

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE
DES
CHEMINS DE FER

PAR
AUG. PERDONNET

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE, PROFESSEUR A L'ÉCOLE CENTRALE
DES ARTS ET MANUFACTURES
ADMINISTRATEUR DES CHEMINS DE L'EST DE LA FRANCE ET DE L'OUEST DE LA SUISSE, MEMBRE DU COMITÉ DE DIRECTION
DES CHEMINS DE FER DE L'EST DE LA FRANCE
PRÉSIDENT HONORAIRE DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE, ETC.


DEUXIÈME ÉDITION

TOME PREMIER

II

PARIS
LANGLOIS ET LECLERCQ, ÉDITEURS

10, RUE DES MATHURINS-SAINT-JACQUES

1858


Droits de traduction et de reproduction réservés.



H2680

CHAPITRE VI

DES TRAVAUX DE TERRASSEMENT ET DES TRAVAUX D'ART

Nous avons vu que les chemins de fer à grande vitesse, dans l'état du moins où se trouve la science aujourd'hui, doivent remplir deux conditions importantes : la première, de se développer, autant que possible, en ligne droite ou en suivant des courbes de très-grand rayon ; la seconde, de ne présenter que des pentes faibles.

Nous avons dit qu'on ne peut y satisfaire dans les pays accidentés qu'en exécutant de grands travaux de terrassement et de grands travaux d'art.

Les premiers, différant, si ce n'est par leur nature, du moins par leur importance, de ceux auxquels donne lieu la construction des routes ordinaires, nécessitent des moyens beaucoup plus puissants, surtout en ce qui concerne le transport des terres à de grandes distances. Aussi le chemin de fer est-il devenu pour ce genre d'opération son propre auxiliaire, et a-t-on transporté les terres sur des chemins de fer provisoires avec des machines locomotives, comme on transporte sur le chemin définitif les voyageurs et les marchandises.

De là, un art nouveau et sur lequel on pourrait publier un volume entier. Il n'entre pas dans notre plan de le décrire¹. Nous nous bornerons donc à une courte analyse des procédés et à de brèves réflexions sur les applications qui en ont été faites.

En Angleterre, il s'est formé, dès l'origine des chemins de fer, une classe d'entrepreneurs riches et habiles qui se sont adonnés

¹ Voir pour de plus amples renseignements le nouveau *Portefeuille de l'ingénieur*. l'intéressant *Mémoire* publié en 1839, par M. Carl. Etzel, sur l'organisation des grands chantiers de terrassement, et enfin l'ouvrage allemand intitulé : *Seibenzehn Tafeln zur praktischen Anleitung zum Erdbau*, von L. Henz.

spécialement aux grands travaux de terrassement, concentrant toute leur attention sur l'amélioration des procédés et sur la formation de leur personnel, créant pour l'exécution un matériel spécial dont l'emploi leur était garanti pour un assez long avenir. Ces hommes, puissants par leurs ressources pécuniaires tout autant que par leur intelligence, ont apporté de grands perfectionnements dans la branche d'industrie dont ils s'occupaient.

Les ingénieurs qui ont construit les premiers chemins de fer aux environs de Paris ont manqué de ces auxiliaires pour les seconder. Ils ont été obligés de diriger en personne, presque sans intermédiaires, les premiers travaux de terrassement, pour lesquels il a fallu renoncer aux anciens procédés. Tout en se formant eux-mêmes à ce nouveau genre d'opérations, ils ont dû y former également leurs entrepreneurs, conducteurs, piqueurs et ouvriers. Les Compagnies ont dû fournir le matériel, et généralement, pour éviter une dépense trop onéreuse, elles ont été dans la nécessité de se servir de leurs rails définitifs pour les terrassements.

La construction du chemin de Rouen par une Compagnie anglaise a ouvert une ère nouvelle, et les ingénieurs des nouveaux chemins de fer se sont trouvés placés, à cet égard, dans de meilleures conditions que leurs devanciers.

D'habiles et riches entrepreneurs belges, MM. Parent, Schaken et C^{ie}, ont exécuté la plupart des travaux du chemin de fer de Strasbourg, des lots très-importants sur les chemins du Nord et de Lyon, le chemin de Lyon à Avignon et le chemin de Mulhouse tout entiers.

Cette organisation du travail, à laquelle on est conduit par l'expérience des Anglais en ce qui concerne les travaux de chemins de fer, nous paraît être une des premières conditions de succès des grandes entreprises.

Les terres provenant des tranchées sont portées sur l'axe du chemin pour composer les remblais, ou déposées à une distance plus ou moins grande des bords. Dans le premier cas, on travaille *par voie de compensation* ; dans le second, *par voie de dépôt*. On élève aussi des remblais avec des terres *empruntées* dans le voisinage : c'est ce qui s'appelle travailler *par voie d'emprunt*.

Le mode d'exécution par voie de dépôt et d'emprunt est toujours plus coûteux que celui par compensation, quand les distances auxquelles les terres doivent être transportées sur l'axe de la route ne sont pas considérables et que les terrains où l'on doit déposer les terres ou les emprunter ont quelque valeur ; mais il peut l'emporter sur le second, même au point de vue de la dépense, quand ces distances deviennent très-grandes, et, dans tous les cas, il est fort expéditif. Aussi l'a-t-on appliqué au percement des tranchées et à la confection des remblais d'un grand nombre de chemins de fer, bien que, pour la construction des routes et des canaux, il n'en ait été fait usage que rarement.

La méthode des dépôts et des emprunts a d'ailleurs, pour l'exécution des chemins de fer, d'autres avantages que nous avons déjà signalés au chapitre du tracé.

La substitution, pour les terrassements, des waggon roulant sur un chemin de fer, aux tombereaux roulant sur le sol, oblige à modifier la disposition des ateliers de chargement et de déchargement. C'est dans les changements que nécessite cette disposition que se présentent les principales difficultés du travail au wagon.

Les tombereaux marchant isolément et sur le sol naturel peuvent se charger en un point quelconque de la tranchée et se diriger, par une infinité de routes différentes, vers les points de déchargement. Ils peuvent également se vider en un point quelconque du remblai. Les waggon, au contraire, qui marchent toujours par convois et sur des voies en fer, sont nécessairement chargés et déchargés à l'une des extrémités de ces voies ou sur le côté, l'atelier de chargement ou l'emplacement du remblai à exécuter ne devant pas être éloigné de la voie, et ils ne suivent que la route que leur tracent les rails.

Le tombereau, chargé dans la tranchée, est immédiatement remplacé par un tombereau vide, presque sans perte de temps ; la manœuvre, au contraire, pour remplacer un convoi chargé ou même un wagon isolé, exige toujours plusieurs minutes.

Ces seules observations suffisent pour montrer combien l'organisation des grands chantiers de terrassement au wagon doit différer de celle des chantiers de terrassement au tombereau ; nous allons

jeter un coup d'œil rapide sur l'organisation adoptée ordinairement.

Creusement des tranchées. — Les tranchées ouvertes au tombereau sont attaquées en un grand nombre de points simultanément, au moyen d'excavations qui en occupent toute la largeur et d'où les tombereaux extraient les terres par des rampes douces. Lorsqu'on veut employer les waggon, on commence presque toujours par faire, suivant l'axe ou le long des talus de la tranchée projetée, une petite tranchée auxiliaire nommée *goulet* (*gullet*) ou *cunette*, assez large pour donner passage à un waggon, et dont la profondeur varie avec les ondulations du sol. Il peut se présenter deux cas : ou la hauteur maxima de la tranchée définitive est peu considérable, 5 ou 6 mètres, par exemple ; ou bien elle est beaucoup plus grande. Dans le premier cas, on donne à la cunette toute la profondeur de cette tranchée, en sorte que le fond de la cunette est aussi celui de la tranchée, comme nous l'avons indiqué fig. 11 B. Les parois, dans

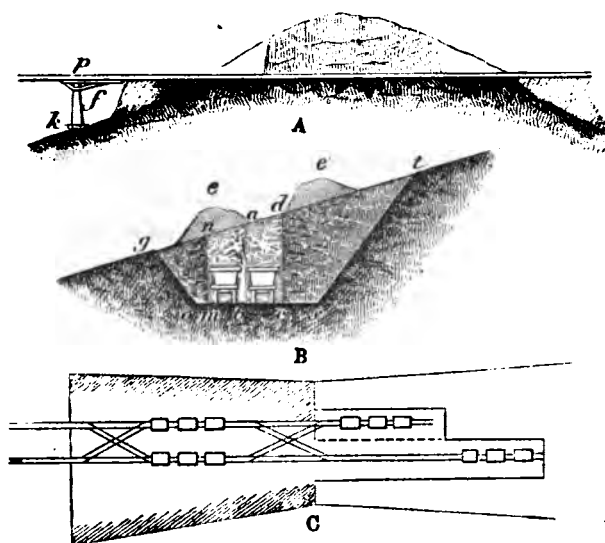


Fig. 11.

les terrains qui ne sont pas coulants, peuvent être verticales ou à peu près. Le fond doit avoir une pente descendante d'environ 3 millimètres vers son extrémité ouverte, pente qu'il faut toujours se

donner, lors même que ce ne serait pas exactement celle de la tranchée définitive.

Les terres provenant du percement de la cunette *a b c d* sont extraites à la brouette ou au tombereau, ou bien elles sont relevées à la pelle, sur les bords le long desquels on les dépose, en *cavaliers*, *e* et *e'*.

La cunette étant ouverte sur une certaine longueur, on pose sur le fond une voie en fer que l'on prolonge jusqu'au point de déchargement sur le remblai. Cette voie, dans la cunette, a naturellement la pente du fond, c'est-à-dire 3 millimètres. Quant à la pente sur le remblai, elle dépend de la hauteur de ce remblai. Si cette hauteur n'est pas très-grande, comme nous l'avons supposé (fig. 11, A), on pose la voie sur la crête même du remblai en lui conservant la pente de 3 millimètres.

Des waggon roulant sur ce chemin de fer provisoire emmènent à l'extrémité du remblai, pour le prolonger, les terres composant les cavaliers, ainsi qu'une partie de celles que l'on abat en prolongeant la cunette, et qui peuvent se charger dans les waggon voisins de l'extrémité fermée.

Différents modes de déchargement. — Le déchargement s'opère de deux manières différentes. Chaque waggon, après s'être vidé à l'extrémité du remblai, passe dans une gare d'évitement pour faire place au waggon suivant, ou bien on le pousse en avant sur un pont en charpente *p* (fig. 11, A), que l'on appelle pont de décharge.

Déchargement à l'anglaise. — Dans le premier cas, le déchargement s'opère à l'anglaise de la manière suivante : à l'extrémité du remblai, les rails sont inclinés (fig. 12, A), et on y empile un certain nombre de traverses qui barrent le chemin. Quand un train arrive au remblai, il est reçu dans une voie de garage ; on attelle alors un cheval à un des waggon au moyen d'une prolonge terminée par un crochet tel que le représente la figure 12, C, et combiné de manière qu'il se détache du waggon quand on tire la corde *a* (fig. 12, C). On fait partir le cheval au trot, et, arrivé près de l'extrémité du talus, on détache la prolonge en tirant la corde *a* ; le cheval se jette de côté hors de la voie, on lève en même temps le



Traversement de la branche de Colmar
Cité de fond. Paris à Genève (R. 1874)

crochet qui fixe la caisse au train, et le waggon, brusquement arrêté par les traverses empilées, se porte en avant en vertu de la vitesse acquise; la caisse bascule et prend une inclinaison égale à celle que comporte la construction du véhicule, augmentée de l'inclinaison de la voie; les terres glissent et le déchargement se fait tout seul.

Quelquefois, afin d'augmenter l'inclinaison de la caisse au versement, on dispose à l'extrémité de la voie un gradin, comme l'indique la seconde figure 12, B.

Le déchargement se fait ainsi successivement pour chaque waggon.

En supposant en moyenne une distance de 150 mètres entre le garage et le déchargement, et admettant qu'un cheval au trot parcoure une distance de 5,000 mètres par heure, le temps employé à l'aller et au retour sera de quatre minutes environ, et le déchargement proprement dit, consistant à relever le waggon et à redresser la caisse, étant d'environ une minute, le déchargement, y compris le transport d'un waggon, se fera en cinq minutes.

On est arrivé à décharger par cette méthode et avec une seule voie cent cinquante waggons par jour, mais c'est une exception. Avec un bon matériel et de l'ordre dans le chantier, on peut faire cent vingt waggons. En général, on ne doit compter que sur cent waggons par jour¹.

Quand les voies de déchargement sont multipliées, elles se gênent un peu réciproquement. Avec deux voies, on peut compter sur

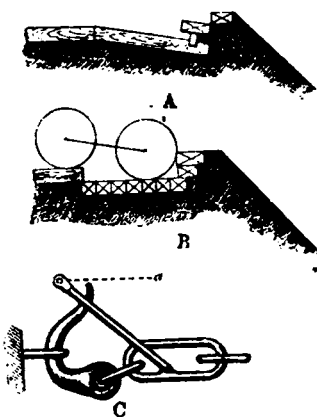


Fig. 12.

¹ Les baleines employées sur les chemins de Saint-Germain et de Versailles (rive gauche) ont coûté 4,500 fr. pièce. D'autres baleines à deux voies, dont on s'est servi sur le chemin d'Orléans à Vierzon, ont été payées 5,000 fr. Les petites baleines du chemin de Lille à la frontière belge étaient fort économiques. Elles ne sont pas revenues à plus de 300 fr., mais elles n'avaient que 6 mètres de hauteur. Ce n'est pas seulement l'installation de la baleine qui est coûteuse, c'est aussi l'entretien et surtout la manœuvre.

cent quatre-vingts waggons; avec trois voies, sur deux cent quarante waggons par jour.

Pont de décharge. — Le pont de décharge (fig. 13) est com-

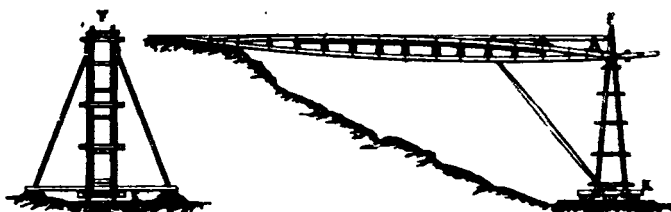


Fig. 13.

posé de deux longuerines parallèles garnies de bandes de fer, qui font suite aux files de rails de la voie, et reposent, par une de leurs extrémités, sur le remblai, et, par l'autre, sur une ferme F. Cette ferme elle-même repose sur un chariot K, pouvant rouler sur un petit chemin de fer provisoire posé sur le sol au bas du remblai. Les terres se déchargent entre les deux longuerines. Le pont doit pouvoir porter tout un convoi de waggons vides. Le déchargement de tout le convoi terminé, on ramène les waggons tous ensemble au point de chargement.

A mesure que le remblai se prolonge, on pousse le pont de décharge en avant en faisant rouler le chariot K, et on prolonge le petit chemin de fer qui porte ce chariot en détruisant la partie postérieure qui est recouverte de terre. On déplace également, de temps en temps, les changements de voie, afin de faciliter les manœuvres.

Avec les ponts de décharge, nous avons déchargé, à la tranchée de Clamart, trois cents waggons en dix heures sur une voie, ce qui est le triple de la quantité déchargée moyennement en pareille circonstance par la méthode anglaise. Au chemin de Saint-Germain, on est également parvenu à décharger trois cents waggons en dix heures sur chaque pont. Sur les petites baleines employées au chemin de Lille à la frontière belge, on déchargeait vingt waggons par heure, soit deux cents waggons en dix heures sur une seule voie. *Le déchargement au moyen des ponts s'opère donc beaucoup plus rapidement que par la méthode anglaise, et il semble qu'il peut*

être employé avec avantage quand les terrassements doivent être exécutés dans un très-bref délai. Toutefois la grande dépense qu'il exige l'ont fait presque généralement abandonner. On ne peut pas d'ailleurs faire usage de ces ponts de décharge pour des remblais de moins de trois mètres, surtout sur un terrain fortement accidenté, où il faudrait les déplacer sans cesse, ni pour des remblais dont la hauteur dépasse dix mètres. Nulle part sur la ligne de Mulhouse, où le cube des terrassements est considérable, bien que les entrepreneurs aient eu à exécuter d'immenses tranchées dans un bref délai, on n'en a fait usage. On a généralement préféré le déchargement à l'anglaise.

Suite du creusement. — Une partie des cavaliers étant enlevée et portée en remblai, on attaque à droite ou à gauche de la cuvette une nouvelle tranche *a b m n* (fig. 11, B), dont les terres sont versées dans les waggons, et on pose une seconde voie provisoire. Ces deux voies étant réunies par des voies obliques dans les deux directions, fig. 11 C, le déchargement peut se faire en même temps aux deux extrémités, et l'une ou l'autre peut servir à garer les waggons vides. Deux convois sont placés en même temps devant les fronts de chargement. On les envoie successivement à la décharge, et les ouvriers chargeurs, afin de ne pas rester désœuvrés au moment du départ de l'un des convois, passent sur des planches d'un côté à l'autre du goulet pour charger l'autre convoi.

Quand la tranche *a b m n* est enlevée sur une certaine longueur, on abat les massifs trapézoïdaux *g o m n* et *d c s t* de manière à compléter le percement de la tranchée sur toute sa largeur, et les terres provenant de ces massifs sont chargées dans les waggons circulant sur les deux voies provisoires posées dès l'origine, au moyen de brouettes, ou dans des waggons roulant sur de nouvelles voies auxiliaires posées latéralement. On trouve ordinairement plus économique d'employer les brouettes.

Un certain nombre de waggons versent leur contenu *par bout* et servent à former le *noyau* du remblai ; les autres versent *de côté* et sont employés à élargir ce noyau.

La *reprise* des cavaliers étant toujours une opération coûteuse, et le dépôt des terres en dehors de la crête des talus donnant lieu

aussi, dans certains cas, à des dépenses considérables, on n'a recours au retroussement des terres, pour la totalité ou pour une partie de la cunette, que si l'on est très-pressé. Dans le cas contraire, on perce la cunette en l'attaquant seulement à l'extrémité. On établit alors des gradins à cette extrémité, et les terres sont chargées directement dans les waggons ou dans des waggonnets, soit *par bout*, soit sur le côté. Quelquefois aussi on retrousse une partie seulement des terres de la cunette, et on charge l'autre partie directement dans les waggons ou dans les waggonnets.

Les parois des cunettes dans le roc vif et dans certains terrains résistants se maintiennent pendant plusieurs mois sous un angle droit ou au moins sous un angle qui se rapproche beaucoup de l'angle droit. Dans d'autres terrains, elles tendent à prendre une inclinaison plus prononcée, mais cette inclinaison, sous laquelle les terres ne doivent se soutenir que pendant un espace de temps assez limité, est toujours inférieure à celle que l'on donne aux talus de la tranchée et qu'ils doivent conserver indéfiniment.

Dans les tranchées glaiseuses, il ne faut pas attendre que la cunette ait été ouverte sur une grande longueur pour abattre les massifs latéraux et découvrir les talus définitifs, qui doivent toujours, dans ce cas, être asséchés. L'*assainissement* des talus doit suivre de près le percement de la cunette.

Quelquefois même au chemin de Mulhouse, en pareille circonstance (tranchées de la Chaume, du Chiffard et de Montesson), M. l'ingénieur Masson a supprimé la cunette, et procédé par voie de *décapage*, c'est-à-dire en découpant le déblai par tranches variables à partir du sol naturel, de façon à atteindre successivement les divers bancs argileux et dressant le talus suivant l'approfondissement du déblai. Les assainissements se font ainsi graduellement, et l'on arrive à fond de tranchée avec des drainages complets et des talus à peu près définitifs¹.

¹ L'opération du décapage n'exclut pas les cunettes d'une manière absolue. Il est même essentiel qu'il y ait deux étages pour le chargement des waggons au moyen des brouettes, mais le niveau des voies de l'étage inférieur doit rester subordonné à la position des bancs à assainir comme à la profondeur de la première tranche attaquée. La plate-forme de celle-ci doit rester un peu au-dessus des bancs argileux, et être assainie provisoirement par quelques rigoles couvertes, afin qu'aucun glissement ne s'opère dans la cunette des waggons. (Note de M. Masson.)

Si la tranchée est très-profonde et que le remblai ait une grande hauteur, on ne donne à la cunette *a b d e* (fig. 14, A) qu'une partie de la hauteur de la tranchée. On descend les terres de la hauteur du goulet jusqu'à la crête du remblai sur une voie inclinée reposant sur un massif le long de l'un des talus *v v'* (fig. 14, B). Comme le remblai a souvent une grande hauteur, on le monte en

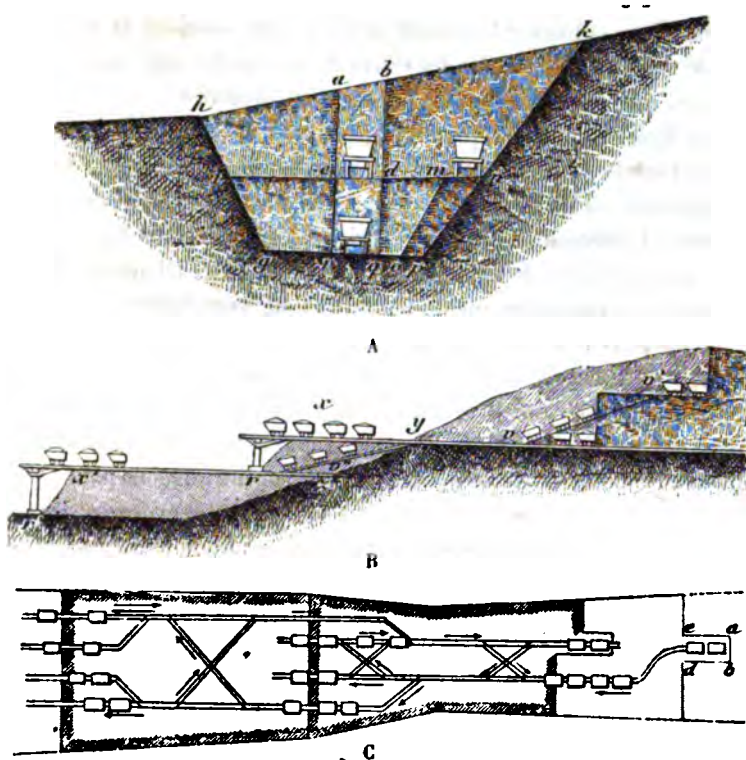


Fig. 14.

deux assises. Une partie des terres servant à composer l'assise supérieure *x y r z* est portée à l'extrémité de cette assise sur une voie établie à la crête, et une autre partie servant à composer l'assise inférieure *x' r' z* par une voie inclinée *v v'* descendant le long du talus de l'assise supérieure.

La cunette *a b d e* (fig. A) étant parvenue à une certaine distance

de son extrémité ouverte, et une partie des massifs latéraux étant enlevée de manière que la tranche inférieure de la tranchée *n i g p*... soit découverte dans toute sa largeur sur une certaine longueur, on ouvre dans la tranche inférieure une seconde cunette en arrière de la première jusqu'au fond de la tranchée. Cette seconde cunette sert à exploiter la tranche inférieure *n i g p*, comme la cunette supérieure à exploiter la tranche supérieure *h i n k*.

On laisse subsister le massif *m n o p*, qui soutient la voie inclinée servant à descendre les terres de la tranche supérieure jusqu'à ce que cette tranche soit entièrement exploitée.

Les figures B et C indiquent la disposition des voies dans la tranchée et sur le remblai. On y voit que le nombre des points de déchargement est de deux à l'extrémité de l'assise supérieure, et de quatre à l'extrémité de l'assise inférieure. Le cube des terres versées aux extrémités de chacune des assises doit être tel, que ces deux assises s'accroissent en même temps de longueurs égales.

Transport des terres. — Il est évident que l'on peut se donner à volonté l'inclinaison des voies provisoires posées sur le talus de la tranchée ou sur celui du remblai. En portant cette inclinaison à plus de 2 centimètres par mètre, on peut remonter, dans le système des plans automoteurs, les waggons vides à l'aide des waggons pleins qui descendent. On évite ainsi la dépense d'un moteur; mais la construction et surtout l'entretien de ces plans automoteurs sont fort coûteux. Quand on les répare, il faut interrompre le service, ce qui réduit à l'inaction un grand nombre d'ouvriers; enfin ils occasionnent fréquemment des accidents; aussi préfère-t-on généralement ne donner à la voie que 7 ou 8 millimètres de pente. Les waggons pleins descendent alors par l'impulsion seule de la gravité avec une grande vitesse, et les waggons vides sont remontés par des chevaux.

Sur le chemin de Strasbourg, on a percé un grand nombre de tranchées à l'aide des waggons, et le service s'est toujours fait avec des chevaux, même sur des pentes dépassant 2 centimètres.

Dans la tranchée de Chamarande, près Chaumont, sur le chemin de Blesmes à Gray, la fouille ayant lieu dans un roc très-dur entièrement abattu à la poudre, on a recouru, pour l'extraction à une certaine profondeur de déblais que l'on se proposait de retrousser, à

l'emploi de plans inclinés sur lesquels le transport s'opérait au moyen de machines fixes.

Les machines fixes ont été également employées en Angleterre au chemin de Bristol, pour monter les terres sur la crête d'un remblai.

La principale difficulté à vaincre dans les travaux de terrassement au waggon consiste à établir l'harmonie entre la fouille des terres, leur chargement et leur déchargement, de telle manière que les ouvriers perdent le moins de temps possible. Un des meilleurs moyens d'y parvenir est d'employer simultanément le mode d'exécution par compensation et celui par voie de dépôt et d'emprunt.

Les travaux par voie de dépôt et d'emprunt, dont on peut diminuer ou augmenter l'activité sans inconvénient, servent à fournir de l'occupation aux ouvriers lorsqu'ils ne peuvent être employés au percement de la tranchée, au chargement ou au déchargement des wagons.

Lorsque les terres des massifs latéraux à la cunette sont transportées dans les waggon au moyen de brouettes, il est très-important d'employer les brouettes généralement en usage en Angleterre et représentées figure 15. Elles se déchargent beaucoup plus facilement dans les waggon que les brouettes françaises.

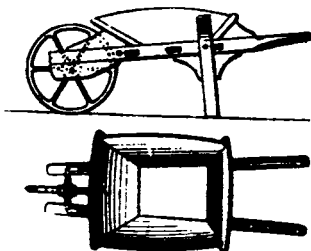


Fig. 15. — Brouettes.

La figure 16 représente un waggon de terrassement. La caisse se renverse comme celle d'un tombereau, tantôt sur le devant entre les roues, tantôt sur le côté par-dessus les roues.

Les principales conditions à remplir dans la construction des waggon de terrassement peuvent se résumer de la manière suivante :

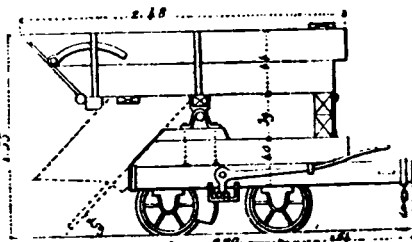


Fig. 16. — Waggon de terrassement.

1° Éviter que le bord supérieur de la caisse se trouve à plus de

1^{er}, 60 au-dessus des rails, afin que les ouvriers puissent le charger à la pelle sans trop d'efforts ;

2^o Faire en sorte que les caisses versent sous un angle assez grand pour que les terres glaises humides puissent couler facilement sur le fond lorsque la caisse est renversée ;

3^o Répartir autant que possible le poids également sur les quatre roues ;

4^o Répartir le poids de la caisse chargée à droite et à gauche de l'axe de bascule, de manière qu'il soit un peu moins considérable du côté de la porte que de l'autre ;

5^o Conserver aux roues un diamètre assez grand pour qu'elles puissent passer facilement par-dessus les pierrailles et les autres obstacles qui souvent obstruent la voie, et qu'il ne soit pas trop difficile de les mettre en mouvement ;

6^o Faire en sorte que la terre soit lancée, au moment du renversement de la caisse, à une certaine distance du waggon.

C'est afin de remplir cet ensemble de conditions que l'on a imaginé le waggon représenté figure 17, dans lequel l'angle de chute

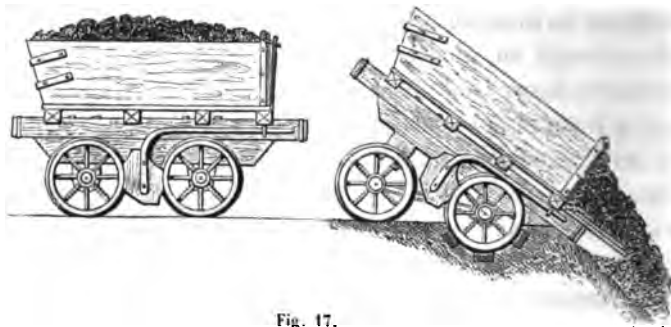


Fig. 17.

est augmenté par une espèce d'ornière artificielle dans laquelle tombent les roues d'avant du waggon à décharger.

On se sert aussi de brouettes pour charrier les terres déposées sur les bords des tranchées. Les Anglais emploient en pareil cas un mécanisme fort ingénieux afin de diminuer la fatigue de l'ouvrier qui est obligé de monter la charge sur la rampe souvent très-inclinée des talus.

Ce mécanisme est représenté figure 18.

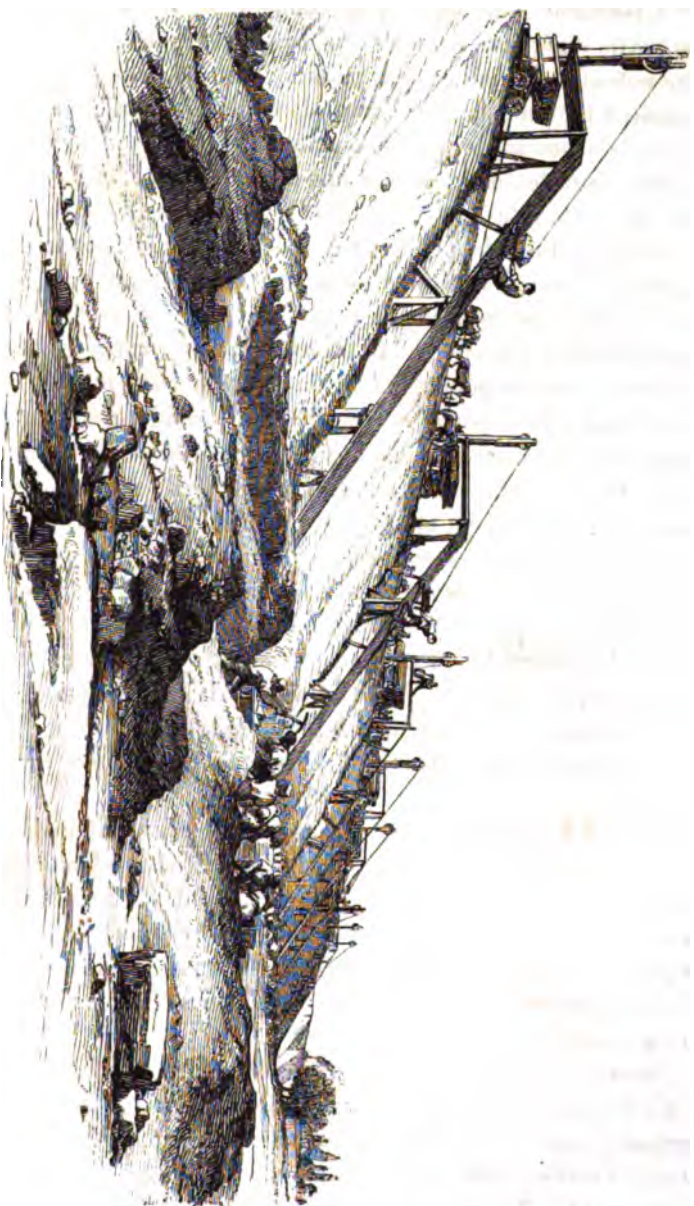


Fig. 18. — Chantiers de terrassements anglais.

