
BULLETIN
DE LA
COMMISSION INTERNATIONALE
DU
CONGRÈS DES CHEMINS DE FER

[625 .142.5]

RAPPORT

SUR LES ESSAIS COMPARATIFS DE TRAVERSES MÉTALLIQUES FAITS DE
1881 A 1898 SUR LE RÉSEAU LIÉGEOIS-LIMBOURGEOIS DE LA COMPAGNIE
DES CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT NÉERLANDAIS

Par CH. RENSON

INGÉNIEUR DU RÉSEAU LIÉGEOIS-LIMBOURGEOIS

Historique des essais.

En 1880, la Compagnie chargea mon collègue M. J.-W. Post, alors ingénieur des voies et travaux à Utrecht, de se renseigner au double point de vue de la voie et de la fabrication sur les résultats obtenus en matière de voies métalliques tant à l'étranger qu'en Belgique et en Hollande.

Cette enquête mena à une étude méthodique et pratique de la question sur le réseau Liégeois-Limbourgeois et aujourd'hui nous disposons des résultats de ce travail.

M. Post choisit chaque année, dès 1881, parmi les types d'alors de traverses et d'attaches ceux qui lui parurent les meilleurs, apporta les perfectionnements dans le laminage, le parachèvement, etc., des traverses et dans les attaches et je fis méthodiquement chaque année des poses d'essai de ces différents systèmes. Ces poses furent mises en observation spéciale, on en soigna l'entretien et l'on nota minutieusement les journées (et même les demies et les quarts) employées à l'entretien ordinaire : bôurrage, relevage, dressage, serrage des écrous, correction de l'écartement, etc. Aussi examina-t-on régulièrement quelques traverses et attaches retirées de la voie, afin de profiter pour l'essai suivant de l'expérience acquise et pour éviter les défauts constatés.

Comme base de comparaison, je fis dès 1881 une pose du type de voie jusqu'alors normal, savoir sur traverses neuves en bon chêne. L'entretien, la statistique et l'examen régulier de cette pose n° 1 furent soignés comme pour les autres poses d'essai.

La question II (1^{re} section) de la session de Milan (1887) du Congrès international des chemins de fer était conçue en ces termes : « Quelles conclusions peut-on tirer, au double point de vue économique et technique, des derniers résultats obtenus dans l'emploi des traverses métalliques ? » En réponse à cette question, la Compagnie consigna dans une note les données constatées jusqu'alors (1887) sur nos poses d'essai (1).

Depuis, plusieurs ingénieurs étrangers vinrent sur place ou par correspondance étudier la méthode suivie ou se renseigner sur les détails des essais ou des résultats, et quelques-uns publièrent leurs impressions dans des rapports officiels ou dans des revues techniques (2).

La plus ancienne des 27 poses d'essai remontant à l'année 1881, il y a donc aujourd'hui 17 années depuis le début des essais. Le nombre de trains desservis par la plupart des traverses en observation dépasse aujourd'hui 100,000 (voir tableaux statistiques annexés) et dépassait au 1^{er} janvier 1898 149,000 pour l'une des poses (n° 3) de l'année 1881. Ces essais comprennent 11 types de traverses métalliques (dont 2 en fer et 9 en acier) et 4 types d'attaches avec maintes variations dans le détail.

J'ai cru les données et les études de 17 années suffisantes pour pouvoir apprécier maintenant les défauts et les avantages des systèmes essayés et j'ai pensé que les conclusions que je crois pouvoir tirer des résultats obtenus pourraient présenter quelque intérêt pour plusieurs ingénieurs de la voie. Le réseau Liégeois-Limbourgeois allant bientôt passer par le rachat dans d'autres mains, il y a peut-être aujourd'hui un intérêt tout particulier à documenter l'impression obtenue jusqu'à présent.

Je vais donc passer en revue les diverses poses mises en œuvre, après avoir indiqué brièvement les conditions générales d'exploitation.

(1) Voir *Bulletin de la Commission internationale du Congrès des chemins de fer*, vol. I, 1887, p. 669, pl. XVII.

(2) Voyez : a) Rapport de M. CH. BRICKA au Ministre des travaux publics sur les voies métalliques. Paris, 1886, imprimerie Nationale.

b) Notes de M. J. W. POST (*Mémoires de la Société des ingénieurs civils de France*, 1885, et *Annales des travaux publics*, nos 74, 76, 80 et 94).

c) Note de M. A. M. KOWALSKI (*Revue générale des chemins de fer*, février 1886), et exposés aux congrès des chemins de fer (*Bulletin de la Commission internationale du Congrès des chemins de fer*).

d) Report by Mr. E. E. RUSSELL TRATMAN on metal railroad ties (*Bulletins*, Nos. 3, 4 and 9), United States Department of Agriculture, Division of Forestry. Washington 1889, 1890 and 1894, Government printing Office. (Résumé dans la *Revue technique* du 25 mars 1896, Paris.)

e) Rapports des voies et travaux du chemin de fer du Saint-Gothard et avis de M. DIETLER aux congrès des chemins de fer.

f) Rapports des voies et travaux du chemin de fer du Grand Central Belge et avis de M. LEBON aux congrès des chemins de fer.

Conditions d'exploitation.

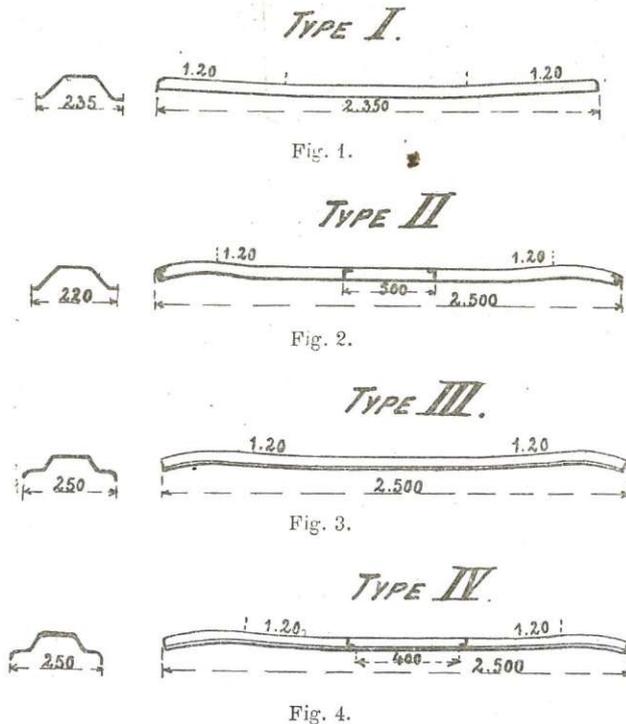
Le ballast est en cendrées, en sable ou en gravier.

Le rail est en acier, profil État belge de 38 kilogrammes par mètre, longueur 12 et 9 mètres. Il y a en alignement 13 traverses par 12 mètres de voie et 10 traverses par 9 mètres de voie; dans les courbes à faible rayon, une ou plusieurs traverses en plus par 12 et par 9 mètres de voie. Les éclisses sont en cornière.

La locomotive la plus lourde pèse 68 tonnes; l'essieu le plus chargé, 13.9 tonnes. La vitesse réglementaire maximum est de 75 kilomètres à l'heure. Toutes les poses sont à simple voie; elles ont desservi en moyenne : 29 trains par jour sur Liers-Flémalle, 25 sur Liège-Hasselt et 14 sur Hasselt-Eindhoven.

Les déclivités vont jusqu'à 16 millimètres par mètre; les rayons des courbes descendent jusqu'à 350 mètres.

Les figures 1 à 18 renseignent les sections des traverses I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X et XI et les dessins des systèmes d'attaches A, B, C et D.



Les quatre tableaux statistiques annexés se rapportent à 21 poses d'essai, les 6 autres offrant par leur faible longueur peu d'intérêt pour ce qui concerne la

statistique d'entretien. Les quatre tableaux renseignent pour chacune des 20 poses métalliques et pour la pose n° 1 (base de comparaison) : situation, déclivité, rayon de courbure, longueur, nombre et système de traverses, système d'attaches, année de

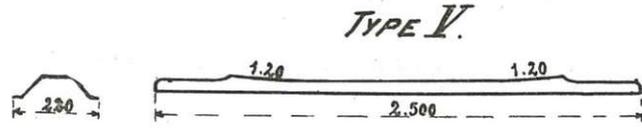


Fig. 5.

