

CHAPITRE VII

ÉTABLISSEMENT DE LA VOIE

DESCRIPTION

Rails et accessoires. — En général, la voie des chemins de fer se compose de rails en fer, en bois et fer ou en fonte, fixés directement, ou par l'intermédiaire de pièces en fonte, sur des traverses en bois ou des dés en pierre.

Les traverses sont des pièces de bois posées perpendiculairement aux rails et qui supportent les rails (fig. 114). On les a employées sur les chemins établis déjà vers le milieu du dix-septième siècle près de Newcastle. Les dés sont des pierres de forme prismatique à base carrée, posées sous chacune des files de rails (fig. 115). On s'est servi de dés pour la première fois en 1797.

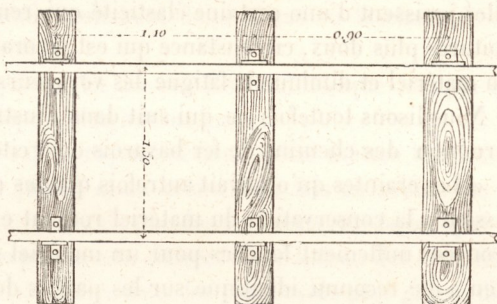


Fig. 114.

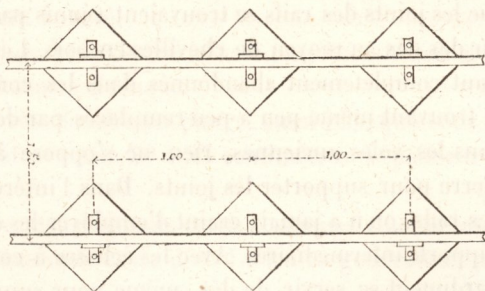


Fig. 115.

Les traverses doivent toujours être employées de préférence aux

dés sur les terrains de remblai, parce que le tassement de ces terrains, et, par suite, l'abaissement des rails étant inévitables, il est bien plus facile de relever une voie posée sur des traverses qu'une voie posée sur des dés. Sur le chemin de Montpellier à Cette, où l'on avait commis la faute de se servir de dés sur les remblais, force a été de les remplacer bientôt par des traverses.

Dans les tranchées, on pose les voies de fer tantôt sur dés, tantôt sur traverses. *L'usage des traverses est cependant aujourd'hui en France et en Angleterre presque général, même sur les terrains les plus résistants.* Les motifs de la préférence qui leur est accordée sont que les traverses relient les deux files de rails d'une même voie, de manière à en maintenir l'écartement et à en rendre le tassement moins inégal, qu'elles sont plus faciles à relever que les dés lorsque les voies s'abaissent, et enfin que, si elles sont en bois, elles jouissent d'une certaine élasticité qui rend le mouvement des voitures plus doux, circonstance qui est favorable à la conservation du matériel et diminue la fatigue des voyageurs.

Nous lisons toutefois ce qui suit dans l'instruction pour la construction des chemins de fer bavarois déjà citée :

« Les craintes qu'on avait autrefois que les dés en pierre ne nuisissent à la conservation du matériel roulant et des rails ne se sont trouvées nullement fondées pour un matériel roulant dont l'entretien a été reconnu identique sur les parties de voie posées sur dés en pierre ou sur traverses en bois. L'usure des rails, au contraire, a été reconnue plus grande sur les dés en pierre, aussi longtemps que les joints des rails se trouvaient réunis par des coussinets fixés sur des dés au moyen de chevilles en bois. Les coussinets de joints étant complètement abandonnés dans les constructions neuves et se trouvant même peu à peu remplacés par des éclisses à cornières dans les voies anciennes, rien ne s'oppose à l'emploi des dés en pierre pour supporter les joints. Dans l'intérêt de la conservation des rails, on n'a jamais craint d'employer les dés en pierre comme supports intermédiaires. Avec les éclisses à cornières on peut donc hardiment se servir de dés, même pour supports de joints, quel que soit le profil du rail, soit avec, soit sans coussinets.

« Quant à la nature des pierres employées pour dés, on a reconnu

une grande supériorité au granit; mais, pour économiser les frais de transport, on emploiera à l'avenir, et à titre d'essai, d'autres pierres dures, notamment on se servira du grès dans les vallées inférieures du Mein et de la Nagelflue dans l'Algaü.

« On renoncera à l'usage des dés en pierre dans l'intérieur des stations, sur les travaux d'art ayant au-dessus de la chape une couche de terre moindre de 0^m,90, et dans les parties de voies qui sont mal asséchées. »

Sur des chemins en Allemagne autres que les chemins bavarois, on se sert également de dés en pierre, mais dans certains cas particuliers. Voici ce que nous lisons dans un des meilleurs ouvrages écrits en Allemagne sur la construction, celui de M. Becker, ingénieur et professeur à l'école polytechnique de Carlsruhe¹ :

« On conseille d'employer des dés en pierre sur les nouvelles lignes à construire, mais seulement dans le cas où la chaussée repose sur le terrain solide.

« On ne doit employer des dés sur les remblais que lorsque ces remblais sont faits depuis cinq ans au moins.

« Dans les courbes d'un rayon inférieur à 800 mètres les dés en pierres doivent, aux joints et au moins une fois au milieu de la longueur des rails, être réunis par des traverses, de façon que la largeur de la voie ne puisse être altérée. Cette liaison des deux files de rails cesse d'être nécessaire dans les courbes de plus grand diamètre et dans les parties rectilignes, pourvu que les dés aient l'inclinaison de la voie et soient maintenus latéralement par un lit de ballast convenablement bourré.

« Il faut toujours interposer entre la voie proprement dite et les dés en pierre une substance élastique.

« Le lit de ballast sous les dés en pierre, aussi bien que sous les traverses en bois, doit avoir de 20 à 25 centimètres d'épaisseur au moins. »

En Bavière, on a essayé différents corps élastiques comme intermédiaires entre les coussinets et les dés. Le feutre goudronné, pri-

¹ Der Strassen und Eisenbahnbau in seinem ganzen Umfange und mit besonderer Rücksicht auf die neuesten Constructionen, von M. Becker. Stuttgart, 1855

mitivement employé, a été reconnu trop destructible, surtout depuis qu'il a été livré à bon marché. Des planchettes de moins de 10 millimètres d'épaisseur ne conviennent pas, quelle que soit la nature du bois. A cette épaisseur, le hêtre blanc seul a résisté, et encore fallait-il que les planchettes fussent fabriquées en bois parfaitement sain et sec, droit de fil et sans nœuds et à fibres serrées, et garanti de la pourriture par une préparation quelconque.

On a employé, à titre d'essai, des cartons serrés ayant 11 à 12 millimètres d'épaisseur; ces cartons ont été goudronnés avant l'emploi, et plusieurs couches de goudron ont été appliquées sur les bords dans le courant de l'année. Cette expérience fait espérer un succès complet.

Quoi qu'il en soit de l'opinion répandue en Allemagne sur l'emploi des dés dans la construction de nouvelles lignes, les avantages des traverses nous semblent tels, qu'il nous paraît prudent d'attendre le résultat des expériences commencées dans ce pays avant de les substituer aux traverses, même sur un terrain solide.

Nous pensons aussi que, lors même que l'instruction pour les chemins bavarois n'exclut pas l'emploi des dés sur les terrains fraîchement remblayés, cette interdiction doit être absolue.

On objecte à l'emploi des traverses en bois la nécessité où l'on se trouve de les renouveler fréquemment. C'est ce qui a conduit, comme nous le verrons plus loin, à essayer différents moyens dans le but d'en augmenter la durée, ou à leur substituer, sur quelques chemins, des traverses en fer.

Nature du bois pour traverses. — En France et en Belgique, les traverses sont, pour la plupart, en chêne, parce que ce bois est celui qui, sans être préparé, se conserve le mieux, et que, d'ailleurs, il est, dans ces deux pays, assez abondant. Depuis quelques années on fait un grand usage, en France, de hêtre ou de pin préparé.

En Belgique, en Allemagne et en Angleterre, on s'est servi de sapin; mais, si ce bois n'est pas très-résineux, il doit être préparé. En Angleterre, où le chêne est rare, presque toutes les traverses sont en sapin préparé. En Suisse, on emploie le mélèze sans préparation.

Au Mexique, le chemin de l'isthme de Panama est posé sur des

traverses en bois de gaïac. On a reconnu que sous l'influence du climat des tropiques les autres essences de bois pourrissent rapidement.

Forme des traverses. — Tantôt les traverses sont en bois équarri ; tantôt à section triangulaire, obtenue en refendant par deux traits de scie diagonaux une pièce de bois équarrie ; tantôt en rondins fendus par le milieu à la scie et reposant sur le ballast par la surface plane. Dans ce dernier cas, elles portent sur le ballast par une de leurs arêtes (fig. 116).



Fig. 116.

Les traverses équarries sont préférables aux demi-rondes, parce qu'elles sont presque entièrement purgées d'aubier.

Les traverses triangulaires ont eu beaucoup de vogue en Angleterre il y a quelques années, mais on les a complètement abandonnées depuis, parce qu'elles manquent de stabilité.

Nature du métal pour les rails. — *Les rails, si ce n'est dans quelques mines d'Allemagne et sur certains railways aux États-Unis, où ils sont en bois, sont aujourd'hui tous en fonte, ou en fer, ou en bois et fer. La fonte, employée exclusivement jusqu'en 1815, est aujourd'hui complètement abandonnée sur les chemins à grande vitesse, et même sur la plupart des chemins à petite vitesse.*

Le principal défaut des rails en fonte est d'être fragiles ; ceux en fer ont en outre l'avantage d'être fabriqués beaucoup plus longs (6 mètres au lieu de 1^m,20), ce qui diminue le nombre des joints, et, par conséquent, des secousses qui ont lieu au passage des joints.

Quoique la fonte soit moins chère que le fer, les rails en fonte, à résistance égale, sont plus coûteux que ceux en fer. En effet, la fonte destinée à la fabrication des rails étant de première qualité, tandis que le fer est de seconde qualité, les rails en fonte, à poids égal, coûtent presque aussi cher que ceux en fer ; mais, comme les rails en fer offrent, à dimensions égales, beaucoup plus de résistance que ceux en fonte, on les fait généralement plus légers, ce qui rend ces derniers plus dispendieux.

Le fer s'oxyde, dit-on, plus facilement que la fonte : d'où l'on concluait que les rails en fer devaient être rapidement détruits par la rouille. L'expérience a démontré que les craintes que l'on avait à cet égard n'étaient pas fondées. Les rails étant en place sur un chemin exploité, il paraît se produire des courants électriques qui en préviennent l'oxydation. Quelquefois les rails s'exfolient ; mais cela n'arrive que lorsqu'ils sont mal fabriqués, c'est-à-dire lorsque la soudure du paquet qui doit être transformé en rails est mal faite, ou lorsque ce paquet est mal composé¹.

On a aussi objecté l'usure rapide du fer par le frottement. Si les rails en fonte ont l'avantage sur ceux en fer sous ce rapport, ce n'est jamais que pour les premiers temps de leur mise en service. En effet, les rails en fonte sont toujours composés d'une croûte mince extérieure fort dure et d'un noyau plus tendre ; une fois la croûte usée, le rail est promptement détruit.

On a substitué les rails en fonte à ceux en bois et fer vers l'année 1780.

Les premiers chemins avec rails en fer furent établis, en 1810, dans les houillères de lord Carlisle en Cumberland, en même temps que d'autres avec rails en fonte. Après huit ans de service, les rails en fer étaient en meilleur état que les rails en fonte ; et, dès lors, le célèbre ingénieur Georges Stephenson émit l'opinion que les rails en fer étaient préférables à ceux en fonte. Toutefois, malgré l'autorité de Stephenson, les rails en fer laminé eurent pendant longtemps encore de nombreux adversaires.

Les rails à bande plate, encore employés dans quelques mines et usines, sont presque toujours en fonte. La figure 117 représente la section d'une voie posée avec ces rails. Quand l'usage en était encore général, leurs formes variaient à l'infini, et ils étaient fixés, tantôt sur longuerines, tantôt sur traverses, tantôt sur des en pierre. On a commencé à leur substituer le rail à bandes saillantes dès l'an-

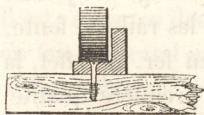


Fig. 117.

née 1789.

¹ Voir plus loin les indications données pour la composition des paquets.

Forme des rails. — Sur les chemins de fer temporaires établis pour l'usage des travaux de terrassement ou pour le transport des matériaux, on se sert fréquemment de simples barres de fer méplat posées de champ sur des traverses dans des encoches (fig. 118 et 119), et fixées au moyen de coins en bois.

Quand les véhicules sont lourds, ce rail,

pour être assez résistant, deviendrait fort pesant ; d'ailleurs, il serait trop étroit et mettrait promptement hors d'usage les roues des waggons ; il fléchirait

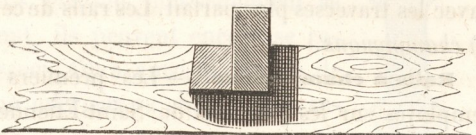


Fig. 118.

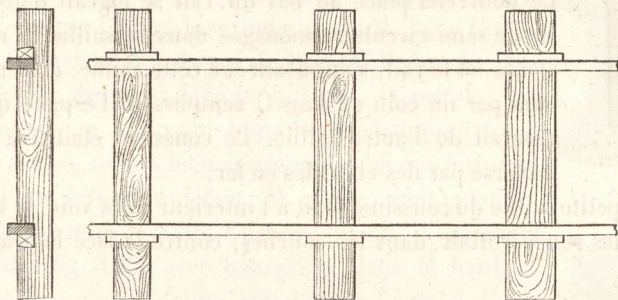


Fig. 119.

latéralement sous l'action des bourrelets des roues dans les courbes, ses joints se désaffleuraient trop facilement, et les rails, du côté extérieur de la courbe, se courberaient comme l'indique la fig. 120.

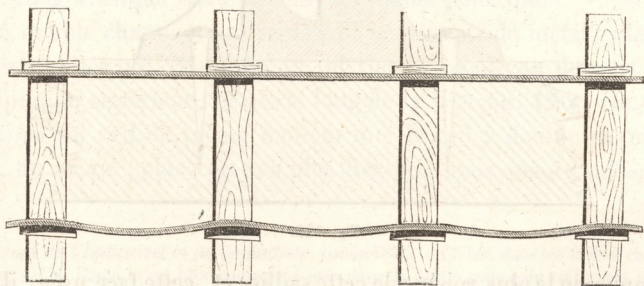


Fig. 120.

On a donc été conduit à élargir les rails en fer ou en fonte dans

leur partie supérieure, afin que les roues pussent reposer sur une plus grande surface, et à les fixer, comme nous allons l'indiquer, sur la traverse, par l'intermédiaire de la pièce en fonte nommée coussinet ou chair, de manière à rendre le mode d'assemblage avec les traverses plus parfait. Les rails de ce genre s'appellent *rails à champignons*.

Rails à champignons. — Les premiers rails à champignon, employés sur les chemins de Saint-Étienne à Lyon et de Roanne à Andrezieux, avaient la forme de la figure 121. Le coussinet se composait d'une semelle reposant sur la traverse et de deux saillies S et S' venues de fonte sur cette semelle (fig. 122). Le bourrelet placé au bas du rail se logeait dans une cavité semi-circulaire ménagée dans la saillie la moins élevée, et le rail, s'appuyant sur cette saillie, était maintenu par un coin en bois C remplissant l'espace qui le séparait de l'autre saillie. Le coussinet était fixé à la traverse par des chevilles en fer.

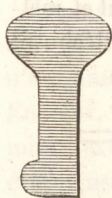


Fig. 121.

La petite saillie du coussinet était à l'intérieur de la voie, le bourrelet des roues frottait, dans les courbes, contre la face latérale du

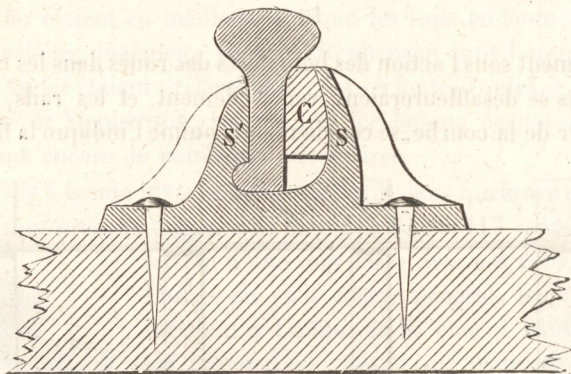


Fig. 122.

champignon la plus voisine de cette saillie, et, cette face usée, il n'était pas possible de retourner le rail bout pour bout afin de la remplacer par la face extérieure. C'est ce qui a déterminé à ajouter un

second bourrelet symétriquement au premier, de manière à obtenir le rail représenté figure 123. Enfin, on a fait des rails (fig. 124) dans lesquels les bourrelets sont remplacés par un champignon absolument semblable au champignon déjà existant. Ces derniers rails peuvent non-seulement se retourner bout pour bout, ils peuvent encore se retourner sens dessus dessous. On a ainsi la faculté de substituer le champignon inférieur au champignon supérieur usé ou fatigué.

La plupart de nos grandes lignes ont été établies avec des rails à double champignon; mais il arrive que, dans ces rails, ainsi que dans ceux à simple champignon, comme l'a fort bien indiqué feu M. Léon Coste, ancien directeur des forges de Decazeville¹ et du chemin de fer de Saint-Étienne à Lyon, le métal n'est pas homogène. Celui qui compose le champignon est moins dense, moins bien épuré que celui qui forme la tige. Pour éviter ce défaut, M. Coste avait adopté, pour le chemin de Saint-Étienne, un rail d'épaisseur uniforme (fig. 125) avec bourrelets dans le haut et dans le bas; mais, comme, afin d'éviter l'emploi d'une trop grande quantité de métal, il avait été obligé d'en diminuer la hauteur, le rail se trouva trop flexible, et on revint au rail à champignon.

Sur le chemin de Versailles (rive gauche), on se servit de rails à simple champignon, du même poids que ceux à double champignon, reportant la quantité de métal enlevée aux extrémités du champignon inférieur, partie en dessous du champignon supérieur, partie le long de la tige (fig. 126). On obtint ainsi un rail de même hauteur que le rail à double champignon, du même poids, un peu plus flexible, mais encore suffisam-

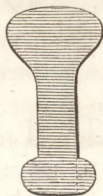


Fig. 123.

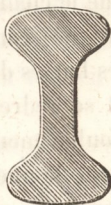


Fig. 124.



Fig. 125.

¹ *Journal de l'Industriel et du Capitaliste*, année 1856. « Le fer, dans les rails à champignons, dit M. Coste, n'est bien comprimé que dans la partie mince du rail, mais il est refoulé dans toutes les parties arrondies et saillantes. Si on brise la barre, on remarque que la partie mince est d'un grain bien plus serré et bien plus homogène que le champignon, qui, souvent, laisse voir des portions creuses et mal soudées. »

ment rigide, dans lequel le champignon supérieur était mieux soutenu, et dont le métal, sans être entièrement homogène, était d'une qualité plus uniforme. Ce rail, à la vérité, ne pouvait pas se retourner sens dessus dessous ; mais cet avantage est beaucoup moins grand qu'on ne serait porté à le supposer.



Fig. 126.

Remarquons, en effet, que lorsque, en retournant le rail, on fait prendre au champignon supérieur la place du champignon inférieur, ce champignon supérieur, déformé par le frottement, ne se loge qu'imparfaitement dans le coussinet, et que le champignon inférieur, substitué au supérieur, est déjà très-fatigué ; car le rail ne s'altère pas seulement par le frottement : les barres de fer fléchissant entre les appuis au passage des convois et se redressant ensuite, le bas souffre autant que le haut de ce double mouvement. Aussi observe-t-on que les rails retournés au bout de quelques années durent fort peu de temps. Il a même été constaté par M. Grenier, ingénieur principal au chemin de Strasbourg, que les rails, après six et sept ans d'usage, ne pouvaient plus être retournés sans se rompre presque immédiatement.

Le ministre des travaux publics écrivait à la Compagnie, en mai 1857, ce qui suit : « Messieurs, les ruptures de rails sont l'une des causes les plus fréquentes des déraillements qui surviennent dans l'exploitation des chemins de fer, et ces ruptures elles-mêmes proviennent le plus souvent de l'état de vétusté de rails que l'on a retournés après l'usure ou l'exfoliation de l'un des champignons.

« Ces accidents réitérés ont amené à penser que l'opération du retournement des rails est de nature à compromettre la sûreté de la circulation des trains, et qu'il y aurait peut-être lieu de la proscrire. »

Nous ferons remarquer que les rails les plus vieux posés sur la ligne de Strasbourg n'ont cependant pas été employés pendant plus de dix ans.

