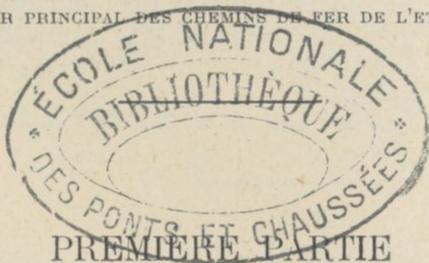


LA
VOIE COURANTE DES CHEMINS DE FER
DE L'ÉTAT BELGE

par M. Pierre DECAMPS

INGÉNIEUR PRINCIPAL DES CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT BELGE.



DESCRIPTION DE LA VOIE

Le réseau des chemins de fer de l'Etat belge se compose de voies posées en rails de quatre profils, qui pèsent respectivement 38 kilog., 40 kilog. 650, 52 et 57 kilog. le mètre courant.

L'Etat belge a mis à l'essai en 1907, un rail de gros profil, pesant 57 kilog. le mètre courant. Cette voie a donné de bons résultats : elle remplacera la voie de 52 kilog., notamment sur la ligne accidentée du Luxembourg.

Les lignes internationales sont constituées en rails de 52 kilog., dits « Goliath » ; toutes les autres lignes sont armées de rails de 38 kilog. ou de 40 kilog. 650.

Le profil le plus ancien est celui de 38 kilog. ; le plus récent celui de 40 kilog. 650. Le rail de 52 kilog. date de 1886. Tous les joints sont en porte-à-faux, en regard et posés avec éclisses cornières sauf pour le rail de 57 kilog.

Voie en rails de 38 kilog.

Le rail de 38 kilog. se pose avec une inclinaison de 1/20 au moyen de crampons, avec interposition de plaques d'appui (Fig. 1).

Les barres mesurent normalement 9^m,00 de longueur et se posent sur 12 billes. Elles sont percées de deux trous de 24 ^m/_m à chacune de leurs extrémités. Le joint se fait au moyen d'éclisses cornières, avec boulons de 21 ^m/_m de diamètre et rondelles-ressorts. La solidarité entre les éclisses et les traverses, s'établit par des crampons spéciaux.

Les barres pour courbes mesurent 8^m,94, 6^m,00 et 5^m,96.

Dans la traversée des passages à niveau, et sur les quais des ports, on utilise des contre-

cornières et des éclisses spéciales, et la voie se pose au moyen de tirefonds sur des sabots en fonte.

Les traverses injectées au moyen d'huile lourde de goudron, sont en chêne ou en hêtre, et mesurent $2^m,60 \times 28 \times 14$ ou $2^m,60 \times 26 \times 13$. L'injection se fait d'après les données ci-dessous :

ESSENCE.	DIMENSIONS.	NOMBRE DE LITRES INJECTÉS PAR TRAVERSES.
Chêne indigène.....	28×14	8
id. exotique.....	id.	7
id. id.	26×13	6
Hêtre.....	28×14	20
id.	26×13	17

Le ballast est composé de cendrées et de laitier concassé que l'on se procure aisément dans les centres industriels (Charleroy, Mons, Liège, La Louvière). Auparavant, les chemins de fer touchaient une légère redevance des expéditeurs de cendrées par wagon; depuis un an, on les enlève gratuitement.

Voie en rails de 40 kilog. 650.

En 1899, on a substitué le profil de 40 kilog. 650 (Fig. 2) à l'ancien profil de 38 kilog. et l'on a adopté pour longueur des barres de 12 mètres jusqu'en 1903 et 18 mètres à partir de cette année. Les rails courts mesurent respectivement $17^m,88$, 12^m , $11^m,92$, 9^m , $8^m,94$, 6^m , et $5^m,96$. Pour supprimer les joints sur les ouvrages d'art, il a été placé des barres qui atteignent jusqu'à 28 mètres de longueur.

L'étude du nouveau rail et de ses accessoires a été faite par M. l'ingénieur en chef Flamache, en tenant compte des inconvénients qui s'étaient révélés pour le rail de 38 kilog. Dans la note jointe à son projet, l'auteur s'exprime comme suit :

« Notre profil de 38 kilog. est défectueux. Tracé pour le fer, alors que le rail périssait par »
 » exfoliation, longtemps avant d'avoir subi une notable usure dans aucune de ses parties, il a »
 » été conservé pour l'acier dans un but d'uniformité. Cette mesure se justifiait peut-être au »
 » commencement de l'emploi de l'acier, quand on mettait en concurrence ce métal avec le fer »
 » au point de vue financier. Mais aujourd'hui les avantages à résulter de cette uniformisation »
 » ont totalement disparu, ou tout au moins ne peuvent être mis en balance avec les défauts »
 » capitaux que notre profil présente pour les rails à longue durée. Voici les principaux de ces »
 » défauts, dont on se rendra mieux compte en ne perdant pas de vue qu'un rail de longue »
 » durée, doit être d'égale résistance à l'usure dans toutes ses parties, et qu'il n'y a aucun »
 » avantage, bien au contraire, à accumuler de la matière au bourrelet, si le rail périt par le »
 » patin, ou les portées d'éclissage.

» 1° Le profil en *poire*, rationnel et même inévitable pour le fer soudé, présente l'incon- »
 » vénient de réduire à presque rien les portées d'éclissage ce qui amène le matage rapide des »
 » surfaces de contact et donne au bout de peu d'années des joints branlants comme les nôtres.

» 2° L'âme du profil est trop épaisse. Cette épaisseur de 17 m/m était justifiée avec le fer, qui

» présentait, au cisaillement, dans le sens des fibres une faible résistance. Cette grande épaisseur, » inutile pour l'acier, concourt à diminuer les portées d'éclissage et accaparer du métal.

» Avec l'acier, il n'y aurait aucun inconvénient à réduire l'âme à 10 m/m ; mais pour une » question d'œil et pour faire face largement à l'oxydation, en parties humides, on lui conserve » souvent plus dans les profils modernes.

» 3^o Dans les voies munies de plaques intermédiaires, le patin fatigue beaucoup, surtout dans » un ballast de cendrées plus ou moins corrosives. La partie oxydée disparaît par le frottement » contre les plaques et se reforme de suite par l'attaque lente, mais continue du ballast.

» L'examen des profils de 38 kilog., ayant quelques années dans les voies, montre que la » portée d'éclissage est creusée en gorge, que le patin est émacié au bord et réduit en épaisseur » totale. Bien souvent, le patin est courbé transversalement, mais cette détérioration provient » de la faiblesse des plaques de 12 m/m . On remarque aussi qu'à la place où a porté le crampon, » il existe une usure anormale du profil, due également à l'insuffisance de l'attache actuelle. » En un mot, notre rail de 38 kilog., ainsi que ses accessoires, ne peuvent rendre des services en » rapport avec leur prix.

» Il eût peut-être été rationnel de modifier complètement le système de voie suranné que nous » possédons, et d'adopter une voie en rail de poids moyen, tracé le plus convenablement » possible, et d'étudier les accessoires de la façon la meilleure. L'administration, reculant » devant les sujétions, considérables à la vérité, amenées par un changement radical de profil, » a préféré conserver le rail actuel, tout en se réservant de le modifier, pour lui ôter en partie » ses défauts.

» L'étude que j'ai entreprise m'a démontré que, sans atteindre toutefois à la perfection que » l'on aurait obtenue d'une voie étudiée de toutes pièces, il était possible de créer, avec notre » profil légèrement modifié, une voie robuste et économique.

» Les seuls défauts persistants sont, en somme, secondaires et je ne ferai que les signaler :

» 1^o L'inclinaison assez forte de l'éclissage ($6/11$) ne permet pas d'obtenir un joint aussi » robuste qu'avec des inclinaisons moindres; mais l'emploi d'un groupe de 6 boulons d'un fort » diamètre diminue beaucoup ce défaut, tout en ayant d'excellents effets sous d'autres rapports.

» 2^o Cette même inclinaison, forçant à tracer le patin suivant deux plans différents, empêche » de faire porter l'éclisse sur toute la face supérieure du patin. Il en résulte qu'elle ne peut » être tirefondée dans la traverse, le tirefond ne pouvant s'appuyer sur l'éclisse sans compro- » mettre son contact intime avec la face inférieure du bourrelet.

» Pour faire usage du tirefond, notablement supérieur au crampon, il faut donc pratiquer » dans l'éclisse un logement assez grand pour y passer la tête et le cheminement longi- » tudinal de l'éclissage n'est pas suffisamment empêché.

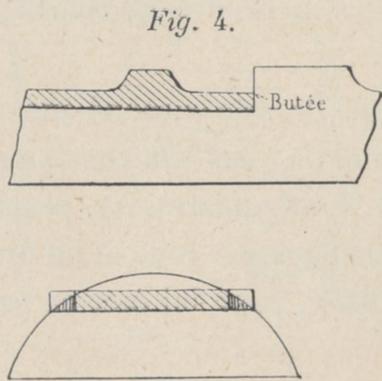
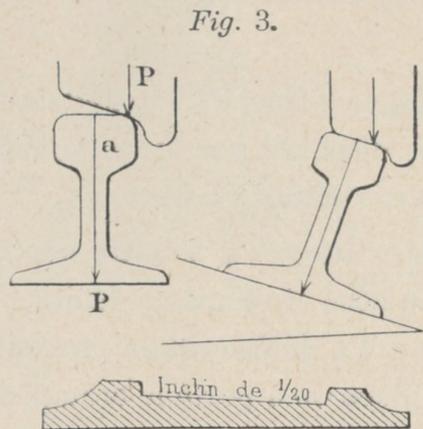
» 3^o Le patin est fort étroit, mais ce défaut est en grande partie racheté par la grandeur de la » plaque qui, grâce à son épaisseur, peut faire une saillie prononcée de part et d'autre. Ce » défaut aurait pu être combattu par l'emploi de coussinets, genre Hohenegger, mais leur prix » est élevé et leur efficacité n'est pas encore établie sans conteste.

» Le profil proposé possède comme propriété, de se raccorder partout avec l'ancien, c'est-à- » dire qu'une barre nouvelle peut se mettre à la place d'une ancienne, le petit matériel — éclis- » ses, plaques et crampons — s'ajustant sur le profil nouveau.

» Il y a, il est vrai, une différence de hauteur de 3 m/m , le profil nouveau ayant un bourrelet

» plus fort; mais une différence analogue se rencontre à chaque instant dans les remplacements
 » de rails usés par des rails neufs et il n'y a pas lieu de s'en inquiéter (1).

» Les portées d'éclissage ont une surface transversale triple des anciennes. Grâce à cette



» circonstance, on a pu donner 6 m/m de tirage à l'éclissage, tandis que l'ancien n'en avait pas » du tout. Au bout de peu de mois, notre éclisse est à fond et vient en contact avec l'âme, d'où » le mauvais état des joints de nos voies secondaires.

» Le patin est de 2 m/m plus épais que l'ancien, mais il
 » possède la même largeur, ce qui permet l'adaptation à
 » l'emplacement de ce dernier dans tous les cas. De plus,
 » on a diminué l'inclinaison de la dépouille et le rayon du
 » congé, ce qui augmente encore de 2 à 3 m/m l'épaisseur de
 » la tranche qui devient double de l'ancienne.

» Quant au bourrelet, il n'a subi qu'une modification,
 » l'augmentation de 3 m/m en hauteur, qui a surtout pour but
 » de compenser la matière ajoutée au patin, en augmentant
 » la résistance à la flexion et à l'usure verticale.

» Le rail pèse 40 kilog. 650 et a une résistance à la flexion
 » de 10 % plus élevée que l'ancienne ».

L'éclisse, plus longue, comporte 6 boulons de 25 m/m de diamètre au lieu de 4 de 21 m/m. L'augmentation du diamètre des boulons s'imposait parce que ceux de 21 m/m étaient

presque tous courbés après un certain temps de pose, par suite du cheminement longitudinal, qui produit parfois des efforts énormes.

L'épaisseur de la plaque de 38 kilog. (12 m/m) est trop faible, ce qui amène des flexions transversales. Elle ne remplit son but qui est de ménager le bois de la traverse, que d'une manière imparfaite, puisque sa flexibilité empêche la répartition uniforme des actions verticales. Mais la déféctuosité la plus caractérisée de cette plaque est son manque de rebords. Les efforts horizontaux qui atteignent souvent 4.000 kilog par roue se reportent sur le seul crampon extérieur par une surface égale à l'épaisseur de la partie verticale du patin, multipliée par la largeur du crampon, soit $17 \times 5 = 85$ mmq. Il n'est donc pas étonnant que le crampon soit coupé et le patin du rail entamé par des actions atteignant même le taux de rupture.

Dans l'ancienne voie, l'action reçue par le crampon extérieur est transmise par lui à la plaque d'appui par une surface égale à l'épaisseur de la plaque, multipliée par la largeur du crampon ou $12 \times 17 = 204$ mmq, surface insuffisante. Dans la voie de 40 kilog. 650, cette action, reçue directement par la plaque, se transmet aux deux tirefonds de 24 m/m de diamètre extérieur, et 17 m/m de noyau, ce qui donne $2 \pi \frac{17^2}{4} = 454$ mmq ou plus du double.

La surface d'appui sur le bois est augmentée de 50 %, mais comme la raideur de la plaque est presque double, le travail du bois sera plus uniforme et se trouvera réduit dans une mesure plus grande encore.

(1) Dans la pratique, le raccord de la surface de roulement des rails de 38 et de 40 kil. 650, se fait au moyen d'éclisses-cornières de raccord pour rails usés de 3 m/m.