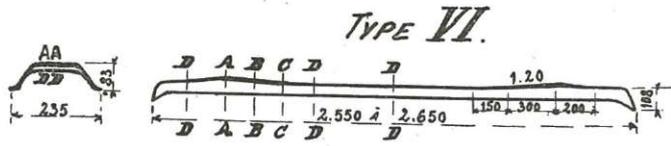


Fig. 6.



Fig. 7.



Fig. 8.

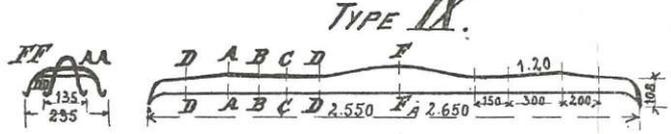


Fig. 9.

la pose et date de la mise en observation, nombre de jours en œuvre au 1^{er} janvier 1898 depuis la mise en observation, nombre de trains desservis avant le 1^{er} janvier 1898, nombre de journées de piocheur employées chaque année à l'entretien, nombre moyen de journées de piocheur *par kilomètre et par 10,000 trains*, nombre de traverses retirées de la voie pour bris, fissures ou autres défauts avant le 1^{er} janvier 1898.

L'avant-dernière colonne donne lieu à une observation. On remarquera que les 10 poses n^{os} 2, 3, 6, 7, 8, 9, 12, 14, 17 et 24 ont desservi en moyenne 29 et 25 trains

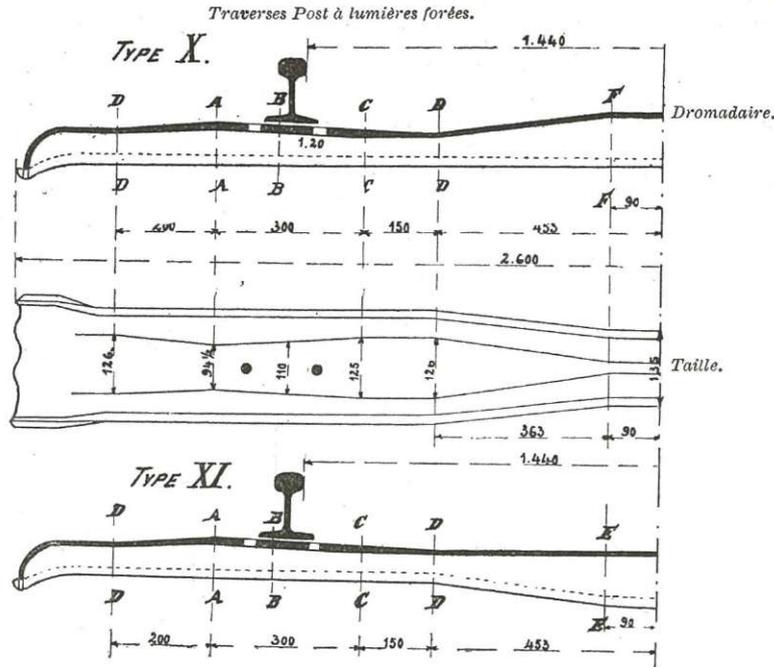


Fig. 10 et 11.

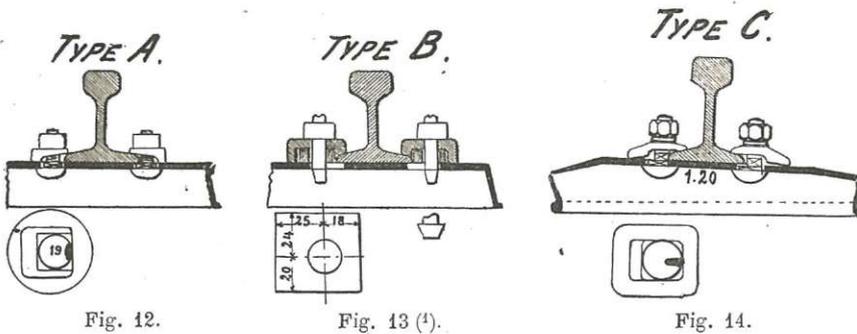


Fig. 12.

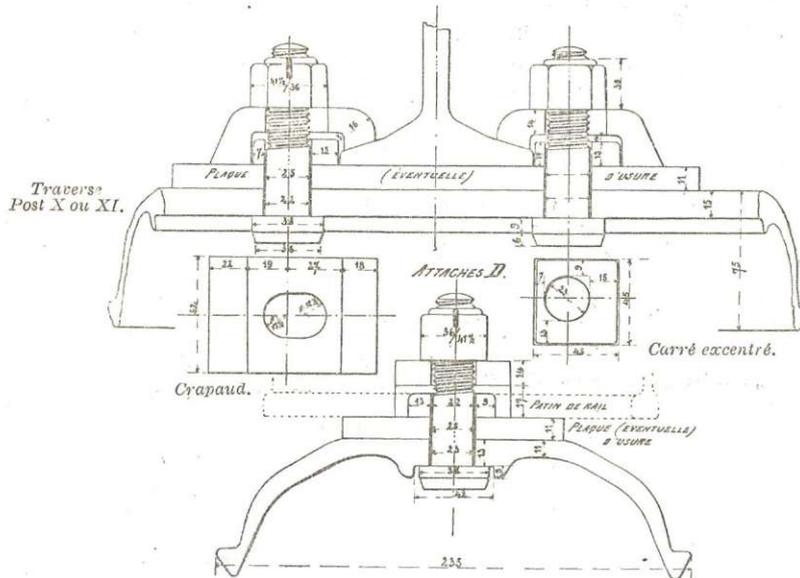
Fig. 13 (1).

Fig. 14.

par jour, comme la pose n^o 1 (base de comparaison); mais qu'au contraire les 9 poses n^{os} 4, 5, 10, 13, 15, 16, 18, 19 et 20 n'ont desservi en moyenne que 14 trains par jour. Or, les frais d'entretien sont fonction non seulement du nombre de trains,

(1) C'est par erreur que dans l'angle gauche supérieur du plan du crapaud on a porté 25. C'est 26 qu'il faut lire.

mais aussi du nombre de jours pendant lesquels le ballast a subi les pluies, gels, etc. Il est donc tout naturel que le nombre de journées par 10,000 trains est plus élevé pour les poses à 14 trains par jour que pour celles à 29 et 25 trains par jour; que la pose n° 1 sert donc bien de base de comparaison pour ces dernières, mais non pour les poses à 14 trains par jour. Pour éviter les malentendus, j'ai mis dans les quatre tableaux statistiques entre parenthèses les nombres de l'avant-dernière colonne qui se rapportent aux poses à 14 trains par jour.



Traverse Post X ou XI à lumières forcées.

Fig. 15 à 18. — Attaches D.

Une journée de piocheur a coûté en moyenne 2 fr. 20 c. On peut donc, en multipliant par 2.2, transformer en francs les chiffres des colonnes renseignant des journées.

Essai du type I avec attaches A.

Poses nos 2 et 3 à 25 trains par jour et nos 4 et 5 à 14 trains par jour. Total, 4,133 traverses en fer, profil Vautherin, à 40 kilogrammes la pièce de 2^m35 de longueur posées en 1881. La pose n° 3 se trouve en terrain marécageux.

DURÉE, BRIS, FISSURES. — Au 1^{er} janvier 1895, soit 13 1/2 années après la pose, toutes les 1,120 traverses en chêne (pose n° 1) avaient été retirées de la voie pour défauts divers. On peut évaluer la durée moyenne des traverses en chêne : à 12 années sur la ligne Liège-Hasselt et à 14 années sur la ligne Hasselt-Eindhoven, soit à 13 années en moyenne.

Au 1^{er} janvier 1898, soit en moyenne 16 1/2 années après la pose, 1,511 traverses type I avaient été retirées de la voie pour cause de bris et fissures, soit 36 1/2 p. c. de la totalité. Remarquons toutefois que, sur les 800 traverses de la pose n° 5, pas une seule n'avait été retirée. On peut évaluer très approximativement la durée moyenne du type I à :

14 années pour la pose n° 2.	20 années pour la pose n° 4.
16 — — n° 3.	22 — — n° 5.