L'ensemble d'un appareil se compose de deux planchers, à la partie supérieure desquels sont fixés deux poteaux. Chacun de ces poteaux est muni de deux poulies : l'une au sommet, perpendiculaire à l'axe du chemin ; l'autre dans le bas, parallèle à cet axe. C'est la même corde qui, après avoir passé par les poulies des poteaux, s'attache, d'une part, à une brouette pleine, et de l'autre à une brouette vide. Cette corde, fixée à la brouette pleine, passe d'abord sur l'une des poulies placées dans le haut du poteau correspondant, descend verticalement le long de ce poteau, puis est renvoyée horizontalement par la poulie inférieure ; de là elle se dirige parallèlement à la crête de la tranchée, monte, après avoir passé sur une troisième poulie, le long du second poteau, et enfin, après avoir passé sur la poulie supérieure de ce second poteau, se développe sur un second plancher incliné, et va s'attacher à une brouette vide. Des chevaux, marchant d'un poteau vers l'autre en tirant la corde horizontalement tantôt de droite à gauche, tantôt de gauche à droite, font monter la brouette pleine successivement sur l'un ou l'autre des deux planchers voisins. Un homme sert à la conduire de l'atelier jusqu'au bas du plancher, à la guider sur le plancher, à la vider lorsqu'elle est arrivée au sommet, et à la ramener. Lorsqu'il gravit le plancher, il est entraîné avec la brouette par les chevaux ; lorsqu'au contraire il descend avec la brouette vide, il aide les chevaux de son poids et de l'action qu'il peut exercer sur cette brouette.

On n'a, à notre connaissance, adopté cette organisation de chantiers sur aucun chemin de fer français. Indépendamment des brouettes, des tombereaux et des waggons de différentes dimensions, on se sert beaucoup aujourd'hui des waggonnets représentés figures 19. Ces waggonnets remplacent, dans beaucoup de cas, avantageusement les tombereaux, et opèrent des transports à des prix sensiblement équivalents.

Dans certaines circonstances, sur des pentes qui s'élèvent jusqu'à 4 centimètres, et quand les distances commencent à être trop grandes pour des brouettes, ils peuvent être employés avec avantage, et réaliser une économie notable.

Ces petits véhicules, qui pèsent moyennement 115 kilogrammes.

sont composés d'une caisse, d'un châssis auquel est adaptée une

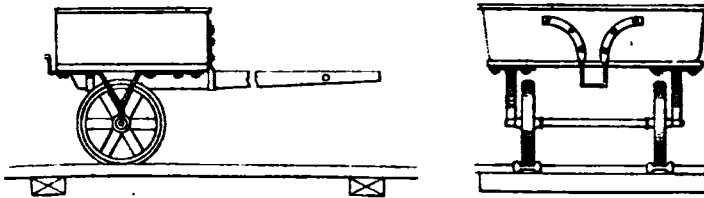


Fig. 19.

flèche et d'une paire de roues en fonte. La contenance de ces waggonnets est d'environ 0^m,28 cubes; mais, eu égard au foisonnement, ils ne contiennent guère que de 0^m,16 à 0^m,22 mesurés au déblai suivant la nature du terrain.

On trouvera plus loin, au chapitre du matériel, quelques nouveaux détails sur les waggons de terrassement.

On sait que la nature des véhicules et des moteurs employés pour le transport des terres varie suivant les circonstances. Pour de faibles distances, on se sert exclusivement de brouettes; pour une distance plus considérable, on trouve avantageux d'y substituer le tombereau attelé d'un seul cheval.

Si la distance augmente encore, le tombereau à deux chevaux remplace celui à un cheval; puis viennent les waggons trainés par des chevaux; puis enfin les waggons trainés par des locomotives. Le transport au waggon, qu'il soit fait par des chevaux ou par des machines locomotives, ne devient avantageux qu'autant que le cube à enlever atteint un certain chiffre.

Il était donc curieux de savoir dans quels cas il convenait d'employer les brouettes, les tombereaux, les waggons trainés par des chevaux, et enfin les waggons trainés par des locomotives.

M. Brabant, l'un de nos plus habiles conducteurs des ponts et chaussées, qui a dirigé de grands travaux de terrassement, successivement, au chemin de fer de Versailles (rive gauche), de Lille à la frontière belge, et d'Orléans à Bordeaux, et qui, aujourd'hui, remplit les fonctions d'ingénieur chef d'arrondissement sur les chemins de fer de l'Est, s'est livré à de curieuses recherches, dont il a ex-

posé les résultats dans un Mémoire inédit qu'il a bien voulu nous communiquer. Les paragraphes suivants sont extraits de ce Mémoire.

Les transports par les moyens ordinaires, la brouette et le tombereau, n'exigeant que des frais d'établissement peu élevés, et qu'un matériel susceptible d'être employé sur tous les chantiers et même pour les usages les plus divers, il en résulte que les prix à appliquer sont toujours sensiblement les mêmes, quelles que soient les quantités à transporter.

Il n'en est pas de même pour les transports en waggon sur voies provisoires, parce qu'ils exigent des frais d'établissement considérables, qui sont bien loin de croître dans le rapport du volume transporté, et dans lesquels on ne peut rentrer qu'avec des cubes d'une certaine importance.

Il suit de là que, plus les volumes à transporter sont faibles, plus les prix de transport sont élevés, et que, par suite, à moins d'avoir un matériel sur place, les transports par voies provisoires cessent d'être praticables pour des cubes qui n'atteignent pas au moins 25,000 mètres.

D'un autre côté, il y a, avec les transports au waggon, à la charge et à la décharge, des frais de remaniement et diverses mains-d'œuvre qui n'existent pas pour les autres modes de transport, et qui s'élèvent de 20 à 25 centimes par mètre cube. A cette dépense il faut ajouter celle des waggons, des changements de voies et quelquefois d'autres appareils dont on a besoin sur les points de chargement et de déchargement. Tous ces frais étant indépendants des distances parcourues, il s'ensuit que, pour de faibles distances, les transports au waggon coûtent plus que ceux au tombereau.

Les distances minima, variables suivant les volumes à transporter, peuvent descendre pour des cubes de 25,000 mètres à 500 mètres, et pour des cubes de 100,000 mètres à 500 mètres.

Quoi qu'il en soit, il arrive souvent que les transports au tombereau étant impraticables, soit à cause de la nature ou de la position du sol, soit à cause de la saison, on est conduit à avoir recours au transport au waggon pour des volumes et pour des distances fort

au-dessous de celles qui sont indiquées ci-dessus comme un minimum.

Il suit de la multiplicité des éléments qui doivent entrer dans le calcul des transports au waggon, dans différents cas, et de la complexité de quelques-uns, que les formules ne peuvent être rigoureusement établies que pour des cas spéciaux et qu'après une estimation préalable des frais de toute espèce, et notamment de ceux de matériel, pose de voies, dépose et repose, etc.

Aussi les formules employées par plusieurs ingénieurs placés dans des conditions diverses ne sont-elles pas exactement semblables. Néanmoins les différences ne sont pas tellement grandes, que M. Brabant n'ait jugé utile de prendre la moyenne des résultats que lui ont fournis trois de ces formules, pour déterminer, au moins par approximation, les cubes et les distances moyennes pour lesquels les différents modes de transport deviennent avantageux.

Le tableau suivant est extrait d'un tableau beaucoup plus complet qu'il a donné.

DÉPENSE POUR LE TRANSPORT D'UN MÈTRE CUBE DE TERRE OU DE BALLAST, PESANT ENVIRON 1,600 KILOGRAMMES.

A UNE DISTANCE DE	A LA BRIQUETTE.	SUR TERRAIN NATUREL.		SUR VOIES PROVISOIRES.		SUR VOIES DÉFINITIVES.	
		AU CAMION	AU TONNERFAU	AU WAGON		CUBE DE 20 000 ^m AU WAGON traîné par des locomotives.	
		traîné par des hommes.	traîné par des chevaux.	traîné par des chevaux au pas.	traîné par des locomotives, vitesse de 12 kilomètres à l'heure.	Tout compris.	Dépense des voies non comprise.
50	0,225	0,225	"	"	"	"	"
100	0,450	0,350	0,420	0,515	0,596	0,460	0,455
140	0,630	0,450	0,468	0,563	0,610	0,464	0,457
160	0,720	0,500	0,492	0,572	0,618	0,466	0,466
200	0,900	0,600	0,540	0,590	0,632	0,471	0,460
300	"	0,850	0,660	0,635	0,668	0,480	0,465
500	"	1,350	0,900	0,725	0,740	0,500	0,475
800	"	2,100	1,267	0,860	0,848	0,530	0,490
1,000	"	2,600	1,500	0,950	0,920	0,550	0,500

Il résulte de ce tableau :

1° Qu'à la distance de 100 mètres, le camion trainé par des hommes est préférable à la brouette, et qu'il commence à le devenir dès qu'on dépasse la distance de 50 mètres.

2° Que les tombereaux trainés par des chevaux deviennent préférables aux camions trainés par des hommes à la distance de 160 mètres seulement. A cette même distance, la locomotive elle-même, sur voies définitives, devient préférable au tombereau pourvu, toutefois, que le cube à enlever soit de 20,000 mètres au moins.

3° Qu'à une distance de 300 mètres, le cube à enlever étant d'au moins 10,000 mètres, l'usage des waggons trainés par des chevaux sur voies provisoires devient plus économique que celui des tombereaux.

4° Que la locomotive sur voies provisoires ne doit remplacer les chevaux qu'à la distance de 6 à 700 mètres.

Les calculs de M. Brabant ont été faits dans la supposition de waggons portant 2 mètres cubes, et du prix de 12 fr. pour tombereau attelé de deux chevaux. Le temps perdu à la charge et à la décharge étant de quinze minutes, et les deux chevaux pouvant traîner 0,6666... en parcourant 30,000 mètres par jour.

Nous donnons aux documents les formules de M. Brabant, accompagnées de renseignements fort intéressants sur l'usure des rails employés pour les terrassements.

Les limites indiquées plus haut n'ont rien de bien absolu, parce que les circonstances, et notamment les frais d'établissement résultant de l'adoption d'un mode de transport quelconque, obligent à ne faire, sous ce rapport, que le moins de changements possible.

C'est ainsi que, lorsqu'on veut faire usage des locomotives pour des transports à grande distance, on commence souvent à s'en servir à de très-faibles distances, auxquelles leur emploi est onéreux, parce qu'il serait encore plus onéreux de monter un service de chevaux qu'il faudrait faire disparaître très-peu de temps après.

En général, pour obtenir un minimum dans les dépenses, il faut, quand les modes de transport offrent de l'incertitude sous le rapport des dépenses, ne les entreprendre qu'après s'être éclairé au

moyen d'estimations différentes, toutes suivant les modes de transport jugés les plus économiques.

Les plus grandes tranchées connues sont : la tranchée de Tring sur le chemin de Birmingham, cubant 1,400,000 mètres; celle de Gadelbach sur le chemin d'Ulm à Augsburg, cubant 1,000,000 de mètres; celle de Tabatsofen, qui a fourni 860,000 mètres cubes de déblai; la tranchée de Cowran, sur le chemin de Carlisle, dont on a extrait 700,000 mètres cubes; celle de Blisworth, sur le chemin de Birmingham, cubant 620,000 mètres; celle de Poincy, au chemin de Strasbourg, cubant 500,000 mètres, celle de Pont-sur-Yonne, au chemin de Lyon, cubant 470,000 mètres; et la tranchée de Clamart, sur le chemin de Versailles (rive gauche), dont le cube était de 400,000 mètres environ.

Tranchée de Clamart. — La figure 20 représente une coupe des travaux de la tranchée de Clamart. Après avoir percé le goule A en retroussant les terres, on a enlevé les terres en B et C sur une

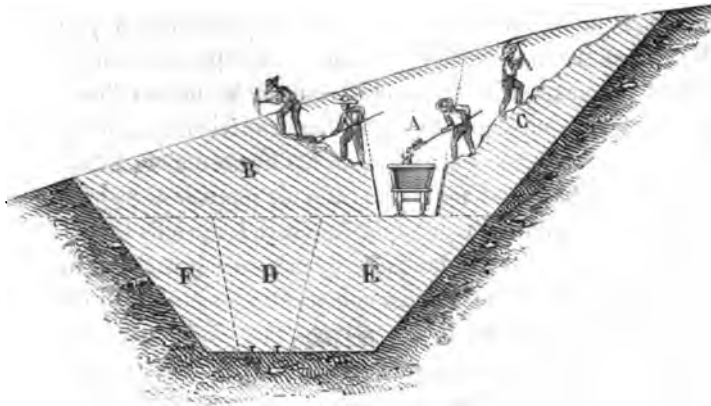


Fig. 20.

certaine longueur, puis on a ouvert le goulet D et enlevé les terres en F et en E. Le remblai a été fait en deux assises; on a descendu les terres de A, B et C au niveau supérieur du remblai au moyen d'un plan automoteur établi dans la tranchée, et du niveau supérieur du remblai à celui de la tranchée au moyen d'un second plan automoteur placé sur le remblai. On est parvenu à enlever, par une seule

extrémité de cette tranchée, à transporter à près d'une demi-lieue de distance et à décharger en remblai, près de 1,400 mètres cubes pendant les grands jours d'été.

Il est très-rare que l'on extraie un pareil cube par une seule extrémité, et l'on n'a atteint ce chiffre à la tranchée de Clamart qu'en employant des moyens excessivement coûteux; on trouvera dans les documents du *Portefeuille* le cube moyen fait dans les tranchées du chemin de Mulhouse, avec le nombre de points de décharge.

En général, on ne dépasse guère la moyenne de 800 mètres cubes par jour, en sorte qu'une tranchée cubant 400,000 mètres et pouvant être attaquée en même temps aux deux extrémités, n'exigerait pas plus d'une campagne pour son complet achèvement, même sans effectuer de dépôts, tandis que les travaux pour ouvrir la seconde et la troisième des tranchées dont nous venons de parler ont duré plusieurs années.

Tranchée de Pont-sur-Yonne. — La figure 21 représente le profil en long et le plan du terrain dans lequel la tranchée de Pont-sur-Yonne a été ouverte en quatre cent quatre-vingts jours par MM. Parent et Schaken. La ligne *a, a' b*, est le profil du chemin. La profondeur maxima de la tranchée étant de 20 mètres, les travaux ont été exécutés sur deux étages. L'étage supérieur des déblais est indiqué dans le profil par des hachures horizontales; l'étage inférieur par des hachures inclinées. Afin de pouvoir transporter les déblais provenant de l'étage supérieur entre les profils 62 et 76 sur le remblai de gauche (hachures verticales), il fallut élever un remblai provisoire de 8,000 mètres cubes entre les profils 56 et 62. La tranchée a été attaquée à la fois en cinq points différents *c d e f* et *g*. Les terres extraites ont donc d'abord servi à former le remblai auxiliaire, puis l'excédant a été porté sur le remblai d'aval *a* par un chemin de fer *d K r* que l'on a établi en grande partie dans les anciens fossés de la ville, qui suivaient cette direction et qu'il a suffi d'agrandir. Les terres extraites en *c* et en *e* ont été directement emmenées sur le remblai *a*; néanmoins une partie des terres provenant du chantier *e* a été retroussée à la brouette en *D*.

Les terres extraites en *f* et en *g* ont été portées sur le remblai d'amont *b*, celles du chantier *g* en suivant l'axe du chemin, celles

du chantier *f* en passant par un chemin de fer *f h i*, établi sur le flanc du coteau à gauche du chemin, entre les profils 85 et 89 et dans un petit souterrain auxiliaire de 45 mètres de longueur (entre les profils 84 et 85), et reliant l'axe du chemin avec la tranchée auxiliaire des profils 85 et 89.

Le remblai *a* a été exécuté en deux assises, afin qu'il conservât assez de largeur à la crête pour recevoir quatre voies nécessaires au déchargement des déblais provenant des chantiers *c d* et *e*. Le remblai *b*, par contre, ne recevant que les terres des deux chantiers *f* et *g*, a pu être élevé en une seule couche; néanmoins il a fallu porter une partie des terres en dépôt *D'*. Ce dépôt a été exécuté au waggon.

Le cube maximum de terre fouillée et enlevée a été de 2,850 mètres en un jour; la distance moyenne de transport était de 1,800 mètres, la distance maxima de 3,500 mètres.

Tranchée du Dockemberg. — La tranchée du Dockemberg au chemin de Mulhouse est curieuse en ce qu'un cube considérable, déposé dans le haut de la tranchée, a été transporté sur des voies spéciales dans des waggonnets à quatre roues, l'attaque ayant lieu

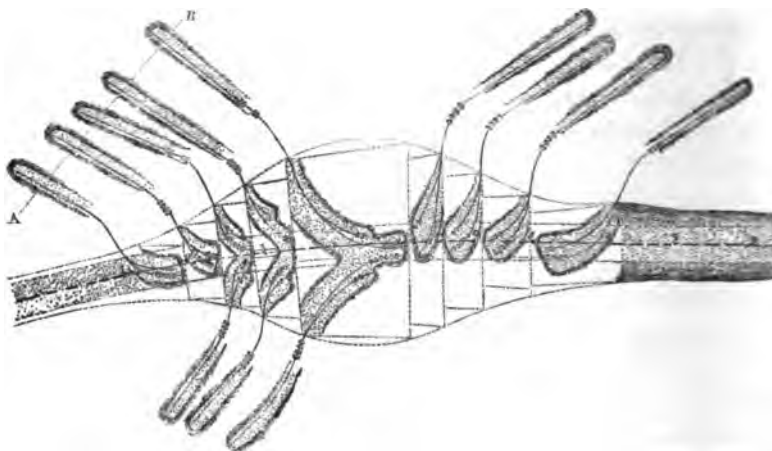


Fig. 22

sur quatorze points différents. La figure 22 représente la disposition du chantier.

Tranchée de Charmoille. — A la tranchée de Charmoille (chemin de Mulhouse), le terrain étant du côté de Mulhouse très-abrupt, ainsi que l'indique la figure 23, il n'eût pas été possible d'établir des voies de transport à deux étages différents. La voie de l'étage supérieur, en la supposant à une hauteur raisonnable au-

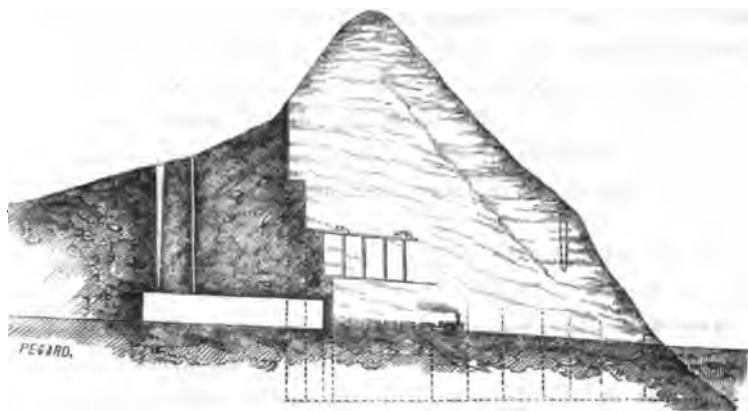


Fig. 23.

dessus de l'étage inférieur, eût été forcément posée avec une inclinaison beaucoup trop forte.

Voulant toutefois opérer avec une certaine rapidité, on a percé, comme l'indique la figure, un puits et une galerie. La galerie a été poussée du côté de Mulhouse jusqu'au jour. Les déblais provenant de la partie supérieure de la tranchée, jetés dans le puits, tombaient dans un waggon placé au fond, ce puits faisant ainsi office de trémie ou d'entonnoir; les waggons marchaient vers le point de décharge en suivant la galerie.

Inclinaison des talus. — Les talus des tranchées se soutiennent sous des angles qui varient suivant la nature du terrain¹. On en diminue l'inclinaison, soit en les recouvrant de perrés ou murs en pierres sèches, soit en les soutenant par des murs en maçonnerie. Les murs en maçonnerie ne sont guère employés qu'à la traversée des villes où le terrain est très-coûteux. Dans certains terrains ébou-

¹ Les angles pour les différentes natures de terrains sont indiqués dans l'ouvrage de M. Minard, intitulé : *Sur les ouvrages qui établissent la navigation des rivières et des canaux*.

leux, les talus ne se soutiennent sous aucun angle, et, si on ne prend certaines précautions, ils s'éboulent inopinément et recouvrent les voies. Cet accident est un des plus graves que présente la construction des chemins de fer. Il est à redouter surtout dans les terrains qui renferment des couches glaiseuses intercalées dans des couches perméables. Dans ces circonstances, l'eau qui traverse les terrains perméables forme une nappe au-dessus de la glaise imperméable, et la surface mouillée devient lisse et savonneuse. Si cette surface est fortement inclinée, les terres du talus d'amont glissent. Le mouvement, une fois commencé, s'étend à de très-grandes distances, et l'on est souvent obligé d'abandonner le tracé et de changer la direction du chemin ; c'est ce qui est arrivé au chemin d'Orléans pour la tranchée d'Ablon, et au chemin de Strasbourg pour celles de Voussy et de Champigneulle.

Assèchement des tranchées. — On a cherché à prévenir les glissements en desséchant les couches glaiseuses, en donnant une faible inclinaison au talus d'amont et en soutenant le pied de ce talus. Les figures 24, 25 et 26 représentent les travaux exécutés sur divers chemins de fer pour parvenir à ce résultat.

Pierrée en amont. — La pierrée, ou canal rempli de pierres concassées (fig. 24), retient toutes les eaux venant d'amont qui pour-

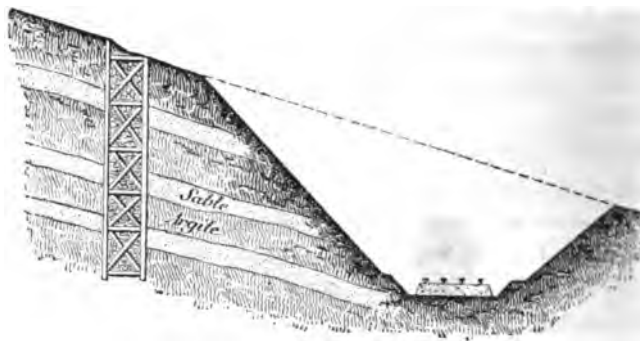


Fig. 24

raient attaquer le talus. Ces eaux s'écoulent par les extrémités de la pierrée. Nous examinerons plus loin jusqu'à quel point ce procédé est avantageux.

Mur en pierres sèches. — Le mur en pierres sèches M (fig. 25) soutient le talus, tout en laissant filtrer les eaux qui descendent vers le fossé. Il s'appuie sur la banquette *b*, et, de distance en distance, le pied du talus est consolidé par de petites voûtes V.

Le mur en pierres sèches M (fig. 26), renforcé par des contre-forts également en pierres sèches, soutient le pied du talus et laisse filtrer les eaux. — Toute la partie du talus qui se compose de glaise a une inclinaison très-faible de trois de base sur un de hauteur; il est, en outre, protégé par une couche de bonne terre gazonnée avec soin.

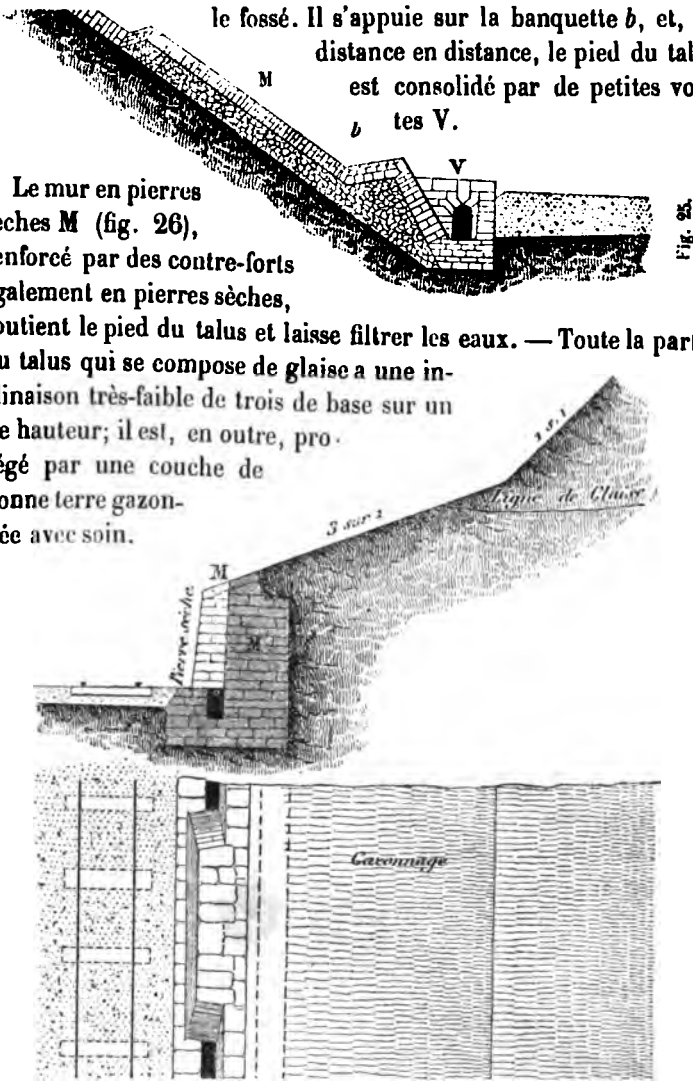


Fig. 26.

Ces différents moyens sont extrêmement coûteux, et leur emploi

posé les résultats dans un Mémoire inédit qu'il a bien voulu nous communiquer. Les paragraphes suivants sont extraits de ce Mémoire.

Les transports par les moyens ordinaires, la brouette et le tombereau, n'exigeant que des frais d'établissement peu élevés, et qu'un matériel susceptible d'être employé sur tous les chantiers et même pour les usages les plus divers, il en résulte que les prix à appliquer sont toujours sensiblement les mêmes, quelles que soient les quantités à transporter.

Il n'en est pas de même pour les transports en waggon sur voies provisoires, parce qu'ils exigent des frais d'établissement considérables, qui sont bien loin de croître dans le rapport du volume transporté, et dans lesquels on ne peut rentrer qu'avec des cubes d'une certaine importance.

Il suit de là que, plus les volumes à transporter sont faibles, plus les prix de transport sont élevés, et que, par suite, à moins d'avoir un matériel sur place, les transports par voies provisoires cessent d'être praticables pour des cubes qui n'atteignent pas au moins 25,000 mètres.

D'un autre côté, il y a, avec les transports au waggon, à la charge et à la décharge, des frais de remaniement et diverses mains-d'œuvre qui n'existent pas pour les autres modes de transport, et qui s'élèvent de 20 à 25 centimes par mètre cube. A cette dépense il faut ajouter celle des waggon, des changements de voies et quelquefois d'autres appareils dont on a besoin sur les points de chargement et de déchargement. Tous ces frais étant indépendants des distances parcourues, il s'ensuit que, pour de faibles distances, les transports au waggon coûtent plus que ceux au tombereau.

Les distances minima, variables suivant les volumes à transporter, peuvent descendre pour des cubes de 25,000 mètres à 500 mètres, et pour des cubes de 100,000 mètres à 500 mètres.

Quoi qu'il en soit, il arrive souvent que les transports au tombereau étant impraticables, soit à cause de la nature ou de la position du sol, soit à cause de la saison, on est conduit à avoir recours au transport au waggon pour des volumes et pour des distances fort

au-dessous de celles qui sont indiquées ci-dessus comme un minimum.

Il suit de la multiplicité des éléments qui doivent entrer dans le calcul des transports au waggon, dans différents cas, et de la complexité de quelques-uns, que les formules ne peuvent être rigoureusement établies que pour des cas spéciaux et qu'après une estimation préalable des frais de toute espèce, et notamment de ceux de matériel, pose de voies, dépose et repose, etc.

Aussi les formules employées par plusieurs ingénieurs placés dans des conditions diverses ne sont-elles pas exactement semblables. Néanmoins les différences ne sont pas tellement grandes, que M. Brabant n'ait jugé utile de prendre la moyenne des résultats que lui ont fournis trois de ces formules, pour déterminer, au moins par approximation, les cubes et les distances moyennes pour lesquels les différents modes de transport deviennent avantageux.

Le tableau suivant est extrait d'un tableau beaucoup plus complet qu'il a donné.

DÉPENSE POUR LE TRANSPORT D'UN MÈTRE CUBE DE TERRE OU DE BALLAST, PESANT ENVIRON 1,600 KILOGRAMMES.

A UNE DISTANCE DE	A LA BROUETTE.	SUR TERRAIN NATUREL.		SUR VOIES PROVISOIRES.		SUR VOIES DÉFINITIVES.	
		sur CAMION	sur TOMBERFAU	AU WAGON		CUBE DE 20 000 ^m au wagon trainé par des locomotives.	
		trainé par des hommes.	trainé par des chevaux.	trainé par des chevaux au pas.	trainé par des locomotives, vitesse de 12 kilomètres à l'heure.	Tout compris.	Dépense des voies non comprise.
		m.	m.	m.	m.	m.	m.
50	0,225	0,225	"	"	"	"	"
100	0,450	0,350	0,420	0,515	0,596	0,460	0,455
140	0,630	0,450	0,468	0,563	0,610	0,464	0,457
160	0,720	0,500	0,492	0,572	0,618	0,466	0,456
200	0,900	0,600	0,540	0,590	0,632	0,471	0,460
300	"	0,850	0,660	0,635	0,668	0,480	0,465
500	"	1,350	0,900	0,725	0,740	0,500	0,475
800	"	2,100	1,267	0,860	0,848	0,530	0,490
1,000	"	2,600	1,500	0,950	0,920	0,550	0,500

ment, on établit une pierrée pour chacun d'eux (figure 30).

Le fossé et le pied du talus sont revêtus en moellons; au-dessus, ce talus est taillé par redans, et recouvert d'une couche de terre bien damée et protégée par un semis. Le fond des redans doit être réglé



Fig. 50.

avec pentes longitudinales, et leurs points bas, qui ordinairement correspondent à ceux des pierrées, sont

mis en communication avec le fossé.

Au chemin de Mulhouse, M. Masson, ingénieur ordinaire, a remplacé, dans la tranchée de Beaulieu et de Chiffard, près de Rosoy et Faye-Billot, les briques formant le radier des rigoles ou caniveaux de M. Sazilly par des tuiles creuses (fig. 31 et 32); quelquefois par des tuyaux de drainage (fig. 33). Les tuiles creuses, suivant

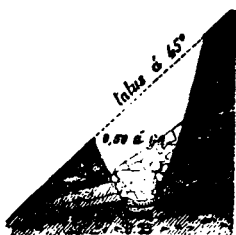


Fig. 31.



Fig. 32.



Fig. 33.

M. Masson, diminuent le nombre des joints ainsi que la consommation de mortier et sont plus faciles à placer.

Méthode des collecteurs. — Au chemin de Blesmes à Gray, dans un terrain marneux où l'eau se manifestait à peu près sur tous les points, M. Ledru, ingénieur principal, a desséché les talus et la chaussée à l'aide d'un ensemble de tubes de drainage dont la disposition est indiquée figure 34.