En outre, par suite de la plus grande largeur de la plaque perpendiculairement au rail, la résultante des actions verticales et horizontales ne passe pas aussi près de son bord, ce qui diminue considérablement le travail du bois vers l'extérieur de la voie.

La pose en barres de 40 kilog. 650 fatigue beaucoup moins les traverses que celle en rails de 38 kilog ; elles auront donc une durée beaucoup plus grande.

Les éclisses présentent des encoches qui embrassent les plaques d'appui des traverses contre-joints en vue de s'opposer au cheminement. Afin de ne plus avoir deux modèles d'éclisses comme pour le rail de 38 kilog., la tête du boulon est modifiée ; elle est hémisphérique avec bec allongé qui vient buter contre le retour inférieur de l'éclisse et s'oppose ainsi à sa rotation, lors de la mise en place de l'écrou.

La butée des traverses contre-joints contre le ballast est insuffisante pour éviter le cheminement longitudinal. Comme complément à cette mesure, on fait usage de bouts d'éclisses de 100 m/m de longueur posés vers le milieu de la longueur des barres. Ces pièces viennent s'arrêter contre les plaques d'appui des traverses et mettent ainsi en jeu la butée de ces dernières. Sur les lignes à voie unique, où le cheminement peut se produire dans les deux sens, on fait usage de deux paires de bouts d'éclisses par barre de 12 mètres et de 4 paires par barre de 18 mètres. Sur les lignes à double voie, on n'utilise que la moitié de ces bouts. Les rails courts ne sont généralement pas pourvus de bouts d'éclisses, parce qu'il serait difficile de déterminer la position des trous à percer à l'usine, les rayons des courbes étant variables. Les attaches Paulus dont je parlerai à propos du rail de 57 kilog. n'offrent pas cet inconvénient.

Les premières plaques d'appui avaient 14 m/m d'épaisseur sous le patin du rail ; on ne pouvait racheter que 2 m/m d'usure du patin avant que la tête du tirefond vint poser sur le rebord de la plaque, en supposant que celle-ci qui s'use plus vite que le patin, puisqu'elle est en acier plus doux ne s'use pas. Pour remédier à cet inconvénient et augmenter le maintien de ce matériel dans les voies, l'épaisseur sous le patin a été portée de 14 m/m à 16 m/m . Lorsque la plaque est trop usée sous le patin et que le tirefond ne porte plus sur celui-ci, on fraise les trous à un diamètre légèrement supérieur à celui de la tête du tirefond.

La selle se fixe sur la traverse au moyen de deux tirefonds. Avant 1904, la pose des selles se faisait avec trois tirefonds. On plaçait les tirefonds médians, soit d'un même côté du rail, soit alternativement d'un côté et de l'autre du rail, adoptant ainsi pour les traverses autres que celles de joint, la même pose que pour celles-ci. La suppression du troisième tirefond a été décidée par mesure d'économie. Son emploi ne se justifie que dans les parties posées en courbe, où l'on peut plus avantageusement faire usage d'un coussinet spécial en fonte avec crapaud, en acier, dont il sera parlé ci-après. Le rail est posé verticalement. La suppression de l'inclinaison du vingtième, comme aux États-Unis d'Amérique, ne se justifie pas et n'est pas recommandable. Le bandage étant incliné au vingtième, la pression ne se répartit que suivant une ligne théorique, lorsque le rail est posé verticalement. Il se creuse un faux bourrelet dans le bandage, aussi longtemps que l'usure de la surface de roulement ne s'est pas faite avec l'inclinaison du bandage. Lorsque les plaques d'appui ont de grandes dimensions, on obtient aisément l'inclinaison, en faisant varier l'épaisseur de la plaque dans la partie qui se trouve en contact avec le patin du rail.

Examinons théoriquement la question de l'inclinaison du rail au point de vue des efforts (Fig.3). Dans le cas du rail vertical, la charge P sur l'essieu se reporte en un point distant de a de l'âme du rail. Elle donne la même charge sur le patin, avec un couple Pa qui tend à renverser le rail de l'extérieur vers l'intérieur de la voie, en fatiguant l'attache extérieure.

Si le rail est incliné au vingtième, la pression P se répartit sur presque toute la surface du bourrelet et la résultante des efforts agit avec un faible bras de levier b par rapport à l'axe du rail.

Cette pression se reporte en partie normalement sur le patin du rail ($P \cos. \alpha$) et donne lieu à un effort de glissement $P \sin. \alpha$ agissant vers l'intérieur de la voie et tendant à cisailer les attaches et la partie verticale du sabotage de la bille, en contact avec la plaque. En outre, il se produit un couple tendant à renverser le rail vers l'intérieur de la voie ; ce couple est égal à $Pb \cos. \alpha. + PH \sin. \alpha$ Pour comparer la valeur des couples dans les deux cas, prenons $b = 5 \text{ m/m}$ — ce qui est beaucoup — $a = 25 \text{ m/m}$, $H = 130$. Dans le premier cas — rail vertical — le moment de torsion est $25 P$; dans le second, il est $5 P + \frac{130 P}{20} = 11,5 P$, c'est-à-dire moins de la moitié. Il y a donc avantage à incliner le rail, au point de vue de ces efforts, c'est-à-dire, pour la conservation des attaches dans les billes. Le rail est sollicité à pivoter autour de son arête intérieure. Pour combattre le glissement dû à la composante $P \sin. \alpha$, il est avantageux de saboter de manière que la plaque vienne buter contre le bois ; cela soulage le tirefond. (Fig. 4)

Un tirefond à l'extérieur fatiguera donc moins la bille dans le cas du rail incliné au vingtième que deux tirefonds avec la pose verticale. Dans un but d'économie, il est donc avantageux de poser les rails avec inclinaison, puisqu'on peut poser avec deux attaches au lieu de trois.

Dans les courbes de faible rayon, la force centrifuge est considérable et il est difficile de maintenir la voie, en faisant usage de la pose ordinaire.

Les chemins de fer de l'Etat belge ont adopté un coussinet spécial en fonte grise — tant pour la voie de 40 k. 650 (Fig. 2) que pour celle de 38 k. (Fig. 1). — qui donne les meilleurs résultats dans les courbes raides ; leur emploi est à recommander. Ces coussinets rendent aussi des services dans les gares pourvues d'appareils d'enclenchement à connexions rigides. A cause de leur hauteur, ils permettent de faire traverser les voies par des tringles creuses sans trop dégarnir les billes ou les pièces de fondation des appareils spéciaux.

Les boulons d'éclisse étaient en fer n° 4 ; actuellement ils sont en acier avec écrou en fer ou en acier. Leur tige mesure 25 m/m de diamètre. L'écrou a 45 m/m sur angle, et 39 m/m d'ouverture de clef. Ces dimensions, d'après les usages courants, devraient être plus fortes ; mais, afin de ne pas augmenter l'outillage des gardes-routes, on a admis la même clef que pour les boulons de 21 m/m , employés avec les rails de 38 kilos. La fabrication de ces écrous est difficile et donne lieu à un déchet assez considérable. L'écrou n'est fraisé que sur sa face inférieure, ce qui occasionne une économie de main-d'œuvre et une plus grande surface de contact avec les mâchoires de la clef.

Les rondelles-ressorts sont à section pleine ou évidée et ont 7 à 9 m/m d'épaisseur. Les appuis sont en chêne ou en hêtre ; ils mesurent $2 \text{ m}, 60 \times \begin{cases} 26 \\ 28 \end{cases} \times \begin{cases} 13 \\ 14 \end{cases}$ et sont injectés d'huile lourde de goudron, à raison de 6 litres pour le chêne et de 17 litres pour le hêtre. La pose se fait à raison de 4 billes par longueur de 3 mètres, qu'il s'agisse de barres de 9, 12 ou 18 mètres.

Les tirefonds sont en acier doux taraudés à chaud. Le filet est arrondi pour ne pas déchiqueter le bois de la traverse ; le pas de la spire est de 15 m/m . La question des tirefonds est traitée ci-après.

Le ballast est en cendrées. Il est peu coûteux ; c'est sa seule qualité. Il devient rapidement imperméable sans jamais être très perméable, et il donne lieu, l'été, à de la poussière qui détériore le matériel roulant. Le laitier concassé est préférable aux cendrées. Après l'avoir abandonné parce qu'il coupait les chaussures des agents qui circulaient le long de la voie, l'Etat Belge l'emploie à nouveau comme ballast. Il se le procure aisément dans ses centres métallurgiques

où il existe en énormes terrils, provenant de l'époque où, dans les hauts-fourneaux, on ne granulait pas le laitier, comme on le fait actuellement.

Voie en rails de 52 kilos.

Les lignes internationales sont posées en rails pesant 52 kilos le mètre courant (Fig. 5). Ce rail est très raide et présente un patin assez large (135 ^m/_m) mais trop mince. Les barres mesuraient primitivement 9 mètres de longueur ; actuellement, elles mesurent 18 mètres ; elles sont percées de 2 trous de 30 ^m/_m de diamètre à chaque extrémité. Pour la suppression des joints sur les ouvrages d'art, on fait même usage de barres dont la longueur atteint 28 mètres. Le rail se pose verticalement avec selles d'appui, sauf au joint où la pose se fait avec des éclisses cornières, rendues solidaires des traverses contre-joints par des tirefonds. Dans les parties fort déclives, où le cheminement peut être considérable, on emploie des bouts d'éclisses tirefonnés sur des traverses intermédiaires. Pour s'opposer au desserrage des boulons, on fait usage de rondelles-ressorts. Les éclisses et bouts d'éclisses sont en fer ou en acier ; les boulons étaient en fer n° 4 ; actuellement ils sont en acier avec écrou en fer. Les tirefonds, qui, auparavant étaient en fer filetés à froid, sont actuellement en acier taraudés à chaud. Les plaques d'appui sont en acier.

L'ancienne plaque d'appui avait un rebord de même inclinaison que le patin du rail, mais en sens inverse, afin que le moindre effort de traction sur le tirefond se fît suivant son axe et empêchât le déversement. La pratique a démontré — ce que l'on pouvait aisément préjuger — que la plaque s'use plus rapidement sous le patin du rail que sur le rebord de la selle. Au bout de peu de temps, tout resserrage du tirefond devient impossible ; l'attache ne peut plus porter sur le patin, ce qui est un inconvénient sérieux. Aussi a-t-il été décidé d'adopter pour la selle un profil analogue à celui des plaques de 40 k. 650, profil qui a l'avantage de permettre l'emploi des rails présentant 5 ^m/_m d'usure au patin. Pour ne pas mettre au rebut les plaques de l'ancien profil, on fraise les deux trous de manière à permettre au tirefond d'être resserré pour rappeler l'usure de la plaque et du patin du rail. C'est là un travail de transformation peu coûteux (6 à 8 fr. par 100 plaques) qui donne à l'ancienne selle les mêmes avantages qu'à la nouvelle. On peut fournir des plaques avec trous fraisés ; dans ce cas, le tirefond n'étant plus guidé sur une hauteur suffisante, tend à se déverser sous l'effet des efforts transversaux à la voie.

Bien que la plaque fût percée de trois trous, on ne posait que deux tirefonds par bille, le troisième trou restant de réserve pour le cas de bris de l'une des attaches. Cette éventualité n'est plus à craindre avec des tirefonds en acier taraudés à chaud, et l'on peut supprimer ce trou de secours. Dans le cas exceptionnel du bris d'un tirefond, il suffirait de retourner la plaque bout à bout et de forer deux nouveaux trous dans la bille.

Le trou inutilisé est nuisible parce que l'eau y séjourne, ce qui nuit à la fois à la bille et à la selle d'appui et provoque des éclaboussures sur le matériel roulant au passage des trains.

Les éclisses et bouts d'éclisses sont de deux modèles : l'un à rainure, l'autre sans rainure.

Les barres de 9 mètres se posent sur 12 traverses créosotées en chêne ou en hêtre de 2^m,60 × 0,28 × 0,14, c'est-à-dire à raison de 4 billes pour 3 mètres courants, comme pour la voie de 40 k. 650 et celles de 18 mètres, sur 24 traverses.

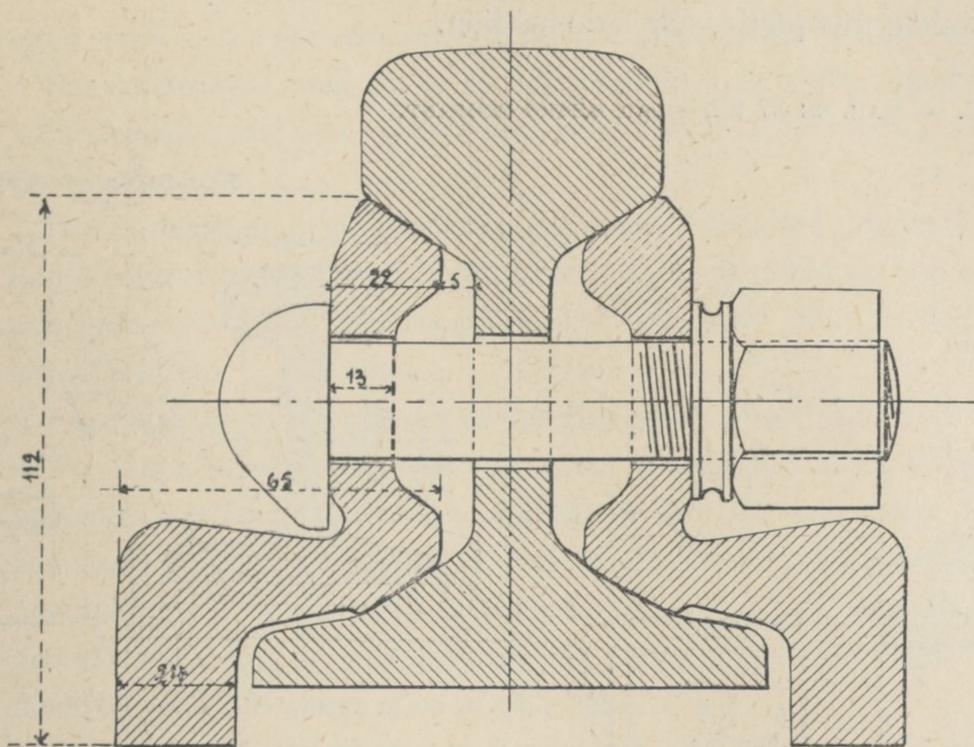
Les chemins de fer de l'Etat ont mis à l'essai des trénaills du système Albert Collet pour le maintien en service des billes présentant des défauts à l'attache. (Voir *Revue Générale*, N° de février 1900).