Soit en moyenne 18 années pour les 4,133 traverses type I. Notons que le type I est suranné et le moins perfectionné des types essayés.

Les bris des traverses type I et de toutes les traverses à lumières percées à l'emporte-pièce proviennent de cette opération même, qui déforce le métal.

Au bout de 3 ou 4 ans de pose, il se produit des fissures partant des angles des lumières; ou plutôt, les fissures d'abord imperceptibles résultant du poinçonnage commencent alors à se montrer. Le manque d'épaisseur de la table de la traverse et les jambages trop minces, ainsi que la nature du métal (fer laminé), ont facilité l'agrandissement des fissures et finalement les bris.

DÉPENSE ANNUELLE POUR ACHAT. — Nous avons vu que la traverse du type I, qui est loin d'être parfait, a une durée de 5 années en plus que les traverses en chêne. Je vais démontrer qu'au point de vue de l'annuité, les traverses type I sont plus avantageuses que les traverses en chêne.

Voici le calcul au prix du jour :

1 traverse en chêne.	fr. 6 40
2 selles neuves en acier à 2.2 kilogrammes	0 60
4 crampons neufs à 0.33 kilogramme	0 28
1 traverse neuve en chêne avec accessoires	fr. 7 28
1 traverse hors service en chêne.	fr. 0 25
2 selles — à 1.6 kilogramme = 3.20 kilogrammes.	
4 crampons — à 0.305 — = 1.22 —	
4.42 kilogrammes à 5 centimes	0 22
1 traverse hors service avec accessoires hors service	fr. 0 47

Le remplacement coûte donc 7 fr. 28 c. — 47 centimes = 6 fr. 81 c.

A ce prix et avec une durée de 13 ans, on arrive

$$\left(\text{à intérêts composés à 4 p. c. et par la formule } p = P \frac{r}{(1+r)^n - 1} \right)$$

à une annuité de 41 centimes par traverse en chêne avec accessoires.

1 traverse neuve type I : 40 kilogrammes à 15 centimes.	fr.	6 00
4 crapauds neufs A.		0 34
4 boulons excentrés neufs A		0 72
1 traverse neuve type I armée	fr.	<u>7 06</u>
1 traverse hors service type I : 32 kilogrammes à 6 centimes.	fr.	4 92
4 crapauds hors service : 0.84 kilogramme.		
4 boulons — : 1.80 —		
2.64 kilogrammes à 5 centimes		<u>0 13</u>
1 traverse type I armée hors service	fr.	<u>2 05</u>

Le remplacement coûte donc 7 fr. 6 c. — 2 fr. 5 c. = 5 fr. 1 c.

A ce prix et avec une durée de 18 années, on arrive (à intérêts composés à 4 p. c. et en se servant de la formule ci-dessus) à une annuité de **19.5 centimes** par traverse type I armée.

Je constate donc qu'aux prix actuels et aux taux de 4 p. c., l'annuité par traverse est de 41 centimes — 19.5 centimes = **21.5 centimes** ou 52 p. c. en faveur de la traverse type I, système suranné et reconnu insuffisant. La différence est de 43.6 centimes — 21.3 centimes = **22.3 centimes** si au lieu de 4 p. c. on introduit dans le calcul 3 p. c., soit environ le taux actuel des emprunts de la Compagnie.

ROUILLE ET USURE. — Il a été procédé à divers pesages de traverses type I retirées de la voie après un séjour de 16 années et très soigneusement nettoyées.

Voici les résultats :

POSE	Rayon de courbure.	Nombre de trains par jour en moyenne.	DÉPÉDITION DE POIDS PAR TRAVERSE			BALLAST.
			en 16 années.	par année.		
			Kilog.	Kilog.	Pour cent.	
N° 2	R = 750 m.	25	8	0.50	1.25	Cendrées.
— 2	Alignement.	25	5	0.31	0.78	—
— 3	—	25	4	0.25	0.63	—
— 4 et 5	—	14	3	0.19	0.48	Sable.

Nous voyons que, même en cendrée, la déperdition de poids ne présente rien d'effrayant. Combien la rouille est insignifiante dans le sable ou dans le gravier, c'est ce qui ressort d'ailleurs d'une façon éclatante sur une autre ligne de la Compagnie Néerlandaise. En 1865, on a mis en œuvre, entre Deventer et Olst, 10,000 traverses Cosyns (poutrelle en fer avec deux tasseaux en chêne). En 1886, soit après 21 années de service, la Compagnie retira de la voie une de ces traverses et l'envoya à l'exposition de voies métalliques, organisée à Bruxelles par la Société belge des ingénieurs et des industriels. Dans une communication présentée en

mars 1886 ⁽¹⁾ devant cette Société, M. Post appuya sur l'importance de cette traverse comme document pour la question de la rouille. Aujourd'hui, ces traverses Cosyns ont 33 (*trente-trois*) années de service et ont desservi environ 200,000 trains. On est tellement convaincu qu'elles résisteront encore bien des années, qu'on est maintenant en train de remplacer les tasseaux en chêne, qui ne durent que 8 à 10 ans, par des tasseaux en fonte.

CONSERVATION DES PATINS DE RAILS. — L'examen d'une série de rails posés depuis 16 ans en alignement sur des traverses type I et sur des traverses en chêne, dans les mêmes conditions de fatigue, a donné les résultats suivants :

Usure du patin de rail posé sur traverses en chêne	2.00 millimètres.
— — — type I	0.75 —
<hr/>	
Donc usure du patin moindre en faveur de la traverse type I	1.25 millimètres.
<hr/>	
Profondeur de l'encoche dans le patin de rail, produit par le frottement du crampon	3.00 millimètres.
Idem par le frottement du boulon A.	1.00 —
<hr/>	
Donc moindre encoche en faveur de la traverse type I	2.00 millimètres.

Avec des attaches B (voir plus loin), le résultat aurait été plus favorable encore pour la traverse métallique ; en tout cas, elle conserve donc mieux le patin du rail que ne le fait la traverse en chêne. Cela s'explique aisément parce que l'assujettissement du rail sur la traverse se fait d'une façon plus énergique par le boulon que par le crampon, qui se soulève et provoque des martelages répétés du patin de rail sur la traverse ⁽²⁾. Outre la grande sécurité pour le trafic, résultant de la plus grande solidarité entre le rail et la traverse métallique, la bonne conservation des patins de rail est très importante pour la durée des rails ; bien des rails, en effet, sont mis hors de service par l'usure locale longtemps avant que l'usure régulière du champignon ait atteint la limite fixée.

ATTACHES TYPE A. — Sur chaque traverse type I, il y a : 4 boulons en fer de 19 millimètres à collet excentré avec écrou et 4 crapauds en fer laminé ; on a ajouté plus tard 4 anneaux-ressorts sous les écrous.

Ce système d'attache est défectueux et c'est un peu à ce défaut qu'on doit attribuer les frais d'entretien assez élevés des 4 poses d'essai du type I avec attaches A. La partie du crapaud qui serre le rail est trop courte. Le boulon est trop faible et se casse souvent au serrage. Le collet du boulon qui est en contact avec le patin de rail n'est pas assez large ; il s'incruste et alors il faut changer la position du boulon pour

⁽¹⁾ Voyez : *Bulletin de la Société belge des ingénieurs et des industriels* de mars 1886.

⁽²⁾ En 1885, pour nous faire une idée à ce sujet, nous avons mis des plaquettes en bois tendre sur quelques traverses métalliques et sur quelques traverses en chêne. La conclusion provisoire, tirée alors (voyez la communication précitée de M. Post), se trouve pleinement confirmée aujourd'hui par la pratique.

rendre à la voie l'écartement primitif. Or, avec ce système, cela nécessite le débou-
rage de la traverse, opération très longue et très coûteuse.

