

La première application de la voie de 0^m,60, et elle n'est pas récente, puisqu'elle remonte à l'année 1832, a été faite en Angleterre dans le pays de Galles, contrée des plus accidentées.

Le développement total du réseau dépasse 150 kilomètres.

Dans le principe, la voie avait été établie pour le service de l'exploitation des ardoisières ; mais le succès toujours croissant de la ligne a déterminé depuis l'année 1864 le trafic des marchandises de toutes sortes et des voyageurs.

Aujourd'hui quelques-unes des lignes ont six départs par jour dans chaque sens, à des heures marquées sur l'indicateur des chemins de fer anglais à voie normale. La plus célèbre est celle qui va de Festiniog à Port-Madoc.

Elle a été construite et perfectionnée par MM. James et Charles Spooner, ingénieurs anglais. Elle donne actuellement des produits s'élevant à 30 000 francs le kilomètre.

On voit des trains de 300 mètres de longueur qui se trouvent en même temps sur trois courbes de sens différent, et qui marchent à des vitesses atteignant 50 kilomètres en pleine-voie.

M. l'ingénieur Sévène, qui a visité le Festiniog en 1876, en parle ainsi dans son *Cours des chemins de fer* :

« Grâce à sa petite largeur et à ses inflexions prononcées, on voit la ligne 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 l'établissement; il est écrit sur les lieux avec une évidence qui frapperait les yeux les plus prévenus. Cette petite ligne court à fleur du sol, à travers un pays bouleversé où un chemin de fer ordinaire ne trouverait sa place qu'au prix de travaux gigantesques. »

M. Vignes, ingénieur des chemins de l'État, dit encore :

« Avec la solidité et le bon entretien de la voie, dans des trains marchant à la vitesse de 40 à 50 kilomètres à l'heure, on ne ressent dans les voitures à voyageurs aucun mouvement de lacet, aucune trépidation. »

La ligne est à une seule voie, avec des voies d'évitement aux cinq stations intermédiaires.

Chaque voie d'évitement a 200 mètres de longueur.

L'exploitation se fait par « Staff System » ou pilotage au moyen d'un bâton.

Un mécanicien ne peut circuler dans une section qu'autant qu'il est porteur du bâton spécial à la ligne qu'il va suivre. Il ne peut donc y avoir sur la même ligne deux trains venant l'un contre l'autre.

L'installation des stations est extrêmement simple; les wagons étant très bas, il n'y a pas de quais; quant aux bâtiments, ils sont en bois et comprennent un bureau pour le chef de gare, avec guichet pour les billets et une salle d'attente garnie de bancs pour les voyageurs et leur colis.

Les wagons sont montés sur boggies et contiennent 56 voyageurs. Les roues en acier ont un diamètre de 0^m,45, elles sont montées sur boîtes à graisse, avec ressorts en spirale :

Le tamponnement est central et à ressort.

Les voitures de 56 places pèsent 6 000 kilogrammes; c'est donc un poids net de 120 kilogrammes par voyageur.

Dans les grandes lignes, ce poids peut atteindre 300 kilogrammes en 1^{re} classe.

Le nombre des wagons est considérable, il dépasse 50 wagons

par kilomètre, soit 6 fois la proportion des chemins de fer français.

Les wagons à marchandises n'ont pas de ressort à suspension.

Les locomotives du système Fairlie pèsent 22 000 kilogrammes en ordre de marche.

On a adopté le rail de 24 kilogrammes en raison de l'intensité du trafic.

Nous citerons encore chez les Anglais la ligne de Siligori à Darjeeling, dans l'Inde, établie sur une longueur de 80 kilomètres sur voie de 0^m,60. Elle fait déjà des recettes kilométriques de 14 000 francs, ce qui est beaucoup plus qu'un grand nombre de voies de 1^m,45 et de voies de 1 mètre en France.

En France, le mouvement a commencé. Il existe 500 kilomètres de voie de 0^m,60 en service pour le ministère de la guerre dans les régions de l'Est et quelques kilomètres seulement pour l'usage public, Royan à Pontailac, Deauville à Tourgeville, Pornichet au Pouliguen.

Nous verrons certainement l'épanouissement rapide de la nouvelle voie et il est à présumer que sur les 14 à 15 000 kilomètres de chemins de fer restant à construire en France, un grand nombre seront construits à la voie de 0^m,60.

En effet, suivant l'opinion de M. Noblemaire, directeur de la compagnie P.-L.-M., il y a surtout à proportionner l'importance de l'outil avec celle du trafic qu'il est appelé à desservir et, sous ce rapport, on a terriblement dépassé le but. Que de lignes ont été concédées avec l'obligation de les construire à la voie de 1^m,45 qu'il aurait suffi de construire à la voie de 1 mètre et même de 0^m,60.