Le ministre a du reste ordonné une enquête sur la durée des rails retournés ; nous en ferons connaître le résultat à la fin du second volume, s'il y a lieu.

M. Bergeron, qui a été en même temps ingénieur en chef des deux

chemins de fer de Versailles, rive gauche et rive droite, construits la même année avec des rails du même poids, provenant de la même usine, les premiers à simple champignon et les seconds à double champignon, a constaté que ceux à simple champignon s'étaient beaucoup mieux comportés que les autres. Le mouvement a été, à dire vrai, un peu moins grand sur la rive gauche que sur la rive droite. Le fait signalé par M. Bergeron n'en est cependant pas moins très-remarquable.

Les rails devant être introduits, quand on les renouvelle pour l'entretien de la voie, dans le coussinet de haut en bas, et non latéralement, ceux à simple champignon ont encore le mérite de permettre l'emploi de coussinets moins larges et par conséquent moins coûteux. On pourrait au besoin augmenter le poids du rail en y appliquant l'économie faite sur le poids du coussinet.

Quelques ingénieurs, conservant à la tige du rail à simple champignon la même épaisseur qu'à celle du rail à double champignon, et au champignon les mêmes dimensions, ont employé une partie du fer détaché du champignon inférieur à allonger cette tige, comme l'indique la fig. 127. Le rail devient alors plus rigide, mais le métal n'y est pas de meilleure qualité que dans le rail à double champignon, et le champignon n'y est pas plus durable. On peut encore employer le fer enlevé au champignon inférieur en partie à renforcer la tige, en partie à améliorer le champignon (fig. 126).

On a reproché au rail à simple champignon d'être plus difficile à fabriquer que celui à deux champignons. Il résulte, en effet, de sa forme que, le refroidissement de la barre étant inégal, elle tend à se courber plus facilement que la barre symétrique ; mais on obvie aisément à cet inconvénient en prenant certaines précautions.

Les opinions sur les avantages respectifs des rails à simple et à double champignon sont donc très-partagées, et nous inclinons pour les premiers.

En France, on a posé le chemin d'Avignon à Marseille avec des rails à simple champignon, et l'on posera avec des rails de la même espèce toutes les nouvelles lignes du réseau de l'Est, ainsi que le

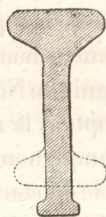


Fig. 127.

chemin de fer Grand-Central, les chemins piémontais et ceux du réseau lombardo-vénitien.

En Allemagne, on emploie presque exclusivement un rail à simple champignon, muni à sa partie inférieure d'une semelle au lieu de bourrelets (fig. 128); la semelle repose immédiatement sur les traverses, et le rail est fixé par des crampons ou avec des vis. On supprime ainsi les coussinets. Ce rail est connu sous le nom de *rail américain* et sous celui de *rail à patin*¹.

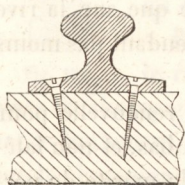


Fig. 128.

On a reproché au rail américain de se renverser dans les courbes; on a dit aussi qu'il était plus difficile à remplacer que le rail à champignon. Des ingénieurs allemands, qui en ont fait souvent usage, nous ont affirmé que, lorsque le patin était suffisamment large et convenablement fixé à la traverse, il conservait sa position, même dans des courbes de petit rayon, les convois marchant à une assez grande vitesse; ils nous ont également assuré qu'on enlevait très-aisément les crampons à l'aide d'un appareil fort simple, de façon que le rail pouvait être remplacé en très-peu de temps.

Ce n'est qu'après avoir recueilli le témoignage de ces ingénieurs que la compagnie de l'Est s'est servie du rail à patin sur les embranchements de Strasbourg à Bâle et de Nancy à Vesoul. La compagnie du Nord a été encore plus hardie que la compagnie de l'Est en adoptant le rail à patin pour le remplacement de ses rails à double champignon, sur la voie principale, où passe un nombre considérable de convois, dont une partie marche à de très-grandes vitesses.

D'après les nombreux écrits qui ont été publiés sur les mérites particuliers du rail à patin, connu sous le nom de rail Vignolles, et plus encore d'après les applications nombreuses qui en ont été faites sur la plupart des chemins allemands, on pourrait croire que la question est définitivement résolue en faveur de ce type.

Il n'en est pourtant pas ainsi : sur quelques lignes de l'État, en Prusse, on conserve encore le rail à double champignon symétrique, supporté par des cornières en fer faisant l'office de mâchoires

¹ On le désigne aussi sous le nom de rail Vignolles, du nom d'un ingénieur anglais, M. Vignolles, qui, le premier, a employé ce rail en Angleterre.

de coussinets, et, sur la ligne bavaroise d'Aschaffembourg à Bamberg, on a posé récemment une voie avec rails à deux champignons inégaux analogues à ceux de la ligne de Paris à Mulhouse.

Quelques ingénieurs allemands même, contrairement à l'opinion de la majorité de leurs collègues, pensent qu'on reviendra au rail à double champignon par les raisons suivantes :

1° La fabrication de ce rail est beaucoup plus simple, et, par suite, moins coûteuse que celle du rail à patin ;

2° La pose de la voie avec le rail à double champignon est infiniment plus facile, plus expéditive ;

3° En cas de rupture d'un rail, le remplacement avec le rail à champignon peut se faire presque instantanément ;

4° Si l'un des champignons est usé, l'autre peut faire encore un long service ;

5° Monté sur coussinets en fonte, il permet d'enfouir les traverses profondément dans le sol, ce qui tend à consolider l'ensemble de la voie tout en conservant le bois pendant un laps de temps plus long qu'en le laissant exposé à l'air ;

6° Monté avec les cornières en fer, il présente tous les avantages du rail à patin sans en avoir les inconvénients ;

7° Il n'oblige pas d'employer pour sa fixation sur les traverses des crampons dont la solidité d'attache n'est jamais parfaite. Lorsque ces crampons s'ébranlent, il faut percer d'autres trous, ce qui, au bout de quelque temps, compromet la résistance de la traverse, qui pourrit beaucoup plus vite.

Le rédacteur de l'instruction sur les chemins bavarois s'exprime de la manière suivante sur les avantages respectifs des rails à coussinets et des rails à base large (rails à patin) :

« Deux systèmes de rails ont été principalement employés jusqu'à ce jour, les rails à coussinets et les rails à base large ; l'expérience n'a pas prouvé de supériorité absolue en faveur de l'un ou de l'autre système, quand on peut se servir de *traverses de bois de l'essence voulue*.

« La simplicité du système de voies et les dépenses moindres de

¹ Ce fait est, avons-nous dit plus haut, très-contesté.

premier établissement parlent en faveur des rails à base large. Une sécurité plus grande et probablement une durée plus grande des rails recommandent le rail à coussinets.

« Avec des dés en pierre de bonne qualité, les rails à base large méritent la préférence, puisqu'ils reposent sur une surface plus grande.

« Quand on n'a pas uniquement des traverses en chêne à sa disposition, et qu'on est forcé de se servir du pin résineux pour traverses intermédiaires, les rails à base large présentent une sécurité suffisante si l'on a soin, 1° d'employer des éclisses à cornières pour faire les joints ; 2° d'intercaler une traverse en plus par longueur de rail dans les courbes ayant moins de 440 mètres de rayon, et 3° enfin si l'on a soin de garnir de platines en tôles au moins trois traverses par longueur de rail dans les courbes extérieures ayant moins de 580 mètres de rayon ; le tout dans la supposition que les rails ne soient pas fixés avec des chevilles en spirales, mais avec des chevilles rectangulaires à crochets.

« Quand on se trouve forcé de se servir uniquement de traverses en pin ou en sapin, on fait bien de donner la préférence au système de rails avec coussinets. »

Constatons toutefois que le rail à patin, adopté sur la plupart des chemins allemands, sur un grand nombre de chemins de fer en Amérique, et sur tous les chemins suisses, commence à être employé en France sur une grande échelle.

Les ingénieurs ne sont pas encore fixés sur la forme et sur les dimensions qu'il convient d'adopter pour ce rail.

Dans les rails les plus nouveaux, on a rendu l'épaulement du champignon horizontal, de telle sorte que celui-ci affecte une forme quasi-rectangulaire. On facilite ainsi, comme nous le verrons plus loin, la consolidation des joints.

Au chemin du Nord le champignon n'est pas entièrement plat au-dessous, il est légèrement incliné, en sorte que l'éclisse le touche par une surface plane. On a ménagé sur le patin une surface plane de même inclinaison. L'éclisse est alors symétrique, ce qui en facilite beaucoup la pose.

Dans l'origine, on a donné à la surface de roulement des rails la

forme convexe. Plus tard, on a aplati cette surface, pensant qu'en augmentant ainsi la largeur du contact entre la roue et le rail, on diminuerait l'usure du rail. Mais on a bientôt reconnu que les petites irrégularités inévitables dans la pose de la voie et l'usure des roues, qui se creusent en forme de gorge, rendaient cette précaution illusoire. Bien plus, on a remarqué que, avec les rails à surface plate, les roues reposaient en général sur une des arêtes du champignon et l'écrasaient. Enfin, les roues étant coniques, elles ne peuvent rouler en ligne droite sur une surface plane sans qu'il y ait glissement, par conséquent frottement et usure. *Aussi en est-on revenu à bomber la surface des rails.*

Restait à fixer le rayon du bombement.

Avec un rayon très-prononcé, les roues coniques ne sont en contact avec le champignon que par un élément très-étroit. Le frottement à la jante est pour ainsi dire insensible; mais, la pression se trouvant répartie sur une petite surface, l'usure des bandages et des rails n'en est pas moins très-rapide. Si le bombement est au contraire trop faible, les roues reposant sur le rail par un élément d'une grande largeur, il en résulte un frottement de glissement à la jante considérable. Il y avait un moyen terme à prendre pour le bombement; la pratique seule pouvait conduire à le déterminer. Celui qui a été adopté pour les derniers rails à patin du chemin du Nord nous paraît être l'expression la plus correcte des résultats fournis par l'expérience sur ce chemin. Le rayon de bombement est de $0^m,200$; le champignon ayant $0^m,629$ de largeur entre les deux extrémités de l'arc, la flèche du bombement devient $0^m,0005$.

Quand une roue repose sur un rail, dans l'intervalle d'une traverse à la suivante, elle fait fléchir le rail, et, par cela même, tend à le rompre. L'expérience et la théorie s'accordent à prouver que, toutes choses égales d'ailleurs, cette rupture a lieu au point où repose la roue. Mais l'intensité de l'action qui provoque la rupture est d'autant plus grande que ce point est plus rapproché du milieu de l'intervalle entre les deux supports. Il est donc rationnel de donner aux rails des sections variables présentant une résistance minima aux points où ils reposent sur les traverses, maxima au milieu de l'intervalle de ces traverses; et on avait adopté, pour les rails en

fonte, la forme dite d'*égale résistance*, représentée dans la fig. 129, dans laquelle la courbe inférieure est sensiblement une ellipse.

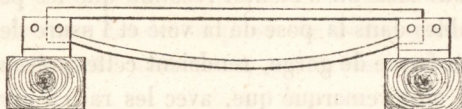


Fig. 129.

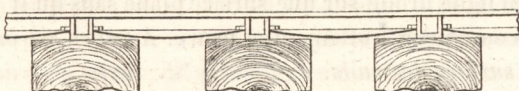


Fig. 150.

On avait même imaginé des procédés de laminage fort ingénieux, qui permettaient d'obtenir des rails ondulés en fer (fig. 150). Mais on a bientôt reconnu que l'économie de matière

obtenue par ce moyen était loin de compenser les défauts suivants, inhérents au système des rails ondulés. Dans les courbes, la file extérieure des rails présente une plus grande longueur que la file intérieure. Avec les rails ondulés, l'écartement des traverses est nécessairement invariable; les traverses ne peuvent donc pas être normales aux rails. Il arrive aussi assez fréquemment que le terrain s'affaisse sous l'une des traverses et qu'elle cesse alors de servir d'appui. La portée du rail est ainsi doublée, et sa section est la plus faible précisément au point où il doit résister au plus grand effort. Il est impossible de varier l'écartement des points de support des rails ondulés, comme cela peut se faire avec les rails dont la section est la même dans toute leur longueur (rails parallèles) (fig. 151).

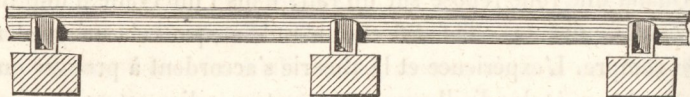


Fig. 151.

Enfin, l'économie que l'on réalise en employant les rails ondulés est bien faible, parce qu'ils sont plus coûteux à fabriquer, et que leur valeur, quand ils sont usés, est bien moindre que celle des rails parallèles qui auraient coûté le même prix.

Aujourd'hui l'on ne fait plus usage que de rails à arêtes parallèles.

Dimensions et poids des rails. — Les dimensions et le poids des rails ont toujours été en croissant, à mesure que les waggons et les machines employés sur les chemins de fer sont devenus plus lourds. Ainsi les premiers rails des chemins de Saint-Étienne à Lyon, et de Roanne à Andrezieux, ne pesaient que 15 kilogrammes par mètre courant, et ceux du chemin de Liverpool à Manchester 17 kilogrammes; les coussinets étaient écartés de 0^m,90. On les remplaça bientôt par d'autres rails pesant 25 kilogrammes par mètre courant, et enfin par des rails de 50 à 57 kilogrammes et demi supportés à des intervalles de 1^m,20.

En Belgique, on a d'abord fait usage de rails ondulés, du poids de 17 à 22 kilogrammes; puis on leur a substitué des rails à arêtes parallèles à simple T, de 25 à 27 kilogrammes, et enfin des rails à double T de 54 kilogrammes.

Les rails à coussinets des chemins qui ont été construits dans ces dernières années pèsent de 57 à 42 kilogrammes par mètre courant; leur longueur est de 6 mètres. Chaque rail à coussinet de 6 mètres, au chemin de Mulhouse, est supporté par cinq traverses intermédiaires, écartées de 1 mètre d'axe en axe l'une de l'autre, et deux traverses de joint qui supportent les abouts des deux rails consécutifs. Les traverses de joint ont, comme nous l'avons vu, des dimensions plus fortes que les intermédiaires, et sont également écartées de 1 mètre de leurs voisines.

Les rails à simple champignon du chemin de Mulhouse ont 150 millimètres de hauteur, la tête du champignon a 65 millimètres de largeur, et la tige 20 millimètres.

Quant à ce qui concerne le rail à patin, tantôt on lui donne une hauteur de 150 à 140 millimètres, avec une épaisseur de corps de 14 millimètres (Cologne à Minden, Sarrebruck); tantôt on se contente de 100 à 110 millimètres pour la hauteur, avec une épaisseur de corps de 20 millimètres (ligne bavaroise). Le modèle du rail à patin le mieux étudié est le rail type du chemin du Nord français, rail qui a été copié par le chemin de l'Ouest suisse. Dans ce rail, la hauteur totale est de 125 millimètres, l'épaisseur du corps

de 17 millimètres, la largeur totale du champignon de 62 millimètres.

Le rail du Nord pèse 37 kilos par mètre courant; il a 6 mètres de longueur, et repose sur sept traverses.

En Bavière, on prescrit de ne pas dépasser, pour la hauteur des rails à bases larges, 0^m,417, tandis que celle des rails à coussinets peut être portée à 0^m,425. Dans le même pays, on trouve que le poids de 34 kilog. par mètre courant est suffisant pour les rails à coussinets, mais que ce poids doit être porté à 37 kilog. 5 pour les rails à patin.

Plus loin, en traitant de la pose des voies, nous indiquerons l'écartement prescrit en Bavière pour les rails.

Sur le chemin du Palatinat, entre Sarrebruck et Manheim, les rails américains pèsent 33 kilogrammes par mètre courant, et ils reposent sur des traverses espacées de 0^m,900 seulement.

En rapprochant les traverses, on pourrait diminuer notablement le poids des rails; mais il est reconnu qu'en France et en Angleterre les dimensions et portées que nous venons d'indiquer sont plus avantageuses.

Nous n'entrerons pas dans de plus longs détails sur la forme, les dimensions et le poids des rails, le cadre de notre *Traité élémentaire* ne les comporte pas; mais nous engageons les ingénieurs qui voudraient approfondir cette question ainsi que toutes celles qui concernent la pose de la voie à consulter les savantes dissertations de M. Couche et le *Nouveau Portefeuille de l'Ingénieur*. On trouvera dans ce dernier ouvrage la coupe transversale des rails d'un grand nombre de chemins.

Dispositions des joints. — En général, les abouts des rails sont coupés carrément; on laisse entre deux rails consécutifs un

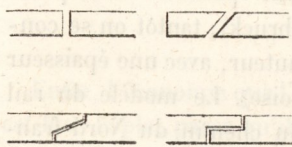


Fig. 152.

espace de 5 à 5 millimètres, afin qu'ils puissent se dilater librement sous l'influence de la chaleur. On a quelquefois fait les joints des rails obliques ou même à mi-fer (fig. 152); mais ces dispositions ont été abandonnées, parce que ces assemblages coûteux ne sont jamais faits avec assez de

précision pour faire cesser complètement les chocs qui ont lieu au passage des joints.

On distingue dans les coussinets (fig. 153) : la semelle, sur laquelle portent les rails ; les joues, qui maintiennent le rail latéralement ; et les nervures, destinées à consolider les joues.

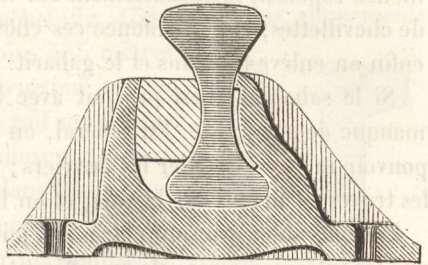


Fig. 153.

Assemblage du rail et du coussinet. — *Les rails sont fixés entre les joues des coussinets au moyen de clefs en fer ou de coins en bois. Aujourd'hui les clefs en fer sont totalement abandonnées, parce qu'elles brisent fréquemment les coussinets et ne maintiennent d'ailleurs pas les rails aussi bien que les coins en bois. En général, on place les coins du côté extérieur de la voie, afin que la pression que les bourrelets des roues exercent sur les rails, surtout dans les courbes, soit transmise à la joue du coussinet par l'intermédiaire d'un corps compressible. Cette disposition permet aussi de donner aux coins une plus grande hauteur et de les recouvrir entièrement de ballast.*

Assemblage du coussinet et de la traverse. — *Les coussinets sont ordinairement fixés sur les traverses au moyen de chevillettes en fer (fig. 154). A cet effet, la semelle est percée de deux ou quelquefois de trois trous circulaires.*

Pour saboter une traverse, c'est-à-dire pour y attacher les coussinets, on commence par fixer ces coussinets, au moyen de coins, sur deux bouts de rails assemblés par des vis aux deux extrémités d'une barre de fer. Cet appareil, appelé gabarit, est disposé de manière que les bouts de rails occupent, l'un par rapport à l'autre, exactement la même position que les rails de la voie. On fait reposer le gabarit portant les deux coussinets sur la traverse, et l'on trace les entailles qui doivent recevoir ces coussinets. On enlève le gabarit,

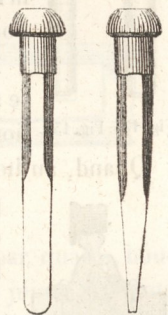


Fig. 154.

on exécute les entailles et on les retouche jusqu'à ce que les semelles reposent bien exactement sur la traverse ; on perce les trous de chevillettes, et l'on enfonce ces chevillettes à coups de masse ; enfin on enlève les coins et le gabarit.

Si le sabotage n'est pas fait avec le plus grand soin, la voie manque de régularité. En général, on sabote en chantier, afin de pouvoir mieux surveiller les ouvriers ; quelquefois on a transporté les traverses brutes sur la voie, et on les a sabotées en place.

Les coussinets qui sont placés aux joints des rails sont plus lourds que les intermédiaires ; ils en diffèrent par une plus grande largeur de la semelle, et quelquefois par l'adjonction d'une troisième chevillette.

On reproche aux chevillettes en fer de s'altérer par l'oxydation due aux eaux qui séjournent dans les trous des coussinets, et par les chocs qu'elles subissent au passage des trains quand elles ne remplissent pas exactement ces trous.

On a employé sur le chemin de Londres à Douvres, en Angleterre, sur ceux de Montereau à Troyes, de Tours à Nantes et de Gray à Blesme, en France, des chevillettes en bois comprimé. Sous l'action de l'humidité, ces chevillettes se gonflent et emplissent bien exactement les trous des coussinets. La figure 135 représente une chevillette en bois avant qu'elle ait été comprimée ; la figure 136, la même chevillette après qu'elle a subi l'opération de la compression.

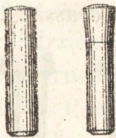


Fig. 135. Fig. 136.