FRAIS D'ENTRETIEN. — Le tableau statistique de la traverse type I renseigne pour les
deux poses à 25 trains par jour :

Pose n° 2	168	journées de piocheur par kilomètre et par 10,000 trains.
— n° 3 (1).	193	— — — — —

et pour la base de comparaison :

Pose n° 1	110	journées de piocheur par kilomètre et par 10,000 trains.
---------------------	-----	--

J'attribue ces frais élevés de l'entretien des poses n°s 2 et 3 :

- 1° Au système défectueux d'attaches;
- 2° A la longueur (2^m35) insuffisante des traverses type I;
- 3° Au débouillage produit par la forme des extrémités de la traverse type I, l'inflexion $\frac{1}{20}$ continuant jusqu'aux bouts;
- 4° Au débouillage produit parce que les traverses n'avaient pas été recouvertes de ballast à l'extérieur de la voie;
- 5° Pour la pose n° 3 au sous-sol marécageux, d'où il résulte qu'on ne doit jamais mettre des traverses métalliques sur pareil terrain (2).

Les frais d'entretien de la pose n° 2 reviennent à environ 30 cent. par an et par traverse type I.

Ceux . . . n° 1 19 — — — — en chêne,

soit en plus pour la traverse type I : 41 cent.

Nous avons, du chef d'annuité pour achat, plus de 21 cent. en faveur de la traverse type I, il reste donc en faveur de la traverse type I plus de 40 cent.

Je constate donc que, malgré l'imperfection du type I de traverse et du type A d'attaches, non seulement le surcroît de dépenses annuelles pour entretien de la voie sur traverses type I est racheté par l'économie de dépense annuelle pour achat; mais qu'il reste même un boni annuel de plus de 10 centimes par traverse en faveur de ce système suranné et reconnu insuffisant et défectueux, soit plus de 110 francs par kilomètre de voie.

(1) En terrain marécageux.

(2) Dans la communication précitée de M. Post, mars 1886, nous lisons : « Les parties de voie où l'on ne devrait jamais mettre des traverses métalliques sont celles sur terrain mouvant et marécageux, heureusement rares et en général de longueur restreinte, et puis celles sur des remblais qui ne sont pas encore suffisamment assis. La voie s'y enfonce continuellement et l'on doit par conséquent relever souvent la traverse à la hauteur primitive. Ces parties de voie, toujours fort coûteuses d'entretien, le sont un peu moins avec les traverses en bois parce qu'il n'y a pas de creux à remplir chaque fois à nouveau. Pour éviter les déceptions, on ne devra surtout non plus placer les traverses métalliques sur des parties où la plate-forme est mal drainée. Quant au ballast à employer avec les traverses métalliques, tout ballast est bon, pourvu qu'il soit perméable et exempt d'ingrédients qui corrodent fortement le fer. »

Essais du type II avec attaches B.

Pose n° 7 à 29 trains par jour, n°s 6, 8, 9 et 12 à 25 trains par jour et n°s 10 et 13 à 13 trains par jour.
Total, 3,800 traverses en fer, profil Vautherin, à 47.2 kilogrammes la pièce et 2^m50 de longueur;
bouts recourbés. Posées en 1882 et 1883.

BRIS ET FISSURES. — Au 1^{er} janvier 1898, soit en moyenne 14 1/2 années après la pose, 1,154 traverses type II avaient été retirées de la voie pour cause de bris et fissures, soit 30 p. c. de la totalité.

CONSERVATION DES PATINS DE RAIL. — L'examen de quelques rails de la file intérieure de la pose n° 12 (en courbe de 500 mètres de rayon) sur traverses type II avec attaches B après 14 années de service a donné les résultats suivants :

Usure du patin de rail, mesurée à la partie extérieure	4.25 millimètre.
— — — — — intérieure	4.00 —
Profondeur de l'encoche extérieure du patin de rail, dû au contact du carré excentré	4.00 —
Profondeur de l'encoche intérieure du patin de rail, dû au contact du carré excentré	0 —

En comparant avec l'usure et la profondeur d'encoche due aux crampons sur traverses en chêne (voir ci-dessus « Essai du type I avec attaches A »), on constate que la traverse II, comme la traverse I, conserve mieux les patins de rail que ne le font les traverses en chêne.

ATTACHES B. — Sur chaque traverse II, il y a : 4 boulons en acier de 19 millimètres, avec écrou-taraud (système Ibbotson), 4 carrés excentrés en fer et 4 crapauds en fer laminé.

Ce système d'attaches a donné d'excellents résultats. Les écrous-tarauds ne se desserrent pas; il résulte de l'expérience de 14 années qu'un tour de clef ou deux par an suffit pour rattraper le petit jeu qui se produit par l'usure aux diverses surfaces de contact.

Les carrés excentrés (système Roth et Schueler) permettent non seulement d'obtenir exactement l'écartement de voie voulu, mais encore de rectifier rapidement et sans débouillage l'altération dans l'écartement de la voie qui se produit par le passage des trains; il suffit, en effet, de desserrer l'écrou et de changer la position du carré. Une pareille correction, coûteuse et longue avec les autres systèmes d'attaches, revient avec le système B à moins de 130 francs par kilomètre de voie. Dans les courbes de 500 mètres de rayon, on peut se borner à rectifier l'écartement tous les 4 ans; en alignement, tous les 8 ans ou plus.

Les écrous-tarauds Ibbotson et les carreaux Roth et Schueler, achetés en 1882, n'avaient qu'un défaut : celui de coûter fort cher, grâce aux droits de brevet. Je présume qu'aujourd'hui ces brevets seront tombés dans le domaine public et que les

prix du jour seront plus abordables. Toutefois, les écrous-tarands exigent une fabrication très soignée et des installations spéciales.

ÉCARTEMENT DE LA VOIE. — Je constate qu'il existe des attaches (B) permettant de donner à la voie — dans l'alignement comme dans les courbes de raccordement — exactement l'écartement voulu et de maintenir à peu de frais cet écartement, si l'on veut, avec une grande précision. C'est un grand avantage qu'ont les traverses métalliques sur les traverses en bois. J'ajoute qu'il est utile, à mon avis, d'appliquer les lumières dans les traverses de façon à obtenir 1^m440 (au lieu de 1^m435) d'écartement avec la position normale du carré excentré. Grâce au jeu des attaches, il se produit par le passage des trains un petit rétrécissement dans l'alignement et un petit élargissement dans les courbes. Il n'y a alors que les courbes à faible rayon où l'on doit donner un surécartement par une autre position du carré excentré. C'est, à mon avis, une grande simplification.

FRAIS D'ENTRETIEN. — Le tableau statistique de la traverse type II renseigne pour les 4 poses du type II à 25 trains par jour un entretien un peu moins coûteux que pour les poses du type I à 25 trains par jour; cependant, la moyenne dépasse encore les frais d'entretien de la pose n° 1 sur traverses en chêne.

Essai des types III, IV et V avec attaches A.

Poses nos 14 et 17 à 25 trains par jour; nos 15, 16, 18 et 19 à 14 trains par jour. Ces poses comprennent : 3,078 traverses types III et IV en acier tendre, profil Haarmann, pesant 50 kilogrammes la pièce; les fers en \perp rivés dans le type IV pèsent 1 kilogramme la pièce. Longueur, 2^m50. Posées en 1883. Puis encore : 505 traverses type V en acier tendre, profil Vautherin, pesant 43.4 kilogrammes la pièce. Longueur, 2^m60. Inclinaison, 1 : 20 (sous patin de rail) étampée à chaud, procédé Lichthammer. Posées en 1884.

CLOISONS. — Les types III et IV (fig. 3 et 4) ne diffèrent que par les 2 cloisons en fer \perp . La Compagnie a essayé la variante IV pour se rendre compte de l'utilité de ces cloisons, qu'on appliquait beaucoup en Allemagne. La comparaison des types III et IV sous le rapport du débouillage, de la stabilité, du déplacement latéral et des frais d'entretien, a montré que les cloisons sont superflues.

BRIS ET FISSURES. — Considérons d'abord la pose n° 14 en type III et IV, qui se trouve en courbe de 350 mètres de rayon et en pente de 16 millimètres. Dans cette pose au 1^{er} janvier 1898, toutes les traverses avaient été retirées à cause de bris et fissures, les dernières fin 1897. On peut évaluer la durée moyenne de ces traverses dans cette courbe à 13 années. Cette durée est évidemment insuffisante, mais il est à remarquer que dans cette même courbe les traverses en chêne n'ont que 10 années de durée moyenne.