Il y a été renoncé parce qu'au bout d'un certain temps, cet accessoire perd toute son effica-

cité ; il est constitué de bois, dont les fibres sont placées normalement à celles de la traverse. Lorsqu'il fait sec, un certain jeu se produit entre le trénaïl et la bille.

Les éclisses-cornières des rails de 38 kil., de 40 k. 650 et de 52 kil. se brisent souvent dans le

Fig. 6.



démaigrie vers l'axe du rail, fait ressort sous la pression des boulons et ses portées d'éclissage restent en contact, avec celles du rail. L'Etat belge a mis à l'essai un certain nombre de ces éclisses dans ses voies à des endroits fatigués : elles ont donné toute satisfaction jusqu'à présent.

Voie en rails de 57 kilog.

Depuis quelques années, le poids des moteurs et des véhicules a considérablement augmenté. — En outre, la vitesse des trains s'accroît continuellement et il est indispensable d'étudier une voie nouvelle pour des trains lourds et à circulation extra-rapide, à moteur à vapeur ou électrique (Fig. 7).

Une voie à rails légers fléchit beaucoup plus (fléchissement total) qu'une voie à rails lourds et raides et partant, le coefficient de traction est plus élevé pour les premières que pour les secondes. Aux grandes vitesses, cela devient très appréciable. — De même, aux démarrages, une locomotive lourde traînera plus de charge sur des voies à rails lourds que sur des voies à rails légers.

De plus, sur des rails lourds et raides, le roulement est beaucoup plus doux que sur des rails légers et les chances de bris sont moindres.

Les rails lourds seuls conviennent donc pour les voies à trafic intense, pour celles à circulation rapide et extra-rapide.

L'Etat belge voulant avoir à sa disposition une voie robuste dont l'essai aura été fait, lorsque la vitesse des trains aura beaucoup augmenté encore, a posé, en 1907, 5.000 tonnes de rails lourds d'un profil nouveau pesant 57 kilog. le mètre courant. Jusqu'à présent, ces essais qui se font sur la ligne de la Vesdre ont donné de bons résultats. Le nouveau rail est destiné à

joint et, presque toujours, la rupture se produit à la portée d'éclissage supérieure. Différentes explications ont été données pour justifier ces bris. Une d'entre elles consiste à imputer les ruptures au jeu qui se produit entre l'éclisse et le rail, jeu que l'on rappelle difficilement avec les éclisses actuelles. M. Ménart, ingénieur-directeur des lignes vicinales du centre à La Louvière, a imaginé une éclisse élastique (Fig. 6) qui remédie à cet inconvénient. Cette éclisse, bombée et

tandis que celui du rail de 57 kilog. qui n'est que 10 % plus lourd mais plus élancé, est de 313 cm³.

Un rail mesurant 160 m/m de hauteur pour 135 m/m de largeur en patin est-il encore stable aux grandes vitesses ?

Il suffit de remarquer que le rail de 42 kilog. de l'Etat prussien posé avec selles et crapauds qui a servi dans les essais entre Zossen et Marienfeld a 138 m/m de hauteur et 110 m/m de patin.

Par conséquent pour avoir la même stabilité de renversement, un rail qui mesure 135 m/m de patin devrait avoir une hauteur de $135 \times 138 : 110 = 170$ m/m. Le nouveau rail a donc une stabilité plus grande.

En augmentant la distance des portées d'éclissage, on peut faire usage d'éclisses plates au lieu d'éclisses cornières dont la grande raideur, jointe au faible moment résistant, peuvent être pour beaucoup dans les bris qui sont si fréquents pour les éclisses des rails de 40 kilog. 650 et de 52 kilog.

Le champignon du rail de ce dernier profil a une section de 3.000 mmq. et son patin mesure 2.000 mmq. Cette disproportion entre les quantités du métal dans le patin et le bourrelet présente des inconvénients au point de vue du laminage. La base amincie et de volume beaucoup moindre se refroidit plus vite que le bourrelet pendant le laminage. Le patin s'écrouit pendant que le champignon trop chaud, en sortant des cylindres, prend à l'intérieur la texture grossière qui est si nuisible pour la conservation des rails. Dans les rails de 57 kilog., le bourrelet a 3.200 mmq, et le patin 2.700.

Il faut remarquer aussi que le rail est une pièce fléchie alternativement et rapidement et étendue en même temps. Cette flexion composée amène dans les rails de très grands efforts d'extension dans le patin.

Pour y résister il faut un patin épais. Bien que le patin s'use moins vite que le bourrelet, cette usure est appréciable et est cause de nombreux bris que l'on constate dans les rails d'un certain âge de 38 et 52 kilog. parce qu'il devient trop faible pour le poids et l'action dynamique qu'il doit supporter.

Toutefois si l'on se place au point de vue du rail de grande ligne ou de ligne à profil accidenté qui s'use par le haut, le patin mince est rationnel parce que, dans une voie bien entretenue, le rail s'use très peu par le patin si le ballast est bon.

La largeur du bourrelet (80 m/m) est très grande en vue d'augmenter les surfaces des portées d'éclissage. L'épaisseur de l'âme n'est que de 15 m/m, tandis que celle du rail de 52 kilog. est de 18 m/m. Le métal travaillera donc, au cisaillement, à un taux plus élevé. Il peut en résulter des ruptures horizontales aux trous d'éclisses, pourrait-on prétendre. L'expérience décidera si cette crainte est fondée.

Ainsi qu'il a été dit à propos de la voie en rails de 52 kilog., les attaches de ce rail étaient des tirefonds s'épaulant sur un talon de la selle ; cet épaulement donnait lieu à un grave inconvénient, le patin et la selle d'appui s'usaient plus vite que le talon et le tirefond ne serrait plus le patin du rail. En fraisant le rebord de la plaque au droit du tirefond, cet inconvénient disparaît, mais le tirefond n'ayant plus d'appui que sur le patin s'incline vers l'extérieur aussitôt qu'on le serre un peu fort et l'attache n'est plus efficace. La vraie solution pourrait consister dans l'adoption du crapaud de l'Etat prussien qui a fait ses preuves depuis 15 années dans des voies très parcourues ; le crapaud présente l'avantage de serrer le patin du rail, quel que soit son point de contact avec l'épaulement du tirefond qu'il empêche de s'incliner.

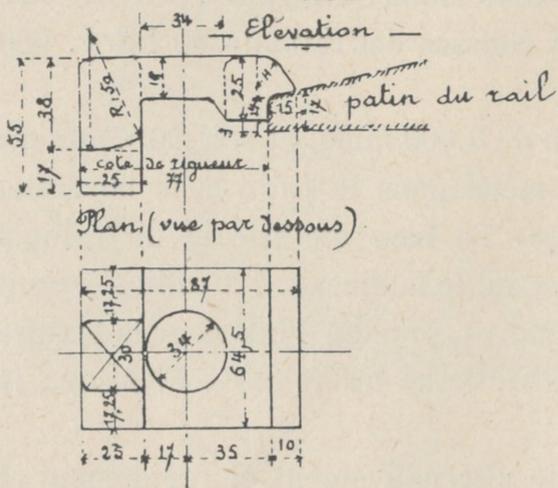
En outre, la surface de contact avec le patin étant très considérable, le crapaud n'est pas

exposé à s'user promptement comme le fait la tige des tirefonds des autres voies dont l'écartement ne se maintient pas.

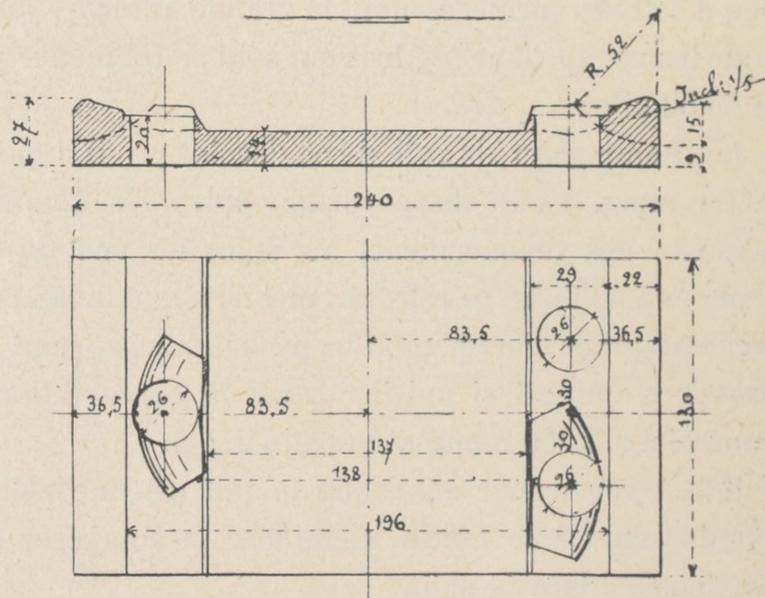
Les crapauds sont en acier estampé. Ils ne peuvent s'obtenir, à cause de leur forme, par cisailage de barres laminées d'un profil convenable. En vue de permettre leur laminage et d'en réduire le prix, on pourrait utiliser des pièces indiquées à la figure 8.

Fig. 8.

Crapaud laminable pour rail du profil Signole de 57 K⁰⁰ par m. et.



Ancienne plaque d'appui pour rail du profil Signole de 52 K⁰⁰ par m. et.



Mais, par mesure d'économie, on fait l'essai de crapauds en fonte aciérée de même forme que ceux estampés.

L'emploi des selles en acier est indispensable lorsqu'on fait usage des crapauds ; mais elles offrent l'inconvénient de rendre la voie dure au roulement. Pour adoucir celui-ci et diminuer l'usure du patin, on interpose entre la selle et le rail, une plaque en bois (chêne ou tulipier vert de Virginie) qui ne peut s'échapper parce qu'elle est retenue par deux rebords de la selle.

La plaque se comprimant, le crapaud doit pouvoir suivre le mouvement vertical de l'une de ses extrémités sur le patin.

C'est pourquoi, on courbe un peu la surface de contact avec la selle.

Le joint est appuyé sur une traverse et les deux traverses voisines sont très rapprochées (joint à 3 traverses).

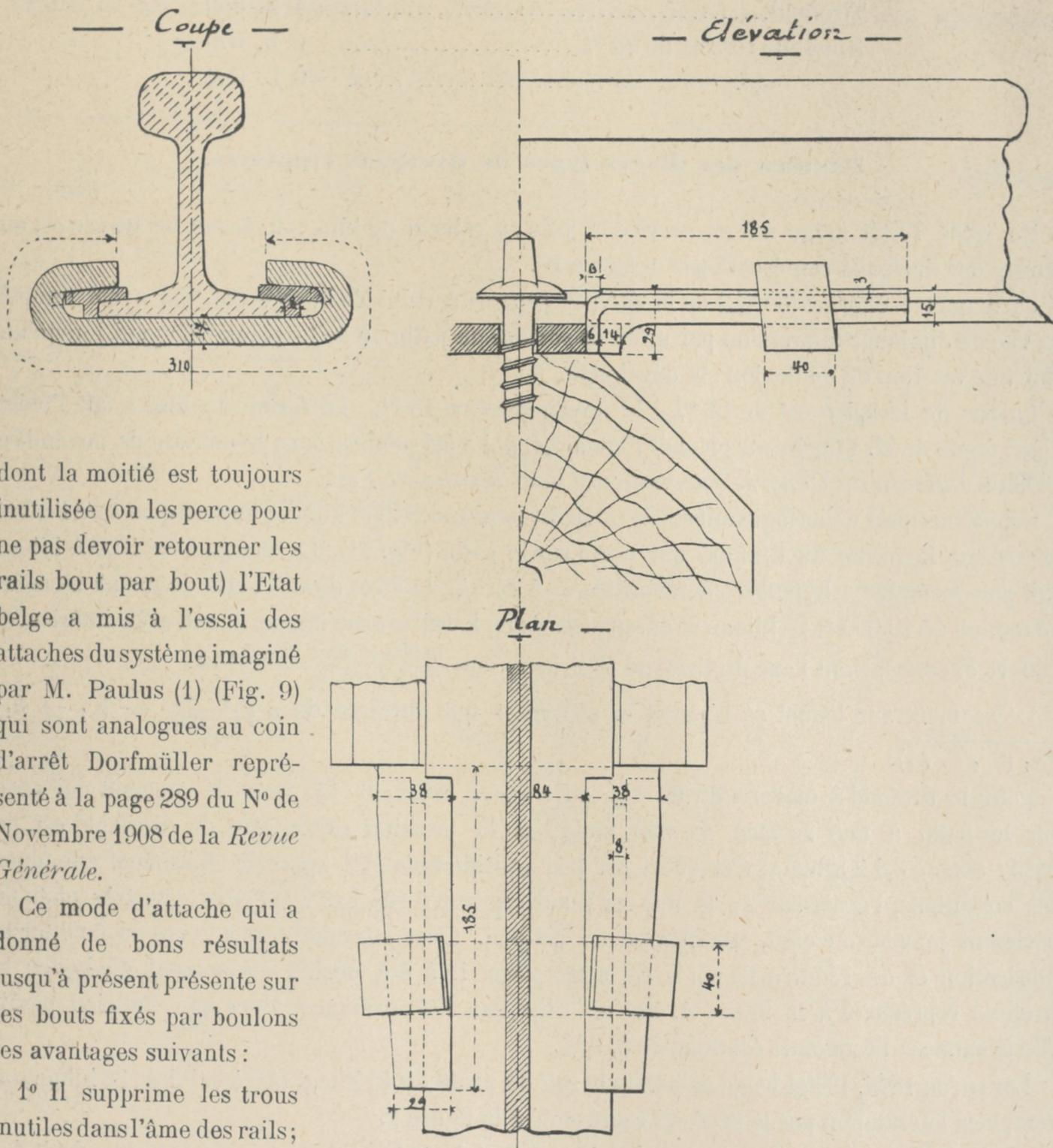
Tout en lui reconnaissant une solidité remarquable, on a objecté qu'il offre certains inconvénients du joint appuyé. En effet, dit-on, quand les 2 rails contigus reposent sur une plaque, il n'est pas possible d'amener à la fois en coïncidence, les deux plans d'éclissage et le plan du patin de chaque rail avec ceux du rail voisin. Pour pouvoir placer le joint sur une traverse, ajoute-t-on, il faut renoncer franchement à la rigidité de l'éclissage, en réservant aux éclisses le seul rôle d'assurer la continuité longitudinale et horizontale des rails, c'est-à-dire, en les amenant au contact de l'âme. La continuité verticale est alors assurée par la plaque seule.