Au chemin de Montereau à Troyes, ces chevillettes se sont pour la plupart pourries et rompues à la jonction du coussinet et de la traverse.

Quand, au lieu de traverses, on fait usage de dés en pierre, on perce, au droit des trous des coussinets, des trous dans le dé, et l'on y chasse des chevilles en bois dans lesquelles on enfonce les chevillettes en fer (fig. 137).

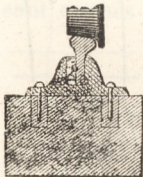


Fig. 137.

Sur le chemin d'Aschaffembourg à Bamberg, où l'on emploie un rail à double champignon, le coussinet est fixé à la traverse au moyen de longs clous barbelés enfoncés dans des bondes coniques en bois, qui remplissent exactement les trous du coussinet.

Assemblage des rails à patin et des traverses. — Les rails à patin sont aujourd'hui généralement fixés aux traverses par des crossettes ou chevilles à crochet (fig. 138). Dans les alignements et pour les courbes d'au moins 585 mètres de rayon, il suffit, dit l'instruction sur les chemins bavaurois, de fixer le rail sur chaque traverse intermédiaire au moyen de deux chevilles à crochets; mais, dans les courbes d'un rayon moindre, il est nécessaire d'employer sous le rail extérieur une platine en tôle liant la cheville intérieure à celle extérieure.

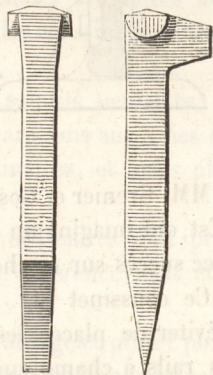


Fig. 158.

Éclisses. — Malgré tous les soins apportés dans la fabrication des rails et des coussinets, et dans le sabotage des traverses, les joints des rails sont sujets à se déranger et surtout à se désaffleurer dans le sens horizontal. Il en résulte des chocs au passage des joints, chocs aussi préjudiciables à la conservation du matériel que désagréables aux voyageurs. Pour éviter ces chocs, on a été conduit, sur quelques chemins anglais et allemands, à placer quatre traverses sous chaque rail, les deux extrêmes n'étant écartées des deux bouts du rail que de 0^m,30 à 0^m,40. Les joints sont alors formés par deux platines ou *éclisses* en fer (fig. 159) pla-

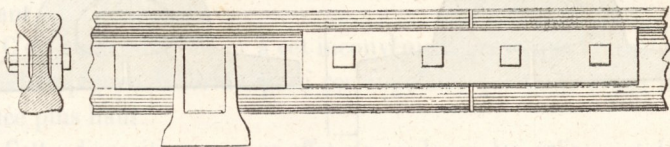


Fig. 159.

cées des deux côtés de la tige des rails et réunies par quatre boulons. D'autres fois, on a donné aux coussinets de *joints* la forme représentée dans la figure 140, et on a remplacé la joue supprimée par une éclisse. Les Allemands l'appliquent avec un succès incontestable aux rails américains.

Pour fixer les rails à base large, on recommande en Bavière de

réunir les joints au moyen d'*éclisses à cornières*, chacune fixée par deux chevilles à crochet.

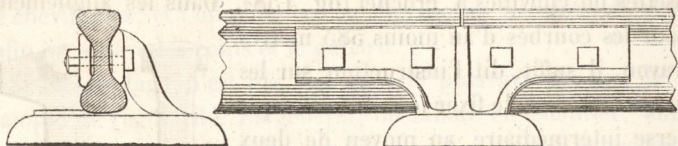


Fig. 140.

MM. Grenier et Goschler, enfin, ingénieurs au chemin de fer de l'Est, ont imaginé un coussinet-éclisses tout en fer que l'on emploie avec succès sur ce chemin.

Ce coussinet (fig. 141 et 142) a principalement pour objet d'éviter de placer les joints en porte à faux, quand on emploie les rails à champignons ordinaires. Il repose sur la traverse, et se compose de deux mâchoires qui sont traversées, ainsi que le rail, par un boulon.

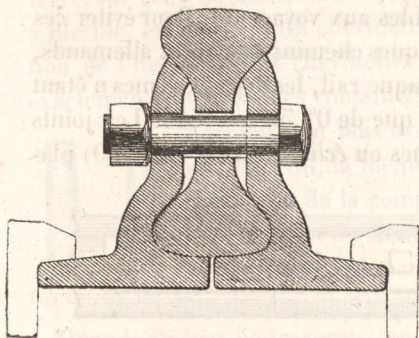


Fig. 141.

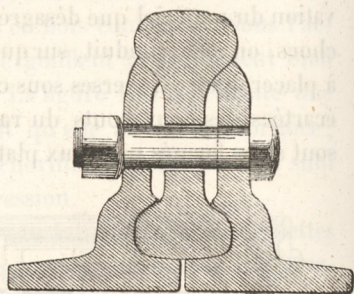


Fig. 142.

L'emploi du coussinet-éclisses n'offre pas les mêmes avantages pour le rail américain que pour le rail à champignon ordinaire.

Dans la voie américaine, il n'y a plus de joints en porte à faux. L'éclisse ordinaire est placée au-dessus de la traverse, et l'on intercale une platine en fer forgé entre le rail et la traverse. Cette plaque est nécessaire pour maintenir la nivellation des rails aux joints. On

s'exposerait, en la supprimant, au risque d'imposer aux boulons d'éclisses un surcroît de travail.

La différence entre les deux systèmes d'éclisses appliqués au rail américain est donc que les joints avec les éclisses ordinaires admettent une platine indépendante, tandis que les coussinets-éclisses portent leurs platines avec eux.

Les coussinets-éclisses présentent plus de solidité peut-être, et sont moins sujets à se déranger, mais les réparations aux voies de fer sont plus difficiles qu'avec les éclisses ordinaires, et leurs platines indépendantes.

Sous le rapport de la dépense, les éclisses ordinaires sont plus économiques que les coussinets-éclisses, et la différence peut être évaluée à 200 ou 250 fr. par kilomètre.

Les coussinets-éclisses paraîtraient donc avantageux plutôt pour la voie posée avec les rails ordinaires à champignons que pour celle posée avec les rails à patins. Ils sont toutefois susceptibles d'application dans l'un et dans l'autre cas.

En Allemagne, on a reconnu que la forme du champignon le plus usité produisait sur l'ensemble des éclisses l'effet d'un coin qui transmettait aux faces inclinées des éclisses l'effort exercé par le poids des véhicules, effort tendant à écarter les éclisses du rail, et, par suite, à faire rompre les boulons.

On a, pour consolider l'assemblage, employé des boulons à double écrou, moyen coûteux, et qui n'est qu'un palliatif insuffisant.

C'est aussi pour obvier à cet inconvénient grave que l'on a donné au champignon la forme quasi rectangulaire que nous avons indiquée plus haut.

Cette disposition a pour effet de soulager les éclisses et leurs boulons. Nous devons ajouter qu'elle est surtout avantageuse lorsqu'on veut consolider les joints des rails à champignons symétriques ou non symétriques, au moyen de cornières analogues à celles employées sur la ligne de Paderborn ou sur celle de Bamberg.

Le rail repose alors directement sur la traverse par un champignon inférieur, et il est soutenu des deux côtés par des cornières en fer, qui sont réunies au moyen de boulons. Deux cas se présentent :

ou bien les cornières et le rail portent en même temps sur le bois, ou bien le rail seul est en contact avec la traverse. Dans le premier cas, le serrage n'est pas complet ; dans le second, l'effort se transmet immédiatement sur les boulons, et il ne tarde pas à produire un ferraillement que l'on ne parvient à éviter qu'en faisant porter le patin de la cornière sur la traverse par une extrémité seulement.

Au chemin de Magdebourg à Halberstadt, on a remplacé les traverses de joints par deux portions de longuerines assemblées avec les traverses voisines. En Autriche, on place, sous les traverses de joints, des longuerines qui augmentent ainsi la surface par laquelle ces traverses reposent sur le ballast.

Rails en bois et fer. — Les premiers railways se composaient de longuerines en bois fixées sur des traverses également en bois. Afin de diminuer l'usure des longuerines et de rendre la surface de roulement plus dure et plus unie, on les recouvrit bientôt de plaques de fer. Dans les pays où le prix de ce métal est peu élevé par rapport à celui du bois, on supprima complètement le bois des rails, et on les composa entièrement de fonte et enfin de fer. De là l'origine de la voie que nous venons de décrire.

En Amérique, où le bois est à très-bas prix, on a construit néanmoins, il n'y a pas bien longtemps, des chemins de fer à rails en bois garnis d'une mince barre de fer plate fixée au moyen de clous ou de vis à bois (fig. 145). Mais on reconnut bientôt que, dès que le poids des véhicules devenait un peu plus considérable, le bois s'écrasait mal-

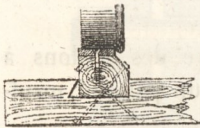


Fig. 145.

gré la bande de fer qui le recouvrait et que les vis s'arrachaient. On fut ainsi conduit à renforcer le rail en fer et à lui donner la forme représentée dans la figure 144. Ce rail est fixé en Amérique sur des longuerines en bois au moyen de crampons en fer ou de vis à bois. Sur le chemin de Philadelphie à Colombia, en Amérique, on conserva la simple barre de fer, mais on substitua aux longuerines en bois des supports continus en granit.

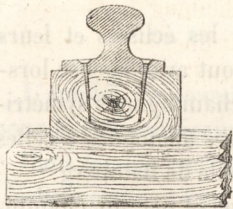


Fig. 144.

On peut considérer le rail américain posé sur longuerines comme un rail composé de bois et de fer. Dans ce système, on peut espacer les traverses plus qu'on ne le fait dans le système ordinaire ; et, si la longueur de la voie est considérable, la consommation de bois peut ne pas être augmentée, tandis que l'on obtient, avec des rails d'un poids comparativement faible, un chemin capable de supporter les plus fortes charges.

Rail Brunel. — M. Brunel a, le premier, introduit en Angleterre, sur le chemin de Londres à Bristol (Great Western), le système des longuerines. Le rail dont il s'est servi présente une forme très-rationnelle, en ce qu'il a une base très-large et que la partie qui est soumise à l'action des roues est parfaitement bien soutenue aux points où les rails à champignon s'écrasent fréquemment. Ce rail, représenté par la fig. 145, est fixé sur les longuerines ; son poids, qui était de 22 kilogrammes dans l'origine, a été porté depuis à 27 kilogrammes et demi, et enfin à 55 kilogrammes.

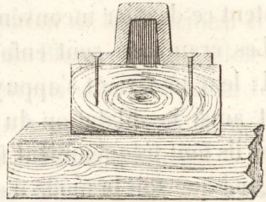


Fig. 145.

Sur la première section du chemin de Londres à Bristol, M. Brunel avait, dans le but de donner plus de solidité à la voie, posé ses longuerines sur des pilots. Ce mode de construction n'a pas tardé à être abandonné, parce que la voie manquait d'élasticité au droit des pilots, et qu'elle fléchissait beaucoup au passage des machines dans l'intervalle de ces pilots ; aujourd'hui, le Great Western a sa voie composée de longuerines réunies par des traverses espacées de 3 à 4 mètres.

On a construit un assez grand nombre de chemins de fer avec longuerines, soit en Angleterre, soit en Allemagne, soit en Hollande. En France, les chemins d'Auteuil, de Dôle à Salins, une partie de ceux du Midi et celui de Gray à Saint-Dizier sont construits avec les rails Brunel posés sur longuerines. Tantôt on a employé le rail américain, tantôt le rail Brunel ; ce dernier a été souvent préféré. Les rails ont été fixés partie au moyen de boulons (fig. 146), et partie au moyen de crampons à talons (fig. 147). Les boulons forment le mode d'attache le plus solide, mais ils présentent plusieurs

inconvenients : si l'écrou est en-dessous, ils sont difficiles à enlever ; si, au contraire, il est en-dessus, il faut donner au rail une grande hauteur, afin que les boudins des roues ne viennent pas les

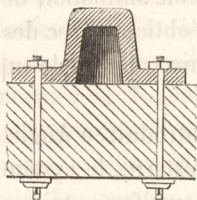


Fig. 146.

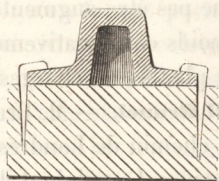


Fig. 147.

rencontrer. Enfin les boulons, devant passer dans des trous percés dans les pattes du rail, ne peuvent être changés de place. Ils présentent ce dernier inconvénient, comme les vis.

Les crampons sont enfoncés dans la longuerine en dehors du rail ; leur tête vient s'appuyer sur les pattes de ce rail. Ils permettent ainsi la dilatation du rail et peuvent être changés de place ; mais ils font fréquemment fendre les longuerines.

Quel que soit le mode d'assemblage des rails et des longuerines, il faut placer dans les joints des rails des plaques en fonte ou en fer ; sans cette précaution, le bois s'écrase en fort peu de temps.

Au chemin d'Auteuil, les rails sont fixés sur les longuerines au moyen de petites pattes en fonte serrées au moyen de vis à tête carrée (fig. 148).

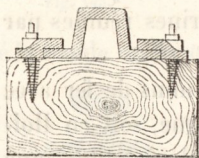


Fig. 148.

Au premier abord, le système des longuerines semble préférable à celui des rails posés sur traverse. En effet, les rails supportés uniformément dans toute leur longueur paraissent placés dans de meilleures conditions que ceux qui ne le sont que de distance en distance. La voie sur longuerines est plus douce que la voie sur rails ordinaires ; enfin elle est sans danger dans le cas de rupture d'un rail.

Néanmoins le mode d'établissement de la voie sur longuerines présente plusieurs inconvenients graves qui l'ont fait abandonner sur les chemins allemands.

Les joints sont très-imparfaits, les longuerines sont sujettes à se déverser, surtout dans les courbes de petit rayon, elles sont coûteuses de fabrication. On ne peut pas, comme pour les traverses, y employer des bois bruts ou grossièrement équarris. Exigeant plus de façon, elles ne peuvent être faites que par des ouvriers spéciaux que l'on n'a pas toujours sous la main et qui coûtent fort cher. Le mode d'attache des rails sur les longuerines est compliqué et toujours plus ou moins défectueux; le relevage d'une voie de ce système est plus difficile que celui d'une voie posée sur traverses. Régnant sur toute la longueur de la voie, ces traverses gênent l'écoulement des eaux de la chaussée vers les fossés. Le rail Brunel se plie difficilement suivant l'arc des courbes. Il se prête moins bien que les rails à champignons aux exigences des voies de terrassement, et les entrepreneurs s'en servent souvent pour ces voies sans interposition de longuerines. Il se brise alors très-facilement. Au chemin de Blesme à Gray, plus de cinq mille rails Brunel ont été ainsi détruits sur une petite longueur de voie en très-peu de temps; enfin le métal paraît beaucoup plus fatigué dans la fabrication que celui des rails ordinaires.

Sur le chemin de Blesme à Gray et sur celui de Dôle à Salines, on a interrompu les longuerines entre les traverses afin de faciliter le passage de l'eau; il en est résulté, comme il était facile de le prévoir, une voie instable fort mauvaise.

On a essayé sur quelques chemins en Allemagne le rail Brunel, portant seulement sur des appuis transversaux comme le rail ordinaire; cette application peu rationnelle de cette espèce de rail n'a obtenu aucun succès.

Rails employés aux États-Unis. — Les ingénieurs américains, qui ne reculent pas devant les essais, ont expérimenté toute espèce de systèmes de voie, à l'exception du rail Barlow, dont ils n'ont pas encore fait usage.

Le rail le plus anciennement employé est celui fig. 149. On s'en est servi au chemin de Long-Island, entre New-York et Boston; sa longueur était de 5 mètres; son poids, par mètre courant, de 15 kilogrammes environ. Le coussinet avait la forme indiquée sur la figure, et le rail y était fixé au moyen d'une clavette en fer; ce

coussinet portait sur des traverses. Ce rail est actuellement remplacé par le rail à patin.

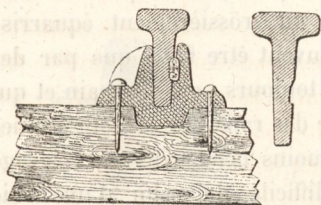


Fig. 149.

Les Américains se sont aussi préoccupés des joints; ils ont cherché à faire des rails composés de deux parties boulonnées dans lesquelles les joints se croisaient (figure 150); ce rail a été essayé sur le chemin du Nord à Érié; mais ce système n'a pas eu grand succès,

non plus que celui représenté figure 151, qui a été employé sur le

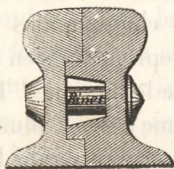


Fig. 150.

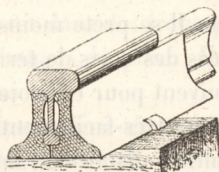


Fig. 151.

chemin de Baltimore à l'Ohio; ils n'ont pas encore songé à employer les éclisses.

Le rail à patin est employé maintenant presque exclusivement en Amérique aussi bien qu'en Allemagne: il pèse de 25 à 32 kilogrammes; ses dimensions, en hauteur et largeur, varient suivant les chemins. La figure 152 représente celui employé au chemin de Philadelphie à Baltimore: il pèse 31 kilogrammes 56. La figure 153 reproduit le rail du chemin de Hicaga à Galène: son poids est de 28 kilogrammes par mètre courant. La longueur de ces rails est de 5 à 6 mètres; ils sont posés et fixés sur les traverses au moyen de

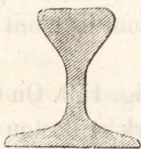


Fig. 152.

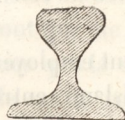


Fig. 153.

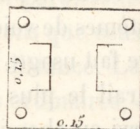


Fig. 154.

crosses en fer; dans les joints on place une platine en fer (fig. 154)

dans laquelle on découpe à l'emporte-pièce deux languettes de fer qui saisissent les pattes du rail : ces platines ont 0^m,16 sur 0^m,15 de côté.

Différentes variétés de coussinets. — Les coussinets employés dans les voies ordinaires ont des formes variées que nous allons décrire. En général, la petite saillie contre laquelle s'appuie le rail est évidée intérieurement, comme l'indique la figure 155. Diminuant ainsi la surface de contact, on a plus de chances de l'obtenir bien unie. Généralement aussi on évide le coussinet en dessous, afin d'en diminuer le poids. Anciennement, la face intérieure du coussinet, sur laquelle repose le rail, était parallèle à la face qui repose sur la traverse. Le coussinet était logé dans une entaille faite à la traverse (fig. 155), et on donnait au fond de l'entaille une inclinaison de $\frac{1}{20}$ vers l'axe de la voie, en sorte

que la surface du champignon supérieur avait la même inclinaison. Cette inclinaison est aussi celle des roues coniques en usage sur les chemins de fer. La surface de roulement, étant plate, reposait sur toute son étendue; cette surface, étant bombée, repose sur le sommet du champignon, au-dessus de la tige. On a reconnu qu'il était fort difficile d'obtenir des charpentiers assez de précision pour que l'inclinaison de l'entaille fût toujours exactement de $\frac{1}{20}$, et on a remplacé l'entaille à fond incliné par une entaille à fond horizontal. On donne alors l'inclinaison au rail en la donnant au moulage à la face intérieure du coussinet, sur laquelle repose le rail (fig. 156).

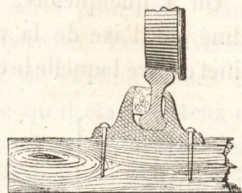


Fig. 155.

Aux chemins de fer de l'Est, nous employons avec avantage, pour creuser les entailles, une invention fort ingénieuse de M. Denis, ingénieur en chef directeur des chemins bavaoïis.

Dans la plupart des coussinets employés sur nos grandes lignes, les deux trous dans lesquels se logent les chevillettes sont placés sur une perpendiculaire à l'axe du chemin. Il en résulte que, les deux chevillettes rencon-

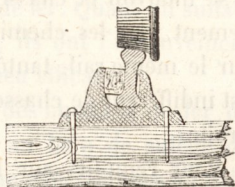


Fig. 156.

trant les mêmes fibres de la traverse, celle-ci est très-sujette à se fendre. Sur le chemin de Londres à Douvres, où les chevilles sont en bois, on a, pour éviter ces inconvénients, employé le coussinet fig. 157, dont les trous sont placés sur une ligne inclinée à l'axe.

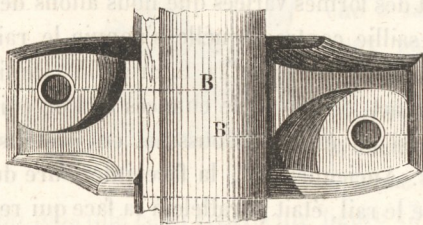


Fig. 157.

