

EFFETS DU POIDS ROULANT SUR UN PONT EN FER. —  
DÉTERMINATION DE CE POIDS.

L'obtention de l'uniformité de force est le problème à résoudre dans la construction des ponts métalliques.

La force de résistance d'un pont est subordonnée aux conditions suivantes :

Les charges les plus considérables auxquels il peut être soumis ;

Le maximum des effets résultant de ces charges ;

Les dimensions des éléments de tension et de compression, et, par suite, leurs résistances par millimètre carré de surface.

La force de ces pièces dépend de :

1° La qualité du fer employé dans leur fabrication, 2° l'aire de la section transversale des barres, 3° la nature des assemblages.

Il arrive souvent :

1° Qu'un poids uniforme par mètre courant est adopté pour toutes travées, petites ou grandes, tandis qu'en réalité le poids par mètre courant au moyen duquel on doit calculer la résistance d'un pont, est plus considérable dans les ponts de petites portées qu'il ne l'est dans ceux à longues portées.

En effet, dans certaines parties, comme les poutres du plancher, par exemple, la résistance du pont, par mètre courant, ne doit pas être calculée seulement en raison de cette résistance, mais toujours en excès de sa valeur et proportionnellement à l'écartement des solives et autres circonstances particulières.

2° Qu'on ne fait pas de distinction entre les effets du poids mort de la construction et le poids roulant ou poids vif des trains, appliqué soudainement et accompagné de chocs et de vibrations ;

3° Que la marge de sécurité entre l'effet permis et la limite désagrégeante du fer est surfaite, et qu'on ne tient pas compte que la marge de sécurité de la plus faible partie mesure celle du tout ;

4° Qu'on n'établit pas une distinction suffisante entre les coefficients d'élasticité des deux fers différents qui se rompent sous le même poids maximum.

5° Que les efforts possibles sur les pièces qui travaillent à la compression ne sont pas basés sur une connaissance complète de leur force maxima de résistance ; et qu'on s'expose ainsi à commettre de graves erreurs.

Nous allons examiner successivement ces différents points et nous arriverons ainsi à trouver les conditions de l'uniformité de force dans toutes les parties constitutives de ces travées, de sorte qu'aucune de ces parties ne travaille plus qu'une autre.

L'étalon de force doit être déterminé par l'ingénieur pour chaque cas particulier. Il serait difficile de poser des règles à cet égard ; chacun doit les résoudre selon les cas particuliers.

Mais une fois qu'on a décidé et qu'on s'est dit : « j'adopterai une marge de sécurité de trois, quatre, cinq et six, selon le cas, » l'uniformité de force sera alors acquise ; mais quelle force donner ? Ce sera toujours la question qu'on aura à se poser :

Quels sont les poids effectifs auxquels peuvent être soumis les ponts de chemins de fer ?

Dans le tableau n° 1, à la fin de ce chapitre, on trouvera une liste des poids et dimensions des principaux types de locomotives employées actuellement sur les lignes américaines ; elles sont divisées en trois classes.

La première comprend les machines locomotives de dimensions et de poids exceptionnels dont on se sert pour remorquer des trains sur des pentes rapides. La vitesse de ces trains est faible.

Le seconde classe comprend les machines pour les grandes charges, transports de minéral et charbon, dont la vitesse moyenne est de dix à douze milles à l'heure (16 à 19 kilomètres à peu près.)

La troisième classe enfin comprend les machines ordinaires à quatre roues conductrices, affectées spécialement au transport des voyageurs et qui traversent les ponts avec une vitesse de vingt à cinquante milles à l'heure (32 à 80 kilomètres environ.)

Il y a une quatrième classe de ces machines, ce sont celles des tramways pour voyageurs ou marchandises, ou pour le charbon.

A l'inspection de cette table, on verra que les poids des locomotives avec leurs tenders chargés sont, en moyenne, de 2,300 à 2,700 livres par pied de voie courante (3,420 à 4,015 kilog. par mètre courant) et que les poids des tenders, séparément, sont un peu inférieurs. On verra également, qu'en raison du poids concentré de la machine sur ses roues conductrices, les charges supportées par les travées de moins de 100 pieds (30<sup>m</sup>50) excéderont ces poids. Comme il y a un grand nombre de types de locomotives, nous en choisirons une de poids et dimensions moyens; pour le passage de locomotives d'un poids exceptionnel, la marge de sécurité doit être déterminée d'une manière analogue.