Les joints sont alternés en vue d'obtenir un meilleur roulement qu'avec les joints concordants.

Le cheminement est combattu par des attaches d'arrêt spéciales qui viennent buter contre les

traverses. Comme l'emploi de ce accessoire nécessite le perçage d'un grand nombre de trou

Fig. 9. — ATTACHE PAULUS.



dont la moitié est toujours inutilisée (on les perce pour ne pas devoir retourner les rails bout par bout) l'Etat belge a mis à l'essai des attaches du système imaginé par M. Paulus (1) (Fig. 9) qui sont analogues au coin d'arrêt Dormüller représenté à la page 289 du N° de Novembre 1908 de la *Revue Générale*.

Ce mode d'attache qui a donné de bons résultats jusqu'à présent présente sur les bouts fixés par boulons les avantages suivants :

1° Il supprime les trous inutiles dans l'âme des rails;

2° On les place en nombre aussi grand et aussi petit que l'on veut, suivant l'importance du cheminement.

Le tableau ci-après donne le poids des accessoires utilisés pour la pose du rail de 57 kilog.

Eclisse (paire)	66 k. 000
Selle métallique	7 k. 000
Crapaud	1 k. 250

(1) Constructeur à Aix-la-Chapelle.

Attache d'arrêt.....	2 k. 400
Boulon d'éclisse.....	1 k. 225
Boulon d'attache d'arrêt.....	0 k. 820
Tirefond.....	1 k. 050
Rondelle ressort de 28 m/m.....	0 k. 070
id. 26 m/m.....	0 k. 034

Examen des divers types de tirefonds employés.

En 1886, l'Etat belge mit en service la voie en rails de 52 kilog. fixée sur les traverses, au moyen des tirefonds représenté par la figure 10.

Le diamètre énorme (60 m/m) de la tête par rapport à celui de la tige (24 m/m) a été adopté en vue de diminuer la pression par unité de surface du patin ou de la plaque d'appui lorsqu'un effort de traction ou de flexion s'y développe.

Le pas de la spire est de 12 m/m; le noyau mesure 16 m/m. La forme du filet a fait l'objet d'une étude de M. l'Ingénieur en chef Flamache, qui a été publiée dans le numéro de novembre 1893 du *Bulletin du Congrès international des Chemins de Fer*.

Supposons que l'essieu agissant sur le rail soit chargé de 20.000 kilog.; voyons quel sera l'effort exercé sur la partie du tirefond qui porte sur le patin (Fig. 11). La charge $P = 10.000$ kilog. agit par exemple — hypothèse défavorable — à 25 m/m de l'axe du rail; elle donne un moment de torsion de 10.000×25 kilom. et en supposant que le rail tourne autour de son arête intérieure, l'effort exercé suivant l'axe du tirefond extérieur, sera $\frac{10.000 \times 42,5}{83,5 + 67,5} = 2.815$ k.

Le segment sur lequel se répartit la charge a une surface de $\pi r_1^2 \frac{\omega_1}{360^\circ} - (r_1 - h_1) \sqrt{h_1 (2r_1 - h_1)}$.

Pour le tirefond à embase de 60 m/m, on a $r_1 = 30$, $h_1 = 14$. Donc le segment qui pose sur le patin a une surface de 898 mmq, et la pression sur la tête du tirefond est de $2815 : 898 = 3,14$ kilomq. Cet effort est peu considérable et il apparaît clairement que, dans ces conditions, l'épaisseur de la tête est beaucoup trop forte. Les tirefonds à tête très plate ne périssent jamais, en effet, par flexion de celle-ci. C'est pourquoi, dans le but de faciliter la fabrication et de réduire le poids de cette pièce, il a été décidé récemment d'adopter le tirefond représenté à la figure 4, qui ne pèse que 670 grammes alors que l'ancien pesait 735 grammes; l'économie est donc de 8,9 %.

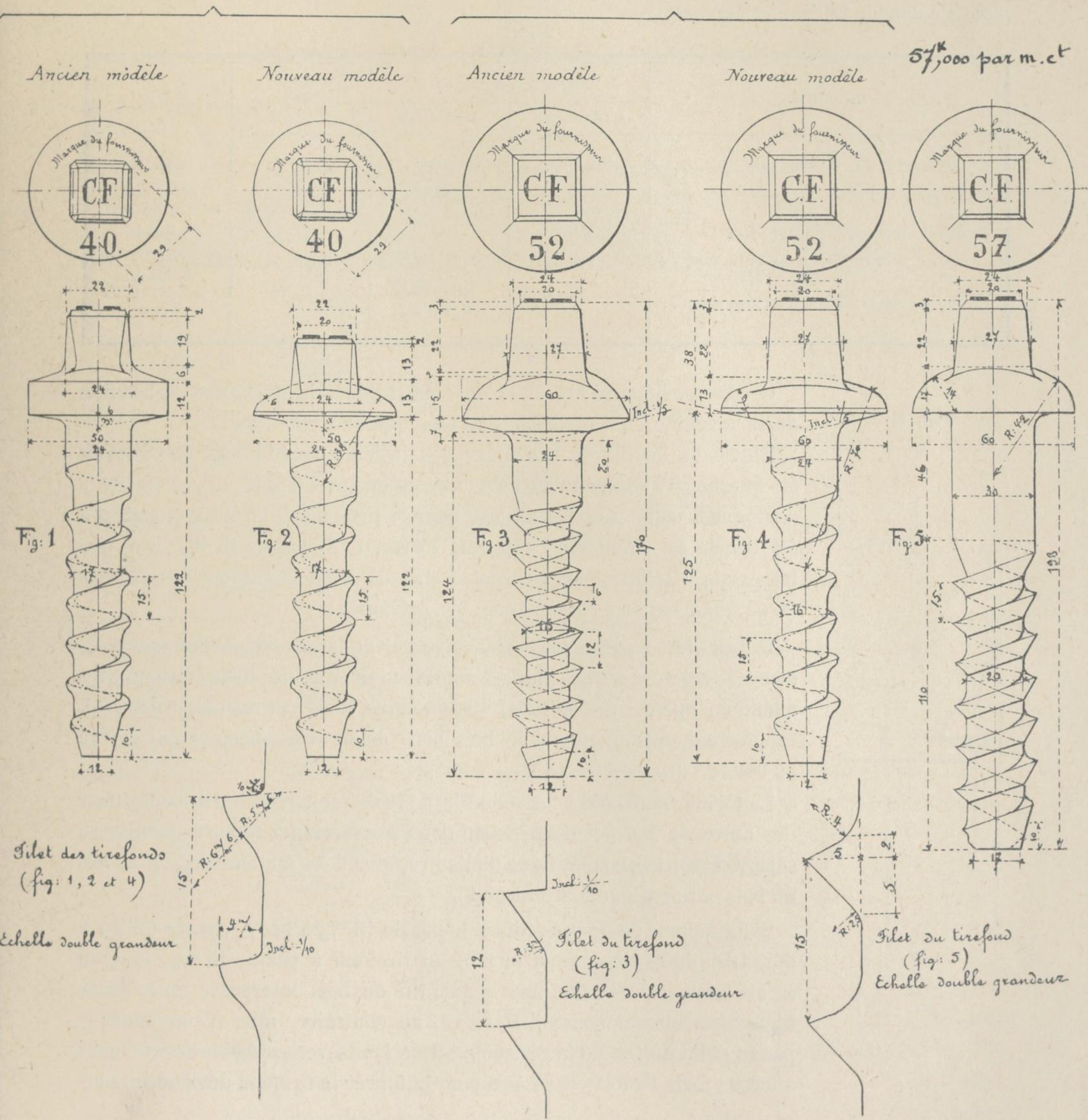
Lorsqu'en 1899, l'Etat belge substitua le rail du profil de 40 kilog. 650 à celui de 38 kilog., on remplaça le crampon par le tirefond représenté à la figure 1.

Ce tirefond a une tête à partie cylindrique, dont le but est de servir de butée au droit des éclisses. En vue de simplifier l'approvisionnement, on avait admis le même type de tirefond pour toutes les traverses. Mais il est à remarquer que le poids de matière qui se trouve dans la tête est tellement grand que, pour obtenir une bonne fabrication, il est nécessaire de refouler le métal en deux opérations. Ce surcroît de poids et de main-d'œuvre augmente le prix des pièces. C'est pourquoi, l'Etat belge vient d'adopter un nouveau type de tirefond qui est représenté figure 2. L'ancien tirefond pesait 600 grammes; le nouveau ne pèse plus que 520 grammes, soit une économie en poids de 13,3 % sans compter celle qui provient du fait que le refoulement du métal peut se faire en une opération.

Beaucoup de compagnies qui n'utilisent pas de selles sous les traverses de joint ont adopté

deux modèles de tirefonds : l'un à tête plate pour les traverses intermédiaires, l'autre à tête cylindrique, pour les joints, en vue de permettre la butée des éclisses contre cette partie. Dans le cas du rail de 40 kilog. 650 de l'État belge, cette butée (figure 12) doit se faire contre la plaque d'appui en même temps que contre le tirefond. Dans ces conditions, on peut sans inconvénient

Fig. 10. — DIVERS TYPES DE TIREFONDS EMPLOYÉS.

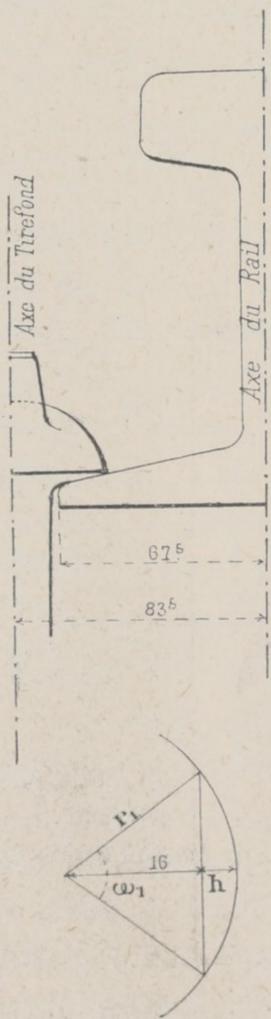


adopter une tête plate pour les tirefonds de joint et renoncer à utiliser deux modèles différents. C'est la mesure qui vient d'être adoptée.

En 1907, lorsqu'on mit à l'essai des rails du profil de 57 kilog. par mètre courant, avec fixation par crapauds et tirefonds, on adopta pour ceux-ci, la forme indiquée à la figure 5. Il pèse 1 kilog. 050, mesure 30 m/m de diamètre extérieur, avec un noyau de 20 m/m. Ces tirefonds ont été fabriqués à chaud sans difficultés, bien que les fabricants eussent, dès le début, éprouvé quelque inquiétude à leur sujet. Le pas est de 15 m/m. Les essais d'arrachement au moyen de l'appareil Albert Collet, effectués sur ces différentes espèces de tirefonds ont donné les résultats indiqués dans le tableau ci-dessous.

ESSENCE.	TIREFONDS DE 40 k. 650.		52 kilos.	57 kilos.
	pas de 15 m/m	pas de 12 m/m		
Pin sylvestre de Russie (bois sec).....	2.200 k.	2.200 k.	2.500 k.	5.000 k.
Hêtre du pays (bois sec).....	7.200 k.	6.800 k.	7.200 k.	7.200 k.
Chêne de Russie (bois dur et sec).....	5.600 k.		6.800 k.	7.200 k.
id. id. (bois de moyenne dureté et 1/2 sec).....	5.200 k.	4.500 à 4.900 k. (degrés de siccité variables).	5.300 k.	6.900 k.
Chêne du pays (bois dur et très sec)....		6.500 k.		