Chaque joue n'est alors soutenue que par une nervure unique. Cette disposition a été depuis lors adoptée sur plusieurs lignes, pour les chevillettes en fer comme pour les chevilles en bois. Elle l'a

été sur le chemin de Mulhouse, aujourd'hui en construction.

On a quelquefois, pour augmenter le serrage des coins, incliné sur l'axe de la voie la face intérieure de la saillie du coussinet contre laquelle le coin s'appuie, comme l'indique la figure 158.

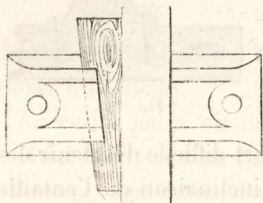


Fig. 158.

Mais, l'action des roues sur le rail le poussant en avant ou en arrière de leur mouvement, suivant que l'action des roues de waggons ou celle des roues de locomotion prédomine¹, en faisant glisser le coin dans le même sens, le serrage augmente au passage des convois dans une certaine direction; le coin au contraire prend du jeu dans la direction opposée. Il faut donc, sur les chemins à deux voies, étudier la direction suivant laquelle les rails tendent à se mouvoir et chasser le coin de façon qu'il contrarie ce mouvement. Sur les chemins à une seule voie, les convois marchant sur le même rail, tantôt dans une direction, tantôt dans l'autre, il est indifférent de chasser le coin de droite à gauche ou de gauche à droite.

Pour remplir, sur les chemins à deux voies, la condition sus-énoncée, en se servant des coussinets fig. 158, il faudrait que les coussinets fussent de deux modèles différents, ce qui deviendrait

¹ L'action des roues de waggons tend à chasser les rails en avant, tandis que celle de roues motrices de la locomotive tend à produire un glissement en arrière.

une grande sujétion dans la pose; aussi préfère-t-on aujourd'hui les coussinets du modèle fig. 159, dans lequel les deux joues ou saillies sont parallèles, et on arrondit les joues à leurs extrémités pour faciliter l'entrée du coin.

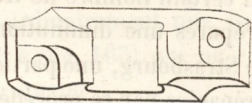


Fig. 159.

Préparation des bois. — Comme il a été constaté que, dans d'assez bonnes conditions de conservation, les traverses en chêne employées pour la construction des chemins de fer ne durent pas au delà d'une quinzaine d'années, et que celles en sapin et en hêtre durent encore moins longtemps, on a essayé un grand nombre de procédés dans le but d'en prolonger l'existence.

En Angleterre, où les chemins de fer sont généralement posés sur des traverses en sapin, on s'est beaucoup servi pour cela, dans l'origine des chemins de fer, de sublimé corrosif. Les traverses étaient simplement plongées dans un bain de sublimé; mais ce mode de préparation a été abandonné, parce qu'il était coûteux et dangereux. On a remplacé le sublimé corrosif par la créosote impure¹, par le sulfate de cuivre, le sulfate de fer, le pyrolignite de fer, le chlorure de zinc, et par le mélange de sulfure de barium et de sulfate de fer. Ces réactifs sont introduits dans la traverse tantôt au moyen d'une simple immersion dans une dissolution bouillante, tantôt par pression ou succion, comme nous l'indiquerons plus loin; le second l'est toujours par pression.

L'emploi de la créosote paraît avoir obtenu un assez grand succès. On a fait aussi usage avec avantage du sulfate de cuivre et du mélange de sulfure de barium et de sulfate de fer. Quant au sulfate de fer isolé et au pyrolignite, étant acides, ils ont l'inconvénient d'attaquer le bois. Le chlorure de zinc est peu efficace.

En France, toutes les traverses en chêne des chemins de fer de Rouen et du Havre ont été immergées dans un bain de sulfate de cuivre. Il a été bien reconnu que le sulfate ne pénétrait pas au delà de l'aubier; mais, en imprégnant l'aubier, il prolonge la durée de la traverse, dont l'aubier est toujours la première partie détruite.

¹ Huile obtenue par la distillation du goudron et ne contenant pas réellement plus de 1 à 2 pour 100 de créosote.

Au chemin du Nord, où l'on a employé le même procédé pour un certain nombre de traverses, on a cru trouver sur les bois ainsi préparés une diminution de résistance assez sensible. Au chemin de Strasbourg, une partie des traverses en chêne ont été également préparées par ce procédé; mais aujourd'hui sur l'un et sur l'autre chemin on les emploie sans préparation.

L'immersion dans le sulfate de cuivre n'a pas semblé assez avantageuse pour qu'on dût continuer à en faire la dépense.

La créosote est trop chère en France pour que l'on ait pu jusqu'à ce jour en faire usage sur une grande échelle.

Au chemin du Nord, on a préparé un grand nombre de traverses par le procédé Boucherie modifié, et en se servant de sulfate de cuivre. Pour appliquer ce procédé, on prend une pièce de bois de hêtre généralement ronde, ayant deux fois la longueur d'une traverse; on la couche sur le sol, et, à égale distance des extrémités, on donne un trait de scie qui laisse intacte une petite portion de l'épaisseur à la partie inférieure; faisant passer ensuite une cale sous la traverse au-dessous du trait de scie, comme l'indiquent les figures 160, 161 et 162, on élargit la fente. Dans cette fente, on in-

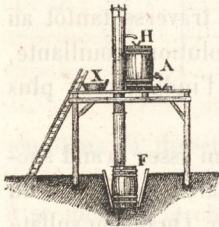


Fig. 160. — Pompe de communication entre le réservoir inférieur *F* et la tonne *A*. Gouttière de distribution *H*, et panier de sulfate de cuivre *X*.



Fig. 161. — Trait de scie avec les cordes et les tubes.

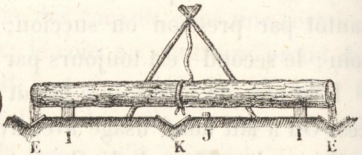


Fig. 162. — Bille en préparation avec la gouttière supérieure, les trois rigoles inférieures *EEK*, les pièces de support *II* et celle du milieu *J* pour l'action des coins ouvrant le trait de scie.

troduit un bout de corde plus épais au milieu qu'aux extrémités, et sur lequel on place un entonnoir qui reçoit du sulfate de cuivre en dissolution, au moyen d'un tuyau en caoutchouc, communiquant avec un réservoir supérieur. Le liquide pénètre à droite et à gauche dans les deux traverses. La sève sort d'abord par les extrémités,

puis, lorsqu'elle s'est entièrement écoulée, le sulfate de cuivre prend sa place. Le bois ne s'imprègne convenablement que lorsqu'il est vert. Dans le bois de hêtre il se trouve ordinairement une partie cylindrique intérieure de petit diamètre a (fig. 165) qui ne s'imprègne pas. On sépare cette portion morte quand on débite l'arbre en traverses.

Au chemin de Strasbourg, on s'est servi du procédé Payne, en introduisant, comme réactif, le sulfure de barium et le sulfate de fer. Ce procédé consiste à placer la traverse dans un cylindre en fonte où l'on fait le vide. On fait ensuite pénétrer successivement, dans les cavités de la traverse, le sulfure de barium et le sulfate de fer, par pression, au moyen d'une pompe foulante. Il se forme, par double décomposition, du sulfate de baryte qui s'oppose à la pourriture du bois. Les traverses ainsi préparées n'ont pas duré plus de deux ans, mais cela paraît tenir à ce que le procédé n'avait pas été bien appliqué. Le dosage de sulfure de barium et de sulfate de fer n'ayant pas été convenablement fait, la traverse aurait été détruite par le sulfate de fer en excès. En Angleterre, au contraire, d'après le témoignage de M. Payen, on aurait parfaitement réussi à prolonger la durée des bois par ce procédé. Nous n'oserions toutefois en conseiller l'usage, à cause des difficultés que l'on éprouve à exercer une surveillance continue et suffisante sur l'entrepreneur. En outre, ce procédé est peu expéditif; celui de M. Boucherie, tel qu'il a été employé au chemin du Nord, semble devoir être préféré. *On considère, sur ce chemin, le procédé Boucherie comme tellement efficace, qu'on n'hésite pas à payer les traverses en hêtre préparé le même prix que celles en chêne préparé.*

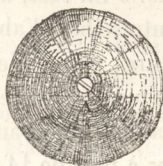


Fig. 165.

M. Molinos, ingénieur civil, dans un article fort intéressant sur la préparation des bois, inséré dans les *Mémoires des Ingénieurs civils de Paris* (avril-juin 1853), conseille un procédé de l'invention de M. Bethell. Ce procédé consiste à injecter le bois avec du sulfate de cuivre ou tout autre antiseptique dans le cylindre ordinairement employé à cet effet; à le dessécher ensuite dans une étuve, de manière à ne laisser dans le bois que le sel cristallisé ou combiné avec l'albu-

mine ; enfin, à le plonger, au sortir de la chambre de dessiccation, dans une chaudière contenant du goudron brut. « Si on se reporte, dit M. Molinos, aux causes de la destruction des bois, on verra que ce procédé résume à lui seul toutes les conditions possibles du succès. » En effet, la présence du sulfate de cuivre rend l'albumine imputrescible ; l'absence de l'eau empêche la fermentation de se produire ; enfin, l'enveloppe imperméable de goudron empêche le retour de l'eau et de l'air. La préparation par ce procédé, suivant Bethell, ne serait pas excessivement coûteuse ; elle ne reviendrait pas à plus de 11 fr. par mètre cube.

Sur les chemins du Palatinat et des bords du Rhin, on ne prépare pas les traverses en chêne, mais on les dépouille de leur aubier à coups de hache. On prétend aussi qu'en les posant simplement sur le sable, et laissant toute la partie supérieure découverte, on en prolonge la durée. Ce dernier fait nous paraît contestable ; nous avons indiqué précédemment que sur nos chemins français nous nous étions appliqués, au contraire, à les envelopper complètement de ballast.

L'instruction sur les chemins bavarois recommande d'enlever dans les traverses en chêne l'aubier, jusqu'à faire reposer entièrement sur le bon bois les coussinets ou les rails. « Il vaudrait encore mieux l'enlever entièrement, ajoute l'instruction. Cet enlèvement de l'aubier est également désirable dans les traverses en pin ; mais, en général, il est trop fort, et il resterait trop peu de bon bois. » Nous lisons encore dans la même instruction : « Une couche de ballast de moins de 0^m.09 sous les traverses ne présente aucun avantage, et doit même être considérée comme nuisible. Avec une voie avec rails à coussinets il n'y a aucune objection à faire contre une couverture suffisante de ballast. Dans une voie avec rails à base large on regarde la couche de ballast comme également utile, quand ces traverses sont en chêne, puisque le bois, tout en se fendant facilement, retient suffisamment les chevilles ; quand au contraire les traverses sont en bois tendre, l'expérience a montré qu'il convient de pouvoir bien observer les chevilles, et provisoirement, pour cette raison, on s'abstiendra de couvrir les traverses. Pour vider entièrement la question, on maintiendra en

attendant, et à titre d'essai, la couche de ballast sur les traverses en pin de la ligne d'Augsbourg à Ulm. »

La note suivante, que nous devons à l'obligeance de M. Alquié, ne laisse plus de doute sur l'efficacité du procédé Boucherie appliqué à certaines essences de bois :

« C'est en 1846 qu'ont été faits les premiers essais sur le chemin du Nord. Toutes les traverses qui, à cette époque, *ont été bien préparées*, sont aujourd'hui comme le jour où elles ont été mises en terre. Les procédés employés à cette époque n'étaient pas parfaits, on manquait d'expérience. Un assez grand nombre de traverses ont été mal préparées, c'est-à-dire incomplètement. Les parties bien préparées se sont conservées, les autres se sont pourries. Ainsi il est bien certain que la conservation n'est assurée que là où il y a du sulfate de cuivre. Il est donc très-important de ne prendre du fournisseur que des traverses parfaitement préparées. Le procédé Boucherie s'applique parfaitement en général aux bois sans cœur comme le hêtre, le charme, le bouleau, le pin, etc. Quand le hêtre, le pin ou le sapin ont du cœur, l'aubier, seul, prend la préparation.

« La Compagnie du Nord a maintenant dans ses voies près de quatre cent mille traverses de bois préparé par le procédé Boucherie. De nombreux et forts marchés sont encore en cours d'exécution. L'état dans lequel se trouvent les traverses qui ont été bien préparées il y a dix ans, et qui sont dans la terre depuis cette époque, est tel, que je ne puis estimer une limite de durée à ces traverses ; il est difficile de donner des résultats comparatifs bien définis dans mon opinion. La traverse demi-ronde en chêne ne vaut pas grand'chose ; je ne crois pas qu'on puisse lui donner une durée moyenne de plus de cinq à six années. Une traverse en cœur de chêne durera plus du double, et enfin pour nous la durée d'une traverse en bois de hêtre, de charme, etc., *bien préparée*, est indéfinie..... »

M. Couche, ingénieur en chef, nous a confirmé les renseignements fournis par M. Alquié, et il a ajouté que la réfection du chemin de fer du Nord l'ayant obligé à faire découvrir toutes les anciennes traverses en chêne de ce chemin, il avait reconnu que les traverses demi-rondes ne dureraient pas en moyenne plus de cinq

à six ans, et celles équarries, plus de douze à quinze ans. Celles en hêtre préparé, découvertes au bout de onze ans, lui ont paru tout à fait neuves.

La Compagnie de l'Est, qui a employé, l'année dernière, cinquante mille traverses en hêtre ou sapin préparé par le procédé Boucherie pour la réfection du chemin de Bâle, vient d'en acheter (mai 1857) soixante mille pour la pose de la seconde voie du chemin de Mulhouse; la compagnie du Midi a acheté soixante mille traverses en pin préparé par le même procédé.

Durée des rails. — On a peu de données précises sur la durée des rails; en voici cependant quelques-unes :

Le North-Western-Railway est de tous les chemins anglais le plus important; sa longueur est de 500 milles anglais. Le capitaine Huish, chargé par l'administration de cette Compagnie d'étudier l'usure des rails, a trouvé que le mouvement étant, sur la partie comprise entre Liverpool et Manchester, de quatre-vingt-dix trains par jour, sur celle comprise entre Birmingham et le chemin de Liverpool à Manchester (ancien chemin Grand-Junction) de trente-huit trains, et sur la section de Londres à Birmingham de quarante-quatre trains, soit en moyenne cinquante trains par jour, les rails ne dureraient pas au delà de vingt ans, ce qui équivaut à une durée de vingt ans pour dix-huit mille deux cent cinquante trains par an.

M. Belpaire, ingénieur belge, a trouvé, d'après des observations faites sur les chemins belges, que les rails, avec un mouvement annuel de trois mille trains par an, dureraient cent vingt ans, soit, en supposant la durée proportionnelle au mouvement, vingt ans seulement avec un mouvement annuel de dix-huit mille trains. Cette coïncidence est remarquable. Il est vrai que les rails belges ne pèsent que 25 kilogrammes par mètre, tandis que les rails anglais pèsent de 30 à 40 kilogrammes; d'un autre côté, le poids du matériel belge et la vitesse avec laquelle marche ce matériel sont très-sensiblement inférieurs au poids et à la vitesse de marche du matériel anglais.

Ces données seraient probablement inapplicables aux rails actuels. Il est à craindre que ces rails, fatigués à l'excès par les énormes

machines en usage aujourd'hui, durent fort peu de temps. Il importe de rechercher les moyens d'en prolonger l'existence. On ne peut guère en augmenter les dimensions, qui sont déjà très-grandes, mais on peut en améliorer la fabrication, et remplacer les rails en fer, au moins sur certains points où la fatigue est plus grande que sur d'autres, par des rails en acier puddlé.

Réserve pour réfection de la voie. — Si toutefois on veut se faire une idée du capital que les compagnies doivent mettre chaque année en réserve pour le remplacement des rails, des coussinets et des traverses, on y parviendra à l'aide des données qui suivent :

Les rails dont on s'est servi dans l'origine pour construire le chemin de fer du Nord français ne pesaient que 30 kilogrammes. Chaque rail, long de 4^m,50, reposait sur cinq points d'appui ; l'écartement des points extrêmes était de 1 mètre seulement ; celui des points intermédiaires était de 1^m,25. Peu de temps après l'ouverture, on ajouta une cinquième traverse pour chaque rail ; en sorte que l'écartement des points extrêmes fut réduit à 0^m,75, et celui des points intermédiaires à 1 mètre.

Le poids des machines augmentant dans une proportion considérable (de 16 ou 20 tonnes à 30 tonnes), il devint nécessaire de remplacer les rails de 30 kilogrammes par des rails de 37 kilogrammes. Ces derniers, longs de 6 mètres, furent placés sur sept traverses ; l'écartement des traverses extrêmes étant de 0^m,60, et celui des traverses intermédiaires de 0^m,90, les joints se trouvèrent en porte à faux et furent consolidés au moyen d'éclisses. Aujourd'hui on emploie, concurremment avec ces rails à double champignon, des rails Vignolles du même poids, pour lesquels nous avons déjà indiqué l'écartement des points d'appui.

La substitution des rails lourds aux rails légers a eu lieu en 1855, dix ans environ après l'ouverture de la ligne. Une partie, évaluée à 20 pour 100 de la totalité, était alors complètement hors de service et fut vendue aux maîtres de forges ; 24 pour 100 de rails plus ou moins avariés furent mis à la disposition des entrepreneurs pour des travaux de terrassement ; 36 pour 100 de rails, dont un rebord seulement avait souffert, furent considérés comme propres à faire encore de très-bonnes voies ; 20 pour 100 enfin étaient en parfait

état et auraient pu servir à la construction de voies neuves s'ils eussent été d'un modèle plus résistant.

Prenant pour prix des rails neufs 280 francs la tonne, on a estimé les rails de premier choix comme valant encore 250 francs la tonne; ceux du deuxième choix 240 francs; ceux du troisième choix 220 francs; et ceux du quatrième choix 200 francs.

Au chemin de Rouen, le matériel étant généralement plus léger que sur les autres lignes, ce n'est que dans ces derniers temps que, les machines devenant un peu plus lourdes, on a jugé à propos de remplacer les anciens rails à double champignon du poids de 55 kilogrammes par mètre courant par des rails de 57 1/2 kilogrammes, également à double champignon, les joints de ces derniers étant consolidés par des coussinets-éclisses du système Grenier et Goschler. Les anciens rails avaient 4^m80 de longueur et étaient supportés par cinq traverses, l'écartement des traverses extrêmes étant de 4^m,05 et celui des traverses intermédiaires de 4^m,35. Les nouveaux rails, de 6 mètres de longueur, reposent sur sept traverses; les deux extrêmes sont écartées de 0^m,75, et celles intermédiaires de 0^m,90.

La plus grande partie des rails du chemin de Rouen, posés au moment de l'ouverture (1842 à 1845), sont encore dans un état de conservation tel, que les deux tiers au moins seront employés de nouveau sur des voies du réseau de l'Ouest, où la circulation est moins active que sur le chemin de Rouen, et que la plus grande partie du tiers restant pourra servir à l'établissement des voies de garage.

Les rails du chemin de Bâle à Strasbourg, pesant 25 kilogrammes seulement par mètre courant, et reposant sur des points d'appui écartés de 0^m,90, étaient, après quinze ans d'usage, en grande partie hors d'état de servir. La compagnie de l'Est procède aujourd'hui à leur remplacement, et fera en sorte que la totalité soit renouvelée d'ici à trois années. Une partie sert à l'établissement de voies de garage, et une autre est vendue aux maîtres de forges, qui fournissent en échange de nouveaux rails du système Vignolles à raison de 100 francs la tonne, transport compris. Pendant fort longtemps on n'a fait passer sur les rails du chemin de Bâle que

des machines d'un poids modéré en rapport avec leur résistance. Ce n'est que depuis deux ou trois ans que l'on s'est servi de machines plus lourdes dont l'emploi a évidemment abrégé considérablement la durée de la voie. Le mouvement sur ce chemin n'a pas été très-actif, les trains n'ont été que médiocrement chargés, et l'on n'a pas fait de service de nuit.

Quoique les rails de nos grandes lignes récemment construites soient beaucoup plus résistants que ceux du chemin de Bâle, et même que les anciens rails du chemin du Nord, les machines étant beaucoup plus lourdes et la circulation beaucoup plus active, il y a lieu de penser que la durée des rails ne sera pas beaucoup plus grande qu'elle ne l'a été au chemin de Bâle, soit quinze années environ. C'est le chiffre que nous admettrions pour calculer le capital à réserver chaque année pour les remplacer. Après ces quinze années, les rails auront perdu 100 francs par tonne seulement de leur valeur, puisque les maîtres de forges les remplacent à ce prix par des rails neufs, et se chargent d'en opérer le transport.