Dans les autres poses du type III et IV (nos 15, 16, 17 et 18), on avait retiré de la voie avant le 1^{er} janvier 1898, pour cause de bris et fissures : 335 traverses, soit 19 p. c. de la totalité.

ATTACHES A. — Elles sont défectueuses comme celles sur les traverses type I.

FRAIS D'ENTRETIEN. — Parmi les 6 poses des types III, IV et V, figurant au tableau statistique, il n'y a que le n° 17 à 23 trains par jour qui soit comparable à la base de comparaison, pose n° 1.

Les frais élevés de la pose n° 17 proviennent surtout de la main-d'œuvre dépensée pour les attaches A. Avec les attaches B, les types III, IV et V de traverses auraient donné une dépense d'entretien égale ou probablement inférieure à celle des traverses en chêne.

Essai du type VI avec attaches C.

Pose n° 20 à 14 trains par jour et n° 24 à 25 trains par jour, comprenant 1,816 traverses type VI en acier tendre, profil Kuepfer, système Post, laminées à profil variable (renforcement de la table et inclinaison 1 : 20 sous patin de rail, obtenus au laminage)⁽⁴⁾, abouts étampés à chaud sans découpage et descendant à 5 centimètres en-dessous de la traverse ; voir figures 20 et 21. Posées en 1886 et 1887.

BRIS ET FISSURES. — Au 1^{er} janvier 1898, soit en moyenne 11 années après la pose, 12 traverses type VI avaient été retirées de la voie pour fissures partant des angles des lumières (percées à l'emporte-pièce), soit 0.7 p. c. de la totalité.

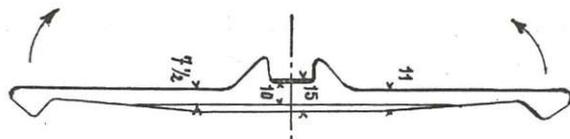


Fig. 19.

Le cahier des charges prescrit des minimums d'allongement et de contraction afin d'écartier l'acier trop dur. On espérait obtenir ainsi un acier suffisamment tendre pour supporter le perçage à l'emporte-pièce des lumières rectangulaires à angles *arrondis*. La réception a été sévère. Malgré tout cela, plusieurs traverses commencent à montrer des fissures, toutes partant des angles des lumières.

ATTACHES C. — Sur chaque traverse VI, il y a 4 boulons en fer de 22 millimètres de collet excentré avec écrou et anneau-ressort et 4 crapauds en fer ou acier laminé ou bien en fer ou acier étampé. Les attaches C valent un peu mieux que les attaches A, mais puisqu'elles sont basées sur le même principe, elles en ont aussi les défauts et laissent à désirer. Les attaches B et surtout D valent beaucoup mieux.

(4) Le brevet de ce procédé est expiré et tombé dans le domaine public. L'économie de matière due au renforcement local est d'environ 15 p. c. On fabrique aussi des traverses de cette forme en laminant un profil plat avec renforcements (fig. 19) et en emboutissant la traverse entière dans une presse hydraulique ; procédé dont probablement le brevet est également expiré ou bien le sera bientôt. Pour un même moment d'inertie du profil sous patin de rail de la traverse terminée, l'économie de matière du procédé à profil plat est cependant inférieure à l'économie obtenue par le procédé à profil en forme d'auge.

FRAIS D'ENTRETIEN. — La pose n° 20 (voir tableau statistique), à 25 trains par jour, n'a coûté que 71 journées par kilomètre et par 10,000 trains, contre 109 journées pour la pose n° 1 sur traverses en chêne. Le résultat aurait été bien plus favorable encore pour la traverse VI si les attaches C avaient occasionné moins de main-d'œuvre.

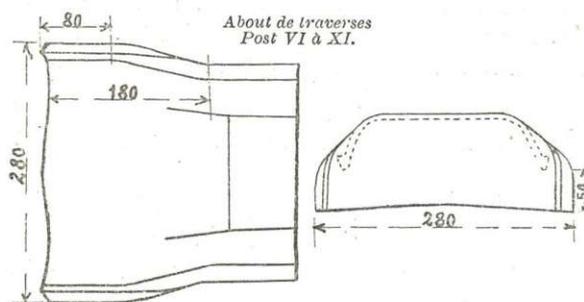


Fig. 20. — Plan.

Fig. 21. — Élévation.

Traverses Post, types VII, VIII et IX.

En 1886 et 1887, M. Post a perfectionné le type VI en donnant à la traverse une *taille* qui — tout en augmentant la rigidité en plan vertical du milieu de la traverse — s'oppose au cheminement de la voie et diminue la surface d'appui du milieu de la traverse. C'est un avantage, surtout pour les nouvelles voies et pour les voies peu soignées ; mais aussi pour les autres. Il arrive souvent, en effet, que des piocheurs peu exercés bourrent trop la traverse à l'extérieur des rails, ce qui détermine une flexion du milieu ; ou bien ils bourrent trop la traverse à l'intérieur des rails, ce qui donne une flexion du milieu en sens inverse. La rigidité que donne la *taille* s'oppose à la flexion dans ces cas. Parfois, le bourrage est négligé et la traverse alors finit par trouver son appui principal au milieu, ce qui est mauvais pour la stabilité de la voie. Mais lorsque la traverse a une *taille*, le peu de surface qu'offre cette *taille* fait enfoncer le milieu dans le ballast et la traverse ainsi retrouve son appui au droit des rails. La forme de la *taille* et des abouts tend à faire affluer le ballast vers les surfaces d'appui sous le rail.

Le type VII n'a été appliqué que sur une petite échelle, la fabrication de la *taille* taillante (fig. 7) étant trop coûteuse.

Je préfère le type IX (dit *dromadaire*) au type VIII : le bourrelet inférieur du milieu de la traverse IX étant situé moins bas, a moins de tendance à trouver un appui.

Les traverses VII, VIII et IX étant toutes munies du système défectueux d'attaches C, les frais d'entretien ne sont pas aussi minimes qu'on avait espéré. Cependant, ils restent en dessous des frais d'entretien des traverses type VI et à plus forte raison en dessous de ceux des traverses en chêne.

Traverses Post, types X et XI avec attaches D.

Dès que j'avais constaté des fissures dans les angles des lumières rectangulaires des traverses en acier tendre, M. Post avait construit le système d'attaches D (fig. 15 à 18) pouvant s'adapter à des *lumières rondes*, permettant ainsi, en *forant* les trous, de se passer du perçage à l'emporte-pièce. C'est une variante des attaches B. Seulement, tandis que dans le système B c'est le collet carré du boulon qui l'empêche de tourner lorsqu'on serre l'écrou, avec le système D toute la tige du boulon est ronde et c'est la tête carrée du boulon, logée entre *deux nervures longitudinales laminées* sur la surface inférieure de la table de la traverse (fig. 22), qui empêche le boulon de tourner avec l'écrou.

Profils de traverses Post X et XI.

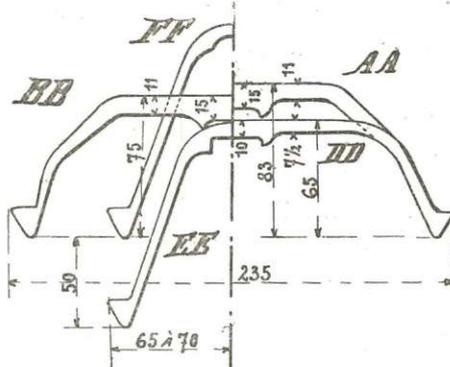


Fig. 22.

La grande difficulté était d'obtenir que les aciéries fassent des installations pour forer avec précision, rapidement et à bon marché, les 4 trous par traverse. Il y avait des oppositions à vaincre, comme autrefois à l'époque où l'on exigea pour la première fois que les trous pour boulons dans l'âme des rails devaient être forés. On ne réussit qu'en 1889 à conclure un contrat raisonnable.

Les traverses types X et XI avec attaches D (voir fig. 10 et 11) mises en œuvre depuis 1890 se tiennent parfaitement bien sous tous les rapports et les frais d'entretien sont absolument *minimes*, inférieurs de beaucoup à ceux des traverses en chêne.