Fig. 11.



On n'a pas dépassé un effort de 7.200 kilog. ; la puissance de traction de la machine dont on disposait n'était que de 8.000 kilog.

En vue de faciliter le taraudage des tirefonds de 40 kilog. 650, il avait été question d'adopter la forme de filet de la figure 5 avec un pas de 12 m/m analogue à celle qui a été admise pour le tirefond de 57 kilog. ; mais il a été décidé de maintenir l'ancienne forme, avec pas de 15 m/m, bien que les essais d'arrachement eussent donné de bons résultats. Les raisons qu'on a fait valoir à cet effet sont les suivantes :

1° Les filets aigus et réunis au corps par de larges congés donnent peut-être à l'arrachement des chiffres supérieurs à ceux des filets triangulaires quand on opère sur des bois durs et neufs, mais cet avantage disparaît rapidement, dit-on, quand le bois perd de sa résistance, ce qui arrive au bout de deux ou trois ans.

La forme renflée de la base du filet a précisément pour but de comprimer les fibres du bois et d'empêcher dans une certaine mesure qu'elles se séparent trop facilement l'une de l'autre, quand les matières agglutinantes du bois ont perdu de leur efficacité.

2° Il importe de ne pas réduire le pas de 15 m/m à 12 m/m, parce qu'il y a déjà trop de matière dans le filet du tirefond à pas de 15 m/m, et qu'il serait irrationnel de diminuer la quantité de bois interposée entre deux filets successifs du tirefond. Il serait, au contraire, utile d'augmenter le pas au point de vue de la résistance dans les traverses âgées de quelques années ; mais l'effort nécessaire pour enfoncer le tirefond deviendrait plus grand.

Pour le pas de 15 m/m il est déjà suffisant pour absorber le travail de deux hommes agissant de toutes leurs forces. Le pas du tirefond peut être d'autant plus grand que l'essence du bois des

billes est plus tendre. L'État belge n'utilise que les bois durs (chêne et hêtre) pour ses traverses.

La résistance à l'arrachement du tirefond de 30^m/_m de diamètre est considérable dans le pin sylvestre. Comme les traverses en chêne et en hêtre sont d'un prix élevé et comme elles deviennent de plus en plus rares, il est probable que l'on pourrait obtenir de bons supports en utilisant des essences résineuses qui sont très abondantes et en adoptant comme attache, un tirefond de gros diamètre.

DEUXIÈME PARTIE.

APPROVISIONNEMENT ET RÉCEPTION DES PARTIES CONSTITUTIVES DE LA VOIE (1).

Rails.

On admet indifféremment les rails produits par le procédé acide ou par le procédé basique. Des expériences comparatives faites sur le plan incliné de Liège, tendent à démontrer que ces deux procédés s'équivalent. Toutefois les aciéristes sont loin d'être d'accord sur ce point; certains producteurs d'acier Bessemer acide prétendent que les rails Thomas sont inférieurs comme qualité aux rails acides, et qu'ils s'usent plus rapidement que ces derniers. Quant aux rails en acier Siemens Martin, ils ne se fabriquent pas en Belgique.

Jusqu'en 1904, les rails ont été fournis avec mise en garantie pendant cinq ans d'une partie (1/10) de la fourniture, et tolérance de 2 % de rebut à l'expiration de la garantie. Il a été constaté que la mise au rebut des rails pour défauts de fabrication (soufflures, etc.), ne devient sérieuse qu'après un délai de cinq ans. La garantie, telle qu'elle existait, n'a jamais donné de résultat sérieux. Dès lors, on pourrait prolonger sa durée (10 ans par exemple) et l'appliquer à toute la fourniture, en imposant à l'aciériste de remplacer tous les rails retirés pendant la garantie pour défauts de fabrication. Cette façon de procéder semble avantageuse, à première vue. Mais il faut remarquer que le fournisseur, en établissant son prix, devra tenir compte de l'aléa de la mise au rebut et de l'intérêt de son cautionnement pendant 10 ans. (L'intérêt dans l'industrie est de 6 % l'an, et l'État paie l'intérêt du cautionnement à 3 %; l'industriel comptera donc l'intérêt à 3 % sur son cautionnement). Le prix sera donc augmenté et vraisemblablement d'une manière plus sensible que le bénéfice que l'on retirerait du remplacement des rails retirés des voies. Il faut ajouter que les mises en garantie donnent lieu à de nombreuses sujétions (poinçonnage et revision des postes de garantie, correspondances nombreuses). Cette garantie se justifiait pour des rails en fer; on l'a continuée aux rails d'acier. Il y a lieu semble-t-il, d'y renoncer, comme on le fait dans certaines compagnies. (Voir *Bulletin du Congrès des chemins de fer*, août 1904, articles de MM. Post et Van Bogaert). L'État belge s'est décidé à renoncer à toute garantie, en renforçant les conditions de réception (essais de traction et de chocs plus nombreux) et en imposant aux aciéristes d'affranchir suffisamment les barres ou les blooms pour éviter les soufflures autant que possible. Il est à remarquer que celles-ci proviennent en

(1) Nous donnons en annexe, à la fin de cette note, les clauses techniques des cahiers des charges de l'État belge après avoir examiné les raisons qui ont dicté certaines d'entre elles et donné quelques renseignements sur la fabrication.

effet, en majeure partie, de la poche de retassement qui se forme à la partie supérieure des lingots. Dès lors, pour les éviter, il faut enlever la partie où se trouve cette poche, soit en affranchissant les blooms, lorsque l'aciérie possède un blooming, soit en sciant une partie suffisamment longue de la tête de la barre laminée (2 mètres environ). En outre, si les rails sont laminés à trois longueurs, par exemple, un seul d'entre eux court le risque de présenter une soufflure. Il en résulte qu'à ce *point de vue*, plus le lingot sera lourd, meilleure sera la fabrication. C'est là la raison pour laquelle on impose aux aciéries des lingots capables d'au moins deux rails de 18 mètres pour les profils de 40 k. 650 et de 52 kilog. (1500 kilog. au moins).

De plus, la partie supérieure étant celle qui se présente dans les conditions les plus mauvaises, c'est là que les essais sont prélevés.

Il ne faut pas perdre de vue, toutefois, que certaines soufflures moins importantes peuvent exister à la culasse du lingot. C'est pourquoi on impose de recouper une certaine partie de matière, mais cette quantité est beaucoup plus faible qu'à la tête (environ 1 mètre de barre).

Éclisses, bouts d'éclisses, plaques d'appui.

Les plaques de 38 kilog. sont simplement cisailées et les trous sont poinçonnés. Pour toutes les éclisses, les bouts d'éclisses et les plaques d'appui de 40 kilog. 650 et de 52 kilog., il est prescrit de faire disparaître les déformations produites par le cisailage ou par le perçoir. Les parties déformées par la cisaille s'enlèvent au moyen de lames tournantes ; (arraseuses utilisées aussi pour la mise des poutrelles à longueurs exactes) les encoches des éclisses sont produites par des fraises. On enlève au perçoir le métal des encoches pour les éclisses de 40 kilog. 650 et on laisse sur tout le pourtour environ 5 $\frac{m}{m}$ à enlever par des fraises. En opérant de la sorte, les portées d'éclissage et la largeur des plaques sont utiles suivant les dimensions indiquées au plan. Ce travail de parachèvement s'exécute rapidement et à peu de frais dans des usines bien outillées.

Les trous de boulons et de tirefonds sont percés à la machine et non poinçonnés, afin de ne pas produire dans le métal des criques qui hâtent la mise hors d'usage des éclisses et des plaques. Tous les trous sont percés en même temps. Pour les éclisses, on fait usage de machines à 4 ou 6 forêts, suivant l'espèce, et pour les plaques à trois trous, on dispose sur un même bâti deux têtes de perceuses à trois forêts convenablement disposés.

Pour les plaques d'appui de 38 kilog., on met en concurrence le fer et l'acier. On doit laminer à 100 $\frac{m}{m}$ de largeur, de manière que les fibres du fer soient normales à la direction du rail ; sinon, il y aurait rapidement séparation de ces fibres et mise hors d'usage des plaques. C'est parce qu'on ne peut laminer de cette manière les selles de 40 kilog. 650 et de 52 kilog. qu'on les prévoit exclusivement en acier.

Les éclisses et les bouts d'éclisses sont indifféremment en fer ou en acier. Depuis quelques années, on procède, à l'usine, au huilage des plaques, des éclisses et des bouts d'éclisses. C'est là un très léger accroissement de dépense qui est largement compensé par le fait que le matériel, qui reste parfois longtemps exposé aux intempéries dans les dépôts et le long de la voie, ne se rouille plus comme il le faisait auparavant. Voici la clause insérée dans les cahiers des charges :

« Après achèvement, les éclisses, bouts d'éclisses et plaques seront débarrassés de la rouille
» qui pourrait y adhérer, plongés ensuite dans l'huile de lin bouillante, et séchés à l'air
» éventuellement avant le bottelage ».

Boulons d'éclisses.

Les boulons étaient, jusqu'en 1908, en fer complètement nerveux ; les écrous en fer grenu. Devant la difficulté de se procurer du fer non mélangé d'acier et bien soudé, il a été décidé de remplacer, pour la tige des boulons le fer par de l'acier doux. (Résistance 38 à 44 k/mm² avec un allongement de 26 % au moins mesuré sur 200 m/m de longueur primitive). En cu re, la production en boulons d'acier est moindre qu'en boulons en fer, tant aux presses qu'aux ébarbeuses et aux taraudeuses. L'acier doux est beaucoup plus difficile à bien tarauder que le fer. On est donc porté à choisir un acier plus dur (45 à 50 kilog. de résistance par mm² à la rupture) pour les boulons ; mais, dans ce cas, il est à craindre que l'on arrive à des aciers trop cassants et qui prennent légèrement la trempe, ce qui ferait facilement sauter les têtes et amènerait des bris de la tige elle-même.

En Belgique, on ne fait que très peu d'écrous en acier parce qu'ils sont difficiles à forger et à tarauder. C'est pourquoi, l'État belge admet des écrous en fer, en concurrence avec ceux en acier. Ces écrous sont fabriqués avec du fer complètement grenu, parce que le taraudage du fer nerveux donne de l'arrachement dans le filet et une production moindre que si l'on emploie du fer grenu. Au point de vue de la résistance, cela ne présente aucun inconvénient, puisque l'écrou est toujours beaucoup plus haut que ce qu'exige la théorie ; il est donc beaucoup trop résistant pour le diamètre de la tige. Aussi, ne voit-on jamais périr un boulon par le manque de résistance de l'écrou. Toutefois, pour être certain que cette condition est réalisée, il est prescrit de faire un essai à la traction sur le boulon muni de son écrou ; la rupture ne peut se faire par arrachement de celui-ci, sous peine de rebut. La forme de la tête du boulon de 40 kilog. 650 n'est pas favorable pour le taraudage, parce que le guidage de la tige ne peut se faire convenablement. Le pas Whitworth ordinaire a été admis jusqu'en 1906 pour le filet. A cette époque, en vue de rendre moins facile le desserrage des écrous, on a décidé de prendre un pas moins grand, tout en conservant la forme du filet Whitworth. Cette modification a donné de très bons résultats.

Crampons.

Les crampons, tant ordinaires que spéciaux, sont en fer nerveux ou en acier doux. Bien que l'on admette indifféremment le fer et l'acier, les fabricants préfèrent généralement fournir en fer, parce que le prix de revient est plus faible que pour des pièces en acier. Ce fait provient de ce qu'on peut produire un plus grand nombre de pièces en fer qu'en acier avec les presses et l'outillage s'use moins rapidement. Mais l'ébarbage de l'acier se fait mieux que celui du fer ; ce dernier donne souvent lieu à des arrachements.

Tirefonds.

Les tirefonds ont été fabriqués en fer nerveux exclusivement jusqu'en 1900. On les taraudait à froid de la même manière que les boulons. A partir de 1900, les chemins de fer de l'État ont adopté exclusivement les tirefonds en acier taraudés à chaud, qui sont plus résistants que ceux en fer filetés à froid. Depuis 1907, dans le but unique d'augmenter la concurrence et de remédier aux ententes entre fabricants, le taraudage à froid, tant du fer que de l'acier, a été

mis sur le même pied que le filetage à chaud; mais aucun fabricant belge ne tarauda plus à froid. Le prix de revient est plus élevé. La perte de matière est beaucoup plus considérable par le filetage à froid. Pour les tirefonds des anciens modèles de 40 kilog. 650 et de 52 kilog., le refoulement de la tête doit se faire en deux opérations, c'est-à-dire qu'à une première presse on refoule le métal en partie et on achève la tête à une seconde presse voisine de la première, pour ne pas devoir réchauffer la broche. On a été amené à insérer cette clause dans les cahiers des charges, parce que certains fabricants, dans un but d'économie, — mal compris selon nous, puisqu'il y avait un déchet supplémentaire qui correspondait à l'économie de main-d'œuvre et de combustible que l'on réalisait par le forgeage en une opération — refoulaient tout le métal de la tête en une fois, au moyen de presses à friction très puissantes système Sayn. Beaucoup de pièces avaient la tête mal forgée; les coins supérieurs n'étaient pas remplis; les arêtes latérales étaient mal formées; de plus, le métal présentait souvent des reprises sur la face de serrage. Les tirefonds à tête mal formée, à angles arrondis se posent difficilement; ils n'offrent pas une résistance suffisante à la clef à bécuille. Certaines compagnies ont paré à cet inconvénient, en adoptant une tête rectangulaire.