Quant aux traverses, leur durée dépend de la nature du bois employé et de la préparation qu'il a subie. Nous avons vu qu'en ce qui concerne les traverses en hêtre préparé par le procédé Boucherie l'expérience n'avait jusqu'à présent fourni aucun chiffre concluant; que la préparation ne paraissait pas exercer une grande influence sur la durée des traverses en chêne; que les demi-rondes ne duraient pas plus de cinq à six ans, mais que les traverses équarries de bonne qualité pouvaient durer en moyenne de douze à quinze années. Celles du chemin de Bâle, de médiocre qualité, étaient, pour la plupart, après quinze années d'usage, entièrement pourries; quelques-unes cependant résistaient encore et ont pu être employées sur des voies de garage. Les traverses du chemin de Strasbourg, de bonne qualité et d'un volume considérable, auront probablement une plus longue durée. Nous croyons prudent, toutefois, de ne pas porter la durée des traverses à plus de quinze ans en moyenne, et de supposer qu'après ces quinze années elles ont perdu toute valeur.

La dépense faite pour le remplacement des coins en bois est portée au chapitre des frais d'entretien courants.

Quant aux coussinets, on pourrait considérer leur durée comme presque indéfinie. Toutefois nous admettons qu'au moment du remplacement des rails on se trouvera conduit par l'expérience à en modifier le modèle, et que, par suite, il faudra changer les coussinets. Les maîtres de forges remplacent ces derniers par des coussinets neufs au prix de 50 francs par tonne. Les chevilletes, qui ont souffert beaucoup plus que les coussinets, et même que les rails, ne peuvent être remplacées qu'au prix de 300 francs la tonne.

En partant de ces différentes bases, et appliquant au calcul de la réserve les formules connues, formules qui, bien entendu, ont égard aux intérêts et intérêts des intérêts produits par les sommes réservées, on trouve, pour le chiffre de cette réserve annuelle, le chemin étant à deux voies, la somme de 1,500 francs par kilomètre.

Si on augmente le poids des rails, il faut tenir compte de l'augmentation en comptant 280 ou 300 francs par tonne.

Nous n'avons rien compté pour le remplacement des changements de voie, plaques tournantes, chariots de service, etc.; cette dépense peut être considérée comme dépense courante d'entretien. On peut aussi y avoir égard, en augmentant un peu le chiffre de la réserve : l'augmentation dépendra de la grandeur des gares et du mouvement.

Les rails et les traverses ne restent pas tous intacts pendant quinze années. On en remplace chaque année un certain nombre. Les rails des changements ou croisements de voie et des courbes de très-petit rayon durent incontestablement moins de quinze ans, et beaucoup de traverses de qualité inférieure ou plus exposées que d'autres à la destruction se trouvent pourries bien avant le terme assigné; mais le nombre des éléments de la voie croissant rapidement en s'éloignant du moment de l'ouverture du chemin, nous avons pu admettre les moyennes qui ont servi de base à nos estimations sans nous écarter beaucoup de la vérité.

La nature du fer employé, le mode de fabrication des rails, la courbure plus ou moins prononcée des voies, l'emploi plus ou moins prolongé des rails pour les terrassements, le plus ou moins

d'inclinaison de la voie, inclinaison qui, lorsqu'elle devient considérable, nécessite l'usage fréquent du frein à la descente, etc., etc., sont, aussi bien que le poids des machines et l'activité de la circulation, des causes qui influent puissamment sur la durée du matériel fixe. On fera bien d'en tenir compte, si toutefois, après avoir établi le chiffre de la réserve en partant des hypothèses indiquées, ce chiffre se trouvait trop faible. Il est probable que la somme à ajouter pour le rendre suffisant ne serait pas considérable, et les administrations de compagnies qui l'auraient adopté ne pourraient être accusées d'imprévision.

On a proposé récemment en France et en Angleterre un grand nombre de modes nouveaux d'établissement de la voie ; nous allons passer en revue les principaux d'entre eux.

Nouveaux systèmes de voies. — L'efficacité des procédés de conservation des bois ne paraissant pas encore constatée avec assez de certitude, on a proposé divers modes de construction de la voie dans lesquels on supprime complètement l'emploi du bois.

Systèmes de plateaux-coussinets. — Sur le chemin de Versailles (rive gauche), sur celui de Chartres, et sur le chemin de Strasbourg, on a essayé de substituer aux traverses et coussinets ordinaires des plateaux en fonte, coulés d'une seule pièce avec le coussinet, et réunis par des tringles en fer rond destinées à maintenir l'écartement¹ (fig. 164).

Le poids de deux plateaux-coussinets avec la tringle d'écartement ne dépassant pas le tiers du poids d'une traverse ordinaire avec ses accessoires, il résulte de la légèreté et du peu de volume de cet ensemble, ainsi que de la faible surface de la base par laquelle les plateaux reposent sur le sol, que le système manque de stabilité. De ce manque de stabilité provient un excès d'élasticité ou de flexibilité qui nuit à l'entretien de la voie, et affecte principalement les plateaux de joints ; ceux-ci éprouvent plus de tassement et se brisent plus facilement que les plateaux intermédiaires. De plus, les trains prennent un mouvement vertical d'ondulation qui accroit

¹ Voir sur ce système de voies un mémoire de M. Lemoine, ancien ingénieur au chemin de Strasbourg, inséré dans le 2^e cahier de la 6^e année des *Mémoires de la Société des ingénieurs civils* (1855).

l'action destructive que leur passage exerce ordinairement sur la voie ; et, en raison du peu de profondeur à laquelle les plateaux sont enfouis dans le ballast, la gelée pénètre dessous et dérange leur assiette. Un autre inconvénient grave, c'est que les plateaux subissent insensiblement un mouvement inégal de translation ou un dérangement longitudinal qui amène la tringle de jonction dans une position oblique, la raccourcit en quelque sorte, et produit ainsi une torsion des rails qui rend la voie sinucuse et peut provoquer des mouvements de lacet dans la marche des trains. Un autre défaut des plateaux-coussinets consiste dans la tendance qu'ont les rails à prendre une inclinaison transversale différente de celle qu'on leur a donnée dans la pose ou le relevage, et que la libre

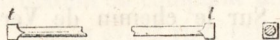
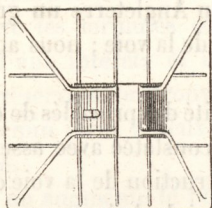
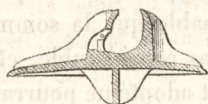
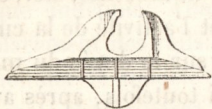


Fig. 164.

action des véhicules semblerait devoir maintenir. Cette inclinaison devient plus grande, et il en résulte que la voie perd de sa largeur et que, les jantes des roues portant plus particulièrement sur le bord extérieur du champignon du rail, ce champignon s'écrase, ou au moins s'use plus rapidement que dans les circonstances ordinaires. L'une des causes de cet effet réside dans la pression exercée contre les tringles par le ballast, lorsque le tassement des plateaux s'opère ; les tringles se courbent, et, comme leur point d'attache est dans la joue du coussinet, elles font subir, en se courbant, un mouvement de bascule aux plateaux.

Les plateaux, du moins en leur supposant les dimensions qu'on leur a données jusqu'à ce jour, se brisent plus facilement que les coussinets, et la rupture d'un plateau est plus sujette à provoquer un accident que celle d'un coussinet, dont les fragments sont retenus à la traverse par les chevilles. Les plateaux nécessitent enfin l'emploi d'un ballast fin qu'il est souvent difficile de se procurer.

M. Lemoine, aujourd'hui ingénieur principal aux chemins de l'Ouest, pense que l'on pourrait remédier à la plupart des inconvénients des plateaux-coussinets en augmentant leur poids, et en remplaçant les tringles rondes par une tringle méplate posée de champ. Ce système serait coûteux et n'aurait peut-être pas tout le succès que M. Lemoine en attend.

Au chemin d'Orléans, on a essayé des coussinets-plateaux en fonte analogues à ceux employés sur le chemin de l'Est, sans obtenir de meilleurs résultats.

En Angleterre, où la fonte et le fer sont à très-bas prix, on a établi, dans ces dernières années, des supports du même genre, mais beaucoup plus lourds et plus rigides.

Système des cloches en fonte. — La figure 165 représente le mode de construction du chemin d'Alexandrie au Caire, établi dans ce système; les plateaux sont remplacés par des cloches reliées par une forte tringle en fer méplat boulonné sur une oreille venue de fonte sur chaque cloche.

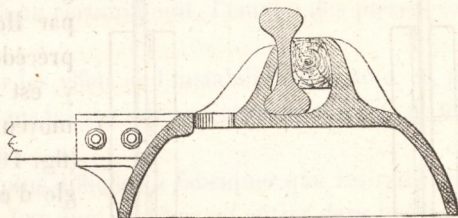


Fig. 165.

Autres systèmes variés. — En Belgique, on a mis à l'essai plusieurs systèmes de traverses à plateaux reliés, tantôt par des tringles, tantôt par des bouts de rails hors de service. Les ruptures fréquentes de ces plateaux ont rendu l'entretien fort dispendieux. On a également employé sur les chemins belges quelques traverses en fer laminé de sections diverses. On a remarqué que les coussinets fixés sur ces traverses étaient très-sujets à se rompre.

Nous citerons également une traverse en tôle pliée en forme de gouttière trapézoïdale qui figurait à l'exposition de Londres.

Plusieurs ingénieurs anglais ont proposé récemment un système de supports qui se rapproche manifestement de celui des longuerines. Ainsi M. Samuel, du chemin de Eastern-Counties, a établi un bout de voie dans lequel les rails sont pris entre deux pièces de

bois évidées de manière à embrasser ces rails jusque près du champignon (fig. 166). Ces pièces de bois sont logées dans une sorte de

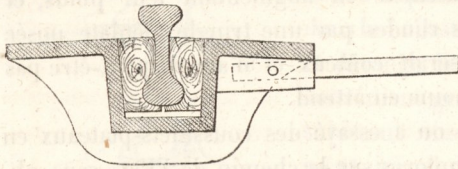


Fig. 166.

gouttière en fonte de 4 mètres de long, munie à sa partie supérieure de nervures qui portent sa largeur totale à 0^m,40 environ. Les supports de deux files de rails sont reliés par une tringle en fer fixée au milieu dans des logements venus de fonte sous les nervures du support. Pour chaque rail de 4^m,50, il y a trois gouttières semblables; les joints sont consolidés au moyen de platines. La figure 167 représente une

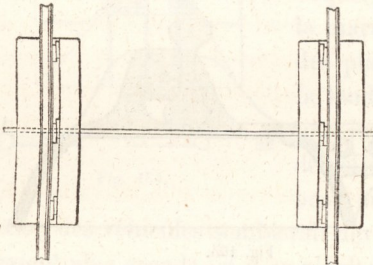


Fig. 167.

gouttière analogue inventée par Hobý. Elle diffère de la précédente en ce que le rail y est directement fixé au moyen de trois paires de coius (fig. 167), et en ce que la tringle d'écartement est méplate et posée de champ, fixée dans une mortaise au moyen d'une clavette et d'un goujon (figure 168). Cette disposition a l'avantage de s'opposer efficacement au devers.

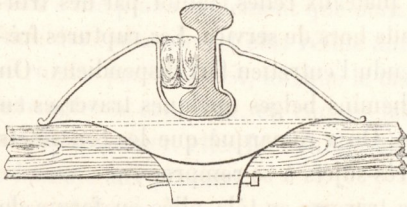


Fig. 168.

puisse supprimer complètement les longuerines. Il repose directement sur le ballast; les joints sont formés de doublures en fer rivées sous les rails consécutifs, et reliés par une barre d'écartement en fer à cornières. La simplicité de ce système, dans lequel la voie,

gouttière en fonte de 4 mètres de long, munie à sa partie supérieure de nervures qui portent sa largeur totale à 0^m,40 environ. Les supports de deux files de rails sont reliés par une tringle en fer fixée au milieu dans des logements venus de fonte sous les nervures du support. Pour chaque rail de 4^m,50, il y a trois gouttières semblables; les joints sont consolidés au moyen de platines. La figure 167 représente une gouttière analogue inventée par Hobý. Elle diffère de la précédente en ce que le rail y est directement fixé au moyen de trois paires de coius (fig. 167), et en ce que la tringle d'écartement est méplate et posée de champ, fixée dans une mortaise au moyen d'une clavette et d'un goujon (figure 168). Cette disposition a l'avantage de s'opposer efficacement au devers.

Rail Barlow. — Nous citerons enfin le nouveau rail de Barlow (fig. 169). Ce rail est de la forme dite rail à pont (bridge-rail); mais ses dimensions sont assez fortes pour qu'on

y compris le ballast, coûte à peu près le même prix que la voie ordinaire, lui a valu un grand nombre de partisans en Angleterre.

On reproche aux rails Barlow :

1° D'être moins élastiques que les rails ordinaires, puisqu'ils reposent sur le ballast, tandis qu'entre les points d'appui les rails ordinaires sont,

pour ainsi dire, suspendus au-dessus, et qu'à l'endroit des points d'appui ils reposent sur des traverses en bois qui sont élastiques ;

2° D'exclure, jusqu'à un certain point, l'emploi des pierres cassées comme ballast ;

3° De se détruire par les effets de l'instabilité de la voie, et, par suite, du relâchement dans les assemblages et de la mobilité de tous les éléments ;

4° D'être beaucoup plus difficiles à fabriquer que les rails ordinaires, surtout avec les fers durs qui doivent entrer dans la composition des rails pour résister aux frottements ;

5° De s'écraser ;

6° De ne pas se prêter à la dilatation et d'être exposés par conséquent à se courber dans les temps chauds ;

7° De ne pouvoir être utilisés pour les travaux de terrassement, comme les rails ordinaires.

Les partisans de ce nouveau rail répondent :

1° Que la forme même du rail Barlow (forme en selle) doit lui donner l'élasticité nécessaire, et ce qui tendrait à le prouver, c'est qu'on a observé en Angleterre, sur une voie Barlow, que les trains, lors de leur passage, produisent un bruit sourd qui n'est pas désagréable, et qui indique une absence de trépidation, preuve d'élasticité ;

2° Que le nombre des assemblages sur une voie ordinaire est plus grand que sur le rail Barlow ;

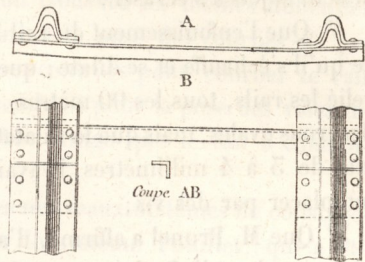


Fig. 169.

3° Que l'on n'a pas remarqué en Angleterre que les rails Barlow fussent sujets à s'écraser ;

4° Que l'enfouissement du rail Barlow dans le ballast s'oppose à ce qu'il s'échauffe et se dilate ; que M. Barlow avait, dans l'origine, relié les rails, tous les 90 mètres, au moyen de boulons traversant des trous ovales, mais que la dilatation n'ayant été sur cette distance que de 3 à 4 millimètres, il avait supprimé les boulons pour les remplacer par des vis ;

5° Que M. Brunel a affirmé, d'après une expérience de deux années, que le rail Barlow ne se détériorait pas plus promptement que les rails ordinaires.

M. Barlow a introduit quelques modifications dans son système. Il a remplacé les barres d'écartement en cornières par de petites traverses en bois, au nombre de trois par rail de 5 à 6 mètres de longueur. Il renonce ainsi à un des principaux avantages de son système, celui d'exclure complètement le bois de la composition de la voie.

La compagnie du Midi, qui a employé le rail Barlow sur une grande échelle, semblait l'avoir, il y a quelque temps, abandonné, et ses ingénieurs déclaraient y avoir renoncé uniquement à cause de la difficulté que l'on éprouvait à le fabriquer de bonne qualité. Ils soutenaient d'ailleurs et soutiennent encore aujourd'hui que les reproches qu'on lui adressait, à l'exception de celui qui concernait la qualité du métal, n'étaient nullement fondés. Ils commencent de nouveaux essais avec des rails fabriqués en Angleterre, et d'une qualité, dit-on, supérieure à celle des rails français. Il paraîtrait donc qu'à leurs yeux la qualité du fer était le seul défaut du rail Barlow tel qu'ils l'avaient employé d'abord. On s'étonne alors qu'en Angleterre même, où ce rail avait trouvé dans l'origine un grand nombre de partisans, il ait été presque entièrement abandonné.

Une des plus grandes objections à son emploi, objection à laquelle il nous semble difficile de répondre, c'est que, pour former le noyau de ballast qui doit remplir le rail, il faut un ballast d'une qualité particulière que l'on ne rencontre pas toujours ; la pierre concassée, par exemple, ne pourrait être employée avec le rail Barlow, et cependant c'est, dans un assez grand nombre de localités, la

seule variété de ballast que l'on puisse se procurer à un prix modéré. Nous croyons aussi que l'on trouvera les mêmes difficultés pour ployer le rail Barlow destiné à la pose des courbes de petits rayons que celles qu'on a rencontrées pour courber le rail Brunel, et que sur la terre des remblais pour la pose des voies de terrassement il sera d'un moins bon usage que le rail à champignons.

Système Pouillet. — Parmi les nouveaux systèmes de construction de la voie, il faut distinguer le système Pouillet, qui a été adopté exclusivement pour la construction du chemin de ceinture. Dans ce système, les traverses sont en bois vif équarri. Elles sont toutes de mêmes dimensions ; leur épaisseur est de 0^m,06 seulement, leur longueur de 2^m,10 et leur largeur de 0^m,16 à 0^m,20. Elles sont recouvertes d'un vernis appelé *vernis-railway*, qui en prolonge la durée. Ces traverses reposent, par leurs extrémités, sur des plateaux carrés en bois, nommés tables de pression, de 0^m,05 d'épaisseur et de 0^m,60 de côté, généralement composés de deux pièces juxtaposées, et réunis aux traverses par des boulons (fig. 170).

Les coussinets ont une forme particulière qui permet de donner au sabotage et à la pose la plus grande précision. Ils sont fixés sur les traverses par

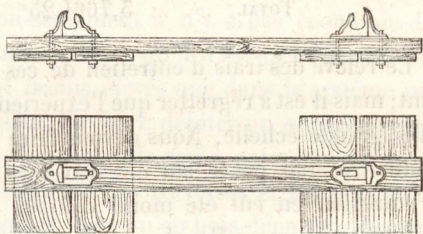


Fig. 170.

les boulons qui réunissent les traverses elles-mêmes aux tables de pression.

Les voies que l'on obtient avec ce nouveau mode de construction présentent plus de précision et de stabilité que celles établies d'après le système ordinaire ; aussi le roulement des convois est-il très-doux. Le matériel roulant n'éprouve plus de secousses violentes et la traction parfaitement régulière n'a plus à vaincre de résistance étrangère à celle du poids des convois.

Le système Pouillet a été employé sur les chemins de l'Ouest, de l'Est, de Ceinture et du Nord.

Nous avons fait auprès des ingénieurs de ces différentes lignes une enquête qui se résume de la manière suivante :

Au chemin de l'Ouest l'expérience n'a été faite que sur deux et demi kilomètres de longueur; mais sur ces deux et demi kilomètres le sol était de nature variable, et la voie Pouillet était juxtaposée à une voie du système ordinaire. On a tenu un compte exact des frais d'entretien depuis 1850, époque à laquelle cette portion de chemin a été posée. Voici quelles ont été les dépenses :

	Système Pouillet.	Système ordinaire.
1850.	696 ^f , 25 ^c	2,051 ^f , 25 ^c
1851.	721 25	1,138 »
1852.	115 »	611 25
1853.	457 75	414 75
1854.	282 »	855 75
1855.	680 50	609 50
1856.	581 50	674 »
1857.	254 »	422 »
TOTAL.	5,766 ^f , 25 ^c	6,751 ^f , 50 ^c

Le relevé des frais d'entretien de ces deux systèmes est intéressant; mais il est à regretter que l'expérience n'ait pas été faite sur une plus grande échelle. Nous devons faire observer aussi que la voie ordinaire était posée sur des traverses cubant 0^m,080 seulement. L'entretien en eût été moins coûteux avec des traverses cubant 0^m, 110, comme celles du chemin de Strasbourg.

L'ingénieur de l'Ouest approuve le système Pouillet; mais il pense qu'il faudrait augmenter un peu l'épaisseur des tables de pression. Il recommande d'écarter les bois qui contiendraient une quantité même très-faible d'aubier.

L'ingénieur en chef directeur nous écrit qu'il a été très-satisfait de la voie Pouillet, pour laquelle les frais d'entretien sont inférieurs à ceux de la voie ordinaire; et que, s'il ne l'a pas employée jusqu'à présent sur une grande échelle, cela tient à la crainte que des bois d'aussi faible volume, malgré leur qualité supérieure, ne durent que peu de temps, et surtout à des circonstances indépendantes de sa volonté.