Je préfère le type X au type XI à cause de la taille *dromadaire*. Tandis que dans les traverses types I à IX les fissures se montraient dès 3 ou 4 années de service, *aucune* des traverses types X et XI ne montre jusqu'à présent une trace de fissure.

La durée des traverses à lumières percées à l'emporte-pièce dépendant surtout des fissures, l'heureuse innovation de *forer* les trous prolongera de beaucoup la durée des traverses X et XI. L'usure des parois des trous par la vibration du boulon est insignifiante; surtout avec le contact intime d'une tige ronde dans une lumière ronde et avec un écrou qui ne se desserre pas.

Il n'y a donc, quant à la durée de la traverse, qu'à tenir compte de l'usure de la table sous patin de rail. Il est minime, surtout en alignement; mais pour les lignes parcourues par beaucoup de trains, il peut être avantageux, surtout dans les courbes, de prolonger encore la durée de la traverse en intercalant sous patin de rail des plaques en acier ou en fer de 12 ou 10 millimètres. Pour cela, j'ai essayé s'il y a inconvénient à armer ainsi les traverses X et XI avec attaches D de deux *plaques d'usure* (fig. 15 et 16) et j'ai constaté qu'il n'y a aucun inconvénient, que l'assujettissement du rail sur la traverse reste excellent et que l'écartement se maintient comme sur la traverse sans plaques.

Il y a là un moyen de faire durer quasi indéfiniment les traverses d'acier, même sur les voies à grande circulation.

Traverses pour courbes à très faible rayon.

Il y a près de Herstal une courbe de 350 mètres de rayon en pente de 16 millimètres par mètre parcourue par tous les trains (25 par jour), qui autrefois donna lieu chaque année à de fortes dépenses d'entretien. Les traverses en chêne n'y duraient que 10 années, grâce aux clouages répétés pour corriger les surlargeurs d'écartement, et les crampons placés à l'extérieur des rails (du grand et du petit rayon) s'entaillaient tellement qu'il fallait en renouveler la plupart tous les deux ans. Les rails accusaient une tendance au cheminement et au déversement et les patins des rails montraient de l'usure en dessous et des encoches aux surfaces de contact avec les crampons.

Un petit essai de traverses type II dans cette courbe ne donna pas non plus de résultats bien satisfaisants.

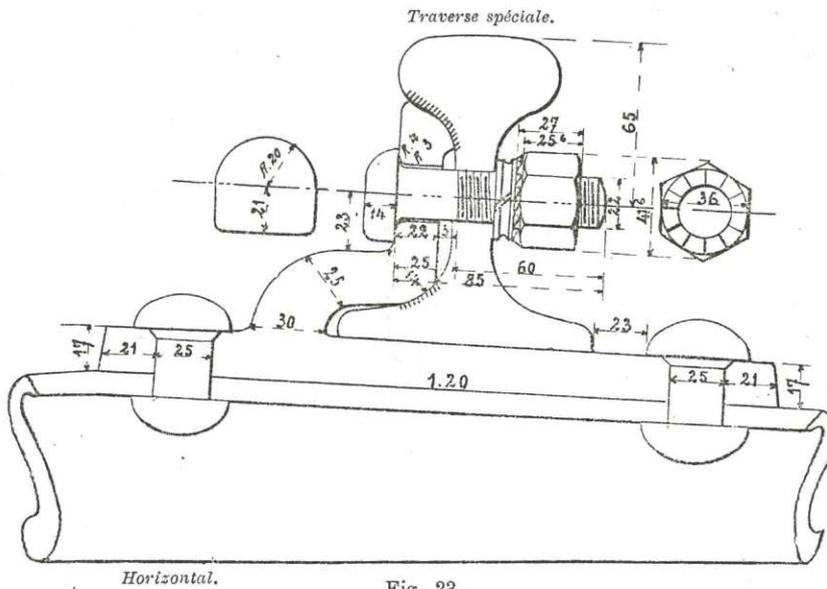
Pour tâcher de remédier à ces inconvénients, M. Post fit fabriquer, en 1888, 200 traverses spéciales (fig. 23). Ce sont des traverses type VI munies chacune de 4 trous forés et armées de 2 coussinets en fer étampé, rivés sur la table chacun par 2 rivets de 25 millimètres. Le rail n'est fixé que par un boulon horizontal, soit 2 boulons par traverse. Les coussinets sont à telle distance entre eux que les rails ont l'écartement voulu pour la courbe; pour les courbes de raccordement, on peut appliquer des fourrures en tôle contre l'âme du rail.

Je mis en observation au 1^{er} janvier 1889 ces 200 traverses dans ladite courbe, pose n° 27 (voir tableau statistique); voilà donc neuf ans qu'elles sont en œuvre. Les résultats sont excellents : il n'y a aucune trace de fissures dans les traverses, l'écartement reste invariable, l'usure du patin et de l'âme du rail ainsi que l'usure du coussinet sont insignifiantes, il n'y a plus question de cheminement ou de déversement des rails. Les frais d'entretien (138 journées par kilomètre et par 10,000 trains) sont minimes eu égard aux conditions exceptionnelles dans lesquelles se trouve cette pose. Aucun système essayé dans les courbes à très faible rayon du réseau Liégeois-Limbourgeois n'a donné des résultats aussi satisfaisants.

Le seul défaut constaté dans ces traverses spéciales est le disloquement de

quelques rivets; il est vrai que jusqu'à présent cela n'a pas causé d'inconvénient. Pour éviter ce défaut, on pourrait :

- 1° Se servir d'une traverse à table plus épaisse sans nervures et à profil plus large;
- 2° River chaque coussinet par 2 rivets à l'extérieur et 1 rivet à l'intérieur;
- 3° Porter le diamètre des rivets (surtout de ceux à l'extérieur) de 25 à 30 millimètres;
- 4° Exiger que tous les rivets soient placés au moyen de la presse hydraulique.



Les coussinets étampés et le travail d'ajustage sont fort chers, de sorte que le prix de ces traverses spéciales est assez élevé. Cependant, j'estime que pour des courbes à très faible rayon dans la voie principale, c'est une dépense utile dans l'intérêt de la sécurité. La réduction des frais d'entretien et de renouvellement amortit d'ailleurs bientôt le surcroît de dépenses d'achat. Au reste, pour la plupart des chemins de fer, la somme des longueurs de pareilles courbes est petite en comparaison de la longueur totale du réseau.

Conclusions.

Les divers essais de traverses métalliques de différents types qui ont été faits sur le réseau Liégeois-Limbourgeois depuis 17 ans, ont donné lieu à quelques mécomptes et les résultats obtenus n'ont pas tous répondu entièrement à l'attente.

Des défauts graves, notamment les fissures et les bris des traverses types I à IX inclus, se sont produits ainsi que des défauts dans les attaches A et C.

Ces défauts étaient peut-être de nature à faire abandonner complètement l'emploi de traverses métalliques si M. Post n'était pas parvenu à les empêcher.

Les FISSURES et les BRIS des traverses, qu'on doit attribuer surtout au perçage à l'emporte-pièce des lumières rectangulaires, ont pu heureusement être évités dans les types X et XI (voir dispositions avec attaches D, fig. 15 à 18), grâce au renforcement de la table de la traverse, à l'application de 2 nervures longitudinales qui restent intactes et par le forage des trous (ronds) pour les boulons. Par cela, la durée des traverses types X et XI est augmentée considérablement et elle sera égale, j'en suis convaincu, à plusieurs fois celle des traverses en chêne.

L'ENTAILLEMENT et les ENCOCHES dans les PATINS DE RAIL et dans les BOULONS ont pu être réduits à des quantités insignifiantes par l'emploi du carré excentré (fig. 18). De cette façon, la vie des rails est prolongée et les frais du chef de renouvellement d'attaches sont descendus en dessous de ceux pour renouvellement d'accessoires pour traverses en chêne.

En employant un bon système d'écrou qui ne se desserre pas par les vibrations, l'USURE DU PATIN DE RAIL, de la TABLE DE LA TRAVERSE, des BOULONS d'attache et des PAROIS DES LUMIÈRES est absolument insignifiante.