Les tuyaux T sont logés dans les fossés de 1 mètre à 1^m,20 de

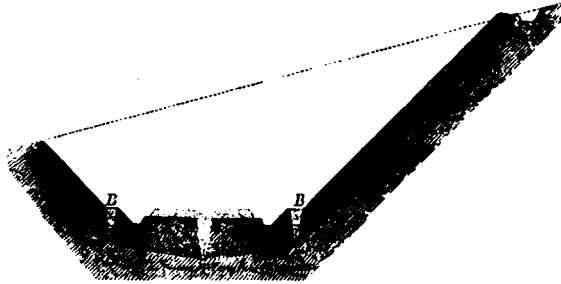


Fig. 31.

profondeur environ (fig. 55), pratiqués sur le talus et espacés de 3 mètres à 6 mètres, suivant la nature du terrain.

Ces tuyaux, que M. Ledru appelle *collecteurs de talus*, se dégorgent dans des collecteurs T', dits *collecteurs latéraux*, placés sous les petites banquettes B, dont la surface est au niveau du rail, et qui communiquent avec un collecteur central T'' au moyen de drains transversaux espacés de 10 mètres à 20 mètres.



Fig. 55.

Les drains de talus sont généralement posés sur ce talus en écharpe. Ce n'est que dans de très-mauvais terrains et dans ceux qui avaient subi des commencements de glissement qu'ils ont été placés suivant les lignes de plus grande pente.

Le terrain mouillé ne descendant pas jusqu'au pied du talus, les drains de talus n'ont été posés que sur la partie mouillée, et se sont dégorgés, soit à l'air libre, soit dans des drains longitudinaux établis sur le talus à 0^m,30 au moins au-dessous du plan de séparation de deux terrains perméable et imperméable. Les drains longitudinaux versent leurs eaux dans les fossés de la chaussée.

Le terrain perméable enfin se trouvant dans la partie inférieure du talus, tandis que la partie supérieure est composée de couches imperméables, on le dessèche à l'aide de collecteurs de talus se

dégageant, comme dans le premier cas, dans des collecteurs latéraux qui versent les eaux dans un collecteur central.

On donne aux collecteurs la pente nécessaire à l'écoulement

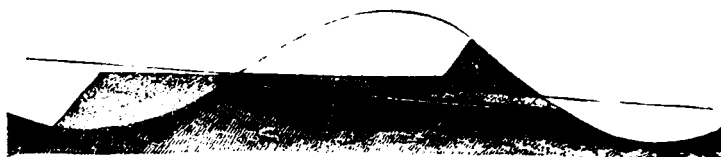


Fig. 36.

des eaux. La figure 36 indique la coupe longitudinale d'un collecteur central définitif.

Méthode Lalanne. — Au même chemin de Blesmes à Gray, on a appliqué un nouveau système de drainage qui avait été indiqué par M. Lalanne, ingénieur en chef, directeur des travaux au chemin de fer de l'Ouest (Suisse).

Ce système de drainage consiste à percer les talus de trous faits avec une tarière, et à y enfoncer une file de drains de 0^m,5 à 0^m,5 enfilés sur une perche en bois, que l'on retire ensuite avec précaution en laissant la file de drains dans le trou. Pour que ce chapelet de drains ne se disloque pas, les manchons qui garnissent les joints sont reliés entre eux par un fil de fer fixé (fig. 37) aux drains et

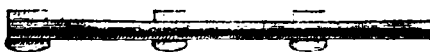


Fig. 37.

aux manchons extrêmes et simplement enroulé, sur les manchons intermédiaires.

Consolidation du Steinberg. — Nous croyons enfin utile de donner ici la description d'un travail assez intéressant exécuté sur le chemin de Metz à Forbach, pour maintenir la paroi d'amont d'une grande tranchée.

Ce chemin coupe entre Saint-Avold et Hombourg un mamelon

dit *Steinberg* (fig. 38), composé principalement de couches inclinées de sable et glaise reposant sur un banc de grès.



Fig. 38.

Le profil ci-contre (fig. 39) indique à peu près l'état de cette tranchée avant les derniers éboulements de novembre 1852.

Jusqu'à l'époque où ces éboulements ont commencé, le banc A n'avait jamais cédé et avait toujours été considéré comme une base solide. Le revêtement en partie maçonné du fossé avait été exécuté non pour retenir ce banc,

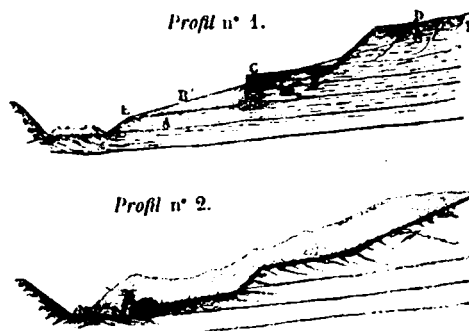


Fig. 39.

mais simplement pour le garantir de l'érosion. La partie B' du banc B avait descendu pendant la construction en glissant sur le banc A, et la partie restante avait été arrêtée par le contre-fort C. Enfin, les couches C avaient été revêtues d'un perré encaissé dans les bancs B.

Tous ces travaux avaient été exécutés dans la supposition que le banc A, qui n'avait jamais bougé, resterait en repos.

Mais cependant ce banc a glissé; le radier s'est soulevé. Par suite, le contre-fort C s'est lézardé et a menacé de descendre à son tour. Des crevasses se sont faites également en D et ont poussé le perré G.

Sous l'action des pluies de novembre 1852, le mouvement a augmenté : 50,000 mètres cubes de terre ou de roche se sont déplacés en glissant sur une veine d'argile jusqu'au delà de l'axe du chemin. Dans les premiers jours de janvier 1853, la même masse a fait un nouveau mouvement et s'est avancée de manière à encombrer complètement la tranchée sur une longueur de 55 mètres.

On a alors, pour ne pas arrêter la circulation, établi une voie auxiliaire contournant le coteau; interrompu, aussi bien que possible, le passage aux eaux de surface qui venaient délayer les terres de l'éboulement, en creusant des rigoles imperméables jusqu'à 200 mètres de la tranchée parallèlement à l'axe; retiré une partie des terres de l'éboulement, décapé sur une grande profondeur les bancs supérieurs qui pesaient sur le banc A, et soutenu ce banc par un gros mur en pierres sèches M percé d'un aqueduc, et représenté dans le profil n° 2.

On a d'autant moins balancé à enlever la masse en mouvement, qu'on pouvait utiliser les terres qui la composaient pour consolider les remblais à l'est et à l'ouest du Steinberg.

On avait pensé que l'on pourrait faire ces déblais conformément à la ligne EF du profil n° 1; mais, en cours d'exécution, on enleva les terres conformément au n° 2, qui indique la situation actuelle.

Dans un petit nombre de cas, les travaux d'assainissement ou de soutènement des talus devenant par trop dispendieux et même quelquefois impossibles, il vaut mieux modifier la voie. C'est ce qui est arrivé pour la tranchée de Champigneulle, sur le chemin de Strasbourg, près Nancy.

Nous avons passé sommairement en revue les différents procédés pour l'assainissement des talus. Avant d'apprécier leurs avantages et leurs inconvénients respectifs, avant de faire connaître dans quels

cas chacun de ces procédés doit être plus particulièrement appliqué, nous entrerons dans de nouveaux détails sur le procédé Sazilly, et sur celui que M. de Regel a employé pour consolider les talus de la tranchée de Soultz.

M. Bruère, conducteur des ponts et chaussées très-expérimenté, longtemps associé aux travaux de M. Sazilly, et employé aujourd'hui par la Compagnie de l'Est, nous a fourni sur l'emploi du procédé de cet ingénieur de nombreux renseignements que nous avons reproduits en entier dans le *Portefeuille*. On en lira avec intérêt l'extrait que nous en donnons plus loin.

Quant au second procédé, il a été appliqué à plusieurs tranchées du chemin de Mulhouse par MM. Daigremont et Marsillon. Nous compléterons la description que nous en avons donnée par d'importants emprunts faits à un rapport de M. Daigremont sur les travaux qu'il a exécutés.

Ce qui suit est extrait du mémoire de M. Bruère :

Détermination des bancs de suintement. — « Avant de commencer les travaux d'assainissement d'une tranchée, il est très-important de connaître d'avance tous les bancs de suintement.

« Les recherches auxquelles on doit se livrer pour cet objet sont bien moins difficiles qu'on le suppose généralement : il suffit pour cela de faire des remarques à l'ouverture des cunettes ; car c'est alors que les eaux intérieures de filtration sont les plus abondantes ; et, comme la quantité d'eau est alors trop grande pour que l'air l'absorbe tout entière à sa sortie, il est facile de noter tous les endroits où l'on voit l'eau apparaître. En agissant de cette manière, on sera certain de savoir plus tard, après le règlement des talus, où se trouvent les bancs de suintement lorsqu'il s'agira de recueillir les eaux intérieures de filtration. Il n'est pas nécessaire de suivre alors les suintements dans tout leur développement lorsqu'on fait des recherches ; quand on a reconnu un endroit où l'eau sort, on doit être à peu près certain que toute la couche de terrain de même nature et de même nuance, qui a la même disposition, est elle-même un banc de suintement.

« Quand on n'a pas pu étudier la position des bancs de suintement à l'ouverture des cunettes, ou généralement pendant le dé-

blai des tranchées, on doit observer les talus le matin au lever du soleil ; l'air calme et froid de la nuit a absorbé peu d'eau et les bancs de suintement sont alors très-faciles à reconnaître. Dans les cas douteux, on fait bien de répandre du sable ou mieux de la cendre sur les talus ; la nuance plus foncée que prennent ces deux matières au contact de l'humidité décele toujours un banc de suintement.

« Ici se présente l'occasion de faire une remarque très-importante : il arrive quelquefois à ceux qui n'ont pas l'habitude de faire des recherches de suintement de se méprendre sur l'endroit exact où les eaux souterraines sortent à la surface des talus ; ces eaux, avant d'en atteindre tout à fait la surface extérieure, peuvent descendre dans les fentes nombreuses que la sécheresse a produites dans la couche inférieure argileuse, de sorte que l'eau se montre beaucoup plus bas que le banc de suintement par où elle se dirige (fig. 40).



Fig. 40.

« Pour éviter aux autres cette cause d'erreur, je conseillerai ce que je fais toujours moi-même : il faut enlever sur la surface du talus où on soupçonne un suintement toutes les terres désagrégées par l'humidité et par la sécheresse. On sera certain de sa-

voir ensuite exactement quelle est la couche de terrain qui donne passage à l'eau.

« Quand les eaux paraissent à la surface du talus en assez grande quantité, on reconnaît aisément quel est le terrain qui leur donne passage lorsqu'on observe ces talus pendant le jour quand le soleil donne le plus de chaleur. Il arrive alors que la surface du talus devient tout à fait sèche à l'exception des endroits où l'eau sort naturellement. Il est un fait assez curieux que j'ai eu très-souvent l'occasion de remarquer : des surfaces de talus argileux réglés depuis longtemps n'offraient à la température ordinaire aucun symptôme d'humidité. Or il arrivait que, par les grandes chaleurs, lorsque le soleil échauffait le plus fortement la terre, il se dessinait

des zones distinctes où se manifestait une humidité assez abondante. Ces traces d'humidité décèlent toujours des bancs de suintement.

« Les suintements sont encore très-faciles à reconnaître dans les petites tranchées de 0^m,80 environ de largeur ouvertes perpendiculairement à l'axe pour le règlement des talus; l'air, y circulant difficilement, ne peut absorber que peu d'humidité par les eaux intérieures.

« J'ai parlé d'une espèce de bancs de suintement entre deux couches argileuses homogènes; ils ont généralement une faible épaisseur de 1 à 2 centimètres, et se reconnaissent à la main. Quand une fois on a trouvé un point de leur direction, on peut facilement glisser le doigt sur toute leur longueur entre les deux couches argileuses qui sont généralement très-compactes; on en retire une matière bourbeuse très-molle, qui a souvent beaucoup d'analogie avec les terrains des couches supérieures. Des suintements de cette espèce se voient aujourd'hui à la tranchée de Briel (ligne de Mulhouse); j'en ai vu un assez grand nombre aux tranchées de Soultz et de Nourbourg (ligne de Wissembourg); mais les plus remarquables que j'aie vus jusqu'à ce jour existent à la tranchée du versant méridional de l'Indre, près de Tours (chemin de Tours à Bordeaux). Lorsque j'ai été chargé de la consolidation des talus de cette tranchée, ces suintements avaient déjà produit des éboulements considérables.

« A l'époque des dégels, les eaux provenant de la fonte des neiges et des pluies ne peuvent pénétrer sur la première couche de terrain imperméable que lorsque le sol est complètement dégelé, de sorte que ces eaux, trouvant naturellement une issue dans les tranchées, paraissent à la surface des talus souvent bien au-dessus du premier banc de suintement ordinaire; elles se montrent le plus abondamment de 0^m,40 à 0^m,50 au-dessous de la partie supérieure du sol (fig. 41).

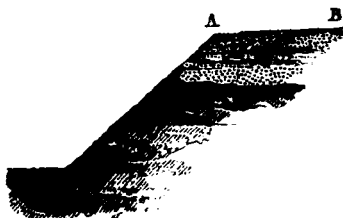


Fig. 41.

« Quand une tranchée est ouverte dans l'emplacement d'une forêt, les racines des arbres abattus de chaque côté de la tranchée produisent à leurs extrémités une grande quantité d'eau qui, sans elles, se serait écoulee à la surface du sol. Cette remarque est d'autant plus importante, que la quantité d'eau qu'elles introduisent dans les terres est très-considérable à l'époque des dégels et des fortes pluies. C'est à la présence de ces racines qu'il faudra attribuer l'abondance des eaux dans la partie supérieure des talus de la tranchée de Briel (ligne de Mulhouse). La plus grande partie des éboulements qui se sont produits à la tranchée de Strohübel (ligne de Wissembourg) n'a pas eu d'autre cause que la présence des racines.

« La conservation des talus sera assurée quand on aura pris les dispositions nécessaires pour les préserver des eaux intérieures et des influences atmosphériques.

Caniveaux d'assainissement. — « Pour prévenir les effets des eaux intérieures, il suffit de les recueillir de manière qu'elles ne soient jamais soumises à l'action des gelées, et qu'elles ne s'écoulent que le moins possible à la surface des terres argileuses.

« Les caniveaux d'assainissement remplissent complètement ce but ; le principe sur lequel on s'appuie pour leur construction est excessivement simple : les caniveaux consistent dans une certaine quantité de matières perméables appliquées contre les couches

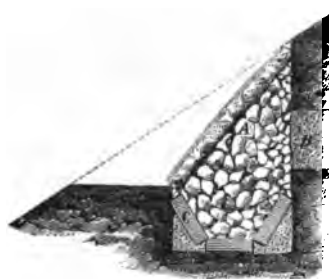


Fig. 42.

perméables naturelles qui donnent passage aux eaux de filtration, et en une rigole en maçonnerie de briques établie au-dessous pour recueillir les eaux et les diriger dans les contre-fossés du chemin de fer (fig. 42).

« Afin de préserver la surface des talus des effets de la sécheresse et des pluies, et particulièrement des gelées, il faut les recouvrir d'une cou-

che de terres pilonnées de manière qu'elles ne soient soumises qu'au moindre tassement possible ; les terres servant aux recouvrements doivent être choisies parmi celles qui ne sont point sujettes

à devenir fluentes au contact de l'eau ; elles doivent être pilonnées partout avec le même soin et avec la même force, de sorte que ces recouvrements deviennent aussi compactes que possible au point de devenir imperméables eux-mêmes.

« Les eaux de pluie, en descendant sur des talus d'une hauteur un peu considérable, ravineront ces talus vers leur base et seraient la cause de dégradations plus ou moins importantes si on ne prenait pas la précaution de diminuer le volume et la vitesse des eaux pluviales. C'est pour cela qu'il est nécessaire d'établir de distance en distance des banquettes étagées destinées à recevoir les eaux qui descendent à la surface des talus.

« Pour le prompt écoulement des eaux de pluie sur les banquettes, il devient indispensable de les disposer de manière qu'elles aient une pente transversale qui soit autant que possible opposée à celle des talus, et une pente longitudinale suffisante pour que les eaux soient concentrées dans un assez petit espace et qu'elles puissent s'écouler promptement vers les points les plus bas donnés par les pentes longitudinales.

« A la jonction inférieure de deux pentes opposées, on est alors obligé de construire des cuvettes en maçonnerie par lesquelles les eaux reçues par les banquettes s'écoulent directement dans les contre-fossés du chemin de fer.

« Pour que les eaux qui s'écoulent dans les fossés des tranchées argileuses ou sablonneuses ne dégradent pas la base du talus, il est nécessaire de perreyer ces fossés. Dans les tranchées argileuses, il suffit de perreyer le fond du fossé et le talus opposé à la voie ; l'autre talus peut être simplement gazonné à plat.

« Malgré tout le soin avec lequel on aura fait choix des terres destinées aux revêtements du talus, et quoique ces revêtements soient très-bien pilonnés, on ne parviendra jamais à le rendre complètement imperméable ; les eaux qu'il contiendra aux dégels, celles provenant des fortes pluies, pénétreront donc les recouvrements sur toute leur épaisseur, en faible quantité il est vrai, mais assez cependant pour que celles qui parviendront au pied des talus ramollissent les terres rapportées et fassent perdre aux revêtements toute leur solidité. C'est pour cette raison que, depuis quelques an-

nées, j'ai l'habitude d'établir au pied des talus un caniveau destiné à recueillir les eaux qui s'écoulent entre le terrain naturel et les terres du revêtement (fig. 43).

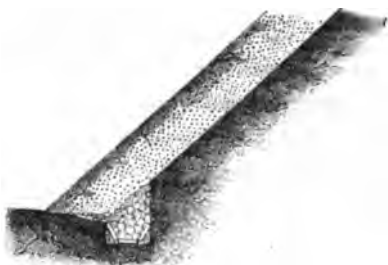


Fig. 43.

Assèchement d'un terrain sablonneux. — « Les dispositions décrites ci-dessus doivent être modifiées quand il s'agit d'assainir un terrain sablonneux où il y a beaucoup d'eau, par conséquent où le sable est très-mouvant, ou quand la hauteur du suintement est très-considérable;

c'est ce qu'on appelle un suintement général.

« On doit ici, comme je l'ai déjà dit, établir le caniveau sur un terrain solide. Comme le gravier que l'on poserait sur le sable ne tarderait pas à devenir inutile par son introduction dans une masse trop mouvante, il est nécessaire de l'envelopper dans des branches fines et serrées alentour. Les fascines (fig. 44), liées très-solide-ment, sont ensuite placées sur le talus, comme je le dirai tout à l'heure.

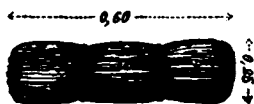


Fig. 44.

« Les branches de genêt et de bouleau sont d'un bon usage pour la fabrication des fascines de gravier (fig. 45).

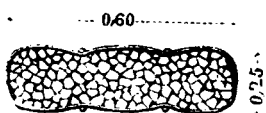


Fig. 45.

« L'établissement d'un filtre en fascines est sans contredit le travail le plus délicat et le plus difficile qui se puisse rencontrer dans l'assainissement du talus.

« Aussitôt après le règlement des talus, après avoir préparé tous les matériaux nécessaires, on place les fascines en commençant par le haut, de manière qu'on ne soit jamais incommodé par le sable, qui est toujours entraîné par les eaux.

« On commence donc par pratiquer un redan A, et l'on pose immédiatement, comme il est indiqué au croquis figure 46, la fascine A'. Ensuite un ouvrier ouvre un deuxième redan, B où la fas-

cine B' est aussitôt placée. Le travail étant continué ainsi jusqu'au bas du suintement, les fascines sont ensuite recouvertes de 0^m,10 de gravier, et le talus représente en profil la forme indiquée à la figure 46.

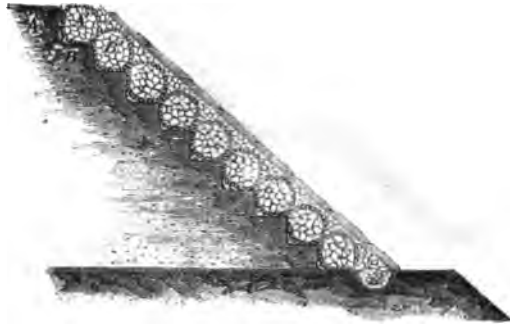


Fig. 46.

« Il ne reste plus qu'à faire sur le tout un gazonnement à plat de 0^m,10 d'épaisseur ; et, pourvu que les fascines soient bien serrées les unes

contre les autres, qu'elles soient placées à joints recouverts, il n'est plus à craindre qu'il survienne des éboulements. On sera peut-être obligé de temps en temps de nettoyer le caniveau obstrué par le sable qui sera entraîné par les eaux pendant les premiers jours ; mais ce sera un travail facile si on a pris la précaution de ne remplir le caniveau avec le caillou et de ne recouvrir le talus que plusieurs jours après l'établissement du filtre en fascines.

« Un recouvrement en terre végétale, fait comme il sera dit plus tard, serait très-convenable, mais le plus souvent un simple répan-dage de 0^m,15 de terre végétale est bien suffisant.

« Il arrive quelquefois que des suintements de cette nature ont une étendue moins considérable, et qu'il n'en faut cependant pas moins de précautions pour les consolider.

« A la tranchée de Sourbourg (ligne de Wissembourg), la partie supérieure de la première couche argileuse présentait dans quelques endroits une dépression considérable. Une grande quantité d'eau suintait du talus après avoir traversé un banc de sable pur de 0^m,80 de hauteur environ. Malgré toute la promptitude avec laquelle on avait réglé le talus pour le consolider immédiatement, on n'a cependant pas pu empêcher la production de petits éboulements. L'eau entraînait le sable avec une telle abondance, qu'il a

été nécessaire de faire usage de fascines pour l'assainissement du talus. La figure 47 peut donner une idée assez exacte du travail qui vient d'être expliqué.

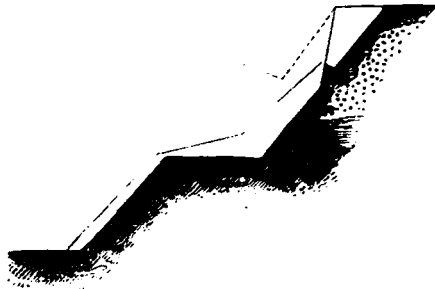


Fig. 47.

Revêtement des talus.

— « Les revêtements de talus peuvent être faits en maçonnerie de pierres sèches, en gazon ou en terre végétale : les derniers sont bien préférables aux autres.

Ils sont plus économiques, et, quand ils sont bien faits, ils garantissent mieux les talus contre les effets de la pluie et du dégel.

Banquettes. — « Les banquettes doivent être étagées et de 3 à 4 mètres de distance verticale les unes des autres, suivant que l'inclinaison des talus est plus ou moins considérable.

« Pour que les banquettes ne puissent pas se dégrader par le passage des eaux, on doit autant que possible les recouvrir de gazon.

Cuvettes. — « Les cuvettes se font en gazon par assises, ou en maçonnerie.

« Les cuvettes en maçonnerie sont bien préférables aux cuvettes en gazon, elles coûtent beaucoup plus cher, mais elles sont beaucoup plus solides et n'exigent pas d'entretien.

« Elles doivent être maçonnées avec du mortier de chaux hydraulique et jointoyées avec du ciment de tuileaux. »

Dans certaines tranchées du chemin de Mulhouse, les cuvettes en maçonnerie ont été remplacées par des cuvettes en tuiles maçonnées qui sont moins coûteuses.

Au chemin de Strasbourg à Wissembourg, qui fait partie du réseau de l'Est, M. de Regel, ingénieur en chef, a appliqué avec un grand succès la méthode Sazilly au dessèchement des talus de plusieurs tranchées ; mais il a été conduit, dans la plupart des cas où les eaux entraînaient la couche de sable et produisaient de grands

éboulements avant qu'on ait pu établir les pierrées, à modifier le procédé en ce sens qu'il soutenait provisoirement le terrain au moyen de fascines remplies de gravier, qui servaient à le maintenir tout en donnant écoulement aux eaux.

Assèchement de la tranchée de Sultz. — En un certain point de ce chemin, à la tranchée de Sultz, une masse considérable de terrain reposant sur un banc incliné de glaise était entraînée par un grand courant souterrain dans la tranchée. La méthode Sazilly ne paraissait plus applicable, et l'on a employé, malgré la dépense, un procédé analogue à celui indiqué figure 24. Une petite tranchée auxiliaire fut ouverte parallèlement à l'axe du chemin (fig. 48), à

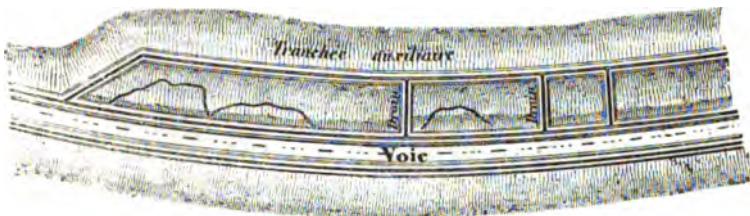


Fig. 48.

37 mètres de distance de celui-ci, et à 5 mètres au delà des fissures qui s'étaient manifestées dans le terrain. Cette tranchée fut poussée jusqu'à la couche imperméable, après avoir traversé plusieurs alternances de terres ordinaires et de glaises qui présentaient des bancs de suintement superposés. La coupe en long (fig. 49) représente la

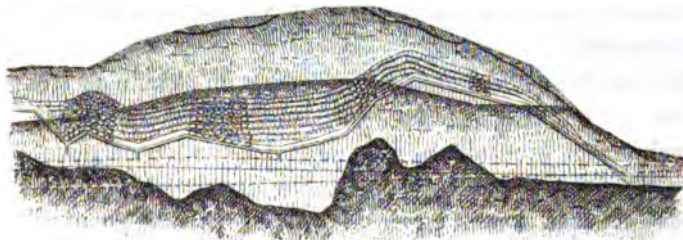


Fig. 49.

projection verticale de cette tranchée. Comme il s'agissait de donner

aux eaux un écoulement facile et constant, on suivit, pour le profil en long du fond de la tranchée, les ondulations générales de la couche de glaise, et l'on établit, à chacun des points bas les plus prononcés, un caniveau transversal ou drain qui devait amener dans le fossé du chemin de fer les eaux recueillies par la tranchée latérale.

Le fond de cette tranchée, dont la section (fig. 50) représente celle d'un prisme triangulaire, fut d'abord garni d'une couche de

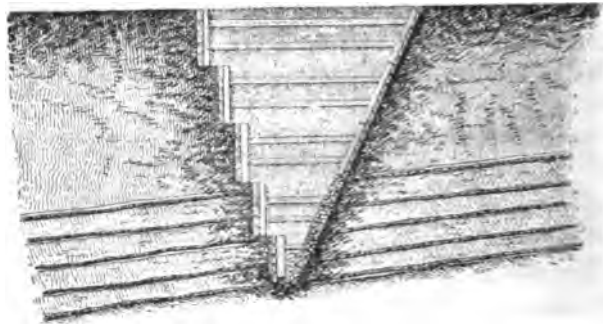


Fig. 50.

béton de 0^m,15 d'épaisseur, sur lequel on plaça trois briques à plat formant caniveau, puis on remplit le vide avec des moellons bruts et de petites pierres jusqu'à 1 mètre de hauteur; au-dessus de ce prisme, on éleva une sorte de mur en pierres sèches, tout le long des bancs de suintement que l'on avait traversés, en garnissant le tout d'une couche de mousse pour empêcher la terre de s'introduire dans le perré. Ce perré une fois terminé, on combla le vide de la tranchée en ayant soin de pilonner fortement les terres que l'on avait extraites.

La tranchée auxiliaire de dessèchement, au chemin de Wissembourg, n'a que 10 mètres de profondeur. S'il eût fallu ouvrir une tranchée plus profonde, le percement dans un terrain coulant en fût devenu excessivement coûteux. Sur certains chemins d'Allemagne et sur le chemin de fer de Lyon, on a ouvert en pareil cas des puits jusqu'au banc glaiseux, et relié ces puits par une galerie dans laquelle les eaux se réunissent et d'où elles s'écoulent par des galeries transversales.

En général, dans des circonstances de ce genre, il est bon de diminuer la profondeur de la tranchée en relevant le profil du chemin ; on évite ainsi d'attaquer plus profondément la couche de glaise et de déchausser le pied de la couche dont on avait à redouter les mouvements. C'est ce qu'on a fait au chemin de Wissembourg et en plusieurs points du chemin de Strasbourg.

M. Daigremont, ingénieur des ponts et chaussées, et M. Marsillon, ingénieur civil, ont employé, pour l'assainissement des talus de plusieurs tranchées du chemin de Mulhouse, des moyens qui se rapprochent beaucoup de ceux dont M. de Regel a fait usage à Soultz.

Nous empruntons le passage suivant à un rapport fort intéressant fait sur ces moyens à la Compagnie de l'Est, par M. Daigremont :

Description du système de consolidation adopté.— « Nous nous sommes arrêté, dit cet ingénieur, à un système déjà employé en Allemagne, et qui consiste à ouvrir une saignée étroite parallèle à la tranchée, et seulement du côté où les éboulements sont à craindre, et à recueillir les eaux de suintement au fond de cette saignée : nous allons indiquer comment on a réussi à rendre ce travail économique.

« Nous ferons d'abord remarquer que, si le terrain perméable s'arrête à la ligne *C D*, (fig. 51) on se contente de faire descendre la saignée un peu plus bas que cette ligne, et l'on peut alors considérer le prisme de terre

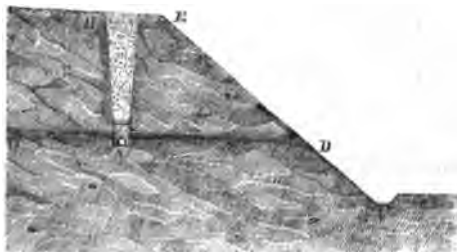


Fig. 51.

asséchée *A B D E* comme formant un mur de soutènement assis sur une base solide *C D* ; si la tranchée se compose de terrains perméables dans toute sa hauteur, il faut descendre un peu plus le fond de la saignée : nous verrons tout à l'heure comment nous avons été conduit à placer dans tous les cas des drains sous la plate-forme du

chemin de fer, comme le représente le croquis ci-contre, de sorte qu'en supposant la tranchée composée dans toute sa hauteur d'une argile perméable (il y a de ces argiles qui s'éboulent très-facile-

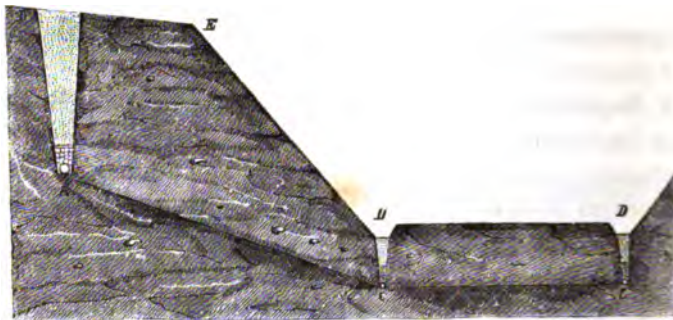


Fig. 52.

ment), le point A doit être descendu assez bas pour que le massif asséché A B C D E, reposant sur le plan incliné A C, et s'appuyant contre la partie solide C D C' D' puisse résister à la poussée des terres situées à gauche de A B (fig. 52).