Prenons donc une locomotive dont le poids total, avec son tender chargé, est de 125,000 livres (56,699 kilog.) occupant avec le chasse-pierres 50 pieds de voie (15<sup>m</sup>240),  $\frac{125,000}{50} = 2,500$  livres par pied (3,717 kilog. par mètre courant); la distance occupée par la base des roues de la locomotive et du tender seulement est de 41  $\frac{1}{2}$  pieds (12<sup>m</sup>649),  $\frac{125,000}{41,5} = 3,000$  livres par pied (4,461 kilog. par mètre courant); la distance occupée sur la voie par le poids concentré sur les roues conductrices, étant 17 pieds (5<sup>m</sup>181) et le poids 60,000 livres (27,215 kilog.),  $\frac{60,000}{17} = 3,530$  livres par pied (5,249 kilog. par mètre courant); si la distance des roues conductrices est 15 pieds (4<sup>m</sup>572),  $\frac{60,000}{15} = 4,000$  livres par pied (5,947 kilog. par mètre courant); si elle est de 12 pieds (3<sup>m</sup>657),  $\frac{60,000}{12} = 5,000$  livres par pied (7,432 kilog. par mètre courant). Ce qui nous donne les résultats suivants :

Travées de 12 pieds et au-dessous.....	5,000 livres par pied.
— 15 — à 17 pieds.....	4,000 —
— 17 — 25 — .....	3,500 —
— 25 — 83 — .....	3,000 —
— 83 — 110 — .....	2,500 —

(Voir au tableau n° 2 la traduction de ces chiffres en mesures françaises).

Les poutres du plancher espacées de moins de 12 pieds (3<sup>m</sup>657) l'une de l'autre,

et les tirants de la voie de moins de 12 pieds (3<sup>m</sup>657) de longueur, porteront 5,000 livres par pied (7,452 kilog. par mètre courant).

Les poutres du plancher, éloignées l'une de l'autre de 12 à 15 pieds (3<sup>m</sup>657 à 4<sup>m</sup>572) et les tirants de la voie de 12 à 15 pieds (3<sup>m</sup>657 à 4<sup>m</sup>572) de longueur, porteront 4,000 livres par pied (5,947 kilog. par mètre courant).

Dans les travées de plus de 100 pieds (30<sup>m</sup>50), le poids effectif par mètre diminuera avec la longueur de la travée d'autant plus que le poids par mètre courant des wagons est considérablement moindre que celui des locomotives.

Ces résultats sont donnés dans la table n° 2, et montrent, pour les différentes travées, les poids produits par :

- 1° Un train de locomotives ;
- 2° Des trains à charbons traînés par deux locomotives « Reading » ;
- 3° Les mêmes remorqués par une seule locomotive de ce type ;
- 4° Les trains de marchandises attelés à deux locomotives ;
- 5° Les mêmes, à une seule locomotive du même type que la précédente ;
- 6° Un train de voitures « Pullman » conduites par une machine à voyageurs.

Ce sont là les maximum de charge qui peuvent se produire sur les cordes de n'importe quel système de poutres.

Nous avons dit qu'il arrive quelquefois qu'on ne faisait pas assez de distinction entre les effets du poids mort du pont et le poids vif des trains. Ce dernier varie beaucoup dans ses effets selon la longueur de la travée. La table n° 3 montre quel est le rapport du poids mort au poids vif dans les différentes travées.

Il n'y a pas de doute que les courtes travées, où les  $\frac{9}{10}$  du poids est un poids vif, accompagné de vibrations, sont plus sérieusement affectées par ces effets que les grands ponts où la moitié du poids est en repos. Il semblerait que la marge de sécurité devrait être plus grande sur les petites que sur les grandes travées afin d'obtenir la force uniforme.

Il est difficile de définir quelle est l'exacte différence entre les effets du poids mort et ceux du poids vif. Le professeur Macquorn-Rankine, qui a une grande autorité, constate, dans son *Traité de Mécanique appliquée*, « qu'une force soudainement appliquée est équivalente en effet à deux fois la même force graduellement appliquée. »

Cette conclusion, dont nous aurons lieu de démontrer l'exactitude théorique, est confirmée par les expériences faites par l'ordre des commissaires

anglais, préposés à une enquête sur l'application du fer dans les constructions de chemins de fer, dès 1849, et, depuis, par celles faites par Fairbain.