Ce sont des errements dans lesquels il est impossible de persévérer.

II. — CHEMIN DE FER INDUSTRIEL DE LA CARRIÈRE DES MARÉCHAUX

Parmi les exploitations industrielles à voie de 0^m,60 établies en France, on peut citer la petite ligne qui dessert les carrières

de pavés de la Ville de Paris ouvertes dans le bois des Maréchaux, près des Vaux de Cernay (Seine-et-Oise).

La longueur de la voie est de 9 kilomètres en comprenant les branchements sur Carrière.

Son point terminus est à la station des Essarts-le-Roi, sur la ligne de Paris au Mans.

Elle est établie sur accotement d'une route forestière de 5 mètres de largeur.

Le rail est placé à 0^m,50 du bord du fossé qui a 1 mètre.

Le gabarit du matériel étant de 1^m,50 pour les wagons et 2 mètres pour les machines, il reste un passage de 3 mètres pour les voitures qui dans le pays ont une largeur maxima de 2^m,20.

Les déclivités sont peu importantes, la voie a été posée sur la route et en épouse toutes les pentes qui ne dépassent pas 15 millimètres sur de faibles longueurs.

Les courbes sont aux rayons de 30 à 40 mètres, elles sont au nombre de 5.

Les frais de premier établissement se sont élevés à 20 333 fr. 33 par kilomètre ainsi décomposés :

Infrastructure		21 000 fr. 00
Superstructure { voie	}	109 000 fr. 00
{ ateliers		
Matériel roulant		52 000 fr. 00
	Total.	<u>183 000 fr. 00</u>

Prix de revient kilométrique :

$$\frac{183\ 000\ \text{fr.}}{9^k} = 20\ 333\ \text{fr.}\ 33$$

La voie est en rails de 9^k,500 assemblés avec traverses Zorès — espacées de 1 mètre d'axe en axe. Sur carrière une partie est en rails de 9^k,500 assemblés avec traverses Péchot.

Le matériel roulant se compose de : 32 wagons porteurs,

tarant 1 200 kilogrammes et pouvant porter 3 000 kilogrammes utiles.

2 wagons de voyageurs à 10 places;

4 trucs pour la pose des voies;

1 locomotive « Yvette » de 6 tonnes en ordre de marche;

1 locomotive « Sergent Bobillot » de 12 tonnes en ordre de marche.

L'initiative et l'installation sont dues aux études de M. l'ingénieur des ponts et chaussées Kleine, aujourd'hui ingénieur en chef du département de l'Aisne.

Le matériel roulant, ainsi que la voie et les machines, ont été fournis par la maison Decauville.

L'ouverture de la voie a eu lieu en juin 1885 et nous croyons qu'elle a été la première installation de la voie de 0^m,60 en France.

SERVICE DES TRANSPORTS

Le service des transports est composé ainsi qu'il suit :

TRACTION	Un chauffeur et un aide.
	Un surveillant à la gare des Essarts.
EXPLOITATION	} Un surveillant à la Carrière, employé pour une partie de son temps à la tenue des registres. Onze manœuvres employés au chargement et déchargement des matériaux.

Les trains sont composés de 8 wagons quand ils sont remorqués par la machine de 6 tonnes et 10 wagons quand ils sont remorqués par la machine de 12 tonnes.

Le trajet aller et retour se fait en 1 h. 10 dont 25' pour le retour.

Les manœuvres de gare ou sur carrière durent 20'. La durée d'un voyage est donc de 1 h. 30'.

On atteint aisément avec une seule machine le nombre de 6 trains par jour.

Le tableau ci-après donne le nombre exact de trains et le tonnage transporté de 1885 à 1890 :

ANNÉES	1885	1886	1887	1888	1889	1890	TOTAUX
Nombre de trains. . .	542	617	1.336	1.709	1.071	1.494	6.769
Nombre de tonnes. . .	9.303	12.457	30.010	44.151	31.454,5	31.427,3	158.502,8

On voit que la progression a été très rapide.

Le trafic paraît devoir se maintenir au chiffre de 30 000 tonnes qui correspond à la production annuelle et au crédit alloué pour l'exploitation.

Le tonnage brut total sur chaque point d'un rail, en comprenant le poids mort et le poids utile, est de 300 000 tonnes par an pour la période de temps considéré.

Le rapport du tonnage utile au tonnage brut est de $\frac{1}{2,39}$.

Le rail employé est celui de 9^k,500.

L'usure n'est pas apparente, elle n'atteint pas 2 millimètres sur les points les plus fatigués.

ENTRETIEN DE LA VOIE ET DU MATÉRIEL

L'entretien de la voie est assuré par trois ouvriers dont un chef poseur. Les grosses réparations sont faites à l'atelier de la Carrière, qui fait presque toutes les réparations du matériel roulant et celles du grand entretien.