Creusement des tranchées de drainage. — « Il peut se présenter deux cas dans le creusement des saignées parallèles aux tranchées : ou bien l'on y rencontre peu ou point d'eau, ou bien l'on y trouve des suintements abondants.

« Le premier cas se présente assez fréquemment et ne prouve pas que le travail soit inutile ; car on opère généralement pendant la saison sèche, et les terrains perméables peuvent alors être tout à fait exempts de l'eau qui les sature en hiver. Nous avons réussi dans cette circonstance à supprimer entièrement les blindages en remplaçant les saignées continues par une série de fosses oblongues A, A', A'', séparées par des massifs B, B', etc., d'environ 1^m.50 d'épaisseur : on perce ensuite ces massifs par-dessous sur une longueur de 0^m.75 de chaque côté, opération que tout ouvrier terrassier peut faire aisément (fig. 53).

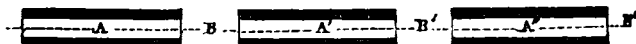


Fig. 53.

« Dans le deuxième cas, c'est-à-dire si l'on rencontre dans la

saignée une quantité d'eau notable, le procédé de blindage naturel cesse d'être applicable; il faut alors attaquer le travail par l'aval, en le blindant avec plus ou moins de soin, suivant la nature du sol; mais, dans cette hypothèse, et en admettant que la saignée ait quelque profondeur, on se dispense de retirer toutes les terres de la fouille, et, en disposant l'atelier convenablement¹, on économise 60 pour 100 sur la dépense. Ajoutons qu'en tous cas la saignée a juste la largeur nécessaire pour permettre aux ouvriers de travailler; il ne faut pas dépasser 0^m,50 dans le fond.

Pose des tuyaux de drainage. — « A mesure qu'une portion de tranchée auxiliaire se trouve à profondeur, on y pose des tuyaux de drainage, qui doivent présenter une pente bien uniforme; nous n'avons admis aucune inclinaison inférieure à 0^m,005 par mètre, bien qu'on descende souvent à 0^m,003 dans le drainage agricole; mais nous avons pensé qu'en raison de l'importance du travail il valait mieux nous tenir au-dessous de la pente-limite adoptée par les draineurs, afin d'être bien assuré d'éviter tout engorgement dans les tuyaux. Par le même motif, nous n'avons employé pour les drains longitudinaux que des tuyaux d'au moins 0^m,063 de diamètre, quand même ces tuyaux n'avaient à débiter que quelques litres d'eau par jour².

« Le drain longitudinal est toujours entouré de matière filtrante; quand les eaux sont peu abondantes, ces matières filtrantes sont simplement de la terre végétale ou du gazon, qu'on étend au fond de la fouille sur une épaisseur de 0^m,30 environ; on emploie aussi le sable ou la terre sableuse, quand on en a sous la main. Mais, dans les cas les plus difficiles, on a recours au gravier, ou bien à la pierre et à la brique cassée; on n'en met jamais qu'une couche assez épaisse pour être sûr que le tuyau ne sera pas envasé.

« On a également soin de mettre de la mousse, des roseaux ou du gazon à chaque joint de tuyaux, afin d'empêcher l'introduction de l'eau trouble dans le drain.

¹ Voir pour l'organisation du chantier les documents du *Portefeuille*.

² Tous les tuyaux (à l'exception de quelques tuyaux d'un grand diamètre, faisant office de conduite) ont été posés sans manchons; l'emploi des manchons paraît dangereux quand on pousse fortement les terres

« On pratique ensuite dans la paroi de la tranchée de drainage opposée au chemin de fer une série de rainures verticales, dans lesquelles on place des tuyaux de drainage ; ceux-ci sont garnis de roseau à leur joint ; on les arrête à quelque distance ($0^m,50$ à 1 mètre) du sol, et l'on bouche le dernier tuyau avec un tampon de roseaux ; à la partie inférieure, ces drains communiquent avec le drain longitudinal ; on les espace de 2 en 2 mètres, et on leur donne un faible diamètre ; nous avons adopté celui de $0^m,037$.

Comblement de la tranchée de drainage. — « Cette opération terminée, on remplit la fouille avec les terres qui en ont été primitivement extraites, en les pilonnant avec le plus grand soin ; on arrive ainsi à couper toutes les veinules perméables existant dans le terrain naturel, et à former une sorte de batardeau qui arrête les eaux de filtration et les fait descendre dans les tuyaux de drainage.

« Si l'on néglige de pilonner fortement les terres, elles se tassent bientôt, se gercent, et, à la première pluie qui survient, les eaux remplissent la saignée, se troublent en traversant ce sol fraîchement remué, bouchent les tuyaux de drainage, et donnent lieu à des éboulements beaucoup plus considérables que si l'on avait laissé les choses à l'état naturel ; c'est ce qui nous est arrivé par la faute d'un chef d'atelier dans une tranchée.

« Pour se mettre complètement à l'abri de pareils accidents, il est bon de faire visiter, après chaque pluie, les tranchées de drainage déjà remblayées, et de faire recharger en terre pilonnée toutes les parties qui se sont fendues et ont éprouvé des tassements.

Des fossés supérieurs. — « On sait que les fossés supérieurs placés sur la crête des tranchées pour arrêter les eaux pluviales et empêcher le ravinement des talus constituent pour les tranchées un danger permanent, et donnent lieu à des éboulements considérables, en raison de la stagnation des eaux, quand on n'a pas le soin de leur donner une grande pente, chose souvent difficile, et de les entretenir en très-bon état. Rien de pareil n'est à craindre avec le système d'assainissement que nous venons de décrire, pourvu que l'on place les fossés supérieurs un peu au delà

des drains verticaux AB; il est bien évident, en effet, que ces drains empêchent toujours la production d'un banc de glissement tel que C D E, puisque les eaux de filtration, parvenues au point D, iront joindre le drain longitudinal A (fig. 54).

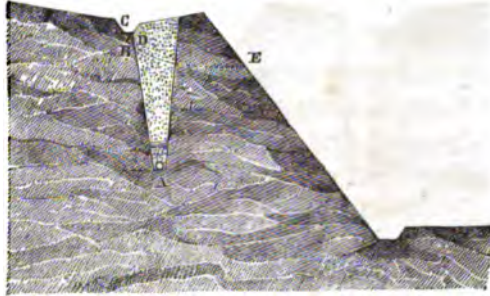


Fig. 54.

Précautions à prendre contre l'engorgement des tuyaux. —

« Les rats, les souris et d'autres animaux s'introduisent fréquemment dans les tuyaux de drainage et les obstruent; en outre, les eaux qui s'y rassemblent sont souvent incrustantes, et laissent déposer du carbonate de chaux, du peroxyde de fer, dès qu'elles arrivent au contact de l'air; enfin, à la faveur de l'air et de la lumière, certains végétaux se développent quelquefois dans les drains; on évite ces graves inconvénients en recourbant les tuyaux à leur extrémité, et en les faisant plonger dans un petit réservoir d'eau (fig. 55).



Fig. 55.

« Si quelques portions de tuyaux s'engorgent pendant l'exécution des travaux, on les nettoie facilement au moyen d'une pompe foulante.

Établissement de drains transversaux. — « Dans les tranchées d'une grande longueur, le système de drainage précédemment décrit présente quelque danger; en effet, les eaux de filtration, suivant le drain longitudinal, se partagent en deux directions opposées au point culminant de la tranchée, et ne s'écoulent que par les deux extrémités du tuyau, et, si l'écoulement cessait par hasard à l'une de ces extrémités, on reconnaîtrait bien que le drain est

obstrué, mais on ne pourrait pas savoir en quel point, et l'on se-

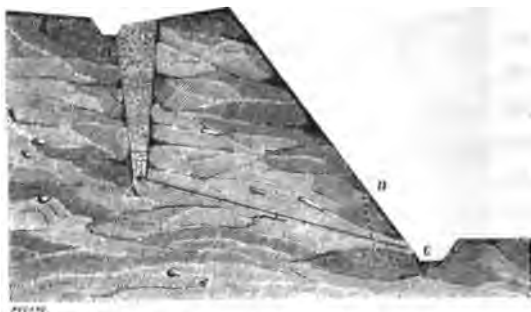


Fig. 56.

rait exposé à re-
commencer en-
tièrement un
travail coûteux.
Il faut donc né-
cessairement é-
tablir de distan-
ce en distance
des drains trans-
versaux A C.
ayant pour ob-

jet de mettre en communication le tuyau longitudinal A avec la tranchée du chemin de fer (fig. 56).

Drainage de la plate-forme. — « Mais il se présente alors un autre inconvénient : les eaux de filtration, très-abondantes dans quelques tranchées, et coulant, été comme hiver, dans les fossés, ramollissent peu à peu la plate-forme, rendent la voie mauvaise, et provoquent au pied des talus des éboulements fréquents, tels que CD : ces éboulements combtent le fossé, arrêtent les eaux, et le mal se propage avec rapidité ; on se trouve dès lors conduit à perreyer le pied des fossés, solution coûteuse et insuffisante.

« En admettant même qu'il n'y ait pas d'eaux de filtration reçues dans les fossés d'une tranchée, il arrive souvent, si cette tranchée a peu de pente, que les eaux pluviales y séjournent et produisent les effets ci-dessus décrits : en outre, l'inclinaison transversale de la plate-forme étant et ne pouvant être que très-faible, le dessous des traverses reste toujours humide, et, comme ces traverses fléchissent au passage de chaque train, elles pétrissent peu à peu la glaise de la plate-forme, et la voie finit par être détestable.

« Ces différentes considérations nous ont engagé à drainer la plate-forme de toutes les tranchées glaiseuses, opération qu'on a déjà pratiquée en Allemagne avec le plus grand succès ; nous avons placé un drain sous chaque fossé du chemin de fer ; cette disposition nous a paru plus efficace que celle qui consiste à poser un seul drain dans l'axe de la voie. On nous a, il est vrai, objecté qu'en

faisant ainsi une coupure au pied du talus nous risquons de provoquer des éboulements; mais, jusqu'à présent, cela ne nous est point arrivé, et, en ayant soin de bien pilonner les remblais au-dessus des tuyaux, ils deviennent en quelques jours, et comme tout le reste de la plate-forme, aussi durs que l'aire d'une grange.

« Les tuyaux de la plate-forme se posent comme les autres, avec plus ou moins de matières filtrantes suivant les cas : ils reçoivent, au moyen de drains transversaux dont il a été question plus haut, les eaux de filtration venant des drains supérieurs; enfin, tous les 100 mètres, on placera un petit regard maçonné au-dessus des drains de la plate-forme (fig. 57), afin de recueillir les dépôts qui pourraient se former, et de s'assurer si tout le système fonctionne bien. Ajoutons que ces regards ne devront guère être visités que pendant un certain nombre de mois après l'achèvement des travaux; car un drain bien établi ne s'engorge jamais, et, quand on aura réparé les malfaçons qui auraient pu se produire, la surveillance deviendra presque entièrement inutile.

« Nous avons fixé à 1^m,20 la profondeur moyenne des drains en contre-bas de la plate-forme, et nous n'avons fait en cela qu'imiter ce que l'on a exécuté sur les chemins allemands, et ce que l'on a adopté en Angleterre pour le drainage agricole.

« Il est du reste reconnu en France, par tous les auteurs qui ont écrit sur le drainage, que, dans les terres fortes, on ne doit pas poser les tuyaux à moins de 1^m,20; or il est bien évident qu'une plate-forme de chemin de fer doit être asséchée au moins aussi bien qu'un champ, qui doit toujours conserver une certaine humidité favorable à la végétation; aussi pensons-nous avoir fait le strict nécessaire en adoptant la profondeur de 1^m,20. Ajoutons que les drains de la plate-forme sont distants d'environ 10 mètres, ce qui



Fig. 57.

correspond à peu près à l'espacement adopté en agriculture.

Cas où il existe une couche aquifère sous la plate-forme. — « Nous avons parlé au commencement de cette note d'un cas qui se présente fréquemment, celui où il existe une nappe d'eau qui n'est pas coupée par la tranchée, et qui est douée d'une pression assez forte pour soulever la plate-forme si elle est imperméable, et pour la transformer en bouillie si elle est perméable. Il faut toujours faire quelques sondages pour examiner si l'on n'a pas cette difficulté à combattre, et, si l'on reconnaît l'existence d'une couche aquifère, il faut tâcher de savoir ce qu'elle peut débiter de litres d'eau par minute. Ce point difficile une fois fixé, on assainit la plate-forme en descendant le drain A (fig. 58) au milieu de la couche aquifère; il est bon en ce cas de ne pas économiser les blindages et les matières filtrantes. Il faut toujours mettre le drain A du côté du drain supé.

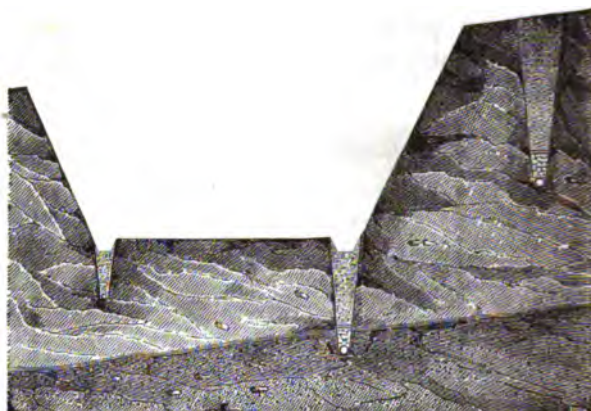


Fig. 58.

rieur, c'est-à-dire du côté où le sol est le plus élevé : tout le succès de l'opération dépend d'ailleurs du diamètre du tuyau A ; si ce diamètre se trouvait insuffisant, la sous-pression de la couche aquifère ne serait pas détruite, et le travail serait à recommencer.

Inclinaison des talus des tranchées. — « En terminant ces généralités relatives aux assainissements, nous dirons que, dans notre opinion, on peut toujours ou presque toujours donner aux talus de déblai l'inclinaison de 45° , si on les assainit par les moyens que

nous avons développés; si nous avons donné à un certain nombre de talus de tranchées l'inclinaison de 1^m,50 de base sur 1 mètre de hauteur, c'est que nous avons besoin de terre pour les remblais; mais, lorsque cette circonstance ne s'est pas présentée, nous avons adopté l'inclinaison de 45°. Pour un déblai de 6 mètres de profondeur, en augmentant ainsi la roideur de la pente de 0^m,50 par mètre, on économise 18 mètres cubes, c'est-à-dire 27 francs par mètre courant de tranchée, en appliquant le prix payé à MM. Parent et Schaken: c'est plus que ne coûtent l'assainissement et le revêtement des talus, même dans des cas difficiles. »

L'assainissement de la plate-forme, si important, comme l'indique M. Daigremont, a présenté au chemin de Wissembourg de grandes difficultés qui ont été heureusement surmontées par M. Goschler. Nous reviendrons plus loin sur le travail exécuté par cet ingénieur.

Mais, auparavant, nous comparerons les différents procédés employés pour l'assainissement des talus.

Comparaison des différents procédés. — M. Chaperon, ingénieur en chef des ponts et chaussées, directeur du chemin de Lyon, ne partage pas l'opinion de M. Sazilly sur les causes des éboulements. Voici dans quels termes il s'exprimait dans les *Annales des ponts et chaussées*¹:

« Si l'on examine attentivement la forme du terrain dans les co-teaux argileux, on reconnaît que le relief actuel du sol ne s'est établi qu'à la suite d'une série séculaire de mouvements dans les couches supérieures, et que la masse tout entière ne présente même qu'un équilibre instable, fréquemment troublé à la suite des dégels et des longues pluies. Cet équilibre momentané ne se maintient qu'à la condition que les parties supérieures trouvent leur appui sur les parties inférieures du terrain, en sorte qu'il est détruit par la moindre modification apportée dans le relief du sol.

« Si, dans un semblable terrain, on vient à ouvrir une tranchée, quelque peu profonde qu'elle soit, les conditions d'équilibre se trouveront brusquement rompues, et des mouvements auront lieu,

¹ Année 1853, 2^e cahier

sinon au moment même de l'opération, du moins à une époque ultérieure plus ou moins éloignée, lorsque les pluies ou le dégel auront pu ramollir la glaise et en diminuer la cohésion. L'eau qui tombe à la superficie du sol trouve toujours en effet des fissures ou des couches perméables par lesquelles elle s'introduit au sein même des masses argileuses, dont la solidité se trouve ainsi considérablement diminuée à certaines époques.

« La rupture d'équilibre des masses glaiseuses, telle est, à notre avis, la cause prépondérante des grands éboulements et des glissements à grande distance qui sont si fréquemment la suite de l'ouverture des tranchées dans les coteaux en pente douce des terrains argileux. Pour arrêter de pareils mouvements ou pour les prévenir, nous ne croyons pas qu'il y ait d'autre moyen d'étayer le massif dont on affaiblit le pied en y creusant une tranchée que de suppléer par un contre-fort artificiel à la poussée naturelle des terres que l'on a enlevées. Aussi d'habiles ingénieurs n'ont-ils pas hésité à construire au pied des talus de déblai ouverts dans les terrains glaiseux des murs de soutènement à pierres sèches fort épais, qui, tout en assainissant le terrain supérieur, pussent rétablir par leur masse l'équilibre dont les conditions avaient été profondément modifiées par l'ouverture de la tranchée. Ces murs de soutènement n'ont du reste pas besoin de s'élever au niveau du sol naturel; il suffit que leur hauteur permette d'adoucir convenablement les talus, eu égard à la nature des terrains dans lesquels la tranchée est ouverte. »

Nous ne sommes pas entièrement de l'avis de M. Chaperon; nous pensons bien comme lui que la rupture d'équilibre des masses produite par l'ouverture des grandes tranchées tend à produire les éboulements; mais nous reconnaissons aussi la grande influence des causes signalées par M. Sazilly. Les faits prouvent assez cette influence. Le procédé Sazilly, appliqué dans un grand nombre de tranchées au chemin de Paris à Strasbourg, au chemin de Wissembourg et au chemin de Mulhouse, a presque toujours donné d'excellents résultats. Celui que préconise M. Chaperon, au contraire, appliqué dans la grande tranchée de Gagny, concurremment avec le procédé Sazilly, a été l'occasion de dépenses considérables¹, et cha-

¹ A la tranchée de Gagny, les murs de soutènement avec contre-forts en pierre sèche

que jour il faut réparer à grands frais les murs de soutènement, qui ne résistent qu'imparfaitement à la pression des terres, malgré leurs dimensions considérables.

Il est vrai que les murs en pierre sèche tels qu'ils ont été construits à la tranchée de Gagny soutiennent le pied des talus sans en préserver la surface des influences atmosphériques. Il vaut mieux recouvrir le talus comme on l'a fait à la tranchée de Sèvres, ainsi que l'indique la figure 30, page 379.

On a dit que le procédé Sazilly était inapplicable dans un grand nombre de cas. On a prétendu que, lorsque l'eau affluait à grandes masses et sur toute la hauteur des talus, l'autre procédé était seul praticable. Si le procédé Sazilly n'a pas réussi dans certains cas, cela tient sans doute au peu d'expérience de ceux qui l'ont essayé. M. Bruère l'a appliqué sur trente ou quarante tranchées, soit sur le réseau de l'Est, soit sur d'autres lignes, le plus souvent avec succès.

M. de Regel a déclaré qu'il regrettait d'avoir employé dans la tranchée de Soultz le procédé que nous avons décrit, et qui n'a pas été complètement efficace. Il nous a dit que, dans un terrain à peu près semblable, il avait appliqué à beaucoup moins de frais le procédé Sazilly.

Le mode d'assainissement des tranchées de Soultz, Petit-Croix, etc., ne peut que s'opposer à l'action des eaux intérieures, mais il ne remédie pas à l'effet des gelées, de la pluie et de la sécheresse sur les talus.

S'oppose-t-il même complètement à l'action des eaux intérieures? C'est ce qui peut paraître douteux, surtout après les accidents survenus aux talus de la tranchée de Soultz, accidents dont nous parlerons plus loin.

Si l'on adopte la grande tranchée d'assainissement en amont, les terres pilonnées sont souvent traversées par les masses d'eau, et le massif n'est qu'imparfaitement asséché.

Quant à ce qui est de la dépense, elle peut être modérée quand le fossé d'assainissement en amont n'est pas d'une grande profon-

sont revenus à 240 fr. le mètre courant, tandis que les talus, assainis par la méthode de M. Sazilly, n'ont coûté que 100 fr.

deur, comme à la tranchée de Petit-Croix ; mais elle augmente rapidement avec la profondeur.

Sans donc prétendre que le procédé Sazilly est applicable dans tous les cas, nous pensons qu'il peut être souvent pratiqué avec succès. Le procédé de la tranchée de Petit-Croix est préférable peut-être quand la masse d'eau est considérable, et que la totalité du terrain en est pénétrée.

Le meilleur mode d'emploi des murs en pierre sèche consiste à construire le mur sur le talus en soutenant le pied par des voûtes qui bordent le fossé.

Quant au procédé d'assainissement par voie de collecteurs appliqué par M. Ledru, il est fondé sur le même principe que le procédé Sazilly. Il n'en diffère essentiellement que par la réunion des eaux de toute la tranchée dans un seul collecteur et par la substitution des tuyaux de drainage aux pierrées.

La recommandation que fait M. de Sazilly d'établir les pierrées suivant la direction des couches aquifères ne peut s'appliquer que sur les points où le talus présente réellement des alternances un peu apparentes de couches diversement perméables. Mais dans les puissantes formations marneuses, telles que celles que l'on trouve sur le chemin de Blesmes à Gray, ces alternances ne sont plus reconnaissables, toute la masse paraît également détrempée, ou bien les points où les suintements sont le plus abondants se fondent sans transition sensible avec le reste du talus. C'est ce qui a conduit à dessécher par les collecteurs toute la surface du talus en rapprochant seulement davantage les drains dans les parties les plus humides.

« L'emploi du collecteur central, fait observer M. Ledru, a ce grand avantage d'absorber immédiatement toutes les eaux qui séjournent ordinairement dans les tranchées argileuses; les drains qui débouchent souterrainement dans ce collecteur sont immédiatement à l'abri de toute obstruction et de toute avarie. L'assèchement des talus est immédiat et complet, et les déblais sont peu détrempés par les eaux, ce qui est très-important pour la confection des remblais. Le collecteur assèche le fond de la tranchée et assure au ballast une assiette ferme et sèche là où autrement on aurait eu à le répandre sur une aire de boue

« Enfin, lorsque les eaux suintent à la surface du talus par une multitude de petites ouvertures, la gelée peut facilement obstruer ces issues, l'eau s'accumule derrière, et, au dégel, il peut en résulter des éboulements dans les talus. Lorsque toutes les eaux de la tranchée débouchent souterrainement dans un collecteur unique, elles forment généralement une source qui coule d'une manière continue avec assez d'abondance pour être à l'abri de toute obstruction produite par l'action de la gelée. D'ailleurs, le débouché unique du collecteur est placé à 1^m,50 au moins en contre-bas du niveau de la plate-forme des terrassements et au delà de l'extrémité de la tranchée; il est facile d'en prévenir l'engorgement, et, cet engorgement eût-il lieu, il ne pourrait avoir aucune suite fâcheuse, puisque le collecteur débouche dans un fossé spécial ouvert à la surface du terrain naturel.

« Quant à l'engorgement souterrain du collecteur, il n'est pas à craindre lorsque ce collecteur, fait avec des drains de 85 millimètres de diamètre, est recouvert d'une couche de pierres sèches suffisante pour assurer l'écoulement de l'eau par leurs interstices dans le cas même de l'obstruction du drain lui-même. »

Le mode de drainage de M. Lalanne a bien réussi sur tous les points du chemin de Blesmes à Gray ou du chemin de l'Ouest (Suisse) où il a été employé.

Il a le grand avantage d'assécher le talus beaucoup plus profondément que les drainages ordinaires, il n'exige aucun autre transport de matériaux que celui des drains eux-mêmes, son exécution est partout facile et ne gêne en rien les autres travaux de chantier.

On peut proportionner l'espacement des trous, et, par conséquent, la dépense, à l'effet produit par chacun d'eux, et, au plus ou moins d'humidité de chaque partie du talus, on peut toujours facilement intercaler de nouveaux tuyaux là où apparaissent des suintements non constatés primitivement.

Mais ce mode de drainage ne peut être appliqué qu'à un terrain vierge, qui ne présente aucune trace de glissements, car le moindre mouvement interromprait immédiatement la continuité des drains. Il exige, en outre, un caniveau au moins gazonné sur le talus pour

l'écoulement des eaux de chaque drain; il est à craindre que la gelée n'obstrue facilement les débouchés multipliés de tous ces drains, que l'eau ne s'y amasse et que le dégel n'occasionne des éboulements.

Ce procédé a été employé depuis trop peu de temps pour que l'on puisse présumer comment il se comporterait dans un hiver rigoureux; mais l'on a remarqué, au chemin de Blesmes à Gray, un fait qui pourrait faire craindre cet effet de la gelée, en même temps qu'il confirme la théorie de M. de Sazilly sur l'importance de prévenir toute obstruction superficielle de l'écoulement des eaux.

Un certain nombre de trous avaient été forés dans le talus gauche d'une grande tranchée, et n'avaient pas été garnis immédiatement de drains, faute d'approvisionnement. Au bout de quelques jours, on a pu voir que le talus commençait à se mettre en mouvement, et, en l'examinant de plus près, on a reconnu que la terre qui avait glissé du talus avait, en partie, obstrué le débouché des trous de tarière, formant une petite cuvette dans laquelle s'amassait et pénétrait la masse du talus, au lieu de couler à la surface. Il est vrai qu'il a suffi d'enlever à la main une ou deux poignées de terre à l'orifice de chaque trou, pour donner écoulement aux eaux et pour arrêter tout mouvement.

Reconstruction des talus éboulés dans les tranchées. — Quelquefois, quand on a négligé d'assainir les talus ou quand les travaux d'assainissement n'ont pas été exécutés convenablement, des portions de talus plus ou moins considérables s'éboulent, et il faut le reconstruire. On suit pour cela différentes méthodes dont nous allons chercher à donner une idée nette.

La figure 59 représente une première méthode employée sur le chemin de Londres à Birmingham.

Les lignes courbes de la coupe et *mm* du plan représentent la surface d'éboulement. En avant de ces lignes on trouve le talus reconstruit. Le mur est en pierres sèches pour en soutenir le pied et laisser couler les eaux; les épis en pierres sèches *EE* livrent passage aux eaux et divisent le talus en masses indépendantes

K K composées de bonnes terres pilonnées et maintenues en place par le frottement.

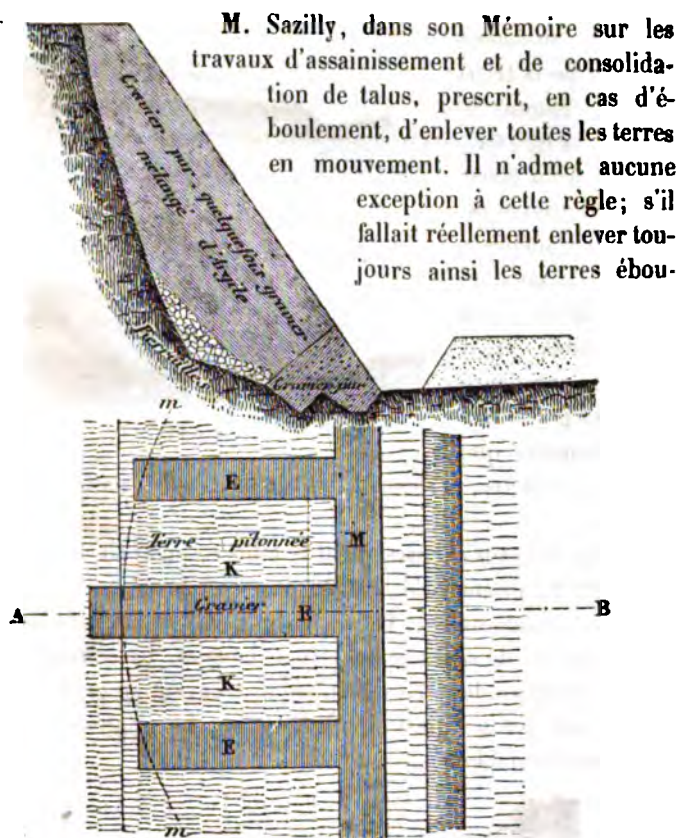


Fig. 59.

lées, les travaux de consolidation deviendraient, dans certains cas, énormes et excessivement coûteux; mais, ainsi que l'observe avec justesse M. Bruère cette opération, dans la plupart des circonstances, n'est nullement nécessaire. Il ne faut enlever la totalité des terres ébouées, dit M. Bruère, dans les notes qu'il a bien voulu nous fournir, que si l'éboulement est peu considérable; on recon-

siruit alors le talus comme l'indique la figure 60, qui reproduit un travail exécuté à la tranchée de Briel sur le chemin de Mulhouse. le fond des glacis se trouvant au-dessus du fond de la tranchée, ou comme le montre la fig. 61, si le fond du glacis est en contre-bas du sol de la tranchée¹.



Fig. 60.



Fig. 61.

Si la largeur de l'éboulement est considérable, et si la pente inférieure des glacis a une pente moindre que 0^m,20 par mètre, il devient inutile d'enlever toutes les terres éboulées.

Les fig. 62 et 63 représentent le talus reconstruit dans deux cas différents. Le premier est celui où, la masse des terres éboulées n'étant pas considérable et la pente du glacis étant faible, il n'est pas nécessaire de soutenir les terres éboulées. Le second est celui où, au contraire, les terres éboulées se trouvant en grandes masses et reposant sur un glacis incliné, il faut les appuyer contre un massif inébranlable.



Fig. 62.

On donne à ce massif ABCD une épaisseur plus ou moins grande, suivant que la pression est plus ou moins forte, et on a soin de ménager un écoulement aux eaux qui pourraient pénétrer dans la

¹ Voir page 174 la description des travaux de ce chemin.

masse éboulee. Il est utile aussi de mettre de distance en distance la pierrée en arrière du massif ABCD en communication avec le



Fig. 65.

fossé qui longe le chemin de fer à l'aide de pierrées transversales qui traversent le massif ABCD.

Nous avons parlé d'accidents qui étaient survenus à la tranchée de Soultz et qui avaient nécessité la reconstruction de certaines parties des talus. La note suivante, empruntée à un rapport de M. Goschler, ingénieur principal au chemin de fer de l'Est, qui a lui-même fait exécuter cette reconstruction, indique les moyens employés pour rétablir le talus.

« C'est au commencement de septembre 1854 que la tranchée dite d'assèchement établie en amont de la tranchée de Soultz a été terminée.

« A ce moment-là, il n'y avait d'éboulement bien sérieux que celui au piquet 164, à l'entrée de la tranchée vers Wissembourg ; la tranchée était à profondeur et à largeur dans cette partie-là.

« Cet éboulement consistait en un massif de 50 mètres de longueur, détaché sur 15 mètres environ de largeur, glissant sur un banc de glaise ayant une pente de 0^m,18 par mètre.

« Comme on comptait sur les effets de la tranchée d'assèchement et qu'on espérait voir s'arrêter les mouvements de ce massif, on s'est contenté de combler la fissure produite en y pilonnant des terres avec soin.