De ces expériences, il résulta qu'un effet de tension de six tonnes par pouce carré ( $8^{\text{e}}44$  par millimètre carré), produit sur la partie inférieure d'une poutre pleine composée de fers plats rivés, et accompagné de vibrations, produites artificiellement et aussi analogues que possible à celles qu'occasionnerait le passage d'un train, ne brisait pas la poutre, bien que répété plus de trois millions de fois. Mais, quand cet effort était porté à huit tonnes par pouce carré, ( $11^{\text{e}}25$  par millimètre carré) elle cassait après 300,000 autres secousses. Comme la moyenne de la résistance à la rupture est, pour les fers plats anglais, de vingt à vingt-deux tonnes (28 à 30 kilog. par mill. carré), il semblerait que l'effet du poids vif était beaucoup plus considérable que celui du poids mort. Il est à regretter que le D<sup>r</sup> Fairbairn n'ait pas eu des poutres faites exactement de la même dimension et du même fer, et qu'il n'ait pas constaté le poids statique correspondant à la brisure de l'une, puis appliqué la moitié de celui-ci comme poids vif, et, alors, déterminé combien de secousses elle supporterait avant de casser.

Si nous admettons, avec Rankine et Fairbairn, que l'effet destructif d'un poids vif est double de celui d'un poids mort, la voie que nous avons à suivre est claire. Une idée, soumise par Unwin, dans son traité sur les ponts en fer, indique le moyen d'arriver à une solution simple du problème. Multiplier le poids vif par deux, et ajouter au résultat le poids mort. La somme ainsi obtenue sera un poids sur lequel on peut en toute sécurité se baser comme un poids mort total, avec un effort par millimètre carré et un coefficient de sécurité employé selon les circonstances pour les différents poids morts.

La table n<sup>o</sup> 4 montre les poids morts équivalents applicables à toutes travées. Si ces poids, ou plutôt ce principe de les déterminer est adopté par les ingénieurs, un élément incertain sera éliminé du problème, et le seul point à étudier sera la limite d'effort à faire supporter au fer.

Il a été constaté que la valeur du facteur ou marge de sécurité est généralement surfaite. Il n'est pas rare de lire dans des mémoires que le facteur de sécurité sera de six; on suppose ainsi que l'effort agissant sera un sixième de l'effort maximum de rupture.

Un peu d'attention démontrera que la vraie marge de sécurité est la différence entre l'effet agissant et l'effet qui donnerait au fer un allongement permanent et le rendrait impropre à l'usage, soit en désorganisant les membres de compression ou en surtirant les membres de tension, de telle sorte que le pont deviendrait tordu et prendrait une flèche permanente. Avant même que cette flèche se soit produite, le fer en tension serait devenu « surtiré », ce qui produirait un dérangement per-

manent de ses molécules. Cette « assise », comme on l'appelle, ne diminue pas la résistance maxima du fer pour supporter un poids mort; cependant, comme l'a indiqué Stoney, aussitôt que le « nerf » a été détruit dans une pièce de fer, elle devient cassante. Il est bien connu qu'une chaîne qui a été trop surtirée à l'essai est susceptible de se briser sous un effort moindre que celui de l'essai auquel elle a résisté.

Cette limite d'élasticité du fer, sous la tension, est le point où les allongements cessent d'être uniformément proportionnels aux additions égales de poids, et coïncide de très-près avec le point où « l'assise apparente (allongement permanent) se produit.

La valeur de la limite d'élasticité est à peu près égale à la moitié de la force maxima du fer, résistance à la rupture par traction. Les plaques, barres et cornières anglaises ordinaires, d'une force maxima de vingt à vingt-deux tonnes par pouce carré (28 à 30 kilog. par millimètre carré), ont une limite d'élasticité de dix tonnes au plus par pouce carré (14 kilog. par millimètre carré). Les meilleures qualités de barres de fer anglais et américain ont une force maxima de 55,000 à 60,000 livres par pouce carré (38 à 42 kilog. par millimètre carré), et une limite d'élasticité de 25,000 à 30,000 livres par pouce carré (17 à 21 kilog. par millimètre carré); donc un effort réel de 10,000 livres par pouce carré (7 kilog. par millimètre carré) donne une marge profitable de force et de sécurité, ou, de quelques termes que nous nous servions pour la désigner, une marge de 2 à 3, au lieu de 6.