Le petit entretien est assuré par deux hommes qui suffisent à cette besogne et à celle du matériel de terrassement très considérable en voie de 0^m,50 employé sur la Carrière.

En résumé, le chemin de fer à voie de 0^m,60 occupe à peu près constamment :

TRACTION	{ 1 chauffeur. }	2
	{ 1 aide }	
ENTRETIEN DE LA VOIE	{ 1 chef poseur. }	3
	{ 2 poseurs. }	
SURVEILLANTS		2
Manœuvres (chargeurs et déchargeurs)		11
Entretien et graissage.		2
	Total.	<u>20</u> hom.

Nous ferons remarquer que la voie de 0^m,60 de la Carrière des Maréchaux assemblée avec des traverses Zorès espacées d'un mètre est soumise à un travail considérable.

En effet, la charge sur un essieu de la machine de 12 tonnes est de 3 000 kilogrammes. Dans la marche une roue peut être déchargée de son poids, qui est alors reportée sur l'autre. On peut admettre qu'un rail est encastré par la rivure de la traverse. Par suite, le travail du fer est donné par la formule :

$$R = 1/8 \frac{Plv}{I} = 1/8 \frac{3\,000 \times 100}{0,000017586} = 21\,320 \text{ gr.} = 21^k,320$$

Ce chiffre indique que les traverses sont trop espacées. Nous verrons dans la suite que l'emploi d'une autre traverse plus rapprochée donne de meilleurs résultats.

Cependant la voie de la Carrière s'est parfaitement comportée jusqu'à ce jour.

EXPLOITATION

Le tableau ci-dessous indique les résultats de l'exploitation pendant les années 1886, 1887, 1888, 1889 et 1890 :

ANNÉES	TONNAGE utile.	ENTRETIEN du matériel et traction	ENTRETIEN de la voie.	EXPLOITATION commerciale.	DÉPENSES TOTALES	PRIX DE REVIENT PAR TONNE UTILE				Prix de revient par tonne kilométrique.
						Entretien du matériel et traction.	Entretien de la voie.	Exploitation commerciale.	TOTAL.	
1886	12.457	2.623,33	7.555,65	6.104,52	16.283,50	0,211	0,606	0,490	1,307	0,163
1887	30.010	8.388,01	6.619,17	15.900,78	30.907,96	0,280	0,220	0,530	1,030	0,129
1888	44.151	10.105,12	6.936,58	22.957,56	39.999,26	0,229	0,157	0,520	0,906	0,113
1889	31.154,5	11.433,32	6.703,	15.927,65	34.063,97	0,367	0,215	0,511	1,093	0,137
1890	31.427,3	11.161,39	7.738,24	16.076,51	34.976,14	0,355	0,246	0,512	1,113	0,139
	149.199,8	43.711,17	35.552,64	76.967,02	156.230,83	"	"	"	"	"
Prix moyen pour les cinq années. . . .						0,293	0,238	0,516	1,047	0,131

Le tableau ne comprend pas les frais d'amortissement, mais si on veut en tenir compte, on pourrait admettre que l'exploitation peut durer trente ans à dater de l'ouverture de la ligne.

Alors les prix moyens majorés des frais d'amortissement à 5 p. 100 deviendraient :

Exploitation commerciale.	1,047
Amortissement	0,399
	1,446
Moyenne totale.	1,446
Prix de la tonne kilométrique.	0.181

Si, au contraire, comme c'est le cas dans un chemin de fer d'intérêt local, on veut amortir en cinquante années, les résultats deviendraient :

Exploitation commerciale.	1,047
Amortissement	0,336
	1,383
Moyenne totale.	1,383
Prix de revient de la tonne kilométrique.	0.173

Enfin, pour terminer, nous dirons que la ville de Paris, avant l'établissement de la voie ferrée, payait 5 francs par tonne de pavés transportée aux Essarts. La comparaison des chiffres ci-dessus est suffisamment éloquente pour justifier l'établissement et prouver que la voie de 0^m,60 peut suffire au transport des matières lourdes.

Ces considérations générales terminées, nous allons passer à l'étude détaillée de la voie de 0^m,60 et la division de notre ouvrage se présente naturellement à l'esprit comme suit :

La voie et les terrassements ;

Les ouvrages d'art ;

Les machines et le matériel roulant ;

Les gares, quais d'embarquement, signaux, etc.

Nous ajouterons comme application :

L'étude d'un tracé entre deux points donnés ;

Les recherches du trafic ;

L'exploitation commerciale;
Les frais de premier établissement;
Conclusion et renseignements divers.

Nous n'avons eu pour but dans cette étude que celui d'être utile à ceux de nos collègues que la question des chemins de fer à voie de 0^m,60 peut intéresser et qui peuvent être appelés à étudier des installations de chemin de fer d'intérêt local.