Au chemin de l'Est, l'expérience n'a pas été faite dans des conditions telles que l'on puisse en tirer des conclusions utiles.

Le directeur du chemin de Ceinture déclare que l'emploi des traverses à table de pression de M. Pouillet a, sur ce chemin, donné à la voie une stabilité que, dans sa pensée, on n'aurait pas obtenue aussi promptement avec les traverses du système ordinaire. Il ne partage pas l'opinion émise par l'inventeur que l'on peut, dans ce système, réduire l'épaisseur de la couche de ballast. Pour les châssis de changements et croisements de voie il préfère les traverses du système ordinaire.

Les traverses Pouillet lui avaient paru résister moins bien, dans les courbes de petit rayon, à la pression latérale que ces dernières ; mais, en apportant une légère modification à son système, M. Pouillet a rendu la voie aussi solide qu'on pouvait le désirer.

La compagnie du Nord s'est montrée pendant longtemps tellement satisfaite du système Pouillet, qu'elle a employé, de 1853 à 1855, 236,000 traverses à table de pression ; mais aujourd'hui elle n'a plus la même prédilection pour ce système de voies. Les ingénieurs prétendent que non-seulement il n'y a pas économie dans les frais de construction, mais encore qu'il n'est pas démontré que les frais d'entretien soient moins élevés que dans le système ordinaire. Ils viennent, toutefois, de faire débiter un certain nombre de traverses pour en faire l'essai avec le rail à patin.

On a manifesté la crainte de voir les traverses et les plateaux de ce système pourrir rapidement, bien qu'en bois dépourvu d'aubier, à cause de leur faible épaisseur et de l'espèce d'assemblage que présente la réunion des plateaux à la traverse. On a pensé aussi qu'il pourrait être difficile de *rafraîchir* le logement des coussinets sur la traverse, comme cela se fait dans le système actuel, quand ce logement aura été mâché par le passage d'un grand nombre de convois. Il a été constaté toutefois que des voies Pouillet, posées au chemin du Nord depuis plus de sept ans, n'avaient subi aucune altération.

Reste à savoir si leur durée sera de douze ou quinze ans, comme celle des traverses ordinaires de bonne qualité, ou si, la pourriture commençant à les atteindre, elles ne seront pas plus sujettes à se briser que ces dernières.

On a enfin objecté au système Pouillet qu'en cas de déraillement les traverses seraient bien plus exposées à la rupture que les traverses ordinaires, et qu'ainsi la voie Pouillet serait plus dangereuse.

De ce qui précède, il serait difficile de tirer des conclusions entièrement favorables ou défavorables au système Pouillet. Nous croyons qu'il est intéressant de continuer à l'expérimenter, et qu'on ne pourra le juger définitivement que dans quelques années.

Système Barberot. — Nous terminerons cette description par l'analyse de l'invention de M. Barberot. Dans ce système (fig. 171), le coussinet n'existe plus. Le rail repose directement et sans intermédiaire sur la traverse dans une entaille de 1 à 2 centimètres de profondeur pratiquée suivant la moulure du champignon, et il

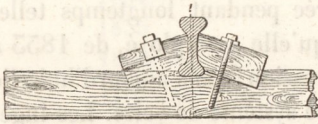


Fig. 171.

est soutenu de chaque côté par deux cales ou coins en bois de bout (chêne ou acacia) de 0^m,15 de long sur 0^m,10 d'équarrissage et 0^m,12 pour les joints. Ces cales sont coupées selon la forme du rail du côté où elles s'arc-boutent contre lui, et s'appuient de l'autre côté dans l'entaille suivant un angle obtus qui permet de les serrer et de les retirer sans efforts. Cette entaille a quelques millimètres de moins en longueur que la cale elle-même, qui, par cette disposition, jouit de toute sa puissance de serrage. Un léger intervalle est ménagé entre la cale et la traverse dans la partie qui touche au rail, afin de permettre d'augmenter le serrage à volonté. Pour prévenir les fentes longitudinales qui pourraient survenir par suite de la pression qu'elle exerce ou par l'effet de la dilatation, et lui conserver toute sa force quand même ces fentes se manifesteraient, la cale est saisie par une bride en fer dont les mentonnets maintiennent les flancs; une vis à bois dont les dimensions et les filets ont été spécialement étudiés pour cet objet traverse cette bride, ainsi que la cale, et pénètre jusqu'au cœur même de la traverse. La cale extérieure est plus épaisse que l'intérieure et peut s'élever jusque sous la tête du rail; la cale intérieure reste un peu plus bas, afin de ne pas se trouver en contact avec le bourrelet des roues.

Les principaux avantages que M. Barberot attribue à son système se résument de la manière suivante : la voie est plus douce que les voies ordinaires; elle est moins coûteuse d'établissement, l'entretien en est plus facile, les vis ne sont pas exposées à se soulever et à se détacher comme les chevillettes; elles n'ont pas d'autres fonctions à remplir que celle de tenir la cale à sa place et de la serrer à volonté contre le rail; les rails, dans le système ordinaire, glissent le long des coins, selon la direction du mouvement des convois. Dans le système Barberot, au contraire, plus la charge qui viendra fouler les rails sera pesante, et plus ils seront étreints entre les deux cales, qui agissent sur eux comme deux coins. La durée des cales n'est pas à comparer à celle des coins : ceux-ci sont placés dans des conditions beaucoup moins favorables; leur volume diminuant, leur tête étant écrasée par les coups de marteau (chasse-coin) dont on est obligé de faire un fréquent usage pour les maintenir en place, et le bois qui les compose se fendant sous l'action de ces marteaux, ils sont, au bout de très-peu de temps, hors de service, ce qui n'arrive pas avec les cales. Enfin les rails, portant, dans le système Barberot, sur toute la largeur de la traverse, ont une plus grande assiette, et la portée intermédiaire du rail, pour des écartements égaux de traverses, est moins longue. Il en résulte que la flexion qui s'opère dans chaque intervalle, au passage des trains, est moins sensible, ce qui permettrait de donner, pour une flexion égale, un plus grand écartement aux traverses.

Les essais du système de voie de M. Barberot remontent déjà à plusieurs années. En 1855 il en a été posé 100 mètres sur la ligne de Strasbourg, entre Paris et la Villette; depuis, on en a établi 5 kilomètres au chemin de fer d'Orléans, et on en a fait l'application en grand sur le chemin de fer de Fécamp et sur l'embranchement de Creil à Saint-Quentin.

Les essais des lignes de Strasbourg et d'Orléans ont été faits en employant le système pour les supports intermédiaires et pour ceux de joint; ces derniers ont donné les mauvais résultats auxquels on devait s'attendre : la pénétration des traverses et des cales par les extrémités des rails a produit rapidement des désaffleurements

considérables : au chemin d'Orléans, on est sur le point de démonter les supports de joints.

Sur la ligne de Fécamp et sur l'embranchement de Saint-Quentin, on a limité aux supports intermédiaires l'emploi du système Barberot, en éclissant les joints en porte à faux. De cette façon on a obtenu une voie très-douce et très-stable. Les rails reposant sur toute la largeur de la traverse, le porte à faux est moindre qu'avec les coussinets en fonte : en conservant le même espacement de traverses, il peut être réduit à 0^m,50 aux joints et à 0^m,70 entre les supports intermédiaires.

Le prix de revient du système Barberot, pour fournitures et main-d'œuvre, est d'environ 5 fr. par traverse ; celui des coussinets ordinaires avec leurs accessoires est de 7 fr. C'est donc une économie de 2 fr. par traverse.

Les dépenses d'entretien ne peuvent être comparées aussi facilement, en raison de la date récente des essais. Au chemin d'Orléans on croit avoir remarqué que les rails glissent plus que dans les coussinets en fonte coincés en sens convenable ; mais il paraît qu'on a apporté de la négligence dans le choix du bois des cales et dans le sabotage. Au chemin de Strasbourg, on n'a pas observé que les vis se soient desserrées depuis 1855 ; il est probable, d'après cela, qu'en employant pour les cales du bois bien sec, et en mettant du soin dans le sabotage, le serrage serait au moins aussi bon que celui obtenu avec les coins ordinaires.

On est également réduit aux conjectures en ce qui concerne le renouvellement des matériaux de la voie. Il est présumable que la durée des rails doit être augmentée à cause de la douceur de la voie, qui amortit les vibrations.

Quant aux traverses, il est probable, au contraire, que leur durée sera moindre. Peut-être y aura-t-il, à la longue, pénétration du rail dans la traverse, comme cela a lieu pour les coussinets ordinaires, dont la surface de semelle, déduction faite des vides, est plus considérable que celle de contact du rail dans le système Barberot ; cette dernière surface ne peut guère dépasser 0^m,015, ce qui, pour une pression de 5,000 kilog., résultant du passage des machines, correspond à 55 kilog. par mètre carré dans le sens perpendicu-

laire aux fibres de la traverse. Au chemin de fer de Fécamp, où l'on a adopté un rail américain de 0^m,083 de semelle, cet inconvénient est considérablement atténué. Il reste toutefois l'objection relative à la tenue de la vis, laquelle exige que le bois de la traverse soit en bon état, tandis que la chevillette ordinaire, n'étant pas fatiguée par le serrage du rail, peut tenir dans des bois dont la décomposition est avancée.

En résumé :

- 1° Les supports de joint du système Barberot sont mauvais ;
- 2° On a une voie très-douce et très-stable en combinant les supports intermédiaires avec l'emploi des éclisses ;
- 3° Les dépenses de premier établissement sont réduites de 2 fr. par traverse ;
- 4° Les dépenses d'entretien ne peuvent encore être estimées exactement ; mais rien ne fait pressentir qu'elles doivent être plus considérables qu'avec les coussinets ordinaires ;
- 5° La durée des rails paraît devoir être augmentée par l'emploi du système Barberot ; mais celle des traverses sera certainement moindre qu'avec les coussinets ordinaires, et la fixité de l'assemblage par les vis semble problématique. Les éléments de comparaison ne peuvent être obtenus qu'après une longue expérience.

CAHIER DES CHARGES

Il nous reste à indiquer les conditions de fabrication que l'on impose aux industriels qui entreprennent la fourniture des rails, coussinets, chevilles, qui entrent dans la construction de la voie. Ces conditions sont stipulées dans un cahier des charges annexé à chaque marché.

Les modifications apportées jusqu'à ce jour dans la forme des rails n'ont pas augmenté sensiblement leur résistance, et il serait aussi incommode que coûteux d'employer des rails plus pesants que ceux en usage. Le rapprochement des points d'appui est dispendieux. *Toutefois une des questions les plus importantes dont les ingénieurs de chemin de fer ont à se préoccuper aujourd'hui est celle de la consolidation de la voie et de l'augmentation de sa durée,*

car, eu égard à l'accroissement du poids des machines et des véhicules de toute nature, on doit craindre que les rails tels qu'ils sont aujourd'hui fabriqués ne s'usent rapidement. *C'est surtout dans l'amélioration de la qualité du métal qui compose les rails ou dans sa transformation et dans le perfectionnement des procédés de fabrication qu'il faut chercher la solution du problème.*

On conçoit par conséquent combien il importe que le cahier des charges soit bien étudié et convenablement rédigé; il ne faudrait pas croire toutefois qu'il suffise d'avoir imposé au fabricant ou fournisseur un cahier des charges sévère pour en obtenir de bons résultats. Il faut avant tout traiter avec un fabricant d'une probité rigoureuse qui puisse se procurer sans trop de difficultés les matières premières de bonne qualité et lui accorder un prix rémunérateur. Autrement on s'expose à des procès toujours fâcheux, lors même qu'on les gagne.

Voici maintenant quelles sont les principales conditions imposées par les cahiers des charges les plus nouveaux ¹.

Rails. — Cahier des charges actuel. — Les rails doivent présenter exactement la longueur et le profil adoptés par les ingénieurs de la ligne. A cet effet, on remet aux fournisseurs des gabarits en tôle d'acier en tout semblables à ceux qui servent à la réception.

On fixe la longueur normale des rails et on indique la tolérance, qui ne doit pas dépasser 1 millimètre $\frac{1}{2}$ en plus ou en moins. Néanmoins, comme il arrive fréquemment que des rails, parfaitement sains dans la plus grande partie de leur longueur, présentent des défauts à leurs extrémités, on admet qu'une certaine fraction de la fourniture, un vingtième par exemple, pourra être acceptée à des longueurs moindres. Pour les rails de 4^m,50 du chemin de Paris à Strasbourg, on a admis les deux longueurs de 3^m,375 et de 4^m,40. Ces rails trouvent leur emploi dans les courbes, où la file intérieure présente un développement moindre que la file extérieure et dans les raccordements des voies de garage. Au chemin du Nord, la longueur normale des rails à patin étant de 6 mètres, la Compa-

¹ On trouvera les cahiers des charges, tant pour la fourniture du matériel fixe que pour celle du matériel roulant, dans le second volume de l'intéressant *Manuel des chemins de fer*, publié récemment par M. With.

gnie admet un vingtième de barres plus courtes, ayant soit $5^m,06$, soit $4^m,12$ de longueur, la tolérance sur les longueurs fixées étant, quelle que soit la longueur de la barre, de 1 millimètre $1/2$ seulement.

Il est tellement important qu'il n'y ait aucune défautuosité dans la forme du rail, que l'ingénieur en chef ne doit se reposer sur aucun de ses agents, de quelque ordre qu'il soit, du soin d'approuver les premiers échantillons fournis par le fabricant; il doit exiger que des portions des premiers rails sortis des laminoirs lui soient envoyées et que l'on ne commence la fabrication sur une grande échelle que lorsqu'il aura fait parvenir son assentiment par écrit au directeur de l'usine.

Les rails doivent être parfaitement soudés et exempts de toute espèce de défauts, tels que *pailles*, *striés*, *criques* ou *brûlures*. Les champignons surtout doivent être parfaitement sains et unis. On ne doit tolérer que des défauts insignifiants dans leur tige.

Les abouts des rails doivent être coupés de manière à présenter une section parfaitement nette, perpendiculaire à l'axe des rails; ils ne doivent pas être déformés. Pour obtenir cette section, on se sert de scies circulaires ou de burins. Il importe de s'assurer que l'usine est en possession de ces outils. Les rails doivent être parfaitement dressés et dégauchis à l'usine.

La figure 172 représente la coupe d'un paquet préparé pour être converti en rails. Les deux barres *a a*, *b b*, appelées *couvertures*, et qui formeront plus tard les champignons du rail, doivent être en fer qui a subi préalablement un premier corroyage, n° 2. Ces deux barres doivent être chacune d'un seul morceau.

Les barres intermédiaires se font en général en fer *puddlé* brut, n° 1; elles sont souvent en deux ou même trois pièces sur la largeur, mais on ne doit pas admettre de joints dans la longueur.

La proportion du fer corroyé au fer puddlé brut est ordinaire-

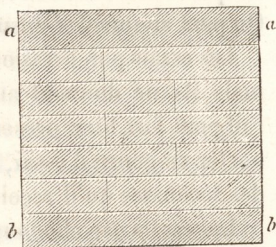


Fig. 172.

ment indiquée dans le cahier des charges. Elle est, dans les rails à patin du chemin du Nord, de $1/4$ au moins du poids des paquets, et, dans les rails à simple champignon du chemin de Mulhouse, de $1/5$.

Il est reconnu que les fers de nature différente se soudent difficilement entre eux ; aussi l'emploi de deux qualités de fer dans la composition des rails nous paraît-il être la principale cause des exfoliations qui les mettent hors de service longtemps avant que l'usure ait pu amener ce résultat.

Afin de pouvoir s'assurer de la résistance des rails, on doit imposer aux fabricants des essais que l'on répète aussi souvent qu'on le juge convenable. Ces essais se font par simple pression ou par choc.

On a essayé les rails par pression en les posant sur deux supports écartés de $1^m,425$, et leur faisant supporter en leur milieu une charge de 10,000 kilogrammes. Après l'enlèvement de la charge, la flexion qu'avait subie le rail du chemin de l'Est, pesant 57 kilogrammes $1/2$ devait entièrement disparaître.

Au chemin du Nord, les rails à patin, du poids de 57 kilogrammes par mètre courant, et placés de champ sur deux points d'appui espacés de $1^m,40$, doivent supporter pendant cinq minutes, au milieu de l'intervalle des points d'appui, une pression de 12,000 kilog., sans conserver de flèche sensible après l'épreuve.

La même barre, dans la même position, doit supporter, pendant cinq minutes sans se rompre, une charge de 30,000 kilogrammes. On peut augmenter ensuite la pression jusqu'à la rupture.

Les essais par pression ont l'avantage de ne pas altérer les rails ; mais ils ne donnent aucune garantie de résistance au choc. Un rail peut fort bien présenter toute l'élasticité nécessaire pour supporter ce genre d'essai, et cependant se briser en service par l'effet des secousses qu'il reçoit au passage des locomotives.

Les essais par choc ont été faits sur les rails belges simple T, du poids de 27 kilogrammes, en laissant tomber d'une hauteur de 4 mètres un mouton pesant 200 kilogrammes. Les rails ainsi essayés étant généralement altérés et devant être remaniés, on ne faisait subir l'essai qu'à un petit nombre de rails pris au hasard dans chaque livraison.

Au chemin du Nord (français), chacune des deux moitiés de la barre cassée à la suite de l'épreuve indiquée plus haut, placée de champ sur deux supports espacés de 1^m,10, doit supporter sans se rompre le choc d'un mouton de 300 kilogrammes tombant de 2 mètres de hauteur sur la barre au milieu de l'intervalle des points d'appui. Dans ce dernier cas, les deux supports sont en fonte, et reposent par l'intermédiaire d'un châssis en bois de chêne sur un massif de maçonnerie de 1 mètre d'épaisseur au moins établi sur un terrain solide.

Si l'une des barres essayées ne résiste pas aux épreuves, on les continue sur un plus grand nombre de barres, et, si plus du dixième des barres essayées ne résiste pas, la série entière dont ces rails proviennent est rebutée.

Le rail, après avoir été soumis avec succès à ces épreuves, n'est pas toujours sans défauts. Les différentes barres de fer dont il est formé peuvent avoir été mal soudées. Ce vice de fabrication et d'autres encore ne se manifestent qu'à la longue. On exigeait du fabricant, anciennement, une année seulement de garantie, pendant laquelle il devait remplacer tout rail avarié par suite de mauvaise qualité. Les nouveaux cahiers des charges de la Compagnie du Nord et de celle de l'Est stipulent trois années. Au chemin du Nord, les pièces défectueuses restent dans les mains de la Compagnie, et le fabricant paye une indemnité calculée sur le prix de 120 fr. par tonne.

Le cahier des charges de la Compagnie du Nord stipule que les rails doivent porter des marques en relief bien apparentes indiquant à la fois l'usine, l'année et le mois de la fabrication. Ces marques résultent d'une gravure faite dans la cannelure du cylindre; elles sont nécessaires pour rendre possible l'application de l'article relatif au délai de garantie.

On n'accorde sur le poids des rails qu'une tolérance de 1 pour 100 en plus ou en moins pour la fourniture tout entière, et de 2 pour 100 sur chaque rail. Les rails trop légers sont rebutés; ceux qui sont trop lourds sont payés à raison du poids normal augmenté de la tolérance.

Afin d'être assuré que les clauses du cahier des charges sont

réellement suivies, un employé spécial doit séjourner à l'usine pendant tout le temps que dure la fabrication ; il doit visiter scrupuleusement tous les rails et les poinçonner quand il les reconnaît bons.

Observations critiques. — La mauvaise qualité des rails tenant souvent au défaut de soudure des portions de troupes composées de fer de numéros différents, on a pensé qu'en composant les trous uniquement de fer n° 2, on éviterait ce défaut, et que l'augmentation du prix d'achat des rails serait largement compensée par leur longue durée. Des ingénieurs expérimentés ont émis l'opinion que non-seulement ces rails, fabriqués exclusivement avec du fer n° 2, seraient fort chers, mais encore qu'ils seraient trop mous, et ils proposent de composer les troupes de fer puddlé seulement. Il paraît qu'en Angleterre, en Belgique et en Allemagne, on est parvenu à obtenir de bons rails de cette manière.

Le succès, selon nous, dépend de la qualité des fers employés. Dans telle usine le fer puddlé produira d'excellents rails, tandis que, dans d'autres, il faudra l'associer au fer n° 2 ou employer uniquement ce dernier. *Il ne serait donc pas convenable d'imposer le même cahier des charges à toutes les usines ; il faudrait, avant de le rédiger, étudier la nature des minerais, la nature du charbon et les procédés de fabrication de l'usine.* C'est ainsi que, dès l'origine, la compagnie de l'Est a autorisé l'emploi de deux plaques juxtaposées pour la couverture dans les rails provenant de l'usine des Hayange, tandis qu'elle exigeait une plaque unique des autres usines.