Quelque chiffre que l'ingénieur choisisse, il ne saurait prévoir: 1° les inégalités possibles dans la qualité des matériaux; 2° l'imperfection de la main-d'œuvre, et 3° les effets de détérioration, résultant de l'usage et des influences atmosphériques.

La crainte de l'inégalité de la matière est la raison qui porte les ingénieurs à préférer le fer à la fonte ou à l'acier pour la construction des ponts. S'ils pouvaient toujours compter sur une même qualité de fonte, comme celle, par exemple, que le général Rodman faisait pour l'artillerie, qui travaillait sous un effet de tension de 27,000 livres par pouce carré (18 kilog. par millimètre carré), et ressemblait en réalité bien plus à de la fonte d'acier qu'à de la fonte de fer, leurs répugnances à se servir de la fonte de fer disparaîtraient.

On a constaté que, dans des expériences faites sur les matériaux du pont de Saint-Louis, quelques écrous d'acier, de  $5 \frac{1}{4}$  pouces (0<sup>m</sup>145) de diamètre, cassaient avec une charge de 30,000 livres par pouce carré (21 kilog. par millimètre carré) et s'allongeaient considérablement.

L'imperfection de la main-d'œuvre ne devrait pas se rencontrer dans les ponts

américains qui sont faits au moyen de machines-outils. C'est là, dans les poutres à treillis et les poutres pleines rivées, une cause sérieuse de l'amointrissement de la force effective donnée par les calculs.

Donner une marge de force au delà de celle qui semble être nécessaire est, ainsi que nous l'avons déclaré, reconnaître ce fait que les ponts en fer se détérioreront comme tout travail humain.

Mais cela n'est pas assez généralement connu que, si un pont n'a pas assez de fer dans certaines parties, bien que bâti d'excellent fer et monté solidement, il s'usera sous un lourd trafic, de la même manière que s'usent les locomotives, les voitures et les rails. Un ou deux exemples le prouveront. A l'endroit des joints chevillés, en conséquence de la concentration des effets qui se produisent sur une cheville, il est nécessaire de renforcer les plaques de fer sur lesquelles reposent les chevilles, et d'accroître ainsi la surface de contact jusqu'à ce que la pression soit réduite à 7 ou 8,000 livres par pouce carré (4<sup>9</sup> à 5<sup>6</sup> par millimètre carré), sans quoi la cheville couperait le fer, ou le fer la cheville.

Dans le viaduc de Crumlin, qui avait été construit d'abord avec des joints chevillés, ce principe avait été méconnu; on ne donna pas une surface de contact suffisante, et les trous des chevilles s'agrandirent. Les chevilles furent retirées et les montants rivés aux cordes, et cet exemple est fréquemment cité pour montrer la supériorité des points rivés sur les joints à chevilles, tandis qu'en réalité cela ne prouve qu'un travail défectueux.

Un autre exemple, encore plus frappant, est celui que présentent les ponts construits sur la ligne de Reading. Les travées, qui ont 25 pieds (7<sup>m</sup>620) et au-dessous, avaient été conçues pour supporter un poids roulant de deux tonnes par pied (657 kilog. par mètre courant) de la voie. Or, il a été reconnu qu'en raison du trafic énorme de cette ligne, les montants des poutres à leurs extrémités étaient écrasés ou tordus. Ils ont été refaits depuis, ou renforcés et proportionnés au poids roulant de quatre tonnes par pied (13,114 kilog. par mètre courant) de la voie et résistent très-bien maintenant.

Quelle que soit la marge de sécurité adoptée, il semblerait qu'une marge plus large devrait être adoptée dans le cas d'un fer à grains que dans celui d'un fer à nerfs; et c'est précisément ce dont on ne tient pas compte assez souvent.

Les expériences de Kirkaldy ont prouvé qu'un fer à nerfs et ductile pouvait avoir la même force de résistance à la rupture qu'un fer à grains et cassant. Seulement le premier s'allonge et s'étire considérablement avant de rompre; le second se rompt en s'allongeant peu et sans contraction de la section au point de rupture.