« On établit aussi en amont et parallèlement à la fissure une banquette en revers d'eau destinée à détourner les eaux pluviales qui auraient pu s'introduire dans les terres disloquées du massif en mouvement et reproduire le glissement. On continuait toujours à mettre la tranchée à fond suivant le profil modifié, quand, après une série de jours de pluie, le massif s'est remis en mouvement et

glissa jusque dans la tranchée; le mode suivi pour arrêter cet éboulement a été de remanier le massif par zones transversales de 5 à 8 mètres de longueur, en rétablissant l'horizontalité du banc de glaise par banquettes de 2 mètres de largeur (fig. 64); ces banquettes étaient à peu près parallèles à la fissure, avaient une légère pente opposée à celle du banc de glaise, aboutissant à une rigole empierrée pour rendre les eaux à d'autres rigoles normales à la tranchée et communiquant avec le fossé du chemin de fer.

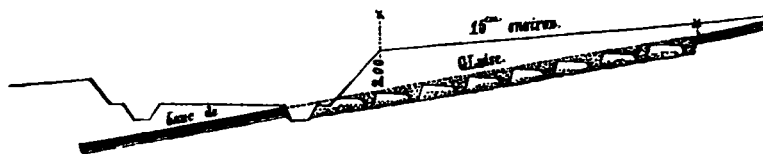


Fig. 64.

« La glaise extraite des banquettes a été enlevée et mise en dépôt; la bonne terre seule a été employée pour combler l'éboulement. Ce travail a été exécuté par zones ou parties pour éviter les grands mouvements de terre.

« Ce même travail a été fait sur 60 mètres de longueur; le résultat a été très-bon, il n'y a eu aucun mouvement nouveau dans cette partie-là.

« A la suite de l'éboulement dont il vient d'être question (au profil 163*), le banc de glaise a pris, et presque subitement, une inclinaison beaucoup plus forte, c'est-à-dire une pente de 0^m,60 à 0^m,70 par mètre. Dans cette partie, il n'apparaissait aucune partie de glaise dans le talus ni dans le fond de la tranchée; on croyait n'avoir aucun éboulement à craindre; ce n'est que lorsque la tranchée a été tout à fait à fond et les fossés ouverts que l'éboulement s'est manifesté; le poids du massif en mouvement sur une pente aussi forte a soulevé et déplacé le fond de la tranchée.

« Deux autres éboulements, au profil 162 et au profil 162*, sont dans les mêmes conditions que le précédent, et ont été réparés et garantis de la même manière en faisant un caniveau *b* (fig. 65) au haut du banc de glissement, et en recouvrant celui-ci d'un matelas général de gravier que l'on prolongeait au-dessous du plafond de la tran-

chée jusqu'aux terres ébouées. Comme le niveau des fossés ordinaires du chemin de fer était beaucoup au-dessus des points d'où sortent les eaux, on a établi une rigole profonde et empierrée dans l'axe de la tranchée qui aboutit au piquet 159 pour se jeter dans la Saltzbach.

« Cette rigole, qui reçoit les eaux de ces trois éboulements 163^a, 162^a et 162, et de deux bouches de la grande tranchée d'assèchement, donne encore aujourd'hui 8 à 900 litres d'eau par heure. Au profil 163, sur 75 mètres environ de longueur, l'éboulement s'est produit sur 1^m,50 de hauteur et aussi par glissement; en cet endroit la couche de glaise est à peu près parallèle à la surface du sol; le massif glaiseux, haut de 4 mètres environ au-dessus du fond de la tranchée, est partagé dans toute sa hauteur par des couches de sable de 0^m,05 à 0^m,20 d'épaisseur.

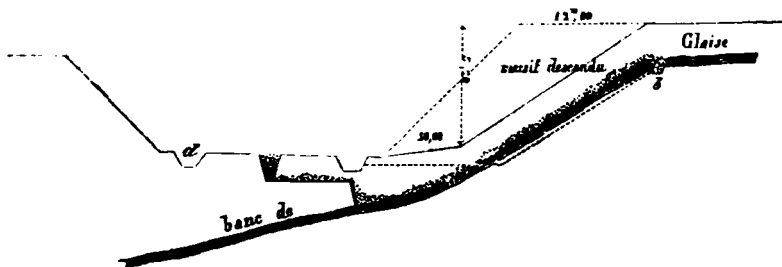


Fig. 65.

« Le massif paraît être en communication avec la tranchée d'assèchement, car, aussitôt que le caniveau (a) a été fait sur la couche supérieure (où s'est produit le glissement), il n'y a plus eu d'eau apparente dans les diverses couches de sable et de glaise qui composent ce massif; la tranchée a conservé son profil normal sur la longueur et la hauteur du massif.

« Je crois que les eaux pluviales, qui sont tombées dans l'espace de 15 mètres au moins de largeur moyenne compris entre l'arête supérieure du talus et la tranchée d'assèchement, ont contribué à une partie des éboulements. Quant aux éboulements des profils 163^a, 162^a et 162 (fig. 66), leur cause est suffisamment expliquée par l'inclinaison extraordinaire de la couche de glaise : cette couche de

glaise, n'étant mise à jour sur aucun point bas, a pu conserver assez d'eaux anciennes pour donner à la surface de la glaise toute l'occlusité qui a provoqué le glissement. »

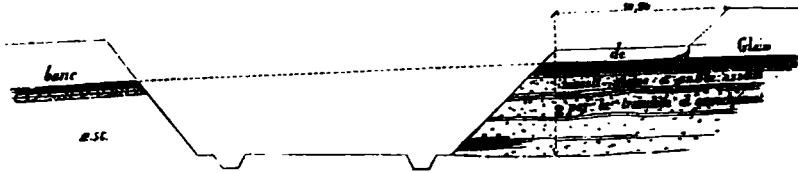


Fig. 66.

Construction des remblais. — Les remblais des routes et de canaux s'exécutent ordinairement par couches successives que l'on prescrit quelquefois de pilonner, et qui, dans tous les cas, sont comprimées par les roues des tombereaux et par les pieds des chevaux.

Sur les chemins de fer, il serait trop long et trop dispendieux d'élever de grands remblais par couches pilonnées ou même simplement au moyen de tombereaux sans pilonnage ; ces grands remblais, si ce n'est dans certains cas particuliers, se font en masse sur toute la hauteur à la fois, c'est-à-dire qu'une petite portion de remblai, voisine de la tranchée, étant achevée sur toute la hauteur on la continue en déposant des terres à l'extrémité jusqu'à la crête. Ce n'est qu'en procédant de cette manière que l'on peut employer le chemin de fer au transport des terres ; la pose de la voie se fait alors sur le remblai au fur et à mesure de son avancement, et les waggon de terrassement viennent se décharger à l'extrémité de la voie, qui est aussi celle du remblai.

Il n'est ici question que de remblais qui, étant d'une grande hauteur, sont aussi d'une certaine longueur ; car, lorsque la terre n'est portée en remblai qu'à une petite distance, il est souvent plus économique de se servir, pour les terrassements, de tombereaux que de waggon. Les remblais exécutés au tombereau sont d'ailleurs plus divisés et sujets à de moins grands tassements que ceux exécutés avec des waggon. Il ne faut pas oublier, d'un autre côté, que l'emploi des tombereaux devient souvent impossible dans certains terrains après de grandes pluies, tandis que le service des waggon ne souffre aucune interruption.

Quand les remblais sont conduits avec précipitation et par masses d'une grande hauteur au-dessus et autour des ouvrages d'art, il arrive fréquemment que les maçonneries se fendent ou se gauchissent. Ils doivent donc être faits dans ce cas avec beaucoup de précaution, être montés en même temps des deux côtés des voûtes en maçonnerie, et étendus uniformément sur ces voûtes par couches pilonnées d'environ 25 centimètres d'épaisseur.

Lorsque de grands remblais reposent sur des terrains compressibles, il est nécessaire d'employer des précautions analogues pour ne pas écraser le terrain ni le rompre en chargeant tout d'un coup certains points d'une masse excessive.

Il convient aussi, lorsque ces terrains compressibles sont composés de couches inclinées, qui peuvent glisser les unes sur les autres, de commencer le remblai en descendant les terres dans le fond de la vallée au moyen de tombereaux, au lieu de le monter immédiatement à hauteur, au sortir de la tranchée, avec les wagons. Mais ces précautions ne suffisent pas toujours pour empêcher l'affaissement du sol, lorsque le remblai est parvenu à une certaine hauteur. Un des moyens les plus simples de prévenir cet affaissement autant que possible est d'élargir la base du remblai, de manière à diminuer la pression sur l'unité de surface autant que la compressibilité du sol l'exige. Les grands remblais, malgré cette précaution, pénètrent encore à une assez grande profondeur dans le sol. Ainsi, au chemin de Mulhouse, le grand remblai de la Meance près Provins, cubant 500,000 mètres cubes, et haut de 15 mètres au maximum, a pénétré de 5 mètres dans le sol. Le cube enfoui est d'environ 200,000 mètres cubes, soit $\frac{2}{5}$ mètres environ du cube total.

Lorsque le terrain, aux abords des remblais, est couvert de constructions ou qu'il est très-précieux, ce procédé serait trop dispendieux. On peut rendre le terrain incompressible en le desséchant (remblais sur le chemin de Munich à Augsbourg¹), ou encore on diminue le poids du remblai en le composant de matériaux légers et qui laissent entre eux des vides (remblais aux abords du pont de Cubzac). Le dessèchement du sol s'opère au moyen de rigoles, pierrees, aqueducs, puits absorbants, etc., etc.

¹ Voir page 101 la description des travaux de ce chemin.

Au chemin de fer de Versailles (rive gauche), l'ingénieur en chef, M. Bergeron, a arrêté le glissement d'une couche de glaise sur laquelle était placé un grand remblai (fig. 67) par un procédé fort ingénieux que nous allons décrire.

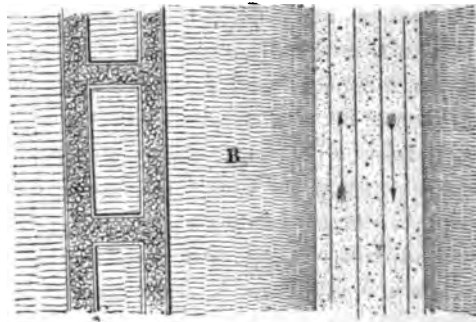
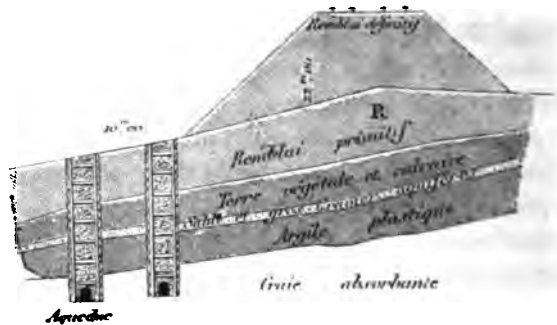


Fig. 67.

Les eaux d'infiltration et de sources qui remplissaient une couche de sable et de gravier, au-dessus d'un banc très-épais d'argile plastique, rendaient le sous-sol glissant et compressible. Malgré un grand nombre de tentatives, il avait été impossible de terminer le remblai projeté, et la traversée du Val-Fleury s'est faite à l'aide de deux estacades en charpente reliant les deux culées du viaduc au flanc du coteau. Après sept années d'usage, les estacades n'offrant plus assez de sécurité pour le passage des trains du chemin de fer, il a fallu revenir au projet définitif et employer des moyens convenables pour rendre le sous-sol résistant. Ce but a été atteint par

deux pierrées parallèles à l'axe du chemin, espacées de 10 mètres, régnant sur toute la base du remblai, et creusées verticalement au moyen de blindages et d'étrésillonnements jusqu'à 12 ou 15 mètres de profondeur. Ces deux pierrées étaient reliées entre elles par des pierrées transversales. En quelques points, la couche d'argile plastique avait plus de 8 mètres d'épaisseur.

Les eaux se sont écoulées, par de petits aqueducs établis au fond et le long de toutes les tranchées, jusque dans un puisard général creusé profondément dans la craie absorbante, où elles ont disparu.

Les pierrées ont produit un resserrement dans la couche aquifère au-dessus du banc d'argile, et tout le massif, de 10 mètres d'épaisseur, compris entre les tranchées parallèles, s'est trouvé complètement asséché, et a agi comme mur de soutènement, pour contenir le glissement du terrain supérieur.

C'est au moyen de ce procédé que les estacades du Val-Fleury ont pu être remplacées par le remblai définitif, très-élevé, sur lequel passe aujourd'hui le chemin de fer de l'Ouest.

Sur le même chemin, près de la station de Sèvres, un remblai en argile, exécuté par un temps humide, tendait sans cesse à s'écraquer. Malgré tous les soins que l'on avait pris de pilonner les couches de glaise et de les assécher avec des couches de sable pour faciliter l'écoulement des eaux souterraines, des affaissements brusques avaient eu lieu fréquemment, et plusieurs fois il avait fallu déplacer l'axe du chemin de fer. On a employé alors avec succès des boulons en fer traversant tout le remblai à 2 mètres environ au-dessous de la voie de fer, et terminés aux extrémités par des plateaux en bois de chêne, contre lesquels venaient s'appuyer les terres glissantes. Ces boulons faisaient ainsi l'effet des boulons en fer que l'on pose dans les édifices pour relier deux murs verticaux parallèles qui tendent à s'écarter. Cependant, après plusieurs années, ce remblai boulonné a encore éprouvé des glissements à sa partie inférieure, et l'on y a définitivement remédié, d'un côté, par une pierrée semblable à celle du viaduc du Val-Fleury, et, de l'autre, par une ligne de pieux et planches jointifs enfoncés, au moyen de la sonnette, tout le long de la base de la portion glissante du remblai, comme l'indique la figure 68.

Au chemin de fer de Versailles (rive gauche), l'ingénieur en chef, M. Bergeron, a arrêté le glissement d'une couche de glaise sur laquelle était placé un grand remblai (fig. 67) par un procédé fort ingénieux que nous allons décrire.

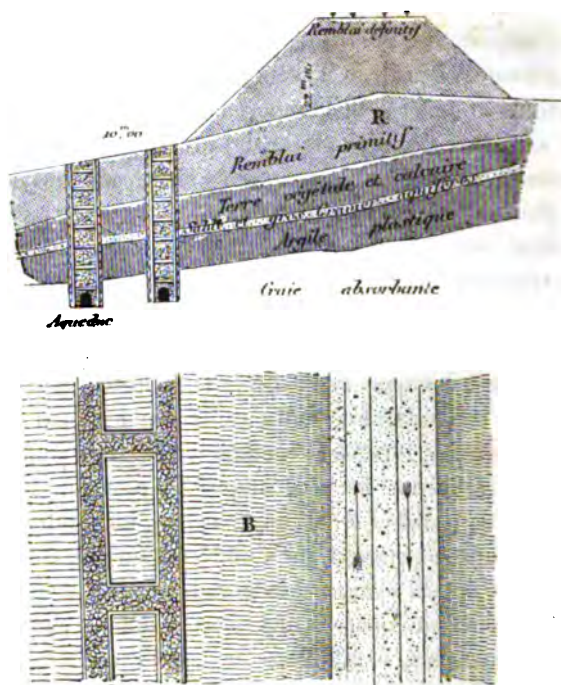


Fig. 67.

Les eaux d'infiltration et de sources qui remplissaient une couche de sable et de gravier, au-dessus d'un banc très-épais d'argile plastique, rendaient le sous-sol glissant et compressible. Malgré un grand nombre de tentatives, il avait été impossible de terminer le remblai projeté, et la traversée du Val-Fleury s'est faite à l'aide de deux estacades en charpente reliant les deux culées du viaduc au flanc du coteau. Après sept années d'usage, les estacades n'offrant plus assez de sécurité pour le passage des trains du chemin de fer, il a fallu revenir au projet définitif et employer des moyens convenables pour rendre le sous-sol résistant. Ce but a été atteint par

deux pierrées parallèles à l'axe du chemin, espacées de 10 mètres, régnant sur toute la base du remblai, et creusées verticalement au moyen de blindages et d'étrésillonnements jusqu'à 12 ou 15 mètres de profondeur. Ces deux pierrées étaient reliées entre elles par des pierrées transversales. En quelques points, la couche d'argile plastique avait plus de 8 mètres d'épaisseur.

Les eaux se sont écoulées, par de petits aqueducs établis au fond et le long de toutes les tranchées, jusque dans un puisard général creusé profondément dans la craie absorbante, où elles ont disparu.

Les pierrées ont produit un resserrement dans la couche aquifère au-dessus du banc d'argile, et tout le massif, de 10 mètres d'épaisseur, compris entre les tranchées parallèles, s'est trouvé complètement asséché, et a agi comme mur de soutènement, pour contenir le glissement du terrain supérieur.

C'est au moyen de ce procédé que les estacades du Val-Fleury ont pu être remplacées par le remblai définitif, très-élevé, sur lequel passe aujourd'hui le chemin de fer de l'Ouest.

Sur le même chemin, près de la station de Sèvres, un remblai en argile, exécuté par un temps humide, tendait sans cesse à s'écraiser. Malgré tous les soins que l'on avait pris de pilonner les couches de glaise et de les assécher avec des couches de sable pour faciliter l'écoulement des eaux souterraines, des affaissements brusques avaient eu lieu fréquemment, et plusieurs fois il avait fallu déplacer l'axe du chemin de fer. On a employé alors avec succès des boulons en fer traversant tout le remblai à 2 mètres environ au-dessous de la voie de fer, et terminés aux extrémités par des plateaux en bois de chêne, contre lesquels venaient s'appuyer les terres glissantes. Ces boulons faisaient ainsi l'effet des boulons en fer que l'on pose dans les édifices pour relier deux murs verticaux parallèles qui tendent à s'écarter. Cependant, après plusieurs années, ce remblai boulonné a encore éprouvé des glissements à sa partie inférieure, et l'on y a définitivement remédié, d'un côté, par une pierrée semblable à celle du viaduc du Val-Fleury, et, de l'autre, par une ligne de pieux et planches jointifs enfoncés, au moyen de la sonnette, tout le long de la base de la portion glissante du remblai, comme l'indique la figure 68.

Les remblais composés de terres glaiseuses, lors même qu'ils reposent sur des terrains incompressibles, sont sujets à s'affaisser ou à s'ébouler. Il faut, pour les contenir, bien dessécher la glaise et la préserver en même temps de l'effet des eaux pluviales et de celui des eaux de source. On arrête les eaux pluviales en enveloppant le



Fig. 68.

remblai d'une couche de bonne terre pilonnée avec soin, de telle façon que l'intérieur seul soit de glaise, et l'on détourne les eaux de source du pied du remblai au moyen de fossés, d'aqueducs ou d'autres travaux du même genre.

Les remblais glaiseux doivent aussi être pilonnés, et, autant que possible, élevés en bonne saison. Enfin on a trouvé avantageux d'interposer des couches de sable entre les assises de glaise.

Reconstruction des remblais éboulés. — Les talus de remblais aussi bien que ceux des tranchées s'éboulent quelquefois après l'achèvement du remblai. Voici comment, au chemin de Mulhouse, on les a reconstruits en pareil cas.

Causes des éboulements de remblais. — Les éboulements de remblais sont souvent occasionnés par l'interposition de couches perméables de sable ou de boue (fig. 69 et 70).

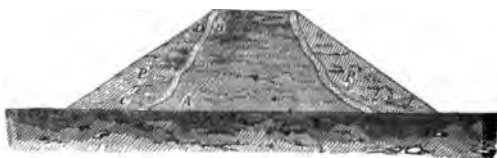


Fig. 69.

Le sable provient de couches accidentelles existant dans le terrain déblayé, la boue provient des cunettes.

Dans d'autres cas, les éboulements doivent être attribués à la dif-

férence de nature des terres qui composent le remblai, les unes perméables CD, les autres imperméables AB (fig. 69).

Les remblais au waggon se composent généralement de terres déposées



Fig. 70.

de deux manières et à deux reprises différentes. Le noyau du remblai est formé d'abord avec des terres transportées au moyen des waggon qui se déchargent en avant; ces terres, extraites dans les cunettes, contiennent proportionnellement plus de parties argileuses que celles qui forment les prismes latéraux du remblai; celles-ci sont transportées avec des waggon au moyen desquels elles sont déchargées ensuite sur les côtés.

La partie centrale du remblai est ainsi composée d'un terrain plus imperméable que celui des prismes latéraux, en raison de ce qu'il contient plus de parties argileuses à volume égal et du tassement qui s'est déjà produit par le temps et le pas-

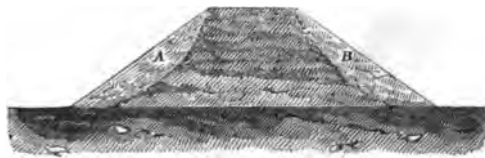


Fig. 71.

sage de waggon avant qu'on ait déposé les prismes A et B (fig. 71).

Quelle que soit la composition du remblai, il est évident que l'action de l'eau sera ici, comme dans les tranchées, la cause principale des éboulements. Les eaux traversant les couches perméables de sable ou de boue descendent jusqu'à la base, y ramollissent les terres et déterminent ainsi l'éboulement des prismes P et P'; ou bien, si la composition du remblai se rapproche de celle indiquée figure 71, il se produit des crevasses entre les terres de densité différente, et c'est par ces crevasses que l'eau s'introduit dans le corps du remblai.

De ce qui précède, il résulte que les remblais faits au tombereau sont moins sujets à s'ébouler que ceux faits au waggon, et qu'il se-

rait fort sage de mettre de côté les portions sableuses et les boues des cunettes ; mais le remblai, s'il est fait au waggon, n'en restera pas moins composé ordinairement de terres de densité différente, celles qui forment le noyau et qui sont déposées par les waggon virant devant, et celles jetées latéralement par les waggon virant de côté. On prévient les éboulements en établissant de chaque

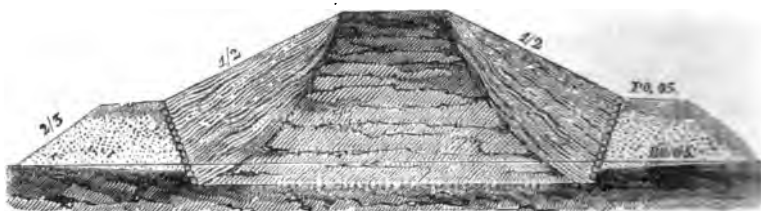


Fig. 72.

côté du remblai un contre-fort en terre végétale ou sablonneuse séparé du remblai par un empierrement (fig. 72).

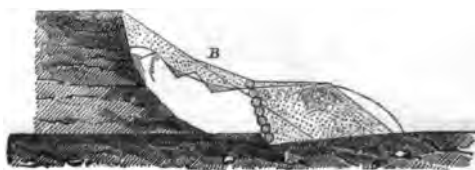


Fig. 75.

Il est plus difficile de réparer les éboulements que de les prévenir.

Pour réparer le talus, on n'enlève les terres ébouées

que sur la largeur d'une bande de terrain nécessaire à l'emplacement d'un contre-fort B (fig. 75) en terre pilonnée. Ce contre-fort sera séparé du remblai par une couche de pierres ou de fascines de gravier.

Il sera coupé de distance en distance par des saignées transversales remplies également de pierres ou de fascines. Si les terres ébouées sont humides, il convient de prolonger ces saignées au travers de ces terres jusqu'au noyau solide.

Souvent, le remblai s'affaissant, il se forme une espèce de poche au milieu de la glaise ébouée. Il faut alors se hâter de pratiquer dans la glaise des saignées transversales pour donner écoulement aux eaux qui se rassemblent dans cette poche ; mais ces travaux ne se font convenablement que dans la belle saison.

Il semble qu'étant obligé de recharger les remblais glaiseux qui s'affaissent de bonne terre ou de ballast de manière à les renouveler, pour ainsi dire, en entier, il eût été plus économique de les composer immédiatement de bonne terre ou même de ballast. Mais on doit observer que généralement, au moment où l'on construit les remblais, les abords sont difficiles, et qu'on n'a pas alors les moyens que fournit plus tard le chemin de fer lui-même d'aller chercher à une certaine distance la bonne terre ou le ballast.

Ouvrages d'art. — Les ouvrages d'art sur les chemins de fer ne diffèrent des ouvrages de même nature établis sur les routes ordinaires que par la grandeur de leurs proportions.

De légères passerelles en bois (fig. 74), en pierre ou en métal, sont jetées hardiment sur de profondes tranchées; des ponts en

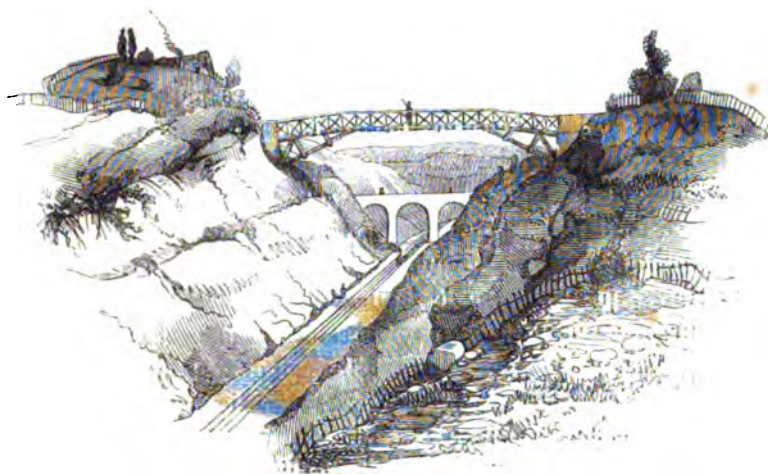


Fig. 71.

pierre d'une grande portée et d'immenses estacades en charpente, des viaducs gigantesques, supportent les chemins de fer au passage des vallées.

Ponts ou viaducs de différentes natures. — Les ponts ou viaducs sont de différentes espèces : on distingue les ponts en bois, en pierre ou en briques, en fonte et en fer forgé ou en tôle. *Les ponts ou viaducs en bois sont généralement les plus économiques de con-*

struction, mais ils sont les moins durables. Aucun des procédés proposés pour la conservation des bois ne paraît en avoir augmenté la durée d'un grand nombre d'années. Tous ces procédés sont à l'état d'essai, et on ne peut en garantir l'efficacité que dans quelques cas particuliers que nous indiquerons en parlant de la conservation du bois pour les traverses.

La Compagnie du chemin de Rouen s'est vue obligée de remplacer ses nombreux ponts en bois par des ponts en métal, dix ou onze ans après l'ouverture de la ligne, et le pont en bois d'Asnières (chemin de Saint-Germain) a disparu après douze années seulement de service.

En Allemagne, dit M. Couche¹, la plupart des ponts construits sur les chemins de fer étaient en charpente, tantôt sur piles en maçonnerie, tantôt sur palées. Une réaction s'est produite aujourd'hui contre l'introduction du bois dans les travaux d'art des grandes lignes. La durée des grands ponts en charpente sur les cours d'eau a été bien souvent au-dessous des évaluations les plus modérées en apparence. On les reconstruit aujourd'hui en pierre ou en métal.

En Autriche, toutefois, si on renonce au bois pour les ponts considérables, on continue à l'admettre pour les ouvrages d'une importance médiocre. La condamnation prononcée par l'expérience ne s'applique d'ailleurs jusqu'à présent, même pour les grandes ouvertures, qu'aux cas où le tablier doit être placé à une faible hauteur au-dessus de l'eau, et soumis ainsi à l'influence atmosphérique constamment humide. Quand il s'agit de franchir des vallées profondes, c'est-à-dire pour les viaducs, la question change de face : d'une part, la décomposition des bois n'est plus favorisée par une cause aussi puissante; de l'autre, la facilité avec laquelle les ouvrages en charpente se prêtent aux plus grandes portées est alors d'autant plus précieuse que la hauteur des piles rend leur construction fort dispendieuse. Restreinte à ce cas, l'application du bois a conservé encore une grande importance.

En Angleterre, suivant M. de Bassompierre, ingénieur des ponts et chaussées et ingénieur principal du chemin de Vincennes²

¹ *Annales des mines.*

² Rapport à la Compagnie de l'Est.

lorsque la pierre manque et si le fer est loin et rare, les ingénieurs n'hésitent pas devant l'emploi du bois, du moins pour la construction de viaducs sur des vallées sèches. Toutefois ces ouvrages sont ordinairement relégués sur des lignes secondaires, et, autant que possible, sur des lignes affectées spécialement à un trafic de marchandises ou à l'exploitation des houillères ou des usines.

En Amérique, aux États-Unis, au dire de M. Grenier, ingénieur principal du chemin de Strasbourg, on continue à faire emploi, même pour le passage des rivières, sur une grande échelle, d'ouvrages tout en bois ou en bois et fer.

Les ponts en pierre ou en briques sont d'une solidité à toute épreuve et d'une durée indéfinie. Ils sont, dans un grand nombre de localités, en France et en Allemagne surtout, tout aussi économiques pour des portées modérées que les ponts en fonte ou en fer, et peuvent être construits par les méthodes expéditives, usitées aujourd'hui, aussi rapidement que ces derniers.

On en trouve un très-grand nombre sur les chemins anglais, français, belges et allemands. En Angleterre et en Belgique, les ouvrages en briques sont plus communs que ceux en pierre. En Angleterre cependant, on trouve de très-beaux ouvrages en pierre, parmi lesquels nous citerons le magnifique viaduc de Durham, celui de Llangollen et celui de la Boyne à Drogheda.

Les ponts en fonte sont élégants et souvent économiques ; mais la fonte n'offre pas les mêmes garanties de solidité que le fer forgé. Les grandes pièces présentent souvent des soufflures qui en altèrent la qualité et dont on ne découvre l'existence que lorsqu'elles viennent à rompre. Elles sont moins élastiques que celles en fer et ne se prêtent pas aux épreuves avant leur emploi. Le travail de la fonte n'est pas aussi facile à calculer que celui du fer, et enfin les ponts en fonte n'admettent pas les mêmes portées que ceux en fer. L'usage en était assez fréquent en Angleterre il y a quelques années ; mais depuis lors, dit M. de Bassompierre, la tôle a complètement détrôné la fonte. En France, on continue à établir des ponts en fonte dans certains cas. Ainsi une partie des ponts du chemin de Lyon à la Méditerranée sont en arcs de fonte, établis dans un système propre à M. Émile Martin, de Fourchambault, et l'on est sur le point de

remplacer les ponts en bois du chemin de Rouen par des ponts en fonte dont plusieurs présentent des arches de 50 mètres d'ouverture.

En Allemagne, l'emploi de la fonte est très-restreint.

Le principal avantage des ponts en fer ou en tôle rivée est de se prêter à l'emploi de pièces droites, pleines ou évidées, d'une immense longueur et d'une grande durée. Quelquefois économiques, ces ponts sont les seuls possibles lorsque le débouché doit avoir une hauteur constante et être d'une grande largeur.

La mise en œuvre des tôles rivées¹ a pris, ces dernières années, en Angleterre surtout, un accroissement prodigieux : la construction des navires en fer, des locomotives et des ponts pour chemins de fer en a multiplié les applications à l'infini.

En France, on a aussi adopté les ponts en tôle rivée ; mais un grand nombre d'ingénieurs ne considèrent pas l'expérience faite jusqu'à ce jour des ponts en tôle comme assez concluante pour les substituer aux ponts en pierre, à prix égal et même avec une légère diminution de prix. Ils ne conseillent l'emploi de la tôle que lorsque l'économie est très-grande et que les circonstances rendent l'emploi de la pierre à peu près impossible. Ils craignent que les ponts en tôle ne se détruisent ou ne se disloquent au bout d'un certain temps par l'oxydation du métal et par le jeu des rivets.