M. Couche fait mention, dans un Mémoire qu'il a publié récemment dans les *Annales des mines*, de rails à champignon fabriqués dans le pays de Galles, entièrement en fer n° 1, et de rails américains provenant des usines du Hanovre, dans lesquels on ne s'est servi de fer corroyé que pour les bords du patin.

Le même ingénieur blâme les compagnies de l'espèce de tutelle sous laquelle elles placent les usines en leur prescrivant un certain mode de fabrication. Il voudrait qu'on imposât des conditions de réception pures, une garantie prolongée surtout ; qu'on exigeât de bons rails, en un mot, sans s'inquiéter des procédés usités pour les fabriquer. Il pense que la concurrence et le soin de sa réputation seront toujours pour le fabricant un mobile suffisant.

Nous croyons, comme M. Couche, que les compagnies n'ont peut-être pas, en général, laissé jusqu'à présent assez de latitude aux fabricants pour modifier leurs procédés de fabrication; mais nous ne voudrions pas, comme le savant professeur, leur laisser une liberté absolue de travailler sans contrôle. Nous pourrions citer certain fabricant en France dont les usines sont placées de telle façon, qu'elles n'ont pas à redouter une concurrence bien sérieuse de la part des autres forges pour la fourniture de certaines lignes. Il ne reste alors pour ce fabricant, comme stimulant, que le soin de sa réputation. Mais il se peut que le désir d'augmenter ses bénéfices ou de hâter les livraisons l'entraîne, malgré l'envie qu'il peut avoir de conserver sa réputation, à négliger la fabrication. On sait que les essais, tels qu'ils ont lieu habituellement, ne garantissent pas contre les défauts de soudure, que quelques fabricants se refusent avec obstination aux essais par le choc, que la cassure ne fournit que des indices incertains sur la qualité, et qu'enfin l'application de la garantie n'est pas toujours sans difficultés. Supposez d'ailleurs qu'un rail mal fabriqué vienne à casser et occasionne un accident grave, la compagnie pourra-t-elle faire peser la responsabilité sur le fabricant? Comment prouvera-t-elle que l'accident doit être attribué à la rupture du rail? Il vaut mieux prévenir que punir. Aussi sommes-nous d'avis que les compagnies feront bien de continuer à imposer aux fabricants certaines conditions de travail, sauf à modifier ces conditions sur les observations du fabricant et à se réserver la faculté d'entretenir des agents à l'usine, en prescrivant à ces agents une surveillance plus ou moins sévère selon qu'elle paraîtra plus ou moins utile. Si pour les essieux on se montre quelquefois moins exigeant que pour les rails, c'est que les essieux proviennent ordinairement d'usines qui ont une vieille réputation bien établie, et qui ne peuvent employer que des fers de première qualité. Il n'en est pas de même pour les rails.

La texture des rails exerce une grande influence sur leur qualité. Nous avons employé sur le chemin de fer de l'Est d'excellents bandages provenant de l'usine anglaise de Lowmoor, et qui, dans leur cassure, présentaient un mélange uniforme de grain et de nerf dénotant un fer en même temps dur et tenace. Il serait à désirer

que l'on pût obtenir la même cassure pour les rails ; mais la fabrication en serait trop coûteuse : aussi la cassure des rails est-elle en général grenue. Dans les rails à patin les mieux fabriqués, la cassure du champignon est entièrement grenue, et celle du patin est fibreuse, les deux cassures passant de l'une à l'autre par gradation.

L'instruction pour la construction des chemins de fer bavaois s'exprime de la manière suivante sur la texture et la nature du fer :

« La disposition prise, dans les dernières années, de n'employer pour les têtes des rails que du fer à grain, et pour les bases que du fer fibreuse, a été trouvée très-favorable et doit être conservée à l'avenir ; tandis que la fabrication ancienne, où la tête se composait jusqu'à 0^m,05 de fer corroyé sous le marteau pilon, et où le restant du rail n'était formé que de fer puddlé, a été reconnue vicieuse, en ce sens que les fers de deux natures différentes ne sont pas toujours parfaitement soudés. Il devient donc utile de multiplier les observations, pour savoir s'il convient de renoncer entièrement au fer corroyé pour la formation de la tête des rails, ou s'il est avantageux de s'en servir pour toute la partie supérieure à l'axe neutre. »

M. Curtel, ancien élève de l'École centrale, a lu à la Société des ingénieurs civils un intéressant Mémoire sur la fabrication des rails. Il entre dans beaucoup de détails que nous ne pouvons reproduire dans ce traité élémentaire. Son travail se trouve résumé dans l'énoncé des conditions qu'il propose d'imposer à l'avenir aux maîtres de forges. Voici ces conditions :

« Les rails doivent présenter une très-grande dureté pour résister au frottement des roues et une grande tenacité pour supporter les véhicules sans se déformer entre les points d'appui. Pour satisfaire à ces conditions, les surfaces de roulement seront à grains, tandis que le corps du rail sera nerveux.

« La fonte au coke sera de bonne qualité : elle devra être convenablement puddlée. Le fer brut qui en proviendra ne devra pas sortir des cylindres en barres ayant moins de 80 centimètres de longueur. On fabriquera deux échantillons de fer brut, l'un de 0^m,081 de large, l'autre de 0^m,054.

« Pour la fabrication des rails, le maître de forges aura le choix d'employer du fer corroyé et du fer brut ou du fer brut seul.

« Le paquet destiné à former la couverture sera composé uniquement avec du fer à grains; il sera *laminé à plat*, c'est-à-dire que les plans de soudure de diverses mises seront parallèles à la largeur de la couverture. La couverture laminée sera complètement à grains; elle aura 0^m,160 de large sur 0^m,012 à 0^m,014 d'épaisseur (0^m,014 est un maximum qui ne devra jamais être dépassé). Les couvertures seront soumises à une réception provisoire. Les couvertures nerveuses seront rebutées et cisailées immédiatement sous les yeux de l'agent. Cette première réception n'engagera en rien la Compagnie.

« Pour le paquet destiné à former le rail, on placera immédiatement sous la couverture des bandelettes qui pourront être en fer à grains. Le reste du paquet sera composé avec du fer aussi nerveux que possible.

« Les deux mises qui se trouvent sous la couverture seront formées avec des barres d'une seule espèce; on tolérera des bouts dans les autres mises. Ces bouts, provenant du cisailage du massiot, devront être affranchis à l'une de leurs extrémités et avoir au moins 10 centimètres de longueur. On ne tolérera pas dans le paquet des *bouts écrus* ayant moins de 0^m,80 de longueur. On croquera avec soin les joints que formeront les divers morceaux de fer composant les mises dont nous venons de parler. Le fer brut ayant 0^m,081 et 0^m,054 de largeur, on croquera également les joints dans les mises du paquet. Ainsi on ne tolérera que deux mises de 0^m,081 ou de 0^m,054, l'une au-dessus de l'autre.

« Si on n'emploie que du fer brut, on placera en haut et en bas du paquet des mises en fer à grains; le reste du paquet sera composé avec du fer brut nerveux. On s'arrangera de manière à ne point avoir de joints à la surface du roulement.

« La fabrication des rails sera aussi parfaite que possible. Les rails pailleux et dessoudés seront rebutés. Quand en frappant à l'extrémité d'un rail (à la réunion de la couverture et du fer brut), il se montrera une trace de dessoudure, n'eût-elle que de 2 à 3 millimètres, le rail n'en sera pas moins refusé. Les arrachements des

bandelettes qui se trouvent sous la couverture seront également une cause de rebut. On tolérera les *criques de chaleur* qui n'attaqueront pas la surface du roulement.

« Autant que possible, les rails seront coupés à froid au moyen des tours, et à une distance de 0^m,25 à 0^m,50 des deux bouts. Le bout sortant le premier du laminoir devra toujours être plus long que l'autre. Tout rail n'ayant pas de 50 à 60 centimètres en plus que sa longueur normale devra être coupé pour une autre longueur.

« On tolérera le coupage à chaud au moyen de scies disposées de manière à couper les deux bouts à la fois. Les bavures produites par la scie seront enlevées au moyen d'une fraise ou d'une cisaille. Les rails sciés à chaud devront donc avoir au moins 40 millimètres de plus que leur longueur normale.

« Il est formellement interdit de couper un bout d'abord et de réchauffer l'autre ensuite pour le couper, soit à la scie, soit à la tranche.

« Pour le dressage et la longueur, imposer les mêmes conditions que celles qu'on exige aujourd'hui. »

Il résulte de l'extrait que nous venons de donner du Mémoire de M. Curtel que cet ingénieur attache une grande importance à la composition des paquets. Il ne paraît pas douter que le fer à grains ne puisse se souder parfaitement au fer nerveux si le paquet est suffisamment chauffé. C'est ce que contestent des ingénieurs expérimentés. Nous avons nous-même employé des bandages de roues composés en partie de fer à grains et en partie de fer nerveux, et la soudure, malgré les soins apportés dans la fabrication d'un produit qui se paye fort cher, s'est toujours trouvée imparfaite. Aussi les Compagnies ont-elles renoncé à l'emploi de ces bandages.

M. Couche, tout en déclarant qu'il a vu à l'Exposition de Munich des rails à patin fabriqués tels que le recommande l'instruction des chemins de fer Bavaïois, c'est-à-dire avec un champignon grenu et un patin nerveux, s'exprime de la manière suivante sur l'association du fer à grain et du fer nerveux :

« La soudure des deux fers est possible, sans contredit, mais elle est tout au mois difficile et suspecte dans les conditions de la

fabrication des rails. Le fer à nerf demande une température assez élevée; le fer à grain redoute tout excès de chaleur; surchauffé, il se dénature et passe à l'état de fer à gros grains, très-aigre; d'un autre côté, moins ductile que l'autre, il n'obéit pas aussi facilement à l'action du laminoir, et il s'y forme des gerçures. »

M. Curtel, comme M. Couche, préfère les rails composés entièrement de fer puddlé à ceux qui contiennent partie de fer puddlé et partie de fer affiné. Il propose aussi de laisser les maîtres de forges libres de composer les troussees entièrement de fer affiné ou de fer puddlé. Nous avons déjà exprimé notre opinion sur le danger qu'il peut y avoir à laisser cette faculté aux fabricants.

M. Curtel considère enfin la garantie exigée par les Compagnies comme illusoire. Nous sommes loin de penser qu'elle suffise pour mettre les Compagnies entièrement à l'abri des mauvaises fournitures, mais nous devons faire observer que la Compagnie du Nord en a tiré en plusieurs circonstances un si bon parti, qu'elle impose aujourd'hui aux fabricants, ainsi que nous l'avons indiqué, *trois années* de garantie.

Quoi qu'il en soit, la question de la fabrication des rails nous a paru tellement importante, que nous avons cru devoir proposer au Comité de direction des chemins de fer de l'Est d'envoyer un de ses inspecteurs en Angleterre, en Belgique et en Allemagne pour l'étudier sérieusement, et nous nous proposons de nous rendre dans les usines qui auront été visitées par cet inspecteur afin de contrôler les renseignements qu'il nous fournira.

Nous joindrons au second volume une note indiquant les résultats de cette étude.

Coussinets. — Les coussinets devant tous être conformes au modèle adopté, l'ingénieur en chef remet au fournisseur un coussinet type d'après lequel ce dernier établit ses modèles. Dès que le fabricant a coulé un certain nombre de coussinets, il les envoie à l'ingénieur en chef, qui indique s'il y a des modifications à faire au modèle. Ce n'est que lorsque cet ingénieur reconnaît par écrit que ces échantillons sont parfaitement conformes au type que la fabrication doit commencer.

Les conditions de tolérance sur le poids sont les mêmes pour les

coussinets que pour les rails, si ce n'est que l'on accorde 3 pour 100 en plus ou en moins.

Lors de la réception, on ne doit souffrir aucune différence dans la forme du logement du rail, ni comme profil, ni comme inclinaison. Les trous des chevillettes doivent être également très-exacts.

Les fontes employées doivent être grises, à grain serré et tenace, afin de présenter une grande résistance à la rupture. On exige qu'elles résistent à un effort de traction de 1,500 kilogrammes par centimètre carré. Pour constater cette résistance, on fond fréquemment des pièces d'essai de la forme représentée figure 175, et l'on tourne la tige *t t* exactement au diamètre de 0^m,01. La pièce est suspendue à un point fixe par un des anneaux et le poids qui en mesure la résistance est suspendu au second anneau.



Fig. 175.

La fonte au bois, quand elle présente les qualités requises, peut être employée en première fusion ; la fonte au coke subit généralement une seconde fusion.

On n'a admis pour les premiers chemins de fer construits aux environs de Paris que des fontes de seconde fusion, mais l'expérience a prouvé que celles de première fusion bien choisie étaient d'un très-bon emploi ; seulement, comme les fourneaux qui produisent la fonte de première fusion sont bien plus sujets à se déranger que ceux d'où provient celle de seconde fusion, il faut exercer une surveillance plus sévère sur la fabrication des coussinets de première fusion que sur celle des coussinets de seconde.

On fait subir aux coussinets des épreuves par pression, comme aux rails ; il serait convenable de les soumettre également à des essais par le choc. On stipule enfin un délai de garantie qui est en général d'un an.

Chevillettes. — Outre les conditions relatives aux formes, dimensions et poids des chevillettes, on doit exiger que le fer qui les compose soit doux et nerveux. Les têtes doivent être refoulées, et non soudées. La réception se fait en présentant les chevilles à deux gabarits en acier trempé ; elles doivent toutes entrer jusqu'à la tête dans le plus grand et ne pas entrer jusqu'à la tête dans le plus petit.

On enfonce un certain nombre de chevilles dans un bloc de chêne jusqu'à moitié de leur longueur, puis on recourbe à coups de masse la partie excédante, de manière qu'elle fasse un angle de 45 degrés avec la verticale. Les chevilles soumises à cette épreuve ne doivent présenter aucune altération.

Coins. — Les coins doivent être en bois sec de bonne qualité (chêne ou acacia), sans aubier et de droit fil. Afin de s'assurer que cette dernière condition est remplie, on exige que les coins soient débités à la hache au lieu de l'être à la scie, puis rabotés.

On vérifie leurs dimensions au moyen de deux gabarits en acier ; chaque coin doit traverser presque totalement l'un de ces gabarits et entrer à peine dans l'autre.

Traverses. — Nous avons dit que les traverses des chemins européens étaient en chêne, en hêtre, en pin, ou en sapin. Le hêtre ne peut être employé que lorsqu'il a été préparé par un des procédés indiqués plus haut. On prépare aussi généralement le sapin et le pin, à moins toutefois qu'il ne soit très-résineux, comme le mélèze (*pinus laryx*). Au chemin de l'Est, on a remarqué que les chevillettes prenaient du jeu bien plus facilement dans le sapin que dans les autres bois. Elles se maintiennent beaucoup mieux dans le bois de hêtre.

« En prenant la durée relative des différentes essences de bois préparées et employées pour traverses, dit l'instruction bavaroise, et en calculant les intérêts comparés du prix d'acquisition et les frais de pose, on a trouvé que le montant de l'entretien normal était en Bavière le même quand le prix d'acquisition des pins et des sapins est de 1 franc, celui des pins résineux de 1 1/3 et celui du chêne de 2.

« A cette considération purement financière il convient d'ajouter que les chevilles tiennent mieux dans ces traverses en chêne, et que l'exploitation éprouve moins de dérangement par suite du renouvellement des traverses, et que, de plus, il y a économie de coins, de chevilles, de boulons et d'éclisses. Il convient donc d'employer les traverses en chêne partout où il y a possibilité de se les procurer à un prix inférieur à 2 1/10 de fois celui des pins et des sapins, ou à 1 1/2 de fois de celui des pins résineux. »

Les traverses sont payées en raison de leur volume ou à la pièce. Dans ce dernier cas, les tolérances en plus doivent compenser les tolérances en moins et l'épaisseur de l'aubier est limitée. Quand les traverses sont payées au cube, on ne tient pas compte de l'aubier ou l'on indique une tolérance. Cette stipulation ne s'applique qu'aux traverses en chêne, car les traverses en hêtre ne contiennent pas d'aubier proprement dit. Il est très-important d'indiquer au cahier des charges le mode de mesurage des traverses. Autrement le fournisseur pourrait avoir la prétention de les mesurer suivant certains usages du commerce, au grand détriment de la Compagnie.

On stipule que toute traverse présentant des défauts sera rejetée; on exige que le bois de chêne ait été abattu en bonne saison (du 15 octobre au 15 mars, à l'époque où la circulation de la sève est ralentie); enfin l'on n'admet que des bois qui aient moins de deux ans de coupe.

Quant à la forme des traverses, on exige que les deux faces horizontales soient planes, et l'on indique une courbure limite dans l'autre sens. La Compagnie de l'Est n'admet plus les traverses demi-rondes en chêne.

On a reconnu que les traverses devaient faire saillie de 0^m,60 au moins en dehors des rails. Si elles sont moins longues, leurs extrémités vibrent fortement au passage des trains et font tasser la chaussée, de sorte que les traverses finissent par ne plus reposer sur le ballast qu'en leur milieu. Pour la voie ordinaire de 4^m,50, les traverses doivent donc avoir 2^m,70 de longueur.

La largeur et l'épaisseur des traverses influent également sur la stabilité de la voie. Si les traverses sont trop minces, elles fléchissent au passage des machines; si elles sont trop étroites, elles ne reposent pas sur une surface assez étendue, et la voie manque de solidité. D'un autre côté, leur largeur ne doit pas dépasser 0^m,56, sans quoi l'on ne parvient que difficilement à bourrer uniformément le sable sur lequel elles portent.

Aux chemins de fer de l'Est, on a employé des traverses très-volumineuses (0^m³,110 pour les traverses intermédiaires), et on s'en est très-bien trouvé. La voie est excellente et coûte peu d'entretien.

C'est une économie mal entendue que d'employer des traverses trop faibles.

Les dimensions sont généralement plus fortes pour les traverses qui sont placées sous les joints des rails que pour les intermédiaires ; on fixe ces dimensions en laissant au fournisseur une certaine latitude entre des limites données.

Les traverses de joint équarries employées aux chemins de fer de l'Est en France ont 0^m,14 à 0^m,17 d'épaisseur sur 0^m,52 à 0^m,55 de largeur ; les mêmes traverses demi-rondes ont de 0^m,14 à 0^m,18 d'épaisseur sur 0^m,52 à 0^m,56 de largeur.

Les traverses intermédiaires équarries n'ont que 0^m,14 à 0^m,15 d'épaisseur sur 0^m,21 à 0^m,28 de largeur ; demi-rondes, elles ont de 0^m,14 à 0^m,17 d'épaisseur sur 0^m,21 à 0^m,53 de large.

Ballast. — Le ballast doit être perméable et avoir une certaine consistance. On emploie comme ballast différentes substances. Le plus souvent on se sert de sable ; mais, dans les pays où le sable de bonne qualité est rare, comme, par exemple, aux environs de Lille, on le remplace par d'autres substances, des pierres concassées (chemins d'Orléans, de Strasbourg, etc.), des mélanges de briques pilées et de laitiers (chemin de Lille à la frontière belge), de la menue houille (chemin de Darlington), de la craie (chemin du Nord).

Le sable, pour être suffisamment perméable, doit être composé de grains de moyenne grosseur et assez durs pour ne pas être écrasés et réduits en poudre au passage des convois. L'eau circule moins bien dans le sable fin ; ce dernier, d'ailleurs, étant facilement soulevé par le vent ou même par le simple courant d'air que produit le passage d'un convoi, devient très-nuisible aux machines, en se logeant dans leur mécanisme. Il pénètre dans les joints et jusque sur les fusées des essieux, s'y attache au moyen de la graisse qui les lubrifie et en occasionne promptement la destruction.

Le sable qui contient une forte proportion d'argile à l'état de mélange absorbe l'eau et se convertit en boue à la suite des grandes pluies. Il doit donc être rejeté. Mais, si l'argile n'est qu'en petite quantité, loin d'altérer la qualité du sable, elle lui donne une certaine consistance et l'empêche de se déplacer trop facilement.

Les pierres concassées sont moins homogènes que le sable, et

leur emploi rend l'entretien plus difficile. Les mélanges de briques pilées et de laitiers ont donné toute satisfaction. La menue houille est d'un excellent usage. Mais il faut pour cela qu'elle ne contienne qu'une très-petite quantité de pyrite de fer; autrement elle s'enflammerait spontanément. La craie est souvent gélive et forme alors de la boue. On l'a employée au chemin du Nord pour l'assise inférieure de la chaussée; recouverte de sable elle a été soustraite aux influences de la gelée et s'est bien comportée.

Le choix du ballast exerce une grande influence sur l'état de la voie. On ne doit pas craindre la dépense pour obtenir un bon ballast.