Le fer à employer ne devrait pas être trop doux, la limite d'élasticité ne devrait pas tomber au-dessous de 25,000 livres par pouce carré (17 kilog. par millimètre carré). La force de brisure devrait être de 55,000 à 60,000 livres par pouce carré (38 à 42 kilog. par millimètre carré). Une barre d'un pied (0<sup>m</sup>305) de long, et d'un pouce carré (625 millimètres carrés) de superficie, doit pouvoir s'allonger d'au moins 15 pour cent avant de briser.

Comme il n'est pas toujours aisé de mesurer correctement la superficie de la section au point de rupture, il n'y a pas de moyen meilleur et plus simple que d'essayer la ductilité, en courbant la barre froide, et cette barre devrait se ployer double, à froid, sans signe de fracture.

M. G. Berkeley dit que sa longue pratique de plus de vingt ans, comprenant plusieurs milliers d'expériences, lui a prouvé qu'on peut obtenir aux prix courants actuels un fer supportant les efforts suivants :

Pour les plaques, une moyenne de résistance à la rupture de 20 tonnes par pouce carré (14 kilog. par millimètre carré), et une moyenne d'étirage de 1 pouce (0<sup>m</sup>025) sur 12 pouces (0<sup>m</sup>305) courant, soit 8,33 pour cent.

Pour les cornières et fers à T, une moyenne de force de rupture de 22 tonnes par pouce carré (15 kilog. par millimètre carré) et une moyenne d'étirage de 1  $\frac{1}{4}$  pouce (0<sup>m</sup>031) pour 12 pouces (0<sup>m</sup>305) courant, soit 10,5 pour cent.

Pour les rivets en fer, une moyenne de force de rupture de 18 tonnes par pouce (0<sup>m</sup>025) de circonférence.

Les barres américaines ne supportent pas ordinairement plus de 50,000 livres (22,679 kilog.) de force ultima, et ne s'allongeront pas de plus de 8  $\frac{1}{2}$  pour cent; elles présentent des signes de fracture lorsqu'elles seront courbées, à froid, à plus de 45 degrés. Certains de ces fers, ne satisfaisant pas à cette condition, absolument impropres à entrer dans la construction d'un pont, ont été essayés et avaient une force de rupture supérieure à 60,000 livres par pouce carré.

Dans leurs mémoires les ingénieurs doivent donc spécifier ces conditions séparément, et s'ils emploient le fer de qualité inférieure, ils doivent fixer une marge de sécurité plus grande que pour le fer de qualité supérieure.

En tous cas, la théorie fournit des éléments sur lesquels nous ne saurions trop recommander qu'on s'appuie constamment, et les effets de la charge en mouvement peuvent être expliqués de la manière suivante :

Supposons, fig. (76), un fil de fer placé verticalement, dressé sans être tiré, et qu'un poids P vienne s'y attacher sans secousse et n'apporte aucune déviation dans le fil; si nous appelons H l'allongement que prendra ce fil par l'action du poids P, il est clair que le travail produit sera P H.

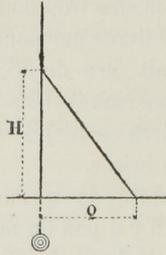


Fig. (76).

La tension du fil, qui était nulle avant l'action du poids, puisqu'on le considérait dressé sans être tendu, aura pris une valeur  $Q$ , proportionnelle à son allongement en passant par des valeurs successives proportionnelles aux tensions; ces valeurs seront représentées par une ligne droite et le travail de cette force variable, que nous appelons  $Q$ , sera :

$$\frac{Q H}{2}.$$

Il est clair qu'alors que la charge  $P$  aura cessé de descendre, ces deux travaux, celui fait par le poids  $P$ , et l'autre par les tensions proportionnelles aux allongements, donneront les équations suivantes :

$$\frac{Q H}{2} = P H \text{ et } Q = 2 P.$$

L'effet produit sur un pont peut être considéré comme analogue. En effet la surcharge arrivant sur un pont s'applique instantanément et sans secousse en raison de la rapidité de la marche du train. Cette surcharge s'abaisse par suite de l'élasticité du fer et agit en développant une pression, ou, pour mieux dire, une force à peu près double de son propre poids; il en résulte que la flèche produite par le passage d'un train sur un pont, sera à peu près double de celle que produirait ce train au repos, sans pouvoir jamais la surpasser, et cette flèche serait exactement le double, si le pont n'avait pas de masse. Mais une partie du travail  $P H$  est absorbé pour donner la vitesse à la masse du pont, en diminuant ainsi de l'effet de  $P$ ; et, dans la pratique, on a observé que les flèches produites par un poids roulant ne sont environ que 1,50 de celle que le même poids produirait au repos sur le pont.