LES FRAIS D'ENTRETIEN de la voie sur traverses X et XI avec attaches D sont inférieurs de beaucoup à ceux de la voie sur traverses en chêne.

L'ÉCARTEMENT est mieux maintenu sur les traverses X et XI avec attaches D que sur les traverses en chêne et, grâce à la solidité de l'assujettissement du rail sur la traverse d'acier, la SÉCURITÉ est plus grande.

J'estime donc que la traverse Post type XI ⁽¹⁾ et surtout X ⁽¹⁾ (voir fig. 10 et 11) avec attaches D, telle que la représentent les figures 15 à 17 et 18 à 21 (sans ou avec plaques d'usure), est de beaucoup préférable à la traverse en chêne et ce à tous les points de vue : durée et annuité pour traverses et attaches, conservation des patins de rail, frais d'entretien, maintien de l'écartement et sécurité.

Je ne donnerais la préférence à la traverse en chêne que pour les cas restreints :

- 1° D'une plate-forme mal drainée ;
- 2° D'un remblai non encore suffisamment assis ;
- 3° D'un sous-sol marécageux.

Pour les lignes à très grande circulation, il y aurait peut-être lieu :

1° D'augmenter la base de la traverse X ou XI en portant la largeur du profil de 235 à 260 ou 270 millimètres et la longueur de la traverse de 2^m60 à 2^m70, afin de réduire encore les frais d'entretien de la voie ;

2° De munir chaque traverse de 2 « plaques d'usure » afin de prolonger encore la durée de la traverse (fig. 15 et 16) ;

(1) Ces types ne font l'objet d'aucun brevet.

3° D'augmenter la hauteur des abouts (fig. 20 et 21) afin de faire encore mieux résister la traverse au déplacement latéral en cas de grandes vitesses ou de locomotives ayant un fort mouvement de lacet;

4° De porter l'épaisseur des boulons de 22 à 25 millimètres.

Pour les courbes à très faible rayon se trouvant dans la voie principale, je préconise l'emploi de traverses spéciales à coussinets (fig. 23).

En résumé, les frais supplémentaires occasionnés par les essais pendant 17 années des divers systèmes de voies métalliques sur le réseau Liégeois-Limbourgeois ont été insignifiants ou zéro et ces essais n'ont pas été infructueux.

Ils ont permis de fixer les idées sur bien des questions douteuses et de faire connaître plusieurs défauts qui ont pu être corrigés d'une façon heureuse. Les perfectionnements apportés graduellement sont de nature, d'après mon humble appréciation, à assurer le développement des voies métalliques dans le monde entier et à contribuer ainsi à l'économie ⁽¹⁾ et à la sécurité des chemins de fer.

Pour terminer, je dirai que je suis heureux de constater que les résultats de nos 17 années d'essais non seulement confirment pleinement l'opinion favorable de beaucoup d'ingénieurs qui se sont spécialement occupés de la question des voies métalliques depuis bien des années, notamment de MM. CH. BRICKA, J.-W. POST, A.-M. KOWALSKI, E.-E. RUSSELL TRATMAN, CH. LEBON et DIETLER; mais encore que nos résultats se concertent entièrement avec les résultats favorables obtenus sur d'autres chemins de fer ⁽²⁾ où la question a été étudiée avec persévérance et d'une façon objective par des essais méthodiques faits sans idée préconçue.

(1) D'autant plus que ces perfectionnements ne font pas l'objet de brevets; le brevet du laminage à profil variable est tombé dans le domaine public et les autres perfectionnements n'ont pas été brevetés.

(2) Voyez entre autres le rapport de février 1898 du chemin de fer du Saint-Gothard, résumé dans la *Revue universelle des mines* de mars 1898. A noter aussi l'emploi croissant chaque année de traverses d'acier aux chemins de fer de l'État en Prusse et en France et le fait que le rapport entre le nombre de traverses métalliques et de celles en bois, pris sur l'ensemble des chemins de fer du globe, augmente constamment.

STATISTIQUE DES FRAIS D'ENTRETIEN DES POS

Pose d'essai n°.		SOUS-SECTIONS.	de kilomètres.	à kilomètres.	Pente et rampe en millimètres par mètre.	Rayon de courbure en mètres.	Longueur de la pose en mètres.	Nombre de traverses.	SYSTÈME		Année de la pose.	Date de la mise en observation.	Nombre de jours en œuvre depuis la mise en observation jusqu'au 1 ^{er} janvier 1888.	Nombre de trains depuis la mise en observation
Trains par jour en moyenne.	de traverses.								d'attaches.					
1	25	Liège-Tongres.	15.620	14.612	12	500	1,008	1,120	Chêne.	Crampons.	1881	1 ^{er} juillet 1881.	4,932	123,3
2	25	Liège-Tongres.	16.666	15.620	12	750 Alignement	1,046	1,133	I	A	1881	1 ^{er} juillet 1881.	5,297	132,4
3	25	Bilsen-Hasselt (1) . . .	41.093	40.170	1.2		Alignement	923	1,000	I	A	1881	1 ^{er} sept. 1881.	5,906	149,1
4	14	Hasselt-Wychmael . . .	22.238	21.130	2.9	—	1,108	1,200	I	A	1881	15 juin 1881.	6,044	84,5
5	14	Wychmael-Achel . . .	32.673	31.940	3.4	—	733	800	I	A	1881	1 ^{er} sept. 1881.	5,906	83,3

STATISTIQUE DES FRAIS D'ENTRETIEN DES POS

Pose d'essai n°.		SOUS-SECTIONS.	de kilomètres.	à kilomètres.	Pente et rampe en millimètres par mètre.	Rayon de courbure en mètres.	Longueur de la pose en mètres.	Nombre de traverses.	SYSTÈME		Année de la pose.	Date de la mise en observation.	Nombre de jours en œuvre depuis la mise en observation jusqu'au 1 ^{er} janvier 1888.	Nombre de trains depuis la mise en observation
Trains par jour en moyenne.	de traverses.								d'attaches.					
1	25	Liège-Tongres.	15.620	14.612	12	500	1,008	1,120	Chêne.	Crampons.	1881	1 ^{er} juillet 1881.	4,932	123,3
6	25	Liège-Tongres.	7.946	7.432	16	1000	514	600	II	B	1882	1 ^{er} juillet 1883.	5,479	136,4
7	29	Liers-Flémalle	1.831	1.393	Horizontal.	1000	438	500	II	B	1882	1 ^{er} — 1883.	4,748	137,4
8	25	Tongres-Bilsen	25.031	24.570	8	Alignement	461	500	II	B	1882	1 ^{er} — 1883.	5,479	136,4
9	25	Bilsen-Hasselt.	43.625	43.349	4		—	276	300	II	B	1882	1 ^{er} — 1883.	5,479	136,4
10	14	Hasselt-Wychmael . . .	8.408	7.301	3.9	—	1,107	1,200	II	B	1882	1 ^{er} — 1883.	5,479	76,7
12	25	Liège-Tongres.	12.787	12.528	13	500	259	300	II	B	1883	1 ^{er} octobre 1883	5,206	130,4
13	14	Hasselt-Wychmael . . .	1.562	1.218	6.5	500	344	400	II	B	1883	15 sept. 1883.	5,221	73,4

D'ESSAI EN TRAVERSES TYPE I AVEC ATTACHES A.

NOMBRE DE JOURNÉES EMPLOYÉES A L'ENTRETIEN																		total des journées employées.	en moyenne par kilomètre et par 10,000 trains.	Nombre de traverses retirées de la voie.	Observations.
en 1881.	en 1882.	en 1883.	en 1884.	en 1885.	en 1886.	en 1887.	en 1888.	en 1889.	en 1890.	en 1891.	en 1892.	en 1893.	en 1894.	en 1895.	en 1896.	en 1897.					
12 1/2	34	204 3/4	66	83	185	73	46 1/2	125	137	87	142 1/2	151	20	Supprimée.	...	...	1,367 1/4	110	1,120	
91	70	133	34	188 1/2	99	154	85	105	83	536 1/4	203	113 1/2	260 1/2	175	Supprimée.	...	2,330 3/4	168	1,133		
109 1/2	133 1/2	301 1/2	41 1/4	142	60	186	325	273 1/2	98 1/2	150	248	49	97	142	106	188	2,652 3/4	193 (1)	305		
86 1/2	132 1/2	153	48 3/4	37	93	70 1/2	116	150	64	83	197	116	132	284	158	151	2,078	(222)	73		
75	148	105 1/2	44 3/4	73 1/2	77	31 1/2	47 1/2	162 1/2	34 1/2	100 1/2	113	83	79 1/2	76	133 3/4	104	1,489 1/2	(243)	0	(1) En terrain marécageux.	