Les machines à tarauder à chaud sont à trois galets. Elles sont généralement horizontales. La disposition verticale est l'exception. Un ouvrier peut produire 5.000 à 6.000 pièces sur une machine en 10 heures de travail.

Le taraudage se fait généralement en commençant sous la tête; pour mettre la broche en prise, l'ouvrier écarte les galets au moyen d'une pédale et d'une came, puis il donne le serrage. Le taraudage à chaud est un véritable laminage du filet; on étire le métal vers la pointe. Il en résulte un vide central, dont la grandeur varie avec la température du taraudage de la broche. Cela donne un vilain aspect à la pièce. De plus, le bout n'est pas régulier; il convient de le lamer pour enlever les inégalités à l'extrémité. Comme on ne peut obtenir un chauffage régulier des broches dans les cubilots ou dans les fours ordinaires employés dans les boulonneries, il y a lieu d'admettre une certaine tolérance dans la longueur de la tige et dans le vide central. Il est à remarquer, que dans le taraudage à chaud, le noyau n'est pas étiré par les galets. On a essayé de réduire et de faire disparaître le vide central; à cet effet, certains fabricants ont parfois fraisé le bout des broches à tirefonds. D'autres ont renversé le sens de rotation des galets et commencent le taraudage par la pointe. Ce mode de fabrication réussit complètement; le vide central qui provient du refoulement du métal à la mise en prise des galets, est presque nul. De plus, la sortie du filet est très nette, tandis qu'avec le mode de taraudage ancien à partir de la tête, il existe un certain broutement à l'entrée des galets qui ne contribue pas à la beauté de la pièce. De plus, lorsque l'on fait usage de traverses en bois très dur, sans interposition de selle d'appui, comme c'est le cas pour les chemins de fer de l'Etat argentin, le taraudage doit se faire jusqu'à quelques millimètres de la tête du tirefond. On ne peut arriver à ce résultat avec le taraudage à chaud, commençant sous la tête, parce que le filet ne peut commencer qu'à une distance de la tête égale à l'épaisseur des écrous des galets. Cet inconvénient n'existe pas lorsqu'on taraude en commençant par la pointe. Il faut employer un acier très doux, sinon le filet d'eau qui coule entre les galets au taraudage occasionnerait la trempe ou tout au moins l'altération du métal par son refroidissement brusque.

Les chemins de fer de l'Etat belge se sont occupés de la question du meilleur enduit, à utiliser pour la conservation des tirefonds. Trois procédés peuvent être employés: 1^o la galvanisation); 2^o le goudronnage); 3^o le huilage).

Galvanisation. — La galvanisation, outre qu'elle est coûteuse, rend les pièces de valeur presque nulle comme mitrailles. De plus, la moindre défectuosité dans la couche de zinc rend celle-ci tout à fait inefficace, puisqu'il se forme, au contact de l'acier, un couple galvanique qui fait disparaître le zinc et la rouille se produit comme si celui-ci n'existait pas. La galvanisation n'est donc pas recommandable, sauf dans les deux cas suivants : 1^o lorsque l'injection des traverses est faite au sulfate de cuivre, et 2^o pour les pays d'outremer, dans lesquels la question de la valeur des mitrailles n'est pas à considérer et lorsque les transports par eau empêcheraient les tirefonds huilés ou goudronnés d'arriver en bon état. Le décapage préalable du fer ou de l'acier donne lieu à la création d'hydrogène à l'état naissant, qui nuit à la qualité du produit.

Goudronnage. — On a essayé, pendant un an, le goudronnage prescrit dans les cahiers des charges de la Compagnie du Nord français. Il est assez coûteux et se fait généralement dans de mauvaises conditions, parce qu'il est très difficile d'obtenir un chauffage à point. Si celui-ci est trop fort, le goudron s'écaille ; s'il est trop faible, l'enduit adhère aux mains et le tirefond est d'un maniement désagréable pour l'ouvrier. De plus, sur la voie, le goudron des attaches exposé au soleil en plein été se ramollit et augmente encore l'inconvénient ci-dessus. Certaines usines avaient employé l'enduit du docteur Angus Smith dont on fait souvent usage pour les tuyaux en fonte. Les résultats obtenus n'ont pas été meilleurs qu'avec le goudron pur d'usine à gaz ou de fours à coke. Dans les deux cas — goudron pur ou procédé Smith — les tirefonds exposés aux intempéries pendant quelques mois étaient rouillés en grande partie.

Huilage. — Cet essai n'ayant pas donné de bons résultats, on a recouru au huilage qui, effectué avec des matières premières pures et de première qualité, donne toute satisfaction. Des pièces — boulons et tirefonds — sont restées exposées aux intempéries pendant plusieurs années sans présenter la moindre trace de rouille. Les tirefonds sont plongés, avant l'emballage, dans un mélange d'huile de lin froide et de siccatif, de manière à les recouvrir d'un glaci. Le mélange se fait dans la proportion de 15 litres d'huile de lin pour un litre de siccatif. On laisse sécher les pièces dans un endroit bien abrité avant l'emballage. Voici la clause relative aux matières, insérée dans les cahiers des charges :

« L'huile de lin bouillie proviendra d'huile de lin claire et pure, d'une densité comprise
» entre 0,931 et 0,933 à 15° centigrades, concentrée par ébullition, jusqu'à atteindre une
» densité de 0,939 au minimum à la même température.

» Le siccatif sera à base de peroxyde de manganèse et d'essence de térébenthine française
» pure. Il sera exempt de résinate de manganèse ».

Le même enduit est employé pour les boulons d'éclisses et les rondelles-ressorts.

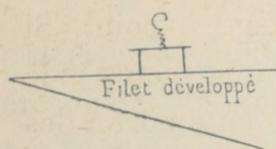
Rondelles-ressorts.

Jusqu'en 1899, on n'employait aucun moyen spécial pour s'opposer au desserrage des écrous pour la voie de 52 kilog. Pour les boulons de 38 kilog., on faisait usage d'une petite plaque carrée en acier extra-doux, que le service de la route aurait dû retourner contre l'une des faces de l'écrou. La butée de la plaque contre le retour de l'éclisse-cornière devait éviter la rotation de l'écrou. En réalité, cette opération ne se faisait pas et l'on décida de ne pas se fier

à la vigilance du personnel de la voie et de pourvoir tous les boulons d'éclisses — tant ceux de 52 kilog. que ceux de 38 kilog. et de 40 kilog. 650 — de rondelles-ressorts qui, lors des essais préliminaires, avaient donné des résultats satisfaisants.

Examinons les conditions auxquelles doit satisfaire une rondelle-ressort. A cet effet, remarquons d'abord que le desserrage de l'écrou consiste dans le fait que, sous l'effet des vibrations produites par le passage des trains, l'écrou remonte le long du filet. En développant celui-ci, l'hélice donne une ligne inclinée (Fig. 13). C'est donc comme si l'écrou remontait le long d'un plan incliné. Pour s'opposer à cette ascension, on peut presser l'écrou contre le filet (plan incliné) au moyen d'un ressort. Si la tension de celui-ci est suffisante, les vibrations ne produiront aucun effet. Mais pour cela, il faut : 1^o que le ressort ne soit pas entraîné avec l'écrou, c'est-à-dire qu'il soit retenu en un point fixe α ; 2^o que la pression soit suffisamment forte. Ce sont

Fig. 13.



ces deux conditions qui ont dicté les clauses insérées dans les cahiers des charges de chemins de fer belges pour la réception des rondelles-ressorts. Pour réaliser la première condition, il faut que la rondelle morde dans l'éclisse au serrage. En outre, il convient qu'un essai pratique de compression totale permette de constater que les rondelles ne se brisent pas au serrage ni au desserrage, — ce qui arrive lorsque la

trempe est trop forte ou que l'acier est de mauvaise qualité — et qu'elles conservent leur élasticité.

Les rondelles de 22^{m/m} et de 26^{m/m} de diamètre intérieur avaient le même pas, c'est-à-dire 15^{m/m} entre les points extrêmes. A notre avis, il ne devrait pas en être ainsi. Pour pouvoir réaliser la première pression (seconde condition) le pas devrait être proportionnel au diamètre moyen dans les deux cas. En outre, le pas de 15^{m/m} est considérable pour des rondelles de 22^{m/m} de diamètre intérieur ; il s'obtient difficilement en fabrication courante. La forme de la section — évidée ou carrée — n'a pas une grande influence au point de vue de la pression, car il est à remarquer que la trempe ne se produit que sur la périphérie à une faible profondeur. Mais la partie non trempée exerce une influence plutôt nuisible sous le rapport des tensions. Pour éviter de trop grandes tensions intérieures qui occasionnent le bris des rondelles au serrage et lorsqu'elles sont en place, la section en nous semble préférable, pour les faibles diamètres surtout, parce que la trempe s'y fait d'une manière plus régulière que lorsque la rondelle est à section pleine. Néanmoins, l'Etat belge admet en concurrence les sections pleines et les sections évidées et ne donne aucune préférence à celles-ci. L'acier doit être de très bonne qualité et suffisamment dur pour prendre une trempe ferme ne se laissant pas attaquer par la lime.

Fabrication des rondelles. — La fabrication des rondelles-ressorts peut se faire de deux manières différentes : 1^o d'après la méthode anglaise, méthode que l'on peut qualifier de discontinue et 2^o d'après la méthode continue.

Dans le premier procédé, on découpe dans le rouleau de verge à profil convenable — cette verge se lamine au train-machine comme la verge de tréfilerie — une longueur suffisante pour donner une rondelle. A l'aide d'une presse, on plie d'abord la verge de la manière indiquée au croquis ci-contre, puis on achève l'enroulement, tout en imprimant la torsion nécessaire pour donner le pas de la spire. Ce travail se fait à chaud (Fig. 14).

Dans la méthode continue, on enroule sur un mandrin, une grande longueur de verge, de manière à en former un ressort à boudin, dont la longueur atteint parfois un mètre. Cet enrou-

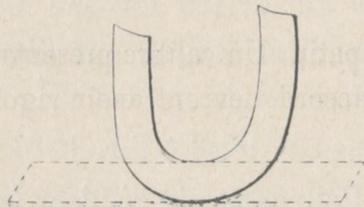
lement s'obtient sur un tour à fileter légèrement modifié, comme pour la fabrication des ressorts à boudin. On cisaille alors toutes les spires une à une et l'on obtient les rondelles-ressorts. Le premier procédé est plus coûteux que le second. Aussi est-ce ce dernier qui est adopté dans toutes les usines en France, en Allemagne et également en Belgique dans la seule usine qui fabrique ces accessoires (MM. Foulard frères à Haine-St-Paul). De plus les rondelles fabriquées isolément ne présentent pas une courbure aussi régulière que celles qui proviennent de la fabrication continue.

Après le découpage, les rondelles sont chauffées dans un four puis trempées (à l'eau, à l'eau de savon ou autrement suivant la dureté de la trempe que l'on veut obtenir). Parfois on les recuit légèrement pour modérer la trempe et faire disparaître les tensions moléculaires internes que celle-ci peut avoir produites et qui amèneraient fatalement la rupture des pièces.

Il résulte du mode de fabrication que dans le second procédé, la distance minima des deux pointes de la spire est de deux fois l'épaisseur de la verge.

Si l'on comprime une rondelle trempée, elle ne revient pas à son pas primitif. La déformation

Fig. 14.



produite par la tension comprend : 1^o une déformation permanente, et 2^o une déformation élastique. Celle-ci disparaît par une première pression ; mais lorsque la rondelle a été comprimée une première fois, plusieurs pressions répétées n'en modifient plus sensiblement le pas. Dès lors, il est indispensable de comprimer toutes les rondelles une à une après trempe. C'est une opération qui se fait en effet chez tous les fabricants.

Dans le second procédé, l'enroulement se fait généralement à froid, ce qui donne lieu à des tensions internes considérables. A notre avis, on obtiendrait de meilleurs résultats, en faisant un enroulement à chaud.

La grande difficulté dans la fabrication est d'obtenir une trempe et un chauffage réguliers.

Supports.

Les billes sont demi-rondes en chêne blanc ou en hêtre à cœur blanc de toute provenance. Elles mesurent 2 m, 60 de longueur et 14 × 28 ou 13 × 26 de section. Les fournisseurs peuvent livrer 20 % de traverses de 26 × 13 qui se paient à la pièce 0 fr. 75 de moins que celles de 28 × 14.

Les billes sont sabotées et forées mécaniquement dans les chantiers de l'État puis créosotées et pourvues d'un clou millésime galvanisé.

ANNEXES

Clauses techniques insérées dans les cahiers des charges de l'État belge pour la fourniture des rails, accessoires de voie courante et billes et dans les cahiers des charges pour la préparation des traverses.

I. — Rails.

A. — PROFIL.

Les rails présenteront la forme exacte du plan.

Le profil sera rigoureusement conservé sur toute la longueur des barres et particulièrement aux extrémités qu'on évitera avec soin de comprimer ou d'altérer lors du coupage.

Les portées d'éclissage seront parfaitement planes, tant au bourrelet qu'au patin. Un calibre présentant le profil de l'éclisse devra s'y appliquer sans laisser de jour. Les congés de raccord devront avoir rigoureusement les dimensions indiquées au plan.