On a, dans plusieurs ponts ou viaducs importants d'Angleterre, associé la fonte et le fer. Malgré le succès de ces ouvrages, qui supportent sans aucune altération les passages à toute vitesse des trains nombreux qui les traversent, cet emploi, déjà si restreint de la fonte n'a pas fait école dans l'art de l'ingénieur. MM. Robert Stephenson, Brunel, Fairbairn et beaucoup d'autres illustrations du corps des ingénieurs anglais repoussent énergiquement une combinaison dont ils contestent les avantages.

En France et en Angleterre le principe de la suspension a été constamment rejeté pour les ponts sur lesquels la voie de fer doit passer ; mais il n'en est pas de même aux États-Unis, et les ingénieurs autrichiens se proposent d'en tenter l'application à quelques ouvrages nouveaux.

¹ Rapport de M. de Bissompierre.

Combinaisons diverses. — On distingue :

Les ponts ou viaducs en bois ou en bois et fer. — Avec arcs ou fermes supportant le tablier.

Id. avec arcs ou fermes placés au-dessus du tablier, en totalité ou en partie, le tablier leur étant suspendu.

Id. droits avec parapets rigides tout en bois (*ponts américains*).

Id. droits avec parapets rigides en bois et fer.

Id. droits avec colonnettes en fonte ou en fer.

Les ponts ou viaducs en pierre ou en briques. — En plein cintre ou avec voûtes plus ou moins surbaissées.

Les ponts ou viaducs en fonte composés d'arcs ou de poutres.

Les ponts ou viaducs en fer. — Composés d'arcs en fer ou en tôle rivée.

Id. de poutres en fer.

Id. de tubes en fer (*tubulaires*).

Id. de treillis en fer.

Id. suspendus.

Les ponts ou viaducs en fer ou tôle et fonte ou diversement combinés.

Ponts ou viaducs en bois. — Nous citerons comme un exemple de viaducs en bois avec arcs placés sous le tablier les magnifiques viaducs du chemin de Newcastle à North-Shields, dont nous avons publié la description en 1859, dans le *Journal de l'Industriel et du Capitaliste*. Les arcs sont formés de planches superposées et clouées ensemble comme les fermes des combles du colonel Emy; elles reposent sur des culées et des piles en pierre.

Les ponts sur fermes en charpente ou estacades sont assez communs sur les chemins de second ordre de Cornouailles et des environs de Newcastle. Ces chemins, obligés de traverser souvent des contrées difficiles ou accidentées, ont donné lieu quelquefois à de belles constructions dont on admire la hardiesse et la légèreté.

Les figures 75, 76 et 77 représentent les dispositions de deux estacades extraites de la belle collection de dessins rapportée par M. de Bassompierre.

Sur le chemin de Runcorn à Sainte-Hélène, en Angleterre, on a construit une estacade en charpente disposée de telle manière que

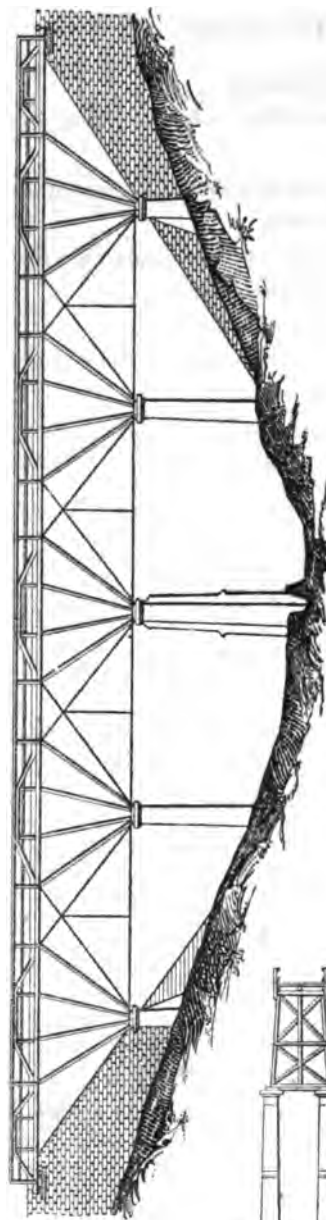


Fig. 76.

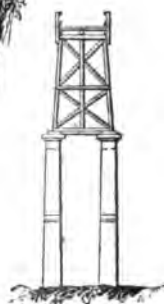


Fig. 75.

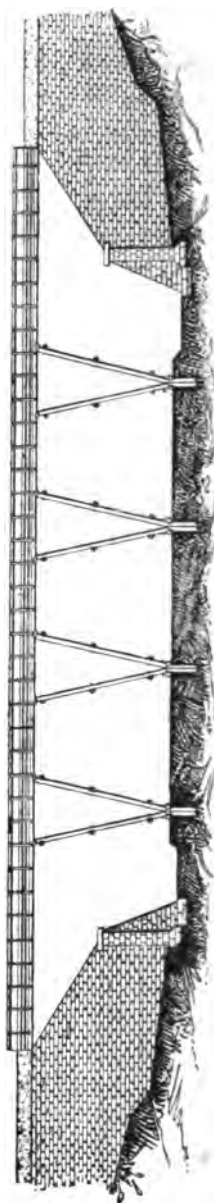


Fig. 77.

l'on a pu élever sur le même emplacement un pont en maçonnerie sans interrompre le passage des convois, et substituer ce pont à l'estacade sans qu'il y eût pour ainsi dire interruption dans le service.

Le pont en tôle du chemin de Saint-Germain à Asnières a été également construit en entier dans l'intérieur du pont provisoire en charpente construit en 1848, sans qu'il y ait eu la moindre interruption dans le service des chemins de Saint-Germain, de l'Ouest, de Rouen et d'Argenteuil dont tous les convois passent sur cet ouvrage d'art.

Ce n'est guère qu'en Amérique que l'on trouve des viaducs (fig. 78) avec arcs ou fermes en bois placés au-dessus du tablier.

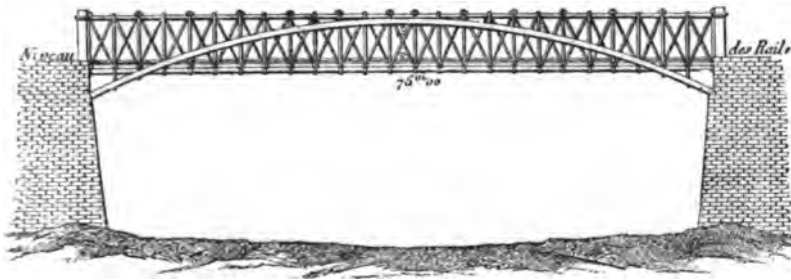


Fig. 78.

Les ponts avec parapets rigides en bois ou en bois et fer sont assez communs en France.

Les ponts avec tabliers en bois portés par des colonnettes en fonte ou en fer se rencontrent assez fréquemment sur nos chemins de fer français, où ils servent au passage des routes en dessus. Les colonnettes ne sont cependant pas sans danger quand elles sont trop rapprochées de la voie, et elles gênent dans le voisinage des stations pour le service de l'exploitation. Il faut autant que possible les éviter, ce qui est généralement facile, en donnant de la rigidité au tablier ou en le suspendant.

Ponts ou viaducs en pierre. — Nous avons déjà fait mention du viaduc de Durham. Il a 40 mètres de hauteur maxima, et il est composé de quatre arches, dont une a 49 mètres d'ouverture, et

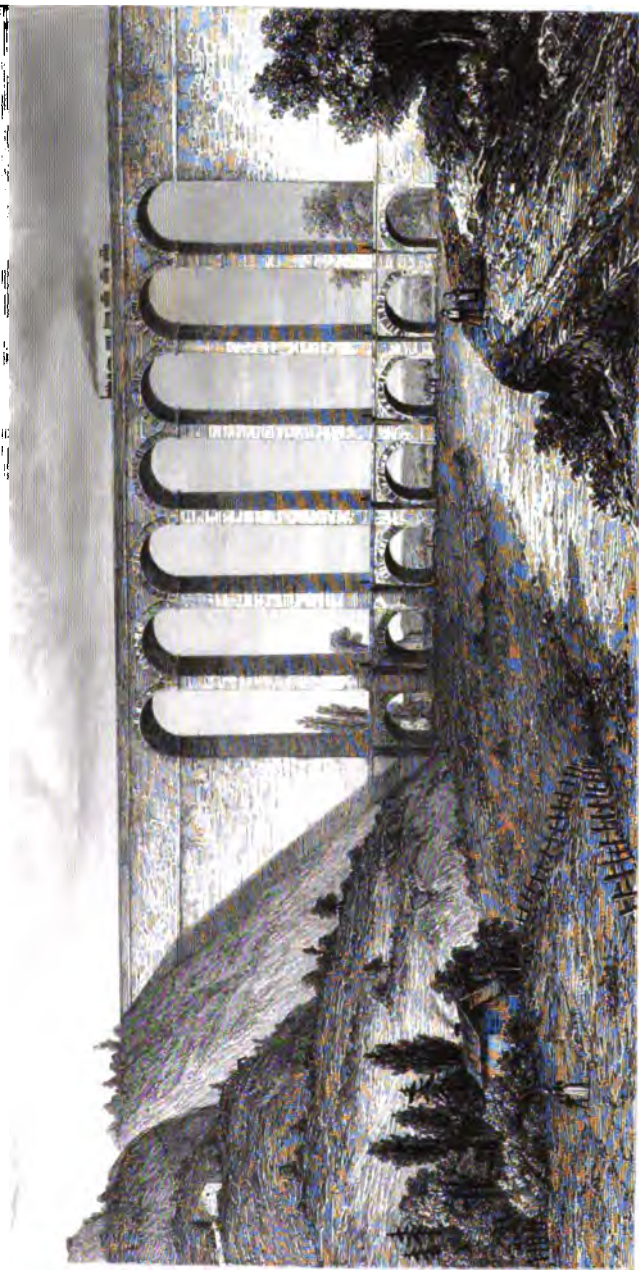
une seconde 45 mètres. Celui de Göltsch, en Allemagne, dont la hauteur maxima est de 80 mètres, et la longueur de 578 mètres, est aussi fort remarquable.

Le viaduc en pierre représenté ci-contre (fig. 73) a été construit par M. Payen, inspecteur général des ponts et chaussées, sur le chemin de fer de Versailles (rive gauche), dans le Val-Fleury, près Meudon. Le fond de la vallée est composé d'un terrain argileux fort mou, couvert de quelques couches calcaires. Il eût été de la plus grande imprudence d'asseoir un pareil monument sur une base aussi peu résistante, ainsi que quelques-uns le conseillaient, et M. Payen jugea, avec raison, qu'il était de toute nécessité, quelle que dût être la dépense, de descendre les fondations jusqu'au banc de craie inférieur à celui d'argile.

Le volume des maçonneries cachées sous terre se trouve ainsi presque aussi considérable que la partie visible, et ce n'est pas sans difficultés qu'on est parvenu à poser les premières assises des piles dans une fosse profonde que les éboulements menaçaient à chaque instant de combler.

Les arches de ce viaduc, toutes hardies qu'elles paraissent, le sont cependant beaucoup moins que celles du viaduc de Durham; mais une des conditions imposées à l'ingénieur était d'exécuter ce travail avec une extrême rapidité, et l'on conçoit aisément qu'une arche unique, de grandes dimensions, ne puisse se construire aussi rapidement qu'un grand nombre d'arches plus petites, qui forment comme autant de petits ponts distincts, que l'on peut élever simultanément. L'économie, d'ailleurs, avec une arche unique, est moins grande qu'on ne le supposerait. La diminution de dépense sur les maçonneries est en partie compensée par l'excès de frais sur les cintres.

Les convois, même les plus lourds, peuvent, sans le moindre danger, passer à toute vitesse sur des ponts en charpente d'une légèreté excessive, si les différentes pièces en sont bien combinées et bien assemblées. Nous avons dit plus haut qu'au chemin de Versailles (rive gauche) une partie des remblais, aux abords du viaduc dont nous venons de parler, avait été provisoirement remplacée par des estacades en charpente d'une excessive légèreté. Ces estacades, au premier aspect, paraissaient manquer de solidité; mais



CHAM. 185. 1. 10. 10. 10.

Plat. 428

*Le pont de la ville de Paris
à la mer au fort de la capitale, par le canal.*

l'expérience a prouvé qu'elles présentaient une résistance plus que suffisante, malgré le poids, le nombre et la vitesse des convois qui chaque jour les ébranlaient par leur passage. La charpente fléchissait, mais ne se rompait pas.

Ces estacades n'étaient pas remarquables seulement par leur légèreté. Elles reposaient sur un terrain de remblai qui, à la suite de grandes pluies, glissait sur le terrain argileux qui lui sert de point d'appui. Fixées dans l'origine à ce terrain, ces estacades en suivaient tous les mouvements, se disloquaient, et ce n'était qu'à très-grands frais qu'on parvenait à les ramener dans leur position primitive. C'est alors que M. Petiet, aujourd'hui ingénieur en chef de l'exploitation du chemin de fer du Nord, eut l'heureuse idée d'interposer entre l'estacade et le remblai de grandes semelles sur lesquelles on faisait mouvoir avec une aisance merveilleuse, à l'aide de simples crics, l'estacade entière, dès qu'on s'apercevait de la plus légère déviation. On appréciera tout le mérite de ce travail lors qu'on saura que le poids de cette estacade, y compris celui de la couche de sable et de la voie en fer qu'elle portait, dépassait celui de l'obélisque.

Parmi les ouvrages les plus remarquables en maçonnerie des chemins de fer français, il faut encore citer le beau pont établi pour le passage de la Marne à Nogent, près Paris, et les viaducs aux abords. Ce pont, dont les projets ont été rédigés par MM. Collet Meygret et Pluyette, ingénieurs des ponts et chaussées, sous la direction de M. Vuigner, ingénieur en chef de la Compagnie et avec les conseils de M. Mary, inspecteur général, est un des plus beaux monuments de l'art de l'ingénieur. La figure 80 montre qu'il se compose de quatre arches en plein cintre, ayant chacun 50 mètres d'ouverture. Il est établi en meulières reliées par du ciment romain. Les angles seuls et le parapet sont en pierre de taille. Les viaducs aux abords ont 62 mètres de longueur; les arches de ces viaducs ont 15 mètres d'ouverture, et 20 mètres de hauteur moyenne.

Les fondations n'ont pas été sans difficultés. On a descendu un cylindre en tôle pour se préserver de l'envahissement des eaux de la Marne¹.

¹ Voir les plans complets de cet ouvrage d'art et de celui de Chaumont dans le *Portefeuille*.

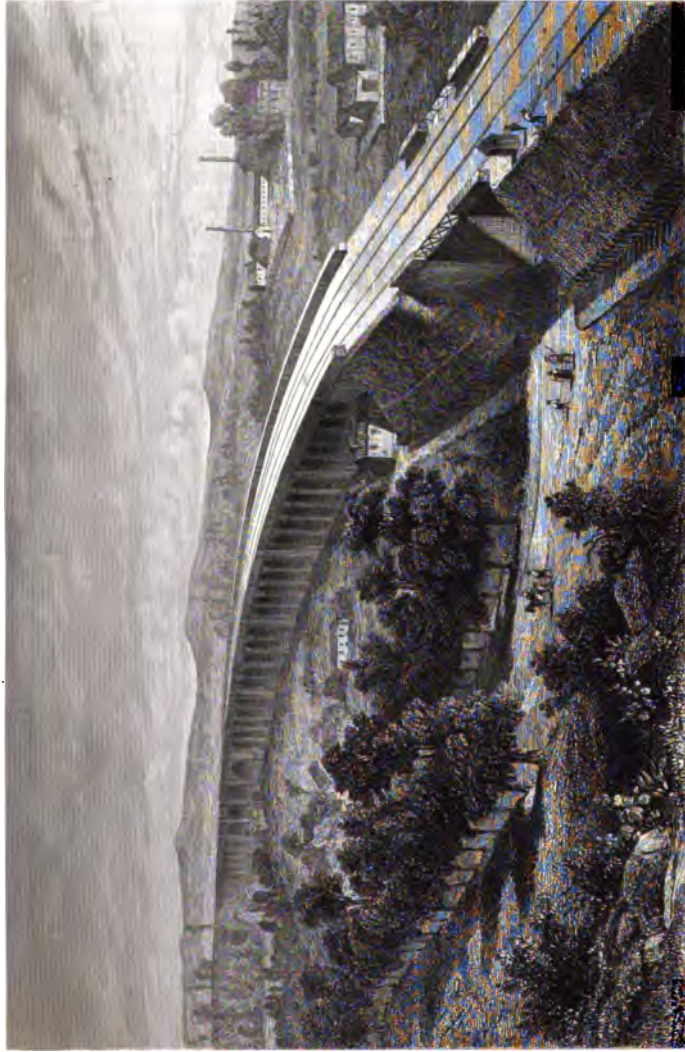
Le cintrage et le décintrage d'arches d'aussi grandes dimensions semblaient à certains ingénieurs presque impossibles. L'opération, toutefois, grâce à une méthode ingénieuse trouvée par M. Pluyette, a eu lieu avec une grande facilité.

Le viaduc de Chaumont (fig. 84), construit sur la portion du chemin de Blesmes à Gray qui lui est commune avec le chemin de Mulhouse, est aussi un ouvrage d'art fort digne d'attention. Cet ouvrage est d'une grande élégance, et il est aussi d'une extrême légèreté, puisque le rapport du vide au plein y est de 3,12, tandis que, pour d'autres viaducs, il n'est que de 1,74 ou 2,06. Long de 600 mètres, haut de 50 mètres au maximum, et cubant 60,000 mètres cubes, il a été exécuté en moins d'une année. Cette rapidité d'exécution est un véritable tour de force dont on ne peut citer aucun autre exemple. Il a fallu, pour y parvenir, travailler la nuit à la lumière électrique. Rien n'était plus curieux que la disposition des chantiers pour la construction. Ils seront décrits dans le *Portefeuille de l'Ingénieur*. Le viaduc de Chaumont fait le plus grand honneur à l'ingénieur en chef, M. Zeiller, à l'ingénieur ordinaire, M. Decomble, et aussi au chef de service des entrepreneurs, M. Gourdin, qui a déployé dans l'exécution une incroyable activité et fait preuve d'un talent incontestable.

En Allemagne, on voit peu de ponts en maçonnerie d'une grande hardiesse, et l'on y fait à peine emploi du ciment romain, dont on commence à tirer un si bon parti en France.

Les chemins de fer coupant souvent les routes ordinaires et les voies navigables sous des angles très-aigus, la construction de ces nouvelles voies de communication a conduit les ingénieurs à de grands perfectionnements dans l'établissement des ponts biais en pierre ou en briques. D'intéressantes notices ont été publiées sur ces ponts dans les *Annales des ponts et chaussées*, par MM. J. Poirée, Didion, Hachette, Boucher, etc. Au chemin de fer de Ceinture, plusieurs de ces ponts ont été faits en tôle.

Ponts en fonte. — Les plus beaux ponts en fonte connus sont le grand pont de Newcastle, de Robert Stephenson, représenté figure 82, et le magnifique pont établi sur le Rhône, par M. Paulin Talabot, pour le passage du chemin de fer d'Avignon à Marseille.



Prop. Louis Moreau, 22. 8. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100. 101. 102. 103. 104. 105. 106. 107. 108. 109. 110. 111. 112. 113. 114. 115. 116. 117. 118. 119. 120. 121. 122. 123. 124. 125. 126. 127. 128. 129. 130. 131. 132. 133. 134. 135. 136. 137. 138. 139. 140. 141. 142. 143. 144. 145. 146. 147. 148. 149. 150. 151. 152. 153. 154. 155. 156. 157. 158. 159. 160. 161. 162. 163. 164. 165. 166. 167. 168. 169. 170. 171. 172. 173. 174. 175. 176. 177. 178. 179. 180. 181. 182. 183. 184. 185. 186. 187. 188. 189. 190. 191. 192. 193. 194. 195. 196. 197. 198. 199. 200. 201. 202. 203. 204. 205. 206. 207. 208. 209. 210. 211. 212. 213. 214. 215. 216. 217. 218. 219. 220. 221. 222. 223. 224. 225. 226. 227. 228. 229. 230. 231. 232. 233. 234. 235. 236. 237. 238. 239. 240. 241. 242. 243. 244. 245. 246. 247. 248. 249. 250. 251. 252. 253. 254. 255. 256. 257. 258. 259. 260. 261. 262. 263. 264. 265. 266. 267. 268. 269. 270. 271. 272. 273. 274. 275. 276. 277. 278. 279. 280. 281. 282. 283. 284. 285. 286. 287. 288. 289. 290. 291. 292. 293. 294. 295. 296. 297. 298. 299. 300. 301. 302. 303. 304. 305. 306. 307. 308. 309. 310. 311. 312. 313. 314. 315. 316. 317. 318. 319. 320. 321. 322. 323. 324. 325. 326. 327. 328. 329. 330. 331. 332. 333. 334. 335. 336. 337. 338. 339. 340. 341. 342. 343. 344. 345. 346. 347. 348. 349. 350. 351. 352. 353. 354. 355. 356. 357. 358. 359. 360. 361. 362. 363. 364. 365. 366. 367. 368. 369. 370. 371. 372. 373. 374. 375. 376. 377. 378. 379. 380. 381. 382. 383. 384. 385. 386. 387. 388. 389. 390. 391. 392. 393. 394. 395. 396. 397. 398. 399. 400. 401. 402. 403. 404. 405. 406. 407. 408. 409. 410. 411. 412. 413. 414. 415. 416. 417. 418. 419. 420. 421. 422. 423. 424. 425. 426. 427. 428. 429. 430. 431. 432. 433. 434. 435. 436. 437. 438. 439. 440. 441. 442. 443. 444. 445. 446. 447. 448. 449. 450. 451. 452. 453. 454. 455. 456. 457. 458. 459. 460. 461. 462. 463. 464. 465. 466. 467. 468. 469. 470. 471. 472. 473. 474. 475. 476. 477. 478. 479. 480. 481. 482. 483. 484. 485. 486. 487. 488. 489. 490. 491. 492. 493. 494. 495. 496. 497. 498. 499. 500. 501. 502. 503. 504. 505. 506. 507. 508. 509. 510. 511. 512. 513. 514. 515. 516. 517. 518. 519. 520. 521. 522. 523. 524. 525. 526. 527. 528. 529. 530. 531. 532. 533. 534. 535. 536. 537. 538. 539. 540. 541. 542. 543. 544. 545. 546. 547. 548. 549. 550. 551. 552. 553. 554. 555. 556. 557. 558. 559. 560. 561. 562. 563. 564. 565. 566. 567. 568. 569. 570. 571. 572. 573. 574. 575. 576. 577. 578. 579. 580. 581. 582. 583. 584. 585. 586. 587. 588. 589. 590. 591. 592. 593. 594. 595. 596. 597. 598. 599. 600. 601. 602. 603. 604. 605. 606. 607. 608. 609. 610. 611. 612. 613. 614. 615. 616. 617. 618. 619. 620. 621. 622. 623. 624. 625. 626. 627. 628. 629. 630. 631. 632. 633. 634. 635. 636. 637. 638. 639. 640. 641. 642. 643. 644. 645. 646. 647. 648. 649. 650. 651. 652. 653. 654. 655. 656. 657. 658. 659. 660. 661. 662. 663. 664. 665. 666. 667. 668. 669. 670. 671. 672. 673. 674. 675. 676. 677. 678. 679. 680. 681. 682. 683. 684. 685. 686. 687. 688. 689. 690. 691. 692. 693. 694. 695. 696. 697. 698. 699. 700. 701. 702. 703. 704. 705. 706. 707. 708. 709. 710. 711. 712. 713. 714. 715. 716. 717. 718. 719. 720. 721. 722. 723. 724. 725. 726. 727. 728. 729. 730. 731. 732. 733. 734. 735. 736. 737. 738. 739. 740. 741. 742. 743. 744. 745. 746. 747. 748. 749. 750. 751. 752. 753. 754. 755. 756. 757. 758. 759. 760. 761. 762. 763. 764. 765. 766. 767. 768. 769. 770. 771. 772. 773. 774. 775. 776. 777. 778. 779. 780. 781. 782. 783. 784. 785. 786. 787. 788. 789. 790. 791. 792. 793. 794. 795. 796. 797. 798. 799. 800. 801. 802. 803. 804. 805. 806. 807. 808. 809. 810. 811. 812. 813. 814. 815. 816. 817. 818. 819. 820. 821. 822. 823. 824. 825. 826. 827. 828. 829. 830. 831. 832. 833. 834. 835. 836. 837. 838. 839. 840. 841. 842. 843. 844. 845. 846. 847. 848. 849. 850. 851. 852. 853. 854. 855. 856. 857. 858. 859. 860. 861. 862. 863. 864. 865. 866. 867. 868. 869. 870. 871. 872. 873. 874. 875. 876. 877. 878. 879. 880. 881. 882. 883. 884. 885. 886. 887. 888. 889. 890. 891. 892. 893. 894. 895. 896. 897. 898. 899. 900. 901. 902. 903. 904. 905. 906. 907. 908. 909. 910. 911. 912. 913. 914. 915. 916. 917. 918. 919. 920. 921. 922. 923. 924. 925. 926. 927. 928. 929. 930. 931. 932. 933. 934. 935. 936. 937. 938. 939. 940. 941. 942. 943. 944. 945. 946. 947. 948. 949. 950. 951. 952. 953. 954. 955. 956. 957. 958. 959. 960. 961. 962. 963. 964. 965. 966. 967. 968. 969. 970. 971. 972. 973. 974. 975. 976. 977. 978. 979. 980. 981. 982. 983. 984. 985. 986. 987. 988. 989. 990. 991. 992. 993. 994. 995. 996. 997. 998. 999. 1000.

Le pont d'Andorre

*Pont d'Andorre sur la Garonne,
à Nogaro près Bayonne.*



Le pont d'Arcole, sur la rive gauche de la Seine, à Nogent sur Seine.

Le pont d'Arcole, sur la rive gauche de la Seine, à Nogent sur Seine.



*Looking down the river
from the dam at the mouth of the river*

Les arches de ce dernier pont, formées de voussoirs dont les surfaces de joint sont planes, sont au nombre de sept. Elles ont cha-



Fig. 82.

cune 65 mètres d'ouverture. Au chemin de fer du Nord, la voie traverse le canal Saint-Denis sur un pont très-biais en fonte, de 32 mètres d'ouverture, exécuté dans le système Polonceau.

Lorsque la fonte est employée sous forme de poutres, il y aurait du danger à dépasser une portée de 5 mètres.

On peut citer comme un exemple de ponts à poutres en fonte établis dans de bonnes conditions ceux du chemin d'Auteuil, construits par M. Eugène Flachet. Ils ont, entre les culées, 7 mètres de largeur, et se composent de poutres de 8^m,50 de longueur, ayant de 0^m,55 à 0^m,60 de hauteur, placées à environ 2^m,20 de distance les unes des autres et reliées par des sommiers qui partagent en trois parties égales l'intervalle de 7 mètres qui sépare les culées. Ces sommiers portent des voûtes formées de deux anneaux de briques. Ainsi disposés, ces ponts sont très-rigides. La masse de maçonnerie qui relie les poutres et le poids considérable du pont par rapport à la surcharge forment obstacle aux vibrations.

En Angleterre, quelques accidents graves ayant eu lieu dans les essais de poutres droites en fonte d'une longueur de plus de 7 à 8 mètres, le gouvernement s'en est ému à tel point, que le parlement a interdit, de la manière la plus absolue, l'emploi de ce genre de poutres¹.

Ponts ou viaducs en tôle ou fer forgé. — La Grande-Bretagne offre peu d'exemples de la tôle employée en arcs tubulaires. Le célèbre ingénieur Brunel fils a cependant construit un magnifique pont de ce genre, dont les proportions gigantesques n'ont rien

¹ Rapport de M. de Bassompierre.

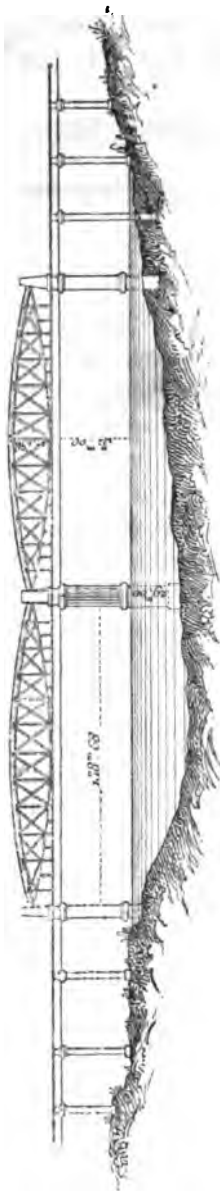


Fig. 83.

à envier à celles du Britannia-Bridge, le chef-d'œuvre de Robert Stephenson. Nous voulons parler du grand pont de Saltash, près Plymouth.

Ce pont (fig. 83), précédé sur chaque rive par un viaduc en tôle ordinaire, est composé de deux travées de 455 pieds (138^m,68) chacune. Chaque travée est formée d'un arc tubulaire en tôle rivée, à section elliptique, dont les poussées horizontales sont détruites par une série polygonale de tirants en fer, de manière à former un système rigide auquel sont suspendues, par d'autres tirants en fer, deux poutres en tôle formant garde-corps de la voie unique du railway. Chaque travée a été construite complètement sur un échafaudage élevé le long du rivage et dont le pied baigne à haute mer. La travée achevée a été passée de l'échafaudage fixe sur un échafaudage mobile, posé sur des pontons qui approcheraient la travée du pied des piles, au haut desquelles elle a été hissée au moyen de presses hydrauliques.

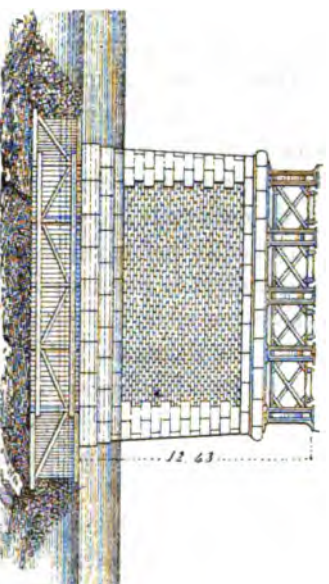
Dans cet immense ouvrage, la fonte n'est employée que dans le revêtement des piles au-dessus des hautes mers.