Par l'action des trains les plus rapides, on n'a jamais observé de flèches supérieures de 1,75, proportionnellement à ces flèches au repos.

De ce que nous venons de dire, on voit qu'il est moins dangereux pour un train

de passer à toute vitesse sur un grand pont que sur un petit ; le rapport de la masse d'un grand pont étant, au poids vif, bien plus grand pour un grand pont que pour un petit.



N <sup>os</sup>	DESIGNATIONS	NOMBRE des roues conduc- trices	NOMBRE des roues non conduc- trices	RAPPORT DE LA CHARGE sur les roues conductrices à la distance de ces roues	
				Livres Pieds, Ponces	Kilogrammes Mètres
<b>Classe I. — Grosses machines</b>					
1	Reading .....	12	0	$\frac{102.000}{19' 7''}$	$\frac{46.266}{5.969}$
2	— avec tender .....	10	0	$\frac{82.200}{15' 8''}$	$\frac{37.285}{4.775}$
3	Pensylvanie, avec tender .....	8	0	$\frac{80.000}{22'}$	$\frac{36.287}{6.705}$
4	Ohio et Baltimore, avec tender .....	8	2	$\frac{84.000}{12' 6''}$	$\frac{38.101}{3.810}$
5	Fairly .....	12	0	$\frac{60.480}{8'}$	$\frac{27.432}{2.438}$
<b>Classe II. — Grosses machines à</b>					
6	Chicago, Burlington et Quincy (marchandises) .....	6	4	$\frac{72.000}{12'}$	$\frac{32.658}{3.657}$
7	Reading (charbons) .....	6	4	$\frac{53.000}{9' 6''}$	$\frac{24.040}{2.895}$
8	Pensylvanie (marchandises) .....	6	4	$\frac{54.500}{12' 5''}$	$\frac{24.720}{3.784}$
9	Delaware Lackawana et Wilmington (mar- chandises) .....	6	4	$\frac{71.500}{12'}$	$\frac{32.431}{3.657}$
10	New-York central (marchandises) .....	6	2	$\frac{65.000}{15' 6''}$	$\frac{29.483}{4.724}$
11	Érié (marchandises) .....	6	4	$\frac{72.156}{14' 6''}$	$\frac{32.728}{4.419}$
<b>Classe III. — Machines mixtes</b>					
12	Reading (mixte) .....	4	4	$\frac{41.440}{6' 6''}$	$\frac{18.797}{1.981}$
13	Reading (voyageurs) .....	4	4	$\frac{25.264}{6' 6''}$	$\frac{11.458}{1.981}$
14	Pensylvanie (voyageurs) .....	4	4	$\frac{45.000}{8'}$	$\frac{20.111}{2.438}$
15	Canada (mixte) .....	4	4	$\frac{40.320}{7' 6''}$	$\frac{18.288}{2.286}$
16	New-York central (mixte) .....	8	4	$\frac{40.000}{7' 6''}$	$\frac{18.143}{2.286}$
17	Moyenne de tenders chargés .....		8	$\frac{16.500 \text{ à } 25.000}{4' 6''}$	$\frac{7.484 \text{ à } 11.339}{1.372}$
<b>Classe IV. — Wagons</b>					
18	Wagons à voyageurs (Pensylvanie) .....				
19	— marchandises (Pensylvanie) .....				
20	Grands wagons à charbons (Reading) .....				
21	Petits wagons à charbons (Lehigh-Valley) .....				
22	Wagons Pullmann .....				