Quant à ce qui concerne la qualité du ballast, l'instruction bavaoise s'exprime de la manière suivante :

« Comme ballast, il convient de ne jamais employer :

- 1° Du sable ou du gravier argileux ;
- 2° Du sable quartzeux, grossier, pur, sans être mélangé avec du gravier ou des pierres concassées ;
- 3° Du sable fin et mouvant, soit seul, soit comme mélange avec du gravier ou des pierres concassées ;
- 4° Des pierres pourries ou se dilatant par les influences atmosphériques.

« Les matériaux à préférer sont le gravier de quartz dur, ou d'autres pierres non gélives, ayant moins de 0^m,045 de diamètre, mêlées d'environ un tiers de sable, grossier et pur, ou renfermant peu d'argile. On obtient un ballast également bon en couvrant un blocage de 0^m,15 ou 0^m,20 d'épaisseur d'une couche de pierres passées à l'anneau de 0^m,05, mélangées d'environ un tiers de sable pur et grossier. Le sable ne doit pas former couches avec les pierres, mais être mêlé en même temps.

« Le gravier tout à fait pur d'argile, même mêlé de sable grossier pur, convient moins bien. Les pierres cassées, tendres, qui se réduisent en sable, soit par les influences atmosphériques, soit sous l'action de l'outil, en bourrant les traverses, conviennent encore bien moins. »

Il est certaines conditions communes à tous les cahiers des charges. Nous allons les indiquer.

Conditions générales. — Pendant l'exécution des travaux, il peut se présenter des améliorations qu'il soit convenable d'adopter ; il faut toujours se réserver la faculté de le faire moyennant une indemnité réglée de gré à gré ou par experts. Il ne faut pas négliger de stipuler que toutes les contestations qui pourraient s'élever entre la compagnie et le fabricant seront jugées dans la localité où se trouve le domicile de la Compagnie. On serait autrement exposé à aller plaider dans des villes voisines de l'usine où le fabricant peut exercer plus facilement son influence.

On impose généralement au fabricant la condition de ne soustraire qu'avec l'autorisation de la Compagnie. Enfin il faut opérer sur les paiements une retenue de un dixième qui n'est restitué au fabricant qu'à l'expiration du délai de garantie.

POSE ET RÉCEPTION DE LA VOIE

Une mauvaise voie peut devenir la cause d'accidents graves, elle entraîne dans des frais d'entretien fort élevés. Il est donc de toute nécessité d'apporter le plus grand soin dans la pose.

Lorsqu'on reçoit la voie, il faut s'assurer que les traverses reposent sur une couche de ballast suffisamment épaisse, qu'elles portent par tous leurs points sur cette couche et sont convenablement enveloppées de ballast ; que dans la voie ordinaire avec rails à champignons les coussinets, et, par suite, les rails, ont l'inclinaison convenable ; qu'ils sont solidement fixés aux traverses ; que la largeur de la voie est constante, du moins dans les parties rectilignes ; que la hauteur des deux files de rails est la même dans les lignes droites ; que, dans les courbes, on a, pour faciliter le passage des convois, surélevé convenablement la file de rails extérieurs, et enfin que les coins ont été suffisamment enfoncés et ont été placés dans la direction convenable. Quand il s'agit de rails à patin, il faut s'assurer de la solidité des crampons.

Nous avons indiqué plus haut l'écartement des points d'appui des rails à champignons ordinaires du chemin de Mulhouse et des rails à patin du chemin du Nord.

L'instruction sur la pose des voies en Bavière est ainsi conçue :

« Les points d'appui de supports ne doivent pas être distants de plus de 0^m,88. Ces distances seront toujours plus faibles vers les extrémités du rail que vers le milieu. Les supports seront plus rapprochés vers les extrémités avec des rails sans éclisses qu'avec des rails à éclisses. Le rail à coussinets du chemin de l'Ouest (du roi Louis), de Bamberg à Schweinfurt, a 6^m,14 de longueur ; on lui donnera 8 supports, placés à :

0 ^m ,68	0 ^m ,75	0 ^m ,82	0 ^m ,82
0 ^m ,82	0 ^m ,82	0 ^m ,75	0 ^m ,68

« Le même rail de 5^m,26 recevra 7 supports, placés à :

0 ^m ,67	0 ^m ,75	0 ^m ,82	0 ^m ,82	0 ^m ,82	0 ^m ,75	0 ^m ,67
--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

« Les rails à base large, de 5^m,54, avec éclisses, recevront 7 supports, placés à :

0 ^m ,67	0 ^m ,79	0 ^m ,87	0 ^m ,88	0 ^m ,87	0 ^m ,79	0 ^m ,67
--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

« Les rails du modèle ancien (Seraing), de 4^m,68, sans éclisses, recevront 6 supports, portés à :

0 ^m ,58	0 ^m ,88	0 ^m ,88	0 ^m ,88	0 ^m ,88	0 ^m ,58
--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

« Ces distances indiquées pour les supports seront observées, excepté dans les deux cas suivants : 1^o lorsque la distance des joints laissée au moment de la pose est insuffisante, et 2^o lorsqu'il n'existe point de moyens pour empêcher le glissement ; dans ce cas, on pourra s'éloigner des normes indiquées jusqu'à 0^m,06.

« Dans l'essai à faire dans l'Algaü avec des dés sur nagelflue, on se servira, avec les rails à base large de 5^m,54 de longueur, de 6 au lieu de 7 supports, qui seront placés à :

0 ^m ,79	0 ^m ,96	1 ^m ,02	1 ^m ,02	0 ^m ,96	0 ^m ,79
--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

On ne donnera même, et à titre d'essai, que 5 supports, placés à :

1 ^m ,02	1 ^m ,14	1 ^m ,22	1 ^m ,14	1 ^m ,02
--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

« Ces distances sont mesurées du milieu d'un dé à l'autre ; ces

dés seront placés diagonalement, pour présenter au rail une longue surface de pose.

« Dans les alignements, on conservera l'inclinaison de $1/20$, admise jusqu'à ce jour et consacrée par l'expérience ; la même inclinaison sera conservée aux roues des locomotives, à l'exception toutefois de celles de devant, qui auront une conicité de $1/16$.

« Dans les courbes, la surface de pose des rails à basé large, comme les bases des coussinets dans les voies à coussinets, conserveront entre elles une inclinaison de $1/10$, tandis que le niveau de la surface de roulement du rail extérieur s'élèvera par rapport à celle du rail intérieur avec la diminution du rayon de la courbe. Il n'y aura d'exception, pour l'inclinaison des rails entre eux, que dans les voies posées sur dés en pierre, ayant des rayons de 440 à 290 mètres. Dans ce cas, le rail intérieur restera vertical, et sa surface de pose sera par conséquent horizontale, tandis qu'il pencherait en dehors de l'axe de la voie, si l'on voulait conserver rigoureusement l'inclinaison entre ces deux surfaces de pose de dés.

« Les écartements extérieurs des rails consacrés par l'expérience sont :

Pour un rayon de	292 ^m	1 ^m ,4595
—	521	1 ^m ,4565
—	550	1 ^m ,4554
—	579 à 408	1 ^m ,4505
—	458 à 467	1 ^m ,4476
—	496 à 584	1 ^m ,4447
—	584 à 730	1 ^m ,4455
—	730 à 875	1 ^m ,4418
—	875 à 1,167	1 ^m ,4372

« Dans les courbes de gares, on peut, sur les voies principales, aller jusqu'à un écartement de 1^m,4595, et, dans les voies secondaires *in maximo*, à 1^m,461.

« Dans les courbes, on conservera au rail intérieur son niveau, mais on surhaussera le rail extérieur d'après les indications du tableau suivant :

« Pour un rayon de	292 ^m	0 ^m ,1167
—	350	0 ^m ,1021
—	408	0 ^m ,0954
—	467	0 ^m ,0875
—	525	0 ^m ,0817
—	584	0 ^m ,0719
—	875	0 ^m ,0579
—	1,167	0 ^m ,0159

« La distance normale de l'axe d'une voie à l'autre est fixée en dehors des gares à 3^m,50. Dans l'intérieur des gares, cette distance est insuffisante, et partout où deux trains peuvent se mouvoir en même temps sur des voies parallèles, on la portera au minimum à 4^m,95, ou mieux à 5^m,25. Dans les stations principales, et dans les points où les deux voies viennent à se croiser, on laissera, s'il y a possibilité, entre elles un espace libre de 5^m,20; ce qui suppose une distance d'axe en axe de 6^m,70. Dans les autres voies des gares, on peut se contenter d'une distance d'axe en axe de 4^m,10 à 4^m,40. »

Nous avons indiqué plus haut certaines précautions à prendre pour fixer les coins et contrarier le mouvement de glissement des rails; l'instruction pour les chemins de fer bavarois s'exprime à ce sujet de la manière suivante :

« Si le glissement longitudinal des rails sur les supports n'a pas été empêché, il arrivera que les extrémités se toucheront en se re-foulant peu à peu, et les rails fendront par éclats. Ces inconvénients sont parfaitement évités par l'emploi des éclisses à cornières.

« Dans une voie avec rails à bases larges et sans éclisses, on empêche le glissement longitudinal, mais d'une manière beaucoup moins parfaite, en enfonçant deux chevillettes à crochets dans les encoches rectangulaires pratiquées dans la base et vers l'extrémité.

« Dans une voie avec rails à coussinets, on enfonce les coins en bois :

« 1° Sur les fortes pentes, dans la direction de la pente ;

« 2° A l'approche des stations, dans la direction de la station ;

« 3^o Et, sur le restant de la ligne, en partant du milieu du rail, dans les deux directions.

« Si des glissements ont lieu malgré ces précautions, on sort les coins, on partage les joints, mais sans toucher aux traverses de joints.

« Les distances de joints admises jusqu'à ce jour dans la pose se sont montrées insuffisantes par rapport aux glissements provenant de la dilatation; d'autant plus qu'il n'est pas à nier qu'il se produit en même temps sous l'action des roues un laminage dans les rails. On calculera donc à l'avenir les joints de manière à laisser, même par les plus fortes dilatations, une distance libre de 0^m,0012.

« Pour empêcher les rails de se fendre par éclats, on arrondira les arêtes de la tête à 0^m,003. »

PASSAGES A NIVEAU, BARRIÈRES, CLÔTURES ET CONTRE-RAILS

Passages à niveau. — Les routes qui croisent les chemins de fer passent au-dessus, au-dessous ou au même niveau (fig. 174).

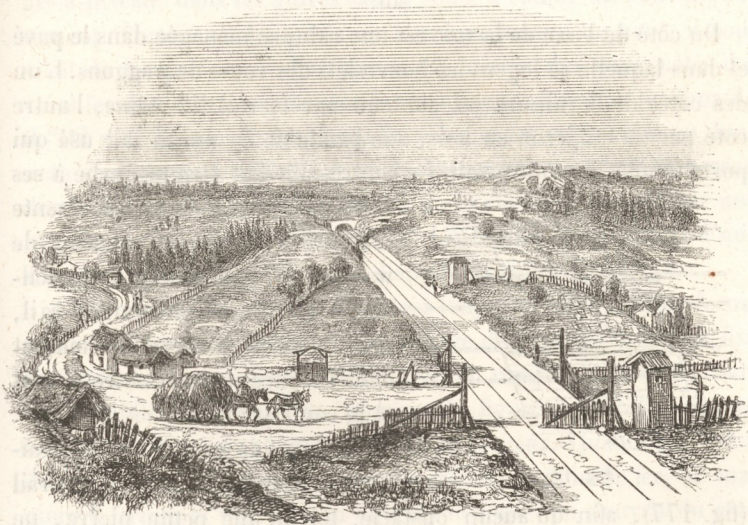


Fig. 174.

Dans le dernier cas, la partie du chemin de fer traversée par la

route prend le nom de *passage à niveau*. Nous avons, au chapitre du *Tracé*, traité la question de savoir jusqu'à quel point il convenait de multiplier les passages à niveau et celle des règles à observer dans leur distribution sur les lignes. Il nous reste à parler de la disposition de la voie dans les parties où elle se croise ainsi avec les routes.

Si le passage à niveau ne doit servir que pour les piétons, la voie ne subit aucune modification. Les rails ne gênent pas plus les piétons que tout autre obstacle d'une faible hauteur placé en travers de la route. Mais, si les voitures ont accès sur le passage, il est nécessaire de le paver dans toute la largeur de la route. Les rails sont alors noyés dans le pavé, comme l'indique la figure 175, qui est

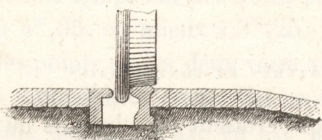


Fig. 175.

une coupe en travers de la voie, en sorte que les roues des voitures ne passent que sur le champignon du rail sans risquer de le renverser, comme elles le feraient infailliblement s'il était en saillie au-dessus du sol.

Du côté de l'axe de la voie est une rainure ménagée dans le pavé et dans laquelle se logent les bourrelets des roues de waggons. L'un des côtés de la rainure est soutenu par le rail lui-même, l'autre côté par un longeron en bois, une bande de fer ou un rail usé qui porte le nom de contre-rail. Le contre-rail doit être recourbé à ses

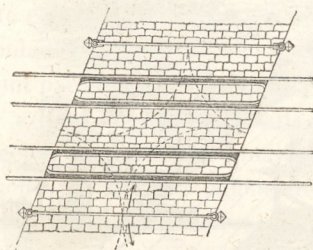


Fig. 176.

extrémités, comme le représente la figure 176, afin qu'une roue de waggon qui, par suite d'une oscillation latérale, s'écarterait du rail, soit ramenée tout naturellement dans l'espace compris entre le rail et le contre-rail.

Quelquefois on ménage une rainure à droite et à gauche du rail (fig. 177), afin qu'aucun obstacle, tel qu'une petite pierre, ne puisse se placer sur le bord extérieur du rail et gêner le passage des roues du waggon. La surface du champignon peut alors se

trouver plus bas que celle du pavé et les roues des voitures traversent la rainure dans toute sa largeur sans même toucher le rail. La première disposition, qui est la plus économique, est aussi la plus généralement adoptée.

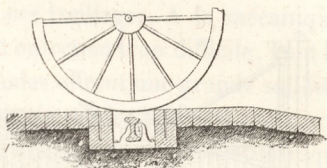


Fig. 177.

L'instruction pour l'établissement des chemins bavarois contient le paragraphe suivant relatif aux passages à niveau :

« Dans les alignements et dans les courbes de près de 250 mètres de rayon, on donnera entre le rail de la voie et celui formant contre-rail une ouverture de 0^m,075, que l'on portera à 0^m,087 quand le rayon de la courbe sera inférieur à 200 mètres. La profondeur de la rainure est donnée par les rails mêmes dans la voie avec rails à bases larges. Dans les voies avec rails à coussinets, on conservera comme suffisante la profondeur actuelle de 0^m,04.

« Les routes de l'État et les autres chemins très-fréquentés ou se trouvant à proximité des villes doivent être pavés sur les passages à niveau; dans les autres cas, il suffit d'établir un bon empierrement. Partout où les passages à niveau auront un pavé, il convient de les prolonger d'au moins 10 mètres des deux côtés des voies ferrées. Cette partie sera horizontale ou à rampe maxima de 0,02 vers la voie de fer. Dans les voies et les entre-voies on donnera une légère surélévation ne dépassant pas de 0^m,03 le niveau des rails. Le côté extérieur du rail de la voie sera garanti par une longuerine en bois de chêne de 0^m,15 d'épaisseur et garni d'une cornière en fer servant de point d'appui au pavé. »

Barrières. — Le chemin de fer est toujours, en France, enfermé entre deux lignes de clôtures. Au passage des routes, la clôture fixe doit être nécessairement interrompue et remplacée par une barrière mobile. Cette barrière, représentée figure 178, est à un seul vantail ou à deux vantaux, suivant sa largeur. Quand elle est à deux vantaux, elle peut s'ouvrir du côté du chemin de fer, de manière à fermer la voie tout en ouvrant la route, ou s'ouvrir du côté de la route en laissant la voie ouverte. La première disposition a cet avantage, qu'elle ne permet pas aux piétons, aux chevaux ou

aux bestiaux de s'écarter à droite ou à gauche du passage à niveau

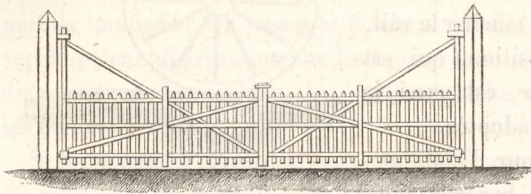


Fig. 178.

pour circuler sur le chemin de fer; mais elle a cet inconvénient, que, si la route coupe obliquement le chemin de fer, les barrières doi-

vent être très-grandes, et que souvent la barrière, se trouvant, par suite de négligence, barrer la voie au moment de l'arrivée du convoi, est renversée par la machine. Aussi la première disposition est-elle préférée.

Le passage sur la route est ordinairement libre; ce n'est qu'au moment de l'arrivée des convois qu'on le ferme momentanément.

L'inclinaison des routes, quand elles se raccordent aux chemins de fer, ne doit pas, aux termes de la loi, dépasser 5 centimètres pour les routes impériales, et 5 centimètres pour les chemins vicinaux et ruraux. La limite inférieure fixée par la loi pour le rayon des courbes de raccordement est, sur les routes impériales, de 50 mètres, et, pour les chemins ruraux, de 15 mètres.

Les routes, en traversant les chemins de fer, doivent conserver toute leur largeur.

Les barrières auxquelles se tient le garde, dit l'instruction bavaoise, sont les seules qui n'ont pas besoin d'être fermées à clef. On peut fermer à la main les barrières se trouvant à moins de 150 mètres du poste d'un garde; celles qui se trouvent plus loin peuvent être manœuvrées convenablement au moyen d'un fil de fer.

Clôtures. — Les clôtures sont en bois, composées de treillages plus ou moins simples de 1^m,40 de hauteur, fixés à des poteaux, espacés de 1^m,50, ou de lisses en bois clouées à des poteaux. On fait aussi des clôtures avec des fils de fer galvanisés fixés à des poteaux en bois, ces fils pouvant être tendus à volonté par des appareils spéciaux.

Les meilleurs treillages sont formés de lattes appointies ou de simples échelas unis les uns aux autres par des fils de fer tressés.

On a fabriqué à la mécanique les treillages composés de lattes. On renonce aujourd'hui à l'emploi de ces treillages. A la mécanique, ils manquent de solidité et sont d'un entretien trop difficile. Tout légers qu'ils sont, les treillages en échelas offrent une grande solidité, et ce n'est pas sans difficulté qu'on parvient à les briser. Les clôtures avec lisses sont plus économiques, mais elles n'opposent presque aucun obstacle au passage des hommes et des animaux sur la voie.

Celles en fil de fer galvanisé ne coûtent pas beaucoup plus que celles avec lisses en bois et durent plus longtemps. Sur le chemin de Mulhouse, on a posé des clôtures de la première espèce dans le voisinage des villes ou dans les localités très-peuplées et des clôtures à lisses sur les autres parties de la voie.

Ces clôtures ne sont que provisoires : on plante généralement à côté des haies, qui, au bout de quelques années, doivent les remplacer.

Il est difficile d'obtenir des haies en bon état sur une grande longueur de ligne. Au chemin de fer de l'Est on avait confié l'entretien des haies à un entrepreneur général. On a eu lieu de le regretter. L'établissement de ces haies se ferait probablement dans de meilleures conditions en régie. L'exécution peut en être confiée avec avantage aux gardes-ligne, que l'on intéresse au travail par des primes.

L'instruction bavoise recommande de ne planter des haies que sur les points où elles ne peuvent pas favoriser les encombrements résultant des neiges mouvantes.

Contre-rails. — On ne pose pas de contre-rails à l'emplacement des passages à niveau seulement. On en posait anciennement sur toutes les parties du chemin où les déraillements paraissent le plus à redouter, ou dans celles où ils pourraient avoir les plus graves conséquences. Les contre-rails se composent alors de longerons en bois plus élevés que les rails et ont pour but d'empêcher les waggons de quitter la voie. La distance de ces longerons (figure 179) au rail est de 75 millimètres. Le contre-rail s'oppose à ce que le

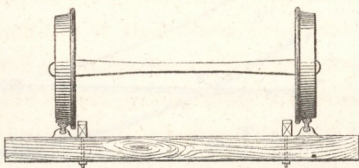


Fig. 179.

waggon quitte la voie en montant sur le rail et à ce qu'il dévie. Comme, à la rigueur, il faudrait poser des contre-rails sur tous les grands ponts et sur tous les remblais élevés, et que cela deviendrait souvent fort coûteux, on en a considérablement limité l'usage. *Et même sur le chemin de Lyon ainsi que sur toutes les nouvelles lignes en France, on supprime les contre-rails comme rendant l'entretien de la voie plus difficile.* Sur le chemin du Palatinat, cependant, on en a posé dans toutes les courbes de petit rayon du côté de la file de rails la plus courte.