B. — LONGUEUR.

La longueur normale des barres sera de dix-huit mètres (18^m,00) et il pourra être commandé, au maximum, un quinzième du tonnage adjudgé en rails de 17^m,88.

Pour faciliter la fabrication, il pourra être livré ou bien, le cas échéant, il sera commandé à valoir sur ces marches, 8 % au maximum, du même tonnage en rails de douze mètres (12^m,00), onze mètres nonante-deux (11^m,92), neuf mètres (9^m,00), huit mètres nonante-quatre (8^m,94), six mètres (6^m,00), cinq mètres nonante-six (5^m,96) et en rails d'autres longueurs inférieures à douze mètres (12^m,00) suivant détail qui sera remis en temps utile au fournisseur.

La tolérance sur les longueurs fixées n'excèdera, en aucun cas, un millimètre et demi (0^m,0015) en plus ou en moins.

C. — POIDS.

Le poids normal des rails résultant du plan est de 38 kilog., 40 kilog. 650, 52 ou 57 kilog. par mètre courant. Dans les réceptions partielles, il sera accordé sur ce poids une tolérance de *deux pour cent* (2 %) en plus ou en moins, pourvu que la totalité de la fourniture ne s'écarte pas du poids normal de plus d'*un pour cent* (1 %).

Dans cette limite de tolérance et au-dessous, les rails seront payés d'après leur poids réel ; au-dessus, l'excédent de poids ne sera pas payé au fournisseur.

Les rails en dehors des limites ci-dessus pourront être rebutés, si la commission le juge convenable.

Pour chaque réception le poids par mètre courant sera déduit de la pesée d'au moins 50 rails de longueur normale parachevés, pris dans des coulées différentes et choisis, par moitié, par les deux parties contractantes.

D. — MARQUES.

Les rails devront porter sur les deux faces de l'âme, mais non en regard l'une de l'autre, la marque

distincte des fabriques ou usines du fournisseur, le millésime de l'année de l'adjudication et les lettres A B ou A T, suivant que les rails seront en acier Bessemer ou en acier Thomas.

Ces marques résulteront d'une gravure faite dans la cannelure finisseuse du cylindre. Elles devront être le plus visible possible, sans toutefois gêner l'application parfaite des éclisses.

Les rails porteront également, à la suite des marques précédentes, un numéro frappé à chaud, qui changera en même temps que les coulées, et qui servira à faire distinguer les rails provenant d'une même coulée ou de coulées différentes.

Sur tous les rails provenant de la partie supérieure des lingots, il sera de plus frappé à chaud la lettre T à la suite du numéro de coulée.

E. — PARACHÈVEMENT.

Les barres devront être parfaitement droites sur toute leur longueur, sans aucune tolérance. Elles devront être dressées à chaud, avec le plus grand soin, à la sortie du laminoir, de manière à réduire le plus possible l'importance du dressage à froid. Celui-ci sera effectué sans percussion et par pression graduée.

Tous les rails devront être fraisés aux abouts de manière à présenter une section parfaitement nette, bien perpendiculaire à l'axe. Les bavures seront enlevées avec soin et aucune trace du coupage à chaud ne pourra être aperçue.

Chaque extrémité des rails sera forée dans l'âme de trois trous pour boulons d'éclisses ; de plus, tous les rails de 18^m,00 seront forés de quatre trous supplémentaires et ceux de 12^m,00 de deux trous supplémentaires destinés à la fixation d'attaches d'arrêt.

Les dimensions et les positions de ces trous sont indiqués au plan déposé.

Les trous seront bien cylindriques et parfaitement ébarbés.

F. — LINGOTS. MÉTAL. ÉPREUVES. POINÇONNAGE.

Les lingots seront au moins de la capacité de deux rails de longueur normale (18^m,00). Les chutes au deux bouts des lingots devront être telles que les cassures faites près des extrémités des rails ne pourront montrer des traces de fentes ou autres défauts quelconques.

Les rails seront en acier dur et tenace. La cassure devra montrer une texture à grain fin, compacte, homogène, exempte de points blancs, brillants et fonteux.

L'administration n'entend recevoir que des rails capables de résister aux épreuves suivantes :

1^o La commission fera, par coulée, l'essai au mouton défini ci-dessous, sur un bout de rail d'environ 2 mètres de longueur portant frappé à chaud, dans l'âme, le numéro de la coulée dont il provient.

Ce bout de rail sera prélevé à la partie supérieure d'un lingot. (Il ne sera donc scié à chaud que d'un seul côté).

Chaque bout de rail reposant par le patin sur deux points d'appui distants de 1^m,10, devra supporter le choc d'un mouton de 500 kilog. tombant de 4^m,00 de hauteur au milieu de l'intervalle des deux appuis. (1.000 kilog. pour les rails de 52 kilog et de 57 kilog par mètre courant).

Pour cette épreuve les deux supports seront en fonte, reposant sur une enclume d'environ 10.000 kilog., placée sur un massif de maçonnerie d'un mètre au moins d'épaisseur, reposant sur un terrain solide.

L'ensemble ne devra effectuer aucun mouvement sensible sous l'action du coup de mouton.

Si la rupture d'un bout de rail se produit, on fera tomber le même mouton d'une hauteur de 6^m,00 sur deux rails entiers de la même coulée et provenant de la partie supérieure de deux lingots. (La lettre T aura été frappée à chaud, sur tous les rails de l'espèce, à la suite du numéro de coulée. Voir paragraphe D).

Si l'un de ces rails ne résiste pas, tous les rails marqués T provenant de cette coulée seront refusés et des essais au mouton seront continués sur les autres rails de cette même coulée. Si l'un de ces rails se brise, la coulée entière sera refusée.

2° La commission de réception prélèvera ensuite, dans la fourniture présentée, de 0,5 à 1 % du nombre de rails, chaque rail prélevé provenant d'un coulée différente.

La moitié environ des rails ainsi prélevés portera la lettre T.

De chacun de ces rails il sera coupé un bout d'environ 0^m,60 de longueur pour être soumis à la traction dans les conditions suivantes :

Des barreaux de 0^m,016 de diamètre sur 200 de longueur utile entre repères, prélevés dans le bourrelet, aux extrémités des rails (1), devront offrir à la traction une résistance minimum de 70 kilog., par m/m², à la rupture, avec un allongement qui ne pourra être inférieur à 10 %.

Le métal devra se laisser tremper à l'eau froide de façon à être difficilement entamé à la lime.

3° Les autres bouts des rails en question, lesquels pourront être recoupés à cinq mètres, devront résister au choc du mouton tombant de 6^m,00 de hauteur, établi dans les conditions ci-dessus décrites.

Si l'une de ces deux dernières épreuves n'est pas satisfaisante, on les continuera sur un plus grand nombre de rails et si plus du dixième de tous les essais à la traction ou au mouton ne donne pas le résultat prescrit, la fourniture entière présentée en réception sera rebutée.

4° Des bouts de rails d'environ 3^m,00 provenant des coulées ayant donné *les plus grandes flèches* à la première épreuve ci-dessus posés par leur patin sur deux points d'appui distants de 1^m,10 devront supporter pendant 5 minutes, au milieu de l'intervalle des deux points d'appui, sans conserver de flèche permanente après l'épreuve, une charge de 25.000 kilog. pour les rails de 40 kilog. 650 par mètre courant.

5° Des rails de longueur normale ou des bouts de rails d'au moins 3^m,00 provenant des coulées ayant donné *les plus petites flèches* à la première épreuve ci-dessus, posés sur leur patin, devront pouvoir être courbés à froid suivant une courbe horizontale permanente de 100 mètres de rayon environ, sans qu'il se manifeste en aucun point ni crique ni fissure quelconque.

Les coulées qui ne satisferont pas à l'une ou l'autre de ces deux dernières épreuves pourront être refusées.

La commission pourra employer, outre les essais prescrits ci-dessus, tout autre moyen de vérification qu'elle jugera convenir ; elle fera notamment casser des rails par le choc au mouton ou autrement, pour s'assurer de la bonne qualité de l'acier et de la bonne fabrication des rails.

6° Les épreuves auront lieu à l'usine et aux frais de l'adjudicataire à l'aide d'appareils fournis par lui. La commission pourra vérifier l'exactitude de ces appareils et conservera le droit de procéder aux essais aux frais de l'adjudicataire, au lieu où elle le jugera convenable, devant le fournisseur dûment convoqué à cet effet. En cas d'absence de sa part, il ne pourra élever aucune réclamation concernant l'application des épreuves.

Des analyses ou autres essais au laboratoire de Malines pourront également être prescrits.

Il est interdit au fournisseur de représenter en réception des rails qui ont subi des épreuves.

Les rails reçus seront poinçonnés aux deux extrémités.

G. — RÉPARATIONS.

Il est expressément interdit de marteler, de chauffer ou de limer les rails, dans le but de cacher les défauts de fabrication. Les barres qui présenteraient des traces de pareilles fraudes seront mises au rebut.

(1) Ces barreaux seront exceptionnellement prélevés dans le bourrelet des chutes de tête de culasse.

Si les résultats ainsi obtenus laissaient à désirer, les épreuves seraient continuées conformément aux prescriptions du présent cahier des charges.

II. — Accessoires de rails.

Les objets à fournir seront de toute première qualité et semblables, quant aux formes et dimensions, aux indications des plans.

A. — ÉCLISSES ET BOUTS D'ÉCLISSES.

Les éclisses et bouts d'éclisses (attaches d'arrêt) seront en *acier doux* ou en *fer fort*, de première qualité, correspondant au n° 4 du cahier des charges général.

Ces pièces devront être soigneusement dressées, exactement calibrées conformément au plan et fraisées aux deux bouts pour faire disparaître les déformations du profil produites par la cisaille ou par les autres machines utilisées au découpage.

Les encoches seront également fraisées de façon à faire disparaître sur leur pourtour les déformations du profil.

Les trous de boulons seront forés.

Les bavures seront soigneusement enlevées.

Des barreaux d'acier de 0.016 de diamètre devront offrir, au minimum, une résistance à la rupture par traction de 50 kilogrammes par millimètre carré et donner un allongement de 15 % au minimum, mesuré sur 200 m/m de longueur primitive.

Des barreaux de fer de 0.016 de diamètre devront offrir, au minimum, une résistance à la rupture par traction de 35 kilogrammes par millimètre carré et donner un allongement de 15 % au minimum, mesuré sur 200 m/m de longueur primitive.

Si la qualité du métal n'est pas jugée acceptable par la commission, la partie entière sera rejetée.

B. — PLAQUES D'APPUI.

Les plaques d'appui seront en acier et cisailées sur une largeur suffisante pour pouvoir la réduire à la largeur du plan par fraisage des deux côtés de chaque plaque en faisant disparaître complètement les déformations, bavures, arrachements, etc., produits par la cisaille ou par les autres machines utilisées au découpage.

On éprouvera les plaques en les pliant à angle droit par le choc du mouton ou d'une masse. De plus, la nature du métal devra être limitée par une résistance de rupture minimum à la traction de 50 kilogr. par millimètre carré pour l'acier et par un allongement minimum de 15 %, mesuré sur 200 millimètres de longueur primitive.

Les plaques seront réunies par cinq pièces au moyen d'une ligature en fil d'acier ou de fer recuit de 5 m/m de diamètre au moins.

C. — BOULONS ET ÉCROUS.

Les boulons seront en *acier*, présentant une résistance de rupture à la traction de 38 à 44 kilos par millimètre carré, avec un allongement de 26 % au moins mesuré sur 200 millimètres de longueur primitive.

Les écrous seront en *fer*.

Les boulons seront fabriqués avec le plus grand soin, et parfaitement calibrés. L'extrémité filetée sera fraisée de manière à faire disparaître complètement toute trace de cisailage.

Le filetage des boulons et le taraudage des écrous devront être exécutés avec la forme du filet Withworth, mais à raison de 10 pas au pouce, pour les boulons de 25 m/m de diamètre, et à raison de

12 pas au pouce pour les boulons de 21 m/m de diamètre. Les filets seront nets, soignés et bien uniformes, de telle manière, que les écrous soient interchangeables.

Les boulons doivent pouvoir se plier, dans la partie filetée, à 90° sans présenter de criques et sans se briser.

Si l'on soumet à la rupture par traction un boulon muni de son écrou, la rupture doit se produire dans la tige du boulon, et non dans l'écrou. — D'autres épreuves pourront être faites pour s'assurer de la qualité du métal, tant des boulons que des écrous.

D. — RONDELLES.

Les rondelles-ressorts seront en acier trempé, de profil évidé ou rectangulaire, aux choix des soumissionnaires, et elles seront fabriquées avec le plus grand soin. Leurs extrémités devront être à vives arêtes, de façon à pénétrer d'une part dans l'éclisse et d'autre part dans l'écrou, lorsque ce dernier se desserrera ou sera desserré ou moyen d'une clef.

L'épaisseur des rondelles pourra varier de 8 à 9 m/m et le pas de la spire sera compris entre 14 et 16 m/m pour les rondelles de 22 m/m et entre 15 et 17 pour celles de 26 m/m .

Le pas des rondelles ayant été réduit à zéro par le serrage d'un boulon, il devra mesurer au moins 14 m/m pour les rondelles de 22 m/m et 15 m/m pour celles de 26 m/m après que le boulon aura été desserré. Les rondelles-ressort ne pourront se briser pendant le desserrage. Si plus d'une rondelle sur dix ne résiste pas à cette épreuve, la fourniture entière sera rebutée.