POIDS CORRESPONDANT par unité de longueur		RAPPORT DU POIDS TOTAL de la machine et du tender chargé à la distance couverte de la voie y compris le chasse-pierres		POIDS correspondant par unité de longueur	
Livres par pied courant	Kilog. par mètre courant	Livres Pieds, Ponces	Kilogrammes Mètres	Livres par pied courant	Kilog. par mètre courant
<b>pour les rampes</b>					
5.204	7.733	102.000 36'	46.266 10.972	2.833	4.208
5.268	7.822	132.200 54' 1"	59.964 16.484	2.448	3.628
3.636	5.398	140.000 54'	63.503 16.459	2.595	3.883
6.720	9.993	128.000 53'	58.060 16.154	2.415	3.584
7.560	11.243	120.900 52'	54.839 13.849	2.326	3.450
<b>charbon et à marchandises</b>					
6.000	8.921	128.000 53' 6"	58.060 16.306	2.392	3.554
5.578	8.283	122.128 50' 3"	55.406 15.316	2.430	3.617
4.360	6.484	129.900 54'	58.921 16.459	2.405	3.536
5.948	8.833	138.900 54'	63.004 16.459	2.572	3.822
4.193	6.231	120.000 45'	54.431 13.716	2.666	3.955
4.976	7.391	137.444 54'	62.343 16.459	2.545	3.777
<b>(voyageurs et marchandises) et à voyageurs</b>					
6.376	9.473	115.184 45' 7"	52.246 13.893	2.526	3.762
3.887	5.770	103.260 43' 10"	46.037 13.335	2.325	3.450
5.675	8.432	125.300 53' 6"	56.835 16.306	2.342	4.767
5.376	7.986	112.000 49'	50.802 14.935	2.275	3.383
5.460	8.120	100.000 44'	45.359 13.411	2.272	3.375
3.666 à 5.550	5.443 à 8.250	33.000 à 50.000 20'	14.968 à 22.679 6.096	1.650 à 2.500	2.153 à 3.717
<b>chargés</b>					
.....	.....	57.000 64' 2"	25.854 19.558	890	1.320
.....	.....	42.000 31'	19.050 9.449	1.355	2.007
.....	.....	40.000 22'	18.143 6.705	1.818	2.691
.....	.....	19.000 13'	8.618 3.962	1.461	2.171
.....	.....	71.600 75'	32.477 22.860	954	1.412

TABLEAU N° 2

POIDS PAR UNITÉ DE LONGUEUR DE VOIE POUR DIFFÉRENTES PORTÉES ET DES CHARGES ROLANTES  
DE DIVERSES NATURES.

LONGUEUR DES PORTÉES	TRAINS DE LOCOMOTIVES		TRAINS DE CHARRONS DE CHARRONS wagons no 20 2 locomotives no 7		TRAINS DE CHARRONS Wagons no 20 1 locomotive no 7		TRAINS DE MARCHANDISES wagons no 19 2 locomotives no 8		TRAINS DE MARCHANDISES wagons no 19 1 locomotive no 8		TRAINS DE VOYAGEURS wagons no 22 1 locomotive no 16		
	PIEDS	MÈTRES	Livres par pied	Kilog. par mètre	Livres par pied	Kilog. par mètre	Livres par pied	Kilog. par mètre	Livres par pied	Kilog. par mètre	Livres par pied	Kilog. par mètre	
12 à 17	3 <sup>m</sup> 657 à 5 <sup>m</sup> 181	5.000	7.432	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
17 à 25	5 181 à 7 620	4.000	5.947	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
25 à 83	7 620 à 25 208	3.500	5.205	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
83 à 110	25 208 à 33 527	3.000	4.461	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
110	33 <sup>m</sup> 527	2.500	3.717	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
125	38 099	.....	.....	2.430	3.613	2.094	3.108	2.405	3.569	1.870	2.781	1.481	2.201
150	47 719	.....	.....	2.365	3.517	2.067	3.063	2.262	3.361	1.809	2.676	1.418	2.096
175	53 339	.....	.....	2.275	3.383	2.026	3.013	2.111	3.137	1.740	2.590	1.340	1.993
200	60 959	.....	.....	2.200	3.272	2.000	2.974	2.065	3.063	1.710	2.543	1.285	1.903
225	68 579	.....	.....	2.130	3.167	1.974	2.929	1.922	2.855	1.665	2.468	1.244	1.844
250	76 199	.....	.....	2.100	3.122	1.950	2.900	1.864	2.766	1.631	2.424	1.211	1.799
300	91 438	.....	.....	2.068	3.044	1.943	2.884	1.809	2.676	1.603	2.378	1.186	1.754
350	106 678	.....	.....	2.026	3.013	1.922	2.855	1.733	2.572	1.562	2.316	1.147	1.695
400	121 918	.....	.....	2.000	2.974	1.907	2.825	1.679	2.528	1.532	2.275	1.120	1.665
		.....	.....	2.000	2.974	1.895	2.810	1.638	2.438	1.510	2.245	1.100	1.635