On trouve quelques cas isolés, mais pour des ouvertures ordinaires, où la tôle est employée en poutre tubulaire à section rectangulaire ou en poutre double T. Nous citerons comme exemple le beau pont en poutres de fer établi par M. Flachat à Asnières. Cette seconde catégorie admet des variétés tellement nom-

Elevation



Coupe suivant l'Axe d'une Travée



Coupe suivant l'Axe d'une Pile

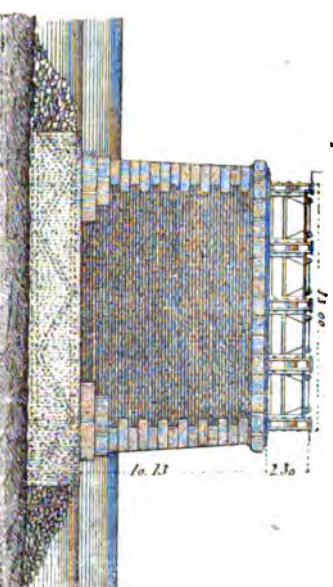


Fig. 81. — Pont sur la Seine à Asnières.

breuses, qu'il ne serait pas possible de les indiquer même sommairement. Les figures 85, 86, 87 et 88 donnent une esquisse des sections transversales des poutres les plus fréquemment employées aujourd'hui. La dernière doit être particulièrement recommandée à l'attention des ingénieurs qui recherchent l'économie. Elle se compose, à la partie supérieure, de deux rails Brunel ou de deux rails Barlow appliqués l'un contre l'autre par leurs bases, et qui sont fixés sur une feuille de tôle formant la paroi verticale de la poutre. Les patins des rails sont rivés ensemble. Des recouvrements en tôle sont appliqués sur ces patins aux abouts des rails. La partie inférieure des poutres est formée, comme à l'ordinaire, d'une plat bande en tôle reliée par des cornières avec la paroi verticale. Ce genre de poutres peut être fort convenablement employé pour des ponts provisoires.

Les deux ponts tubulaires de Conway et de Menay, établis par Robert Stephenson sur le chemin de fer de Chester à Holyhead, sont les travaux de ce genre les plus remarquables. Ils se composent chacun de deux grands tubes rectangulaires en tôle, à l'intérieur desquels passent les convois. La figure 89 représente la coupe d'un de ces tubes. Dans le pont de Conway, les poutres, longues de 122 mètres entre leurs deux culées, ne sont supportées en aucun point intermédiaire. Elles pèsent chacune 4,150 tonnes. Dans le pont de Menay (fig. 90), la longueur des poutres est de 460 mètres : elles portent sur deux culées et sur trois piles intermédiaires. Les deux travées du milieu ont 140 mètres, les deux extrêmes 70 mètres d'ouverture. Les poutres, de 140 mètres, ont été construites sur le rivage, puis amenées au moyen de radeaux au-dessous de l'emplacement qu'elles devaient occuper; enfin elles ont été élevées à la hauteur considérable de 30 mètres au-dessus des plus hautes marées, au moyen de deux presses hydrauliques placées au sommet des piles. Les tubes de 70 mètres ont été construits en place sur des échafaudages et réunis aux grands tubes au moyen de tubes de raccord; de cette façon, chaque moitié du pont se compose d'une immense poutre de 460 mètres de long, fixée sur la pile centrale et reposant librement sur les deux piles de rive et sur les culées. Chacune de ces poutres pèse 5,400 tonnes.

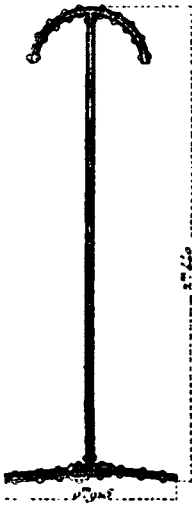


Fig. 85.

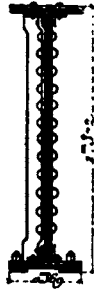


Fig. 86.



Fig. 87.



Fig. 88.

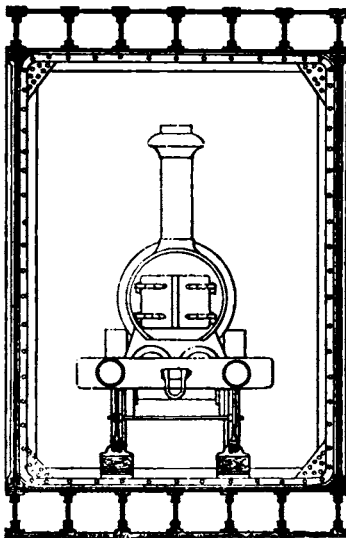


Fig. 89.

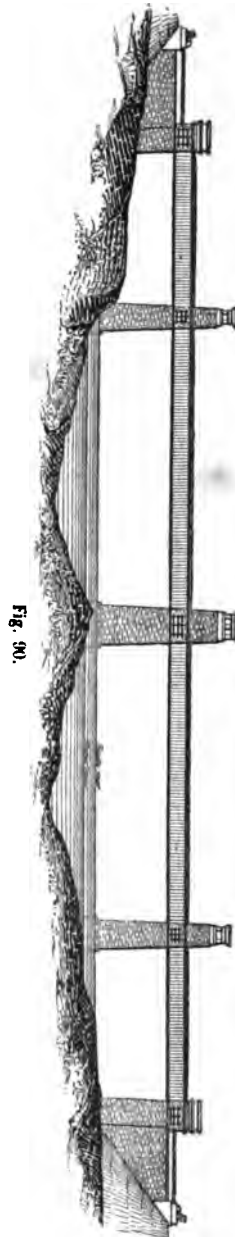


Fig. 90.

M. Gouin, l'un de nos plus habiles fabricants, a construit, dans le Midi, cinq grands ponts en fer sur la Garonne, le Lot, le Tarn, l'Hérault et l'Orbe. Les quatre premiers sont en tôle, dans le système tubulaire ; le cinquième, dans le système diagonal (espèce de treillis).

Ils sont tous à deux voies. — Les voies ne sont indépendantes que sur deux d'entre eux.

Les portées pour les trois premiers atteignent 80 mètres, pour les autres 40 ou 50 mètres. Le pont de Mâcon, construit également par M. Gouin, se compose de travées de 45 mètres. Les parapets n'ont que 2^m,30 de hauteur. Un écartement plus grand pour les piles exigerait une plus grande hauteur de parapet.

Aux États-Unis, on construit en ce moment un immense pont tubulaire sur le chemin de fer de New-York au Canada.

Les travées sont au nombre de vingt-cinq, celles du milieu ont 100^m,05 de portée, les autres 73^m,81. Les deux piles du milieu ont 5^m,49 d'épaisseur ; celles voisines des culées, 4^m,57. Les piles intermédiaires augmentent graduellement d'épaisseur depuis les culées jusqu'aux piles du milieu. La distance de l'étiage au plancher du tube est de 18^m,30. Chacun des tubes aura 5^m,79 de hauteur à ses extrémités ; cette hauteur augmentera progressivement jusqu'au centre, où elle sera de 6^m,86. La largeur sera de 4^m,88. Le poids total du fer employé sera de 10,400 tonnes.

On construit en ce moment un grand pont en treillis pour le passage du Rhin, à Cologne, en Prusse.

Bien que l'érection de ce pont ait été décidée dès l'année 1850, les projets n'ont été arrêtés et le travail n'a commencé qu'en 1855.

L'exécution de cet important ouvrage a été confiée à M. Hermann Lhose, auteur du grand pont sur la Vistule.

Les piles ont été fondées sur un sol de gravier d'alluvion ne s'affouillant pas sensiblement ; ce qui a permis de les élever sur un simple lit de béton de 4^m,50 d'épaisseur, contenu par une enceinte de pièces jointives.

Les treillis ont 8^m,50 environ de hauteur, et 1^m,60 d'épaisseur. Le pont porte en même temps un chemin à deux voies, et une voie charretière avec des trottoirs. — Le chemin de fer et la voie charre-

tière sont juxtaposés, mais sur deux ponts indépendants, bien que s'appuyant sur les mêmes piles.

La largeur du chemin de fer est de 7^m,53, et de la route 8^m,48.

Toutes les travées sont fixes. Le tablier est à 15 mètres au-dessus de l'étiage et à 0^m,60 au-dessus des plus hautes eaux. La navigation des bateaux à vapeur cesse dès que le niveau des hautes eaux atteint 7^m,85 au-dessus de l'étiage, ou 7^m,15 au-dessous du tablier.

Les piles sont au nombre de trois. Elles sont écartées de 98^m,23. Elles ont 6^m,28 d'épaisseur.

La longueur totale du pont est de 412 mètres.

Les frais de construction de ce grand travail sont évalués à 10,323,000 fr., dont 5,625,000 fr. pour la superstructure. On y accèdera par des rampes coûteuses d'établissement. On espère qu'il pourra être livré au public en 1859.

Les bases du projet de pont en treillis pour le passage du Rhin, vis-à-vis de Kehl, ont été arrêtées dans une conférence qui a eu lieu tout récemment, à Strasbourg, entre les commissaires du gouvernement français et ceux du gouvernement badois.

Ce pont aura 235 mètres de longueur totale entre les culées. Le tablier se trouvant à 1^m,50 seulement au-dessus du niveau des plus hautes eaux, deux travées contiguës aux rives seront mobiles. Les passes auront 26 mètres de longueur; ces travées reposeront, par une de leurs extrémités, sur une culée, et, par l'autre, sur une pile. Aujourd'hui, la navigation n'ayant pas lieu au-dessus de Kehl, les travées mobiles sont pour ainsi dire inutiles. Elles ne sont donc destinées qu'à répondre à des besoins d'avenir.

Les piles seront au nombre de quatre, et elles seront écartées de 56 mètres de parement en parement. Les deux piles extrêmes seront en maçonnerie et auront une épaisseur de 4^m,50 avec une longueur de 21 mètres. Celles intermédiaires, fondées au moyen de tubes en fonte, d'après un procédé que nous décrirons plus loin, auront 3 mètres de largeur sur 12 mètres de longueur. Le pont portera un chemin à deux voies, séparées par une entrevoie de 1^m,80. On ménagera sur les côtés des passerelles pour les piétons, mais on n'établira pas de voie charretière. Les voitures continueront à passer sur le pont de bateau, qui sera conservé.

Les fondations en fonte des piles intermédiaires seront protégées par des brise-glace en chêne placés à une distance convenable en amont. La largeur du pont sera d'environ 10 mètres.

On ne trouve en Allemagne ni ponts tubulaires ni ponts sur des poutres creuses comme celui d'Asnières, mais les ponts en treillis y sont nombreux. Le plus remarquable est le pont établi sur la Vistule, à Dirshau, près de Dantzig. Il a 690 mètres de longueur et repose sur deux culées et cinq piles; l'écartement des piles est de 115 mètres de parement en parement. Il ne porte qu'une seule voie.

Nous citerons encore les ponts à treillis de la Nogat, près Mariembourg, composés de deux travées seulement, longues chacune de 97 mètres, et celui d'Offenbourg, sur le chemin badois. Nous donnons ci-contre (fig. 91 et 92) l'élévation longitudinale et celle d'une des têtes de ce dernier pont. Il a remplacé un pont en fonte de cinq arches, emporté, en 1852, par une débâcle.

Les chemins Central et Sud-Est Suisse, construits par l'habile ingénieur Carl Etzel, nous offrent des spécimens remarquables de ponts en treillis dont nous avons donné les principales dimensions en décrivant le tracé de ce chemin.

Les figures 93, 94 et 95 représentent trois de ces ponts, et on trouvera aux documents un tableau indiquant le prix détaillé de tous les ponts ou viaducs du chemin Central.

Le pont sur l'Aar (fig. 96, 97 et 98), avec voie charretière au-dessous du chemin de fer, long de 164 mètres, a coûté 1,103,600 francs, desquels 22,400 fr. ont été dépensés pour les fondations, 212,000 fr. pour la maçonnerie, 724,600 fr. pour les treillis et autres parties en fer, et le reste pour le platelage du chemin, etc.

Le grand pont sur la Sitter (fig. 95), long de 160 mètres, et haut de 65 mètres, a coûté 909,640 fr., dont 34,669 fr. ont été dépensés pour les fondations, 149,811 fr. pour la maçonnerie, 261,285 fr. pour le treillis, et 408,775 fr. pour les piliers métalliques.

Lorsque le chemin est à deux voies et qu'on le fait passer sur un pont tubulaire ou à treillis, chacune des deux voies peut être supportée par un pont distinct, ou bien être réunie à l'autre par un



Une de robe de chambre (Boulevard)
sur la robe de chambre.
17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100. 101. 102. 103. 104. 105. 106. 107. 108. 109. 110. 111. 112. 113. 114. 115. 116. 117. 118. 119. 120. 121. 122. 123. 124. 125. 126. 127. 128. 129. 130. 131. 132. 133. 134. 135. 136. 137. 138. 139. 140. 141. 142. 143. 144. 145. 146. 147. 148. 149. 150. 151. 152. 153. 154. 155. 156. 157. 158. 159. 160. 161. 162. 163. 164. 165. 166. 167. 168. 169. 170. 171. 172. 173. 174. 175. 176. 177. 178. 179. 180. 181. 182. 183. 184. 185. 186. 187. 188. 189. 190. 191. 192. 193. 194. 195. 196. 197. 198. 199. 200. 201. 202. 203. 204. 205. 206. 207. 208. 209. 210. 211. 212. 213. 214. 215. 216. 217. 218. 219. 220. 221. 222. 223. 224. 225. 226. 227. 228. 229. 230. 231. 232. 233. 234. 235. 236. 237. 238. 239. 240. 241. 242. 243. 244. 245. 246. 247. 248. 249. 250. 251. 252. 253. 254. 255. 256. 257. 258. 259. 260. 261. 262. 263. 264. 265. 266. 267. 268. 269. 270. 271. 272. 273. 274. 275. 276. 277. 278. 279. 280. 281. 282. 283. 284. 285. 286. 287. 288. 289. 290. 291. 292. 293. 294. 295. 296. 297. 298. 299. 300. 301. 302. 303. 304. 305. 306. 307. 308. 309. 310. 311. 312. 313. 314. 315. 316. 317. 318. 319. 320. 321. 322. 323. 324. 325. 326. 327. 328. 329. 330. 331. 332. 333. 334. 335. 336. 337. 338. 339. 340. 341. 342. 343. 344. 345. 346. 347. 348. 349. 350. 351. 352. 353. 354. 355. 356. 357. 358. 359. 360. 361. 362. 363. 364. 365. 366. 367. 368. 369. 370. 371. 372. 373. 374. 375. 376. 377. 378. 379. 380. 381. 382. 383. 384. 385. 386. 387. 388. 389. 390. 391. 392. 393. 394. 395. 396. 397. 398. 399. 400. 401. 402. 403. 404. 405. 406. 407. 408. 409. 410. 411. 412. 413. 414. 415. 416. 417. 418. 419. 420. 421. 422. 423. 424. 425. 426. 427. 428. 429. 430. 431. 432. 433. 434. 435. 436. 437. 438. 439. 440. 441. 442. 443. 444. 445. 446. 447. 448. 449. 450. 451. 452. 453. 454. 455. 456. 457. 458. 459. 460. 461. 462. 463. 464. 465. 466. 467. 468. 469. 470. 471. 472. 473. 474. 475. 476. 477. 478. 479. 480. 481. 482. 483. 484. 485. 486. 487. 488. 489. 490. 491. 492. 493. 494. 495. 496. 497. 498. 499. 500. 501. 502. 503. 504. 505. 506. 507. 508. 509. 510. 511. 512. 513. 514. 515. 516. 517. 518. 519. 520. 521. 522. 523. 524. 525. 526. 527. 528. 529. 530. 531. 532. 533. 534. 535. 536. 537. 538. 539. 540. 541. 542. 543. 544. 545. 546. 547. 548. 549. 550. 551. 552. 553. 554. 555. 556. 557. 558. 559. 560. 561. 562. 563. 564. 565. 566. 567. 568. 569. 570. 571. 572. 573. 574. 575. 576. 577. 578. 579. 580. 581. 582. 583. 584. 585. 586. 587. 588. 589. 590. 591. 592. 593. 594. 595. 596. 597. 598. 599. 600. 601. 602. 603. 604. 605. 606. 607. 608. 609. 610. 611. 612. 613. 614. 615. 616. 617. 618. 619. 620. 621. 622. 623. 624. 625. 626. 627. 628. 629. 630. 631. 632. 633. 634. 635. 636. 637. 638. 639. 640. 641. 642. 643. 644. 645. 646. 647. 648. 649. 650. 651. 652. 653. 654. 655. 656. 657. 658. 659. 660. 661. 662. 663. 664. 665. 666. 667. 668. 669. 670. 671. 672. 673. 674. 675. 676. 677. 678. 679. 680. 681. 682. 683. 684. 685. 686. 687. 688. 689. 690. 691. 692. 693. 694. 695. 696. 697. 698. 699. 700. 701. 702. 703. 704. 705. 706. 707. 708. 709. 710. 711. 712. 713. 714. 715. 716. 717. 718. 719. 720. 721. 722. 723. 724. 725. 726. 727. 728. 729. 730. 731. 732. 733. 734. 735. 736. 737. 738. 739. 740. 741. 742. 743. 744. 745. 746. 747. 748. 749. 750. 751. 752. 753. 754. 755. 756. 757. 758. 759. 760. 761. 762. 763. 764. 765. 766. 767. 768. 769. 770. 771. 772. 773. 774. 775. 776. 777. 778. 779. 780. 781. 782. 783. 784. 785. 786. 787. 788. 789. 790. 791. 792. 793. 794. 795. 796. 797. 798. 799. 800. 801. 802. 803. 804. 805. 806. 807. 808. 809. 810. 811. 812. 813. 814. 815. 816. 817. 818. 819. 820. 821. 822. 823. 824. 825. 826. 827. 828. 829. 830. 831. 832. 833. 834. 835. 836. 837. 838. 839. 840. 841. 842. 843. 844. 845. 846. 847. 84

File 63A



Revue pour l'année 1858

*Le Pont de la Vierge d'Offenburg
sur la rive droite*



Fig. 93. — Pont de la Thur.



Fig. 94. — Pont de la Glatt.



Fig. 95. — Pont de la Sitter.

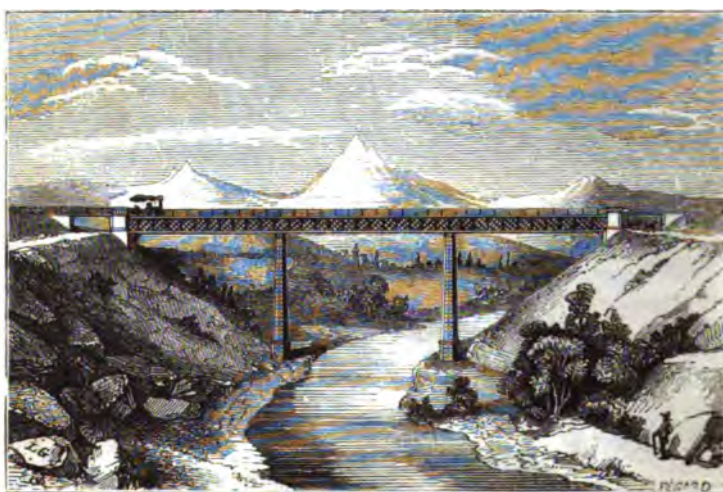


Fig. 96. — Pont de l'Aar.

seul et même pont. M. Couche donne, avec raison, la préférence au premier système.

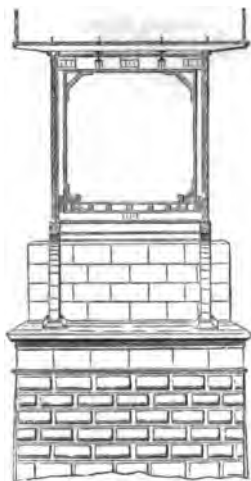


Fig. 97.

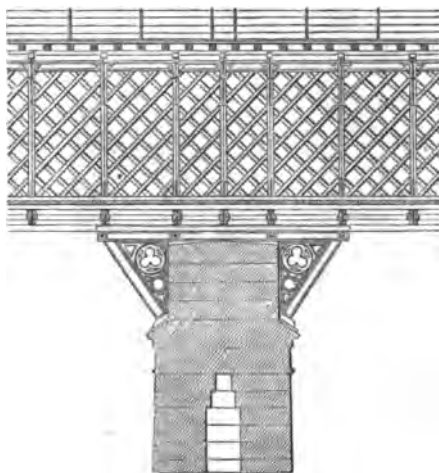


Fig. 98.

« L'indépendance des deux voies paraît être, dit cet habile ingénieur après avoir discuté les avantages et les inconvénients des deux systèmes, la combinaison qui offre le plus de garanties, parce que tous les efforts s'y développent symétriquement, que tout le système travaille, pour ainsi dire, carrément. » Quelquefois cependant on a rendu les voies dépendantes par raison d'économie. M. Couche se prononce également pour la continuité des travées dans le cas des ponts à grande portée et préfère l'indépendance pour des ouvertures médiocres.

Ponts en fer et fonte. — Quelques ingénieurs anglais ont admis, jusque dans ces derniers temps, l'emploi simultané de la fonte et du fer dans la construction des ponts, mais en limitant la fonte aux parties de ces ouvrages chargées de résister exclusivement à la compression à des flexions transversales modérées. Nous pourrions citer dans ce système le pont de Newark, sur le chemin de fer de Great-Northern (fig. 99), d'une longueur de poutres de 259 pieds (78^m,94). Les parties foncées de la gravure font distinguer les

pièces en fonte qui sont employées dans la construction et assemblées avec les parties en fer forgé.



Fig. 99.

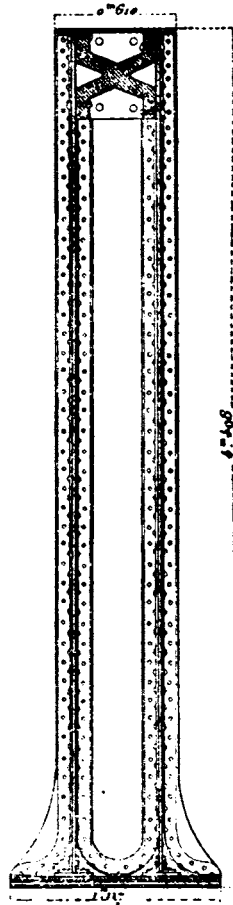


Fig. 100.

Nous pourrions donner encore l'exemple du pont de la Mersey, de 52 mètres d'ouverture, formé de trois poutres composées chacune d'un arc supérieur en fonte à section en forme de X, relié avec une plate-bande inférieure en feuilles de tôle rivées, sur une double paroi verticale en tôle mince maintenue rigide par des contre-forts et des nervures également en tôle (fig. 100).

Nous donnons ici une travée du beau viaduc de Crumlin, construit dans le même système, et supporté par deux piles composées de colonnettes de fonte reliées entre elles horizontalement par des châssis en fonte, et verticalement par des crois de Saint-André en fer de faible épaisseur; ce viaduc a 498 mètres de longueur entre les culées (figure 101).

Ponts suspendus. —

Il nous reste à dire quelques mots des ponts suspendus construits aux États-Unis. La des-

cription suivante du beau pont de la Harper, sur le chemin de Baltimore à l'Ohio, est empruntée à un manuscrit inédit de M. Grenier.

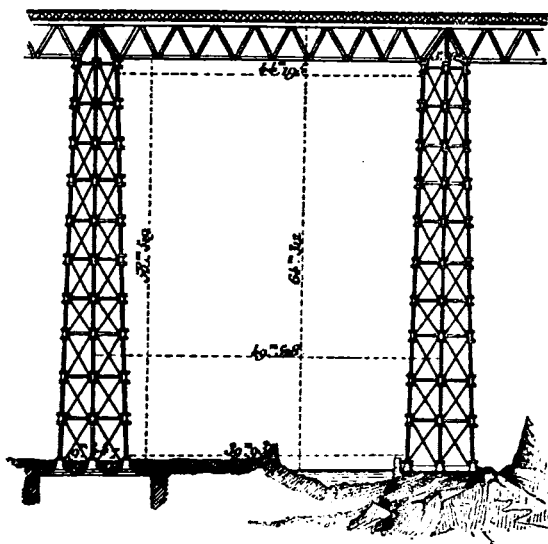


Fig. 101.

Ce pont, établi pour une voie, est composé d'un tablier en bois suspendu à deux fermes en fer et fonte dont les extrémités reposent sur de légers supports en maçonnerie.

La poutre en fonte est creuse, sa figure extérieure est octogonale ; elle est formée de huit parties de chacune 4^m,73 de longueur assemblées à manchon ; les surfaces de contact sont légèrement arrondies de manière que les flexions du système ne produisent pas d'efforts obliques sur la poutre. Chaque joint repose sur le chapiteau d'une colonnette en fonte dont le pied est relié par deux tirants en fer aux extrémités de la poutre, et supporte, au moyen de boulons de suspension, les poutres en bois ou pièces de pont (figure 102).

Par cette disposition, le poids du tablier et des surcharges accidentelles, agissant à chaque colonnette, est reporté par les tirants en fer sur les deux points d'appui. Les pressions horizontales résultant

tant de l'inclinaison de ces tirants se font équilibre par l'intermédiaire de la poutre en fonte, qui n'est soumise qu'à des efforts de compression. La ferme est complétée par des croix de Saint-André

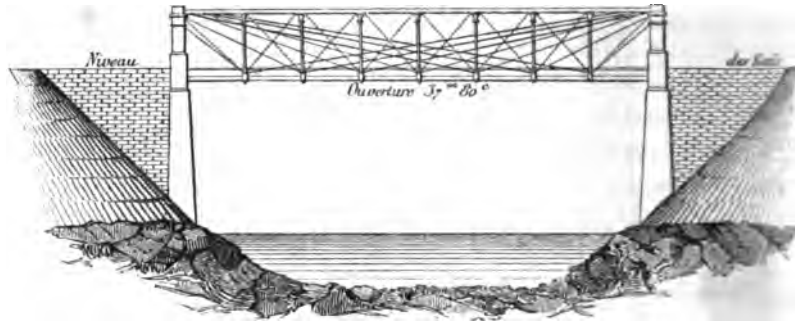


Fig. 102.

très-légères en fer forgé reliant les extrémités des colonnettes, et qui servent de pièces auxiliaires en cas de rupture d'une ou plusieurs tringles principales.

Les poutres en fonte des deux fermes sont reliées dans le plan horizontal par un système de croix de Saint-André en fer et de pièces d'écartement en fonte correspondant aux colonnettes. L'ensemble du pont a ainsi la figure d'un tube rectangulaire formé d'un réseau de barres de fer et de fonte.

Dans la combinaison des pièces en fer forgé et en fonte qui constituent les fermes du pont sur la Harper, le fer est soumis à des efforts d'extension et la fonte à des efforts de compression ; les deux métaux sont donc employés dans les conditions qui permettent d'utiliser le mieux possible leurs propriétés. La résistance à la flexion des parties constitutives du système n'entrant pas en jeu, toutes les fibres travaillent également, pourvu que la section des barres soit proportionnée aux forces qui agissent suivant leur axe. La différence entre l'élasticité des deux métaux ne peut être présentée comme une objection à leur combinaison, puisque tous les assemblages sont articulés.

Ce système, qui présente la légèreté des ponts suspendus, a sur ceux-ci l'avantage que toutes ses parties peuvent être visitées et ga-

ranties facilement de l'oxydation, et que sa rigidité met un obstacle à l'amplitude des vibrations.

Il y a lieu d'observer en outre que les efforts de tension sont répartis sur un grand nombre de pièces indépendantes, et que la rupture d'une des barres ne saurait avoir de conséquences graves.

Le pont sur la Harper a 37^m,82 d'ouverture; sa hauteur, mesurée entre les boulons d'assemblage des tirants, est de 5^m,20.

Le poids agissant sur chaque ferme est évalué comme suit :

Poids du fer et de la fonte.	10,982 ^k ,08
— de la charpente.	6,801 ^k ,30
— de la surcharge.	73,429 ^k ,28
— représentant les forces vives dues au choc.	11,335 ^k ,50
TOTAL.	102,548 ^k ,16

Sous ce poids, l'effort supporté par les tirants en fer est de 7,254^k,72 par pouce carré, leur résistance absolue étant de 36,273^k,60, ce qui correspond à 11^k,23 par millimètre carré.

Ce pont, depuis sa construction, a été exposé aux températures les plus extrêmes et à un passage journalier de vingt trains en moyenne. Dans les conditions les plus défavorables de température et de charge, la flèche n'a pas dépassé 16 millimètres environ.

Procédé de fondation tubulaire. — De nouveaux procédés ont été employés depuis quelques années pour la fondation des piles des grands ponts. Comme ces procédés ont été plus particulièrement appliqués sur les chemins de fer, nous terminerons ce chapitre sur les travaux de terrassements et les travaux d'art en en donnant une description sommaire. Nous empruntons une partie de cette description à l'intéressant mémoire publié dans le *Compte rendu des travaux de la Société des Ingénieurs civils*, par M. Charles Nepveu (juillet, août et septembre 1855).

Fondation avec pieux à vis. — MM. Brunel, Cubitt et Stephenson se sont servis avec avantage dans les fondations d'un grand nombre de ponts ou viaducs de *pieux à vis*; dans tous les cas, leur

emploi s'est montré sûr, rapide et facile. L'enfoncement de ces pieux, munis à la partie inférieure d'un pas de vis, se produit en appuyant la pointe du pieu sur le sol, et en imprimant, à l'aide d'un cabestan, un mouvement de rotation à la tige. Le nouveau procédé a été appliqué avec succès à la fondation de plusieurs ponts ou viaducs sur le chemin de fer de l'Ouest.

Fondation avec pieux et palle-planes en fonte. — M. Page, dans le pont qu'il a construit sur la Tamise, à Chelséa, a remplacé les pieux et palle-planes en bois par des pieux et palle-planes en fonte. Ces fondations, qui présentent un haut degré de stabilité, seraient, dit M. Nepveu, en France, d'un prix très-élevé, et demandent, en outre, un temps assez considérable pour leur construction.

Fondation à l'aide du vide. — Tels étaient les progrès faits dans le système des pieux battus et des cofferdams, lorsqu'une idée nouvelle et féconde vint en changer la direction.

M. le docteur Pott's eut l'idée d'agir, non plus sur le pilotis, mais sur le sol, et il se servit pour cela du vide.

Un pieu creux en fonte ou en tôle, ouvert par le bas, est fermé à sa partie supérieure par un couvercle luté avec soin, et communiquant avec une pompe pneumatique; il est en partie enfoncé dans le sol baigné par l'eau, et qui peut être de la vase, du sable et même de l'argile. Si l'on manœuvre la pompe à air, dès que la pression aura suffisamment diminué dans l'intérieur du tube, l'eau extérieure ainsi que le sol lui-même, en vertu de la pression atmosphérique, tendront à s'y précipiter; le courant d'eau qui se fera à la partie inférieure sapera le terrain sous le pieu, en rompant les arches naturelles que les parties solides forment entre elles, et le pieu descendra par son propre poids, augmenté de la pression de l'atmosphère sur son extrémité supérieure. Lorsque le tube sera plein, son contenu, composé d'eau et de parties solides, sera enlevé par un moyen quelconque, et on recommencera l'opération jusqu'à ce qu'on ait atteint la profondeur nécessaire.

Une des applications les plus intéressantes de ce système est celle qui en fut faite aux fondations d'un viaduc dans l'île d'Anglesey, sur

le chemin de Chester à Holyhead. Une des piles de ce viaduc fut établie sur une plate-forme en fonte supportée par dix-neuf pilotis; chaque pilotis était un tube de fonte de 0^m,037 d'épaisseur et de 0^m,355 de diamètre extérieur.

Quand ce pieu était arrivé à sa profondeur, on le vidait d'environ 1^m,80, et on le remplissait de béton.

Après le placement des dix-neuf pilotis, on établit le plateau en fonte, puis la maçonnerie.

Ces fondations, faites en 1847, n'ont pas bougé depuis, et on n'y a remarqué aucun tassement, quoique la charge supérieure fût de plus de 500 tonnes, en y comprenant le poids des trains.

Ce procédé n'est applicable que dans les terrains de vase, de sable, de gravier et d'argile.