D'ESSAI EN TRAVERSES TYPE II AVEC ATTACHES B.

NOMBRE DE JOURNÉES EMPLOYÉES A L'ENTRETIEN																		total des journées employées.	en moyenne par kilomètre et par 10,000 trains.	Nombre de traverses retirées de la voie.
en 1881.	en 1882.	en 1883.	en 1884.	en 1885.	en 1886.	en 1887.	en 1888.	en 1889.	en 1890.	en 1891.	en 1892.	en 1893.	en 1894.	en 1895.	en 1896.	en 1897.				
12 1/2	34	204 3/4	66	83	185	73	46 1/2	125	137	87	142 1/2	151	20	Supprimée.	...	...	1,367 1/4	110	1,120	
...	...	102	35 3/4	52	89	43 1/2	118	92 1/4	10	23	126	95 1/2	146 1/2	28	174	65	1,200 1/2	171	263	
...	...	109	20 1/4	80 1/2	36 1/2	41 3/4	103	187	65	143	127	140	89	14	Supprimée.	...	1,156	191	500	
...	...	143	47	108	10 1/4	4	23	211	24	79 1/2	111	31	49	44	68	20	972 3/4	154	82	
...	...	81	42	44 3/4	13 1/4	29 1/2	44	123 1/2	54	56	52	18 1/2	41	64	20	54	737 1/2	195	48	
...	...	208	91 1/4	63	100	120	104	202	125	56 1/2	103	84	108	181	142	132	1,819 3/4	(214)	55	
...	38	19	11	30 1/2	22	62 1/4	25	24	36	13	39	67	4	77	467 3/4	139	47	
...	28 1/2	30 1/2	57	37 1/2	30 1/2	78	15	21 1/2	26	40	28	63	63	77	595 1/2	(237)	159	

STATISTIQUE DES FRAIS D'ENTRETIEN DES POSES D'ESSAI

Pose d'essai n°.	Trains par jour en moyenne.	SOUS-SECTIONS.	de kilomètres.	à kilomètres.	Pente et rampe en millimètres par mètre.	Rayon de courbure en mètres.	Longueur de la pose en mètres.	Nombre de traverses.	SYSTÈME		Année de la pose.	Date de la mise en observation.	Nombre de jours en œuvre depuis la mise en observation jusqu'au 1 ^{er} janvier 1888.	Nombre de trains depuis la mise en observation jusqu'au 1 ^{er} janvier 1888.
									de traverses.	d'attaches.				
1	25	Liège-Tongres.	15.620	14.612	12	500	1,008	1,120	Chêne.	Crampons.	1881	1 ^{er} juillet 1881.	4,932	123,30
14	25	Liège-Tongres.	4.002 3.640	3.790 3.836	16	350	1,016	1,328	III, IV	A	1883	1 ^{er} octobre 1883	5,206	130,15
15	14	Hasselt-Wychemael. . .	1.218	0.765	6.5	500	453	500	III, IV	A	1883	15 sept. 1883.	5,221	73,04
16	14	Achel-Eindhoven. . . .	47.334	47.795	0.8	2000	461	500	III	A	1883	1 ^{er} mars 1884.	5,054	70,75
17	25	Liège-Tongres.	12.528	12.315	13	500	213	250	IV	A	1883	1 ^{er} octobre 1883.	5,206	130,15
18	14	Achel-Eindhoven. . . .	47.795	48.256	Horizontal.	Alignement	461	500	IV	A	1884	1 ^{er} mars 1884.	5,054	70,75
19	14	Achel-Eindhoven. . . .	46.868	47.334	0.8	—	466	505	V	A	1884	1 ^{er} mars 1884.	5,054	70,75

STATISTIQUE DES FRAIS D'ENTRETIEN DES POSES D'ESSAI EN TRAVERSE

Pose d'essai n°.	Trains par jour en moyenne.	SOUS-SECTIONS.	de kilomètres.	à kilomètres.	Pente et rampe en millimètres par mètre.	Rayon de courbure en mètres.	Longueur de la pose en mètres.	Nombre de traverses.	SYSTÈME		Année de la pose.	Date de la mise en observation.	Nombre de jours en œuvre depuis la mise en observation jusqu'au 1 ^{er} janvier 1888.	Nombre de trains depuis la mise en observation jusqu'au 1 ^{er} janvier 1888.
									de traverses.	d'attaches.				
1	25	Liège-Tongres.	15.620	14.612	12	500	1,008	1,120	Chêne.	Crampons.	1881	1 ^{er} juillet 1881.	4,932	123,30
20	14	Achel-Eindhoven. . . .	52.709	52.032	1	2000	677	735	VI	C	1885 1886	1 ^{er} juin 1886.	4,232	59,24
24	25	Liège-Tongres.	8.000	9.000	—	Alignement	1,000	1,081	VI	C	1887	1 ^{er} — 1887.	3,867	96,67
27	25	Liège-Tongres.	3.811	3.640	16	350	171	200	Traverses spéciales à coussinets.		1888	1 ^{er} janvier 1889.	3,287	82,17

EN TRAVERSES TYPES III, IV ET V AVEC ATTACHES A.

NOMBRE DE JOURNÉES EMPLOYÉES A L'ENTRETIEN																			Total des journées employées.	en moyenne par kilomètre et par 10,000 trains.	Nombre de traverses retirées de la voie.
en 1881.	en 1882.	en 1883.	en 1884.	en 1885.	en 1886.	en 1887.	en 1888.	en 1889.	en 1890.	en 1891.	en 1892.	en 1893.	en 1894.	en 1895.	en 1896.	en 1897.					
121 1/2	34	204 3/4	66	83	185	73	46 1/2	125	137	87	142 1/2	151	20	Supprimée.	...	...	1,367 1/4	110	1,120
...	...	0	216	226	114 1/2	242 3/4	222 1/4	152 3/4	27	126	95	88 1/2	263	227	291	136	2,527 3/4	191	1,328		
...	...	0	21 1/4	35 1/2	22	36 1/2	72	46	32	78	140	27	76	62	83	49	780 1/4	(236)	210		
...	27 3/4	12	42 1/4	78	22	94	29	8	25	40	75	86	166	76	781	(239)	48		
...	39	38 1/2	17	34 1/2	16	23 1/2	27	10	32	16	64	42	56	108	533 1/2	192	77		
...	20 1/4	30 1/2	29	61	41	37	8	53	54	41 1/2	106	53	95	62	691 1/4	(212)	0		
...	38 1/4	74	24	42	16	41	32	173	40	40	55	101	94	97	867 1/4	(263)	6		

TYPE VI AVEC ATTACHES C ET EN TRAVERSES SPÉCIALES A COUSSINETS.

NOMBRE DE JOURNÉES EMPLOYÉES A L'ENTRETIEN																			Total des journées employées.	en moyenne par kilomètre et par 10,000 trains.	Nombre de traverses retirées de la voie.
en 1881.	en 1882.	en 1883.	en 1884.	en 1885.	en 1886.	en 1887.	en 1888.	en 1889.	en 1890.	en 1891.	en 1892.	en 1893.	en 1894.	en 1895.	en 1896.	en 1897.					
121 1/2	34	204 3/4	66	83	185	73	46 1/2	125	137	87	142 1/2	151	20	Supprimée.	...	...	1,367 1/4	110	1,120
...	...	...	...	...	10	30	100	110	35	6	64	37	66	130	26	22	636	(158)	0
...	...	...	...	...	0	60	26 1/4	15	147	40	78	99	15	132	71		683 1/4	71	12
...	...	...	...	...	...	...	17	3	7	14	6	39	48	36	24 1/2		194 1/2	(138)	0