## TABLEAU N° 3

RAPPORT DU POIDS MORT AU POIDS VIF, POUR DIFFÉRENTES PORTÉES

LONGUEUR DES PORTÉES		POIDS MORT		POIDS VIF		PROPORTION	
POIDS	MÈTRES	Pont, chaussée, rails, etc.		Train de charbon avec 2 machines		du poids mort et du poids vif dans la charge totale	
		Livres par pied courant	Kilog. par mètre courant	Livres par pied courant	Kilog. per mètre courant	MORT	VIF
Au-dessous de 12	Au-dessous de 3 <sup>m</sup> 657	500	743	5.000	7.435	0,09	0,91
12 à 17	3 <sup>m</sup> 657 à 5 <sup>m</sup> 181	550	817	4.000	5.948	0,12	0,88
17 à 25	5 181 à 7 620	625	927	3.500	5.172	0,15	0,85
25 à 50	7 620 à 15 240	700	1.037	3.000	4.461	0,19	0,81
50 à 83	1 540 à 25 298	800	1.189	3.000	4.461	0,21	0,79
100	30 <sup>m</sup> 500	900	1.338	2.500	3.717	0,26	0,74
110	33 257	1.000	1.487	2.430	3.613	0,30	0,70
125	38 099	1.135	1.684	2.365	3.517	0,32	0,68
150	45 719	1.225	1.821	2.275	3.383	0,35	0,65
175	53 339	1.300	1.936	2.200	3.272	0,37	0,63
200	60 959	1.500	2.198	2.130	3.167	0,41	0,59
225	68 579	1.700	2.528	2.100	3.122	0,45	0,55
250	76 199	2.000	2.974	2.068	3.044	0,49	0,51
300	91 438	2.400	3.569	2.026	3.013	0,54	0,46
350	106 678	3.000	4.461	2.000	2.974	0,60	0,40
400	121 918	4.000	5.948	2.000	2.974	0,66	0,34

TABIEAU N° 4

POIDS MORT ET POIDS VIF PAR PIED, ET RÉDUCTION EN UN POIDS MORT ÉQUIVALENT

LONGUEUR DES PORTÉES		POIDS MORT du pont, etc.		DOUBLE DU POIDS VIF d'un train de charbon		POIDS MORT équivalent	
PIEDS	MÈTRES	Livres par pied	Kilogrammes par mètre	Livres par pied	Kilogrammes par mètre	Livres par pied	Kilog. par mètre.
En-dessous de 12							
12 à 17	3 <sup>m</sup> 657 à 5 181	500	743	10.000	14.872	10.500	15.615
17 à 25	5 181 à 7 620	550	817	8.000	11.897	8.550	12.714
25 à 50	7 620 à 15 240	625	927	7.000	10.410	7.625	11.337
50 à 83	15 240 à 25 298	700	1.037	6.000	8.921	6.700	9.958
100	30 <sup>m</sup> 500	800	1.189	6.000	8.921	6.800	10.110
110	33 527	900	1.338	5.000	7.432	5.900	8.770
125	38 099	1.000	1.487	4.860	7.227	5.860	8.714
150	45 719	1.135	1.684	4.730	7.034	5.865	8.718
175	53 339	1.225	1.821	4.550	6.766	5.775	8.587
200	60 959	1.300	1.936	4.400	6.543	5.700	8.479
225	68 579	1.500	2.198	4.260	6.333	5.760	8.531
250	76 199	1.700	2.528	4.200	6.246	5.900	8.774
300	91 438	2.000	2.974	4.136	6.151	6.136	9.125
350	106 678	2.400	3.569	4.052	6.026	6.452	9.595
400	121 918	3.000	4.461	4.000	5.947	7.000	10.408
		4.000	5.947	4.000	5.947	8.000	11.894