L'administration admettra 1/2 m/m en plus pour le diamètre intérieur et 1/2 m/m en moins ou 1 m/m en plus pour le diamètre extérieur.

La livraison de ces rondelles devra se faire en petits barils, caisses ou paniers bien conditionnés et contenant un nombre de rondelles d'un poids total inférieur à 60 kilogr.

Sont admises en concurrence les rondelles « Grover » et les rondelles « Vérona » ou autres à section carrée de 8 m/m au minimum et de 9 m/m au maximum.

E. — CRAMPONS.

Les crampons seront en acier ou en fer fort, de première qualité, mentionné sous le n° 4 au tableau inséré à la page 42 du cahier des charges général. L'acier devra satisfaire aux conditions de résistance indiquées pour l'acier des tire-fonds à l'alinéa C ci-dessus. Ils seront fabriqués avec le plus grand soin et parfaitement ébarbés.

On éprouvera les crampons en les pliant ou en les frappant verticalement sur la tête avec une masse. Les crampons en fer devront pouvoir se plier à angle droit et ceux en acier à bloc. On rebutera la fourniture entière si plus d'un crampon sur dix ne résiste pas à cette épreuve.

F. — TIRE-FONDS.

Les tire-fonds seront en fer n° 4 ou en acier. En fer, ils seront filetés à froid et en acier ils seront filetés à froid ou à chaud.

L'acier employé devra présenter une résistance minimum à la rupture de 36 à 40 kilogr. par millimètre carré avec un allongement de 28 % au moins, mesuré sur une longueur primitive de 200 millimètres.

Les tire-fonds seront fabriqués avec le plus grand soin et parfaitement calibrés aux dimensions résultant du plan déposé. Le refoulement du métal sera obtenu en deux opérations. Les têtes seront nettes, perpendiculaires et concentriques au corps de la pièce rigoureusement à l'inclinaison et aux diamètres indiqués au plan.

L'ébarbage sera fait de façon à ne produire aucune déchirure et à ne laisser aucune aspérité sur la face de serrage.

Le filetage sera net, soigné, bien uniforme ; il sera fait sur une longueur utile au moins égale à celle indiquée au plan. Les pièces dont le filet serait trop court seront rebutées.

L'extrémité de la tige du tire-fond sera chanfreinée après filetage, suivant un cône dont les dimensions sont indiquées au plan.

Les tire-fonds filetés à chaud présentant un vide central de plus de 4 m/m de profondeur seront rejetés.

Il sera accordé une tolérance de 5 m/m sur les tire-fonds taraudés à chaud seuls en plus et en moins sur la longueur des tire-fonds indiquée au plan.

Les tire-fonds, porteront en relief de 1 m/m , sur la tête la marque C F en lettre de 14 m/m et sur l'embase la marque du fournisseur, ainsi que le nombre 40, 52 ou 57 suivant le poids du rail auquel le tire-fond est destiné.

On éprouvera les tire-fonds en les frappant sur la tête au moyen d'une masse. Après cette épreuve les pièces ne devront présenter aucune reprise de métal sous l'embase et la tête ne devra présenter aucune crique. De plus on devra pouvoir replier à bloc sans qu'ils présentent ni criques ni d'autres détériorations les tire-fonds taraudés à chaud.

Les tire-fonds taraudés à froid, devront pouvoir se plier à 90° sous le choc d'une masse, sans qu'ils présentent ni criques ni détériorations.

Si plus d'un tire-fond sur 10 ne résiste pas à ces épreuves, la fourniture entière sera rebutée.

G. — ACCESSOIRES DIVERS.

Après achèvement, les éclisses et les plaques seront débarrassés de la rouille qui pourrait y adhérer, plongés ensuite dans de l'huile de lin bouillante et séchés à l'air, éventuellement avant le bottelage.

Les tire-fonds, les boulons et les rondelles seront, après achèvement, plongés dans un mélange d'huile de lin froide et de siccatif de manière à les recouvrir d'un glacis qui les préserve de la rouille. Ce mélange sera fait dans la proportion de 15 litres d'huile de lin pour un litre de siccatif.

L'huile de lin bouillie proviendra d'huile de lin claire et pure, d'une densité comprise entre 0.931 et 0.933 à 15° centigrades, concentrée par ébullition jusqu'à atteindre une densité de 0.939 au minimum à la même température.

Le siccatif sera à base d'essence de térébenthine française pure et de peroxyde de manganèse.

Les tire-fonds, les boulons et les rondelles seront séchés à l'air, puis mis en tas dans un endroit bien sec et bien abrité avant leur emballage.

Les éclisses, les boulons, les plaques et les crampons porteront en relief la marque du fournisseur.

Les éclisses et les plaques porteront, en outre, en relief le millésime de l'année de l'adjudication. Les éclisses porteront aussi en relief le mot *fer* ou *acier* suivant la nature du métal.

III. — Billes en chêne et en hêtre.

Les billes auront $2^{\text{m}},60$ à $2^{\text{m}},70$ de longueur ; toutefois, un cinquième, au plus, de la fourniture pourra se composer de billes de $2^{\text{m}},50$ à $2^{\text{m}},60$. Elles auront la forme demi-ronde. Celles de l'équarrissage 0.28×0.14 mesureront de $0^{\text{m}},28$ à $0^{\text{m}},29$ de largeur et $0^{\text{m}},14$ au moins de hauteur et celles de l'équarrissage 0.26×0.13 mesureront de $0^{\text{m}},26$ à $0^{\text{m}},27$ de largeur et $0^{\text{m}},13$ au moins de hauteur.

On admettra jusqu'à concurrence de $1/5$, au maximum, de chaque fourniture partielle de billes de l'équarrissage 0.28×0.14 des traverses ayant une largeur comprise entre $0^{\text{m}},28$ et $0^{\text{m}},27$ et une hauteur d'au moins $0^{\text{m}},13$, pourvu que cette fourniture renferme, par compensation, un nombre au moins égal de billes ayant une largeur de $0^{\text{m}},29$ et une hauteur comprise entre $0^{\text{m}},14$ et $0^{\text{m}},15$.

Aucune tolérance ne sera accordée sur les dimensions transversales des billes de l'équarrissage 0.26×0.13 .

Seront admises comme équivalentes aux billes demi-circulaires de l'équarrissage moyen de 0.28×0.14 , les billes plates ayant une largeur d'au moins $0^m,28$ et une épaisseur de $0^m,13$ au minimum, à la condition que la face supérieure, sciée parallèlement à la face inférieure, ait une largeur d'au moins $0^m,13$ de bois parfait, sur toute la longueur.

De même seront considérées comme équivalentes aux billes demi-circulaires de l'équarrissage moyen de 0.26×0.13 les billes plates ayant une largeur d'au moins $0^m,26$ et une épaisseur $0^m,12$ au minimum, à la condition que la face supérieure, sciée parallèlement à la face inférieure, ait une largeur d'au moins $0^m,12$ de bois parfait, sur toute la longueur.

On admettra les billes courbes à la condition que la flèche de courbure ne dépasse pas $0^m,05$, à l'exclusion, toutefois, de celles présentant 2 courbures en sens différent.

Le bois de hêtre devra être parfaitement sain et de la meilleure qualité.

Il ne sera ni roulé, ni gélif, ni échauffé, ni piqué.

Il devra être abattu du mois de novembre à la fin de mars et débité en traverses au fur et à mesure ; ce travail devra être terminé le 1^{er} juin au plus tard. Toute traverse débitée après cette date ne sera plus acceptée.

Toutes les billes en hêtre seront boulonnées aux deux têtes après sciage et façonnage ; les boulons auront 10 m/m de diamètre avec 2 flottes carrées de $40 \times 4 \text{ m/m}$. Ils seront placés à 10 centimètres des extrémités de la traverse et à environ 4 centimètres au-dessus de la face d'appui de celle-ci.

On n'admettra pas les billes et les pièces en chêne blanc dont le bois présenterait, sur une section fraîchement avivée, une coloration rouge ou légèrement rosée.

Tous les bois seront entièrement dépouillés de leur écorce.

IV. — Injection des billes à l'huile lourde de goudron dite « créosote ».

A. La préparation consistera dans l'injection, au moyen du vide et de la pression, de créosote brute préalablement élevée à la température d'au moins (60) degrés centigrades.

B. La créosote sera le produit de la distillation du goudron de gaz, et sa composition sera telle que les deux tiers au moins des agents chimiques qu'elle renferme auront été obtenus à une température supérieure à 250° centigrades ; l'autre tiers pourra être le produit de la même distillation obtenue à une température moins élevée, sans toutefois être inférieure à 200° centigrades. Elle aura une couleur verdâtre et devra contenir *au minimum* 15 % de naphthaline ou corps gras et *au maximum* 30 %.

C. Les entrepreneurs seront tenus de faire connaître à chaque approvisionnement de créosote à employer, non seulement l'usine de provenance, mais encore le tonnage et la densité. Celle-ci ne pourra à la température de 15° centigrades, être inférieure à 1,040, ni supérieure à 1,100.

D. Les billes et pièces de bois à préparer seront placées dans un cylindre en tôle ayant à l'une ou aux deux extrémités une entrée munie d'un obturateur permettant de le fermer hermétiquement.

Ce cylindre devra pouvoir contenir au minimum cent soixante-quinze (175) billes.

Il sera muni :

D'un indicateur de vide à colonne de mercure ;

D'un indicateur de vide à cadran ;

De deux manomètres à pression ;

D'une soupape à levier ;

D'un thermomètre centigrade établissant la température de la créosote au cours de l'opération ;

Des tubulures nécessaires pour introduire ou retirer le liquide et produire le vide ou la pression.

Le cylindre sera garni d'un serpentín à vapeur appliqué sur sa paroi intérieure.

E. La créosote à mettre en œuvre sera placée sous le cylindre dans un réservoir rectangulaire dont les dimensions seront en rapport avec celles du cylindre.

Toutefois la profondeur de ce réservoir devra être telle que lorsque le cylindre de la dernière opération de la journée est rempli de créosote, il s'en trouve encore une couche d'au moins 0^m, 50 de hauteur dans le fond du réservoir. De plus, la diminution de liquide résultant d'une préparation, correspondra à une tranche de dix (0^m, 10) centimètres au moins.

Ce réservoir sera muni :

D'un serpentín à vapeur permettant d'élever rapidement la température du liquide ;

D'un thermomètre centigrade ;

D'une échelle à flotteur (graduée en centimètres et en millimètres destinée à permettre de suivre le cours de l'opération et de constater le degré de saturation obtenu.

F. Après avoir fermé le cylindre rempli de billes ou de pièces de bois, on y fera le vide au moyen de la machine pneumatique, de telle sorte que l'indicateur du vide n'indique pas une pression de plus de dix à quinze (0^m, 10 à 0^m, 15) centimètres de mercure.

Ce vide sera maintenu pendant une heure ; puis on laissera entrer la créosote par l'effet de la pression atmosphérique d'abord et au moyen de pompes foulantes, ensuite, jusqu'à ce que le cylindre soit parfaitement rempli. Ces pompes continueront à fonctionner de manière à maintenir à l'intérieur du cylindre une pression de sept à huit (7 à 8) atmosphères, jusqu'à ce que l'absorption indiquée au litt. H ci-après soit complète.

La section du tuyau d'entrée de la créosote dans le cylindre et les dimensions des pompes foulantes seront déterminées de façon à assurer le remplissage du cylindre en moins de 15 minutes.

Les pompes foulantes, de même que la machine pneumatique, seront activées par une machine à vapeur.

G. Le fonctionnaire dirigeant pourra, s'il le juge utile au succès de la préparation, faire augmenter ou diminuer le degré et la durée du vide, la température de la créosote et la pression dans le cylindre.

H. Pour servir de base aux calculs de la préparation, il est déterminé, qu'une bille demi-ronde de $2.60 \times 0.28 \times 0.14$ en *chêne* doit, en moyenne, absorber 7 kilog. une bille en *hêtre*, de mêmes dimensions 20 kilog., une bille de $2.60 \times 0.26 \times 0.13$ en *chêne* 6 kilog., et une bille en *hêtre*, de mêmes dimensions, 17 kilog. de créosote.

Les pièces de bois de fondations, et les bois spéciaux divers, doivent absorber, en moyenne, pour le *chêne*, 60 kilog. par mètre cube, et pour le *hêtre*, le *charme*, le *sapin* et toute essence tendre, 250 kilog. par mètre cube.

La quantité d'huile injectée, se déterminera en tenant compte du poids, avant et après l'opération.

Les billes ou pièces de bois, placées sur des wagonnets en fer, seront avant, et ensuite après imprégnation, pesées sur un pont à bascule que l'administration disposera près des cylindres. La différence de poids donnera la quantité de créosote absorbée.

La quantité d'huile de créosote manquante d'après les précédentes déterminations, sera déduite du prix de base à raison de fr. 0.065 pour chaque kilog. de poids en moins. Par contre, en cas d'absorption en plus de 7 et de 20 kilog. pour les billes et de 60 et 250 kilog. par mètre cube pour les poids spéciaux, le prix sera augmenté de fr. 0.07 pour chaque kilog. de poids en plus.

Pour la préparation des bois dont les dimensions ne permettraient pas une pesée commode, tels que les pilotes, poteaux, bois spéciaux, pavés, etc., l'absorption sera constatée par l'échelle à flotteur et le prix à payer sera calculé d'après la densité de la créosote et la diminution, dans le réservoir placé en-dessous du cylindre, du liquide supposé ramené à la température du point de départ.