Les figures 103 et 104 représentent le mode de fondation décrit ci-dessus, tel qu'il a été appliqué à un pont anglais.

Fondation à l'aide de l'air comprimé. — Au pont de Rochester, M. Hughes, qui dirigeait les travaux sous les ordres de M. Cubitt, se rappelant les bons résultats qu'avaient obtenus MM. Triger, Mougé et Cavé, par l'emploi de l'air comprimé, eut l'idée de donner au pilot le caractère d'une cloche à plongeur, en substituant l'air comprimé au vide.

Le même procédé a été appliqué aux fondations du grand pont de Mâcon, sur la Saône.

Les appareils employés au pont de Rochester et au pont de Mâcon diffèrent peu quant à la disposition d'ensemble. Nous empruntons la description suivante de celui dont on s'est servi au pont de Rochester au mémoire de M. Nepveu.

A l'emplacement de la pile, on descend sur le fond de la rivière un cylindre en fonte de 1 à 3 mètres de diamètre¹, composé d'une série d'anneaux, et d'une hauteur plus ou moins grande, suivant la profondeur du terrain que l'on veut traverser.

Ce tube TT, ouvert à sa partie inférieure, est fermé à sa partie supérieure par un couvercle fixe C. — Dans ce couvercle se logent

¹ Ces cylindres ont 1 mètre au pont de Rochester, et 3 mètres au pont de la Saône.

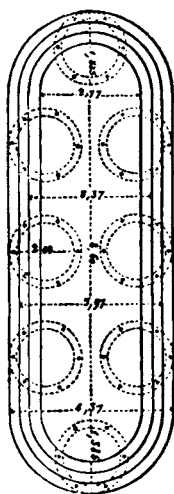
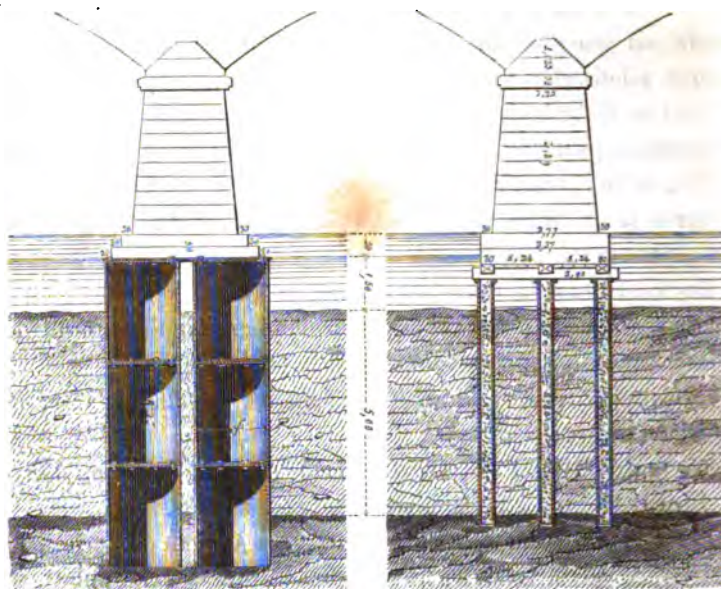


Fig. 103.

Fig. 103.

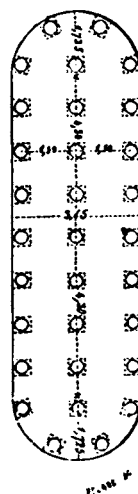


Fig. 104.

deux chambres à air en fonte BB' (fig. 105) destinées à servir d'intermédiaire entre l'intérieur du tube TT et l'extérieur.

Ces deux chambres, dont la section horizontale présente la forme d'un D, un peu espacées entre elles, se trouvent en plan des deux côtés de l'un des diamètres, de manière que leurs parois planes soient placées en sens inverse. La partie du tube qui n'est pas occupée par les chambres et qui est séparée du reste par un plancher percé de deux ouvertures circulaires est dite *chambre d'extraction*.

Chaque chambre à air est munie d'une ouverture fermée par une soupape S se manœuvrant sur un gond horizontal et tenue appliquée contre l'ouverture par la pression intérieure lorsque cette pression, comme nous le verrons plus loin, dépasse la pression extérieure. Une porte ordinaire P ou P', placée sur le côté plat de la chambre, la fait communiquer avec le cylindre et permet aux bras de deux grues, placées entre les chambres, d'y pénétrer pour y déposer les bennes.

Deux séries de robinets R et R', manœuvrables de l'in-

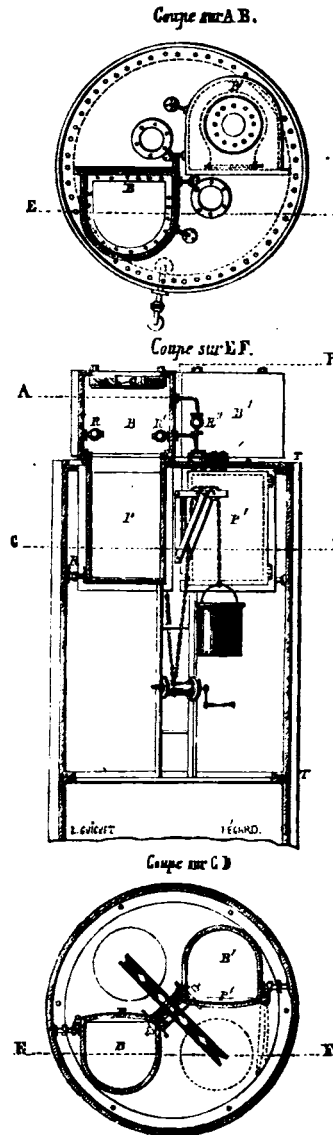


Fig. 105

térieur ou de l'extérieur, servent à mettre en communication la chambre à air, d'une part, avec le cylindre, et, de l'autre, avec l'atmosphère, afin de faciliter le passage des matériaux et la circulation des hommes. Des échelles sont placées dans le tube TT, pour permettre la circulation des ouvriers.

Un système de contre-poids sert à équilibrer le tube TT quand il est rempli d'air comprimé, qui tend à le soulever.

Un système de charpente sert à le guider dans son mouvement descendant. L'opération a lieu de la manière suivante : on chasse de l'air comprimé dans le tube TT au moyen d'un conduit et d'une pompe à air. Les portes P et P' se ferment. La pression étant suffisante, l'eau qui s'élève dans le cylindre en est chassée soit en dessous quand le sol est assez perméable, soit par un siphon quand il est imperméable. Quand elle est chassée en dessous, il se produit un bouillonnement autour de la base qui soulève le sol et facilite la descente du tube.

Des ouvriers placés dans le tube TT creusent le sol et logent les déblais dans un panier. Le panier rempli, on établit la communication entre le tube TT et l'une des chambres à air. La porte P de communication étant ouverte, on monte le panier plein à l'aide de la corde et du treuil, puis l'on interrompt la communication entre le tube et la chambre à air ; on ferme la porte P et on met la chambre à air en communication avec l'atmosphère. La soupape S s'ouvre, et on enlève les déblais à l'extérieur. On continue de la même manière à creuser le sol dans l'intérieur du tube en augmentant la pression de l'air dans ce tube toutes les fois que cela est nécessaire.

Les ouvriers travaillent ainsi dans l'air comprimé. Ils se fatiguent beaucoup, et on a reconnu que lorsque la hauteur d'eau jointe à la hauteur de la fondation dans le sol dépassait 25 mètres, la compression devenait telle, que les ouvriers étaient incapables de résister.

On fait descendre verticalement le gros tube dans le sol en le chargeant convenablement. Dès qu'il a atteint la profondeur voulue (15 mètres au pont de Lyon), on coule au fond un lit de ciment romain, qui s'oppose à l'introduction de l'eau par le

bas, puis on achève de remplir ce tube avec du béton ordinaire.

Les piles au-dessus de l'eau sont renfermées dans des cylindres de 2^m,50 seulement de diamètre, raccordés avec le tube inférieur par une partie cylindro-conique. Chaque pile aux ponts de la Saône repose sur trois cylindres juxtaposés, reliés entre eux par des entretoises. La dépense a été de quatre-vingt-sept mille francs environ par pile.

Au pont de Rochester, les tubes, n'ayant qu'un mètre de diamètre, sont au nombre de huit pour chaque pile, comme l'indique la figure 103.

Au pont de Mâcon (fig. 106 et 107), les tubes, ayant 5 mètres de diamètre, sont au nombre de trois seulement. Ils sont reliés les uns aux autres par des panneaux en fonte.

Au pont de Rochester, les piles sont en pierre; au pont de Mâcon, elles sont en fonte. Les piles en fonte du pont de Mâcon sont remplies de béton comme les tubes de fondation et protégées contre le choc par une enveloppe de béton enfermée dans des palpanches sur lesquelles s'appuient des enrochements. Au pont de Rochester, les piles ne sont pas protégées.

Le système des fondations tubulaires a aussi été employé en Égypte (pont de Benha sur le Nil, pour le chemin de fer d'Alexandrie au Caire).

La pile unique du grand pont de Saltash sur un bras de mer près de Plymouth, a été également fondée au moyen de l'air comprimé; mais le travail a été exécuté dans des conditions tout à fait exceptionnelles.

Il s'agissait d'établir cette pile sur un fond de rocher à 25^m,00 au-dessous du niveau de la haute mer de vive eau. Le rocher était recouvert d'une épaisseur d'environ 5^m,20 de vase.

L'attaque du rocher était très-difficile, et il eût été impossible d'en effectuer le déblai à raison de la profondeur d'eau à traverser.

M. Brunel se décida à construire un cylindre en tôle de 26^m,85 de hauteur moyenne, capable de dépasser de 1^m,85 le niveau des plus hautes eaux, après son échouage sur le fond du rocher.

Mais une nouvelle difficulté se présentait : le rocher avait une in-

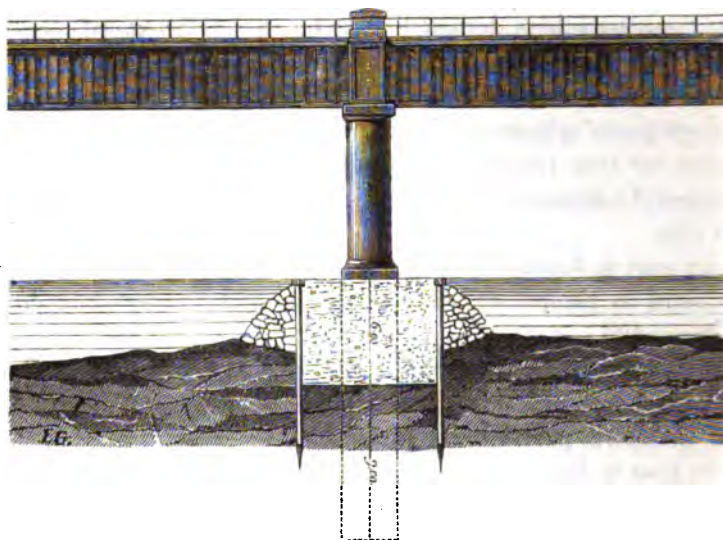


Fig. 106. — Élévation longitudinale.

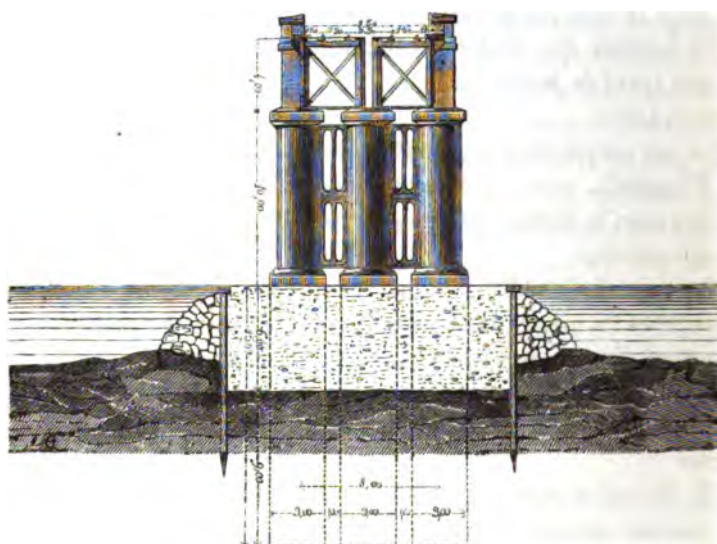


Fig. 107. — Coupe transversale.

clinaison générale qui exigeait que la base du cylindre fût taillée suivant cette inclinaison pour reposer du premier coup, le plus exactement possible, sur la surface du roc : c'est ce qui fut exécuté.

Ce cylindre avait des dimensions telles, qu'il devait comprendre à l'intérieur la totalité de la maçonnerie formant la base de la partie de la pile qui surgissait au-dessus du niveau de l'eau, et qui, à partir de ce niveau, devait se composer de 4 colonnes en fonte destinées à porter les extrémités de chacune des deux grandes travées du pont de 138^m,68 de longueur chacune. Le problème consistait donc à échouer le cylindre, à le lier solidement au roc de manière à isoler complètement sa capacité, à le vider ensuite et à maçonner à l'intérieur du cylindre comme à l'intérieur d'un batardeau.

Le cylindre ayant 10^m,66 de diamètre à sa base, il était impossible de songer à y entretenir, au moyen des appareils pneumatiques ordinaires, le volume d'air que nécessitait l'emploi d'un certain nombre d'ouvriers travaillant sous une hauteur d'eau de 25^m,00, c'est-à-dire sous une pression de 2 à 5 atmosphères. Il fallait évidemment, pour assurer l'effet des appareils, réduire le plus possible la capacité à livrer aux travailleurs. C'est dans ce but que M. Brunel avait composé son cylindre de deux parties : celle du fond, munie d'une calotte sphérique constituant une première capacité dans laquelle on devait exercer la pression, et celle supérieure, qui pouvait être enlevée une fois le travail de maçonnerie achevé jusqu'au-dessus des plus hautes eaux. Dans le pourtour de la partie inférieure régnait une cloison intérieure concentrique avec la paroi extérieure, formant chambre annulaire à compartiments, mise en communication avec l'extérieur au moyen d'un tube dit pneumatique, lequel était enfermé dans un autre de plus grand diamètre.

Le tube pneumatique était destiné à comprimer de l'air dans la partie annulaire où les ouvriers travaillaient sous une pression de 2 à 3 atmosphères, afin de faire équilibre à la pression de l'eau environnante. Le tube le plus grand servait aux épuisements. Lorsque la vase était enlevée au moyen de cette espèce de cloche à

plongeur, et que le rocher sur lequel on s'établissait était dérasé dans le pourtour du cylindre, on maçonnait dans le fond et sur les bords de façon à empêcher la pénétration de l'eau. Cette opération une fois faite, on devait enlever la calotte sphérique et le tube pneumatique, puis travailler presque à sec dans le cylindre, comme dans un batardeau.

Dans le cas où des infiltrations se seraient produites, on pensait que des épuisements ordinaires auraient suffi pour maintenir les eaux; malheureusement la capacité du milieu, une fois la maçonnerie de l'anneau établie, fut loin d'être étanchée; les pompes, mues par des machines locomobiles établies sur le cylindre, étaient impuissantes à enlever l'eau qui s'introduisait par les crevasses de la roche sur laquelle on était établi; il fallut recourir, pour la partie centrale de la pile, au même procédé que pour la partie annulaire, c'est-à-dire à l'air comprimé.

Ponts tournants. — Il faut éviter, autant que possible, sur les chemins de fer, les ponts tournants (fig. 108), qui sont une cause

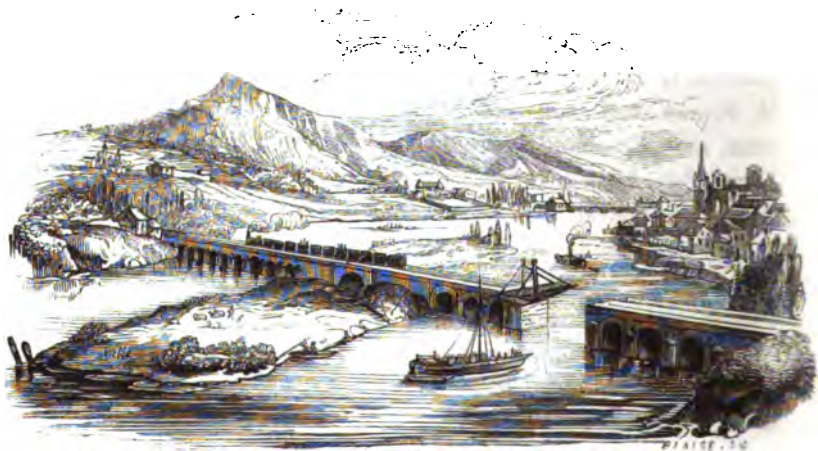


Fig. 108.

d'accident. Toutefois on en rencontre en assez grand nombre sur les chemins de fer belges, et quelques-uns en Angleterre et en France.

Souterrains. — Les souterrains sur les chemins de fer sont nombreux. Les plus remarquables sont le souterrain de la Nerthe, sur le chemin d'Avignon à Marseille, long de 4,600 mètres; celui de Blaisy, sur le chemin de Lyon, mesurant 4,000 mètres; celui du Credo, au chemin de Lyon à Genève, long de 3,900 mètres; celui de Rilly, sur l'embranchement de Reims, d'une longueur de 3,500 mètres; celui de Hommarting, sur le chemin de Strasbourg, ayant 2,780 mètres, et enfin celui du Hauenstein, au chemin de fer Central (Suisse), long de 2,500 mètres.

Sur le chemin de Roanne à Tarare, tronçon du chemin de Lyon par le Nivernais, récemment concédé, on sera obligé de percer un souterrain plus long encore que celui de la Nerthe : il aura 6,000 mètres de longueur.

Les méthodes qui ont été suivies pour le percement de ces souterrains sont celles usitées depuis longtemps. Nous n'avons donc pas à les décrire; mais l'on vient d'entreprendre le percement du mont Cenis par un procédé nouveau, qui a été décrit dans le journal la *Presse* par l'habile et savant rédacteur M. Figuier. Nous le décrirons aussi, mais à la fin du second volume seulement, dans le chapitre spécial consacré à l'exposition des nouvelles méthodes. Les appareils du mont Cenis ayant alors fonctionné pendant un certain temps, on se fera de leur efficacité une idée plus juste qu'on ne le pourrait aujourd'hui.

Construction de la chaussée. — Après avoir, au moyen des travaux de terrassement et des travaux d'art, adouci convenablement la pente du terrain sur la ligne que doit suivre le chemin de fer, il convient de ne pas poser encore la voie au fond des tranchées ou sur la crête des remblais et même sur les ponts en maçonnerie. Le sol généralement terreux des tranchées ou des remblais, se convertissant en une boue épaisse, cesserait d'offrir une base suffisamment solide, et la voie ne tarderait pas à se déranger de telle façon, qu'il deviendrait impossible de la parcourir à grande vitesse.

La maçonnerie étant, au contraire, trop rigide, le passage des ponts deviendrait fatigant en même temps pour le voyageur et pour le matériel si elle se trouvait en contact immédiat avec la voie.

Il est donc absolument nécessaire d'interposer entre le terrain naturel ou les assises de maçonnerie et la voie en fer une chaussée artificielle, perméable à l'eau, qui soit moins susceptible que le sol naturel de se déformer et moins rigide que la maçonnerie.

On appelle *ballast* la matière dont se compose cette chaussée : le sable est le ballast le plus généralement employé.

Dans les tranchées, la chaussée est toujours bordée des deux côtés par des fossés dans lesquels se réunissent les eaux qui coulent le long des talus et celles qui proviennent de la chaussée elle-même.

Il est essentiel que la chaussée qui porte la voie en fer soit toujours aussi sèche que possible. Il ne faut donc négliger aucun moyen de donner écoulement aux eaux qui pourraient la détruire.

La capacité des fossés doit être proportionnée à la plus grande quantité d'eau que peuvent y amener les pluies les plus abondantes, et leur profondeur doit être au moins aussi grande que l'épaisseur de la chaussée.

Les longues tranchées sont souvent difficiles à dégorger ; sur le chemin de Versailles (rive gauche), on vide les fossés de la grande tranchée de Clamart au moyen de *puits absorbants* creusés de 500 mètres en 500 mètres. Ces puits doivent atteindre une couche *absorbante*, c'est-à-dire une couche qui retienne toutes les eaux qu'on y jette. Ce n'est que dans un petit nombre de terrains, d'une composition analogue à celle des terrains des environs de Paris, que l'on trouve de pareilles couches.

Avant d'établir la chaussée au fond des tranchées, on donne au sol une légère inclinaison partant de l'axe du chemin vers l'emplacement des fossés ; sur les remblais, dont le tassement est toujours plus fort vers les bords que sur l'axe, cette opération n'est pas nécessaire.

Le sol étant ainsi préparé, on étend une première couche de ballast sur une épaisseur de 25 à 30 centimètres ; on la pilonne avec des espèces de dames de paveur. Le transport de ce ballast se fait en général dans des wagons de terrassement versant de côté

(voy. page 363), et trainés par des chevaux sur une voie de fer provisoire posée *directement* sur le sol à l'emplacement de l'une des voies définitives. Cette première couche de ballast servant de fondation à l'une des voies définitives, la pose peut en être immédiatement commencée.

Cette voie définitive est employée au transport ultérieur du ballast, et l'on peut activer ce transport, qui se fait dans des wagons d'ensablement (voy. page 367) au moyen de machines locomotives.

Que l'on se serve de dés, de traverses ou de longuerines comme moyen de fondation pour la voie de fer, il est très-important que ces supports reposent par une large base sur la couche de sable et la touchent par tous leurs points. Nous nous écarterions de notre but si, dans cet ouvrage élémentaire, nous entrions dans les détails des précautions à prendre pour remplir cette condition. On les trouvera, si on désire se livrer à une étude approfondie du sujet, dans le *Portefeuille de l'ingénieur*.

Les supports de la voie placés et bien assis sur leur base, on remplit encore avec du sable bien pilonné l'espace qu'ils laissent entre eux, de manière à les envelopper parfaitement, précaution nécessaire pour les maintenir dans leur position et pour préserver les bois de la pourriture. La chaussée est alors complétée. *Un bon ensablement de la voie est une condition de durée pour le chemin et de sécurité pour les voyageurs.*

Sur une voie mal ou médiocrement ensablée, non-seulement les traverses se détruisent rapidement ou se déplacent facilement, mais on est exposé aux plus graves accidents lorsque les machines sortent de la voie.

Dans les tranchées, le ballast est quelquefois soutenu le long des fossés par de petits murs en *Pierre sèche* (figure 109), c'est-à-dire par des murs en pierres simplement juxtaposées sans interposition de mortier et perméables à l'eau. D'autres fois, c'est le talus naturel de la couche de sable elle-même qui borde le fossé.

En Suisse, en Bavière (chemin du Palatinat) et dans le duché de Bade, le chemin n'est pas composé exclusivement de ballast. Des

massifs en terre ont été ménagés, comme l'indique la figure 110, le long des fossés (chemin Suisse) et même au milieu (chemins Bavarois et Badois) (fig. 111), afin d'économiser le ballast. Ces massifs sont traversés de distance en distance par des saignées servant à assainir les cuvettes.

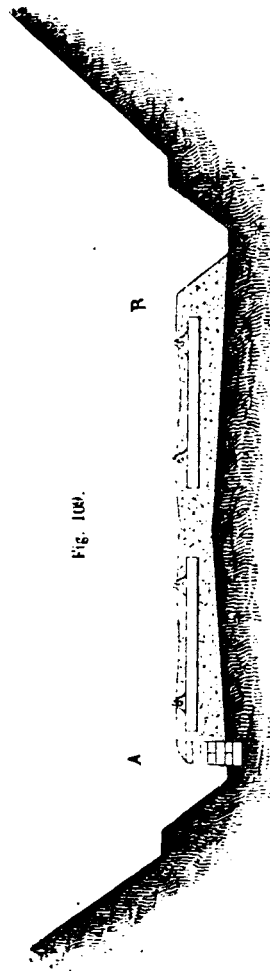


Fig. 110.

On avait adopté une disposition semblable sur les premiers chemins de fer construits en France, mais l'on n'a pas tardé à reconnaître qu'en introduisant les pinces sous les traverses pour les relever, on attaquait souvent les massifs et provoquait ainsi le mélange de la terre et du ballast. L'entretien des saignées est d'ailleurs fort coûteux, et elles sont sujettes à s'engorger.

Sur le remblai, les fossés sont supprimés, et les talus de la couche de sable font suite à ceux du remblai; l'eau s'écoule de part et d'autre ou pénètre dans l'intérieur. Mais les grands remblais tassant toujours plus ou moins, on conserve, lors de la construction, deux petites banquettes sur la crête du remblai. A mesure que le tassement a lieu, on relève la voie en rapportant de nouvelles épaisseurs de ballast sous les supports; et, comme la crête de ce ballast doit conserver toujours la même largeur, sa base s'étend

et ses talus finissent par se raccorder avec ceux du remblai.

Sur des terrains très-mous, délavés par des courants d'eau, ou sur des terrains marécageux, il serait impossible, sans de certaines précautions, d'établir une voie durable.

Sur le chemin de Wissembourg, la chaussée reposant en tran-

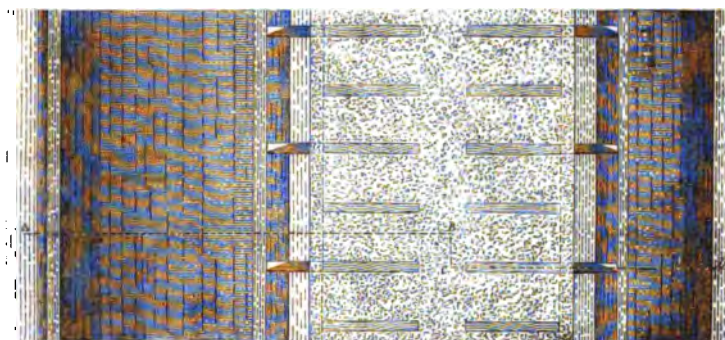


Fig. 110. — Chemin Suisse.



Plan



Profil en long

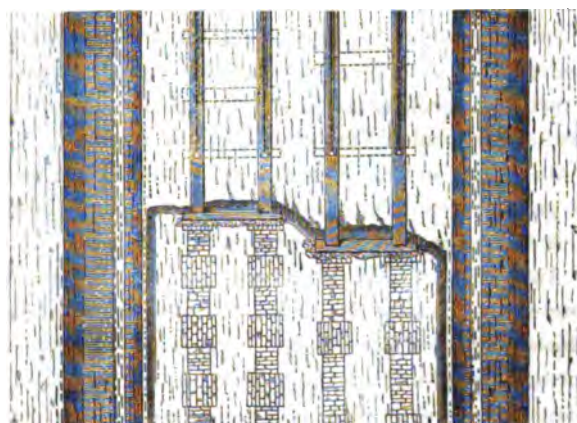


Fig. 111. — Chemin Badois.

chée sur un terrain argileux, on a desséché la plate-forme en creusant sous la chaussée, comme l'indique la figure 112, des rigoles de 15 à 20 centimètres de profondeur que l'on remplit de gravier d'abord sur 12 à 15 centimètres de profondeur, puis de mousse. Le fond de ces rigoles longitudinales est incliné vers des rigoles transversales traversant la plate-forme d'un fossé à l'autre, de telle façon que les eaux sont inévitablement conduites par ces rigoles dans les fossés.

Dans une autre tranchée où la plate-forme était établie sur un terrain compact, argileux, on a creusé des rigoles longitudinales d'une faible profondeur au bord de la chaussée (fig. 113). On a posé au fond de ces rigoles des tuyaux de drainage que l'on a recouverts de pierraille, puis, de distance en distance, on a dégorgé ces tuyaux dans des tuyaux transversaux.

Le terrain étant humide sur une grande épaisseur, on a donné à la rigole une profondeur de 80 centimètres, en sorte qu'elle descendait au-dessous du fossé. On a posé au fond des tuyaux de drainage inclinés vers les extrémités, on les a recouverts de paille d'abord, puis d'un mélange de ballast et de glaise, et on a dégorgé les tuyaux par leurs extrémités ou latéralement.

Dans ce dernier cas, le dégorgement, devenant difficile et ne pouvant s'effectuer souvent qu'à d'assez grandes distances, devenait très-dispendieux.

Sur les remblais argileux du chemin de Wissembourg, on a, pour dessécher la plate-forme, creusé des rigoles transversales de 1 à 2 mètres de profondeur que l'on a espacées de 3 à 12 mètres, suivant que le remblai était plus ou moins aquifère.

On plaçait au fond de ces saignées deux petites fascines remplies de gravier à côté l'une de l'autre, une troisième fascine au-dessus, puis on recouvrait le tout de terre.

Au chemin de Versailles (rive gauche), comme le terrain, au fond d'une tranchée, était tellement mou, qu'il ne pouvait porter les objets même les plus légers, on a, pour établir la chaussée, commencé par enfoncer des files parallèles de planches jointives (palplanches) des deux côtés de l'emplacement de chacun des fossés. On a vidé les terres jusqu'à une certaine profondeur entre les plan-

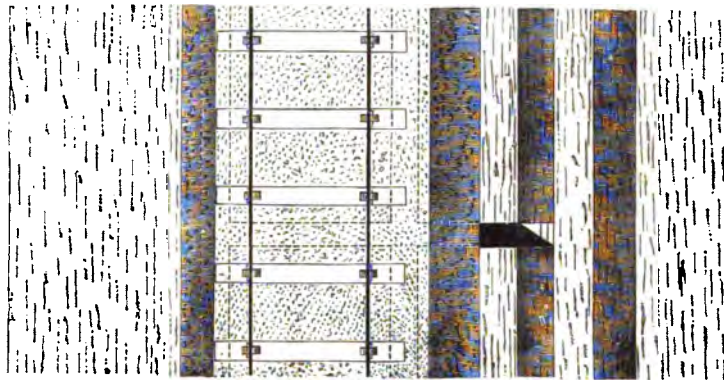


Fig. 112.

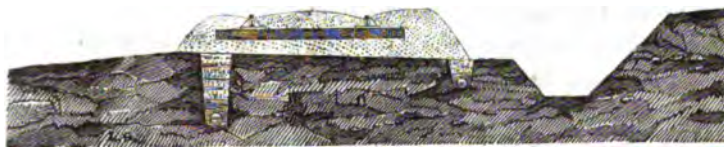


Fig. 113.

ches qui soutenaient les parois de la fouille, et on a construit dans cette excavation des murs en pierre sèche. Il s'est trouvé alors entre les fossés une couche de terre dont l'épaisseur était égale à leur profondeur, desséchée par le fait seul de leur creusement. On a extrait cette couche sur la plus grande partie de son épaisseur, on a étendu au fond de cette excavation une couche de pierres d'un certain volume, faisant autant que possible corps les unes avec les autres; et enfin, sur cette couche, on a construit la chaussée et posé la voie.

Les terrains marécageux sont, ou de faible profondeur et faciles alors à dessécher, ou de grande profondeur, et tels qu'on ne puisse en détourner aisément les eaux.

Si le terrain est facile à dessécher, on retombe dans l'un des cas précédents.

S'il a peu de profondeur et que l'on ne juge pas facile ou convenable de le dessécher, on enfonce des pilotis dans le terrain solide sur lequel pose le terrain marécageux; on réunit les têtes de ces pilotis par des *longuerines*; on pose des *traversines*, et sur ces traversines un nouveau cours de longuerines qui porte les rails. C'est ainsi que l'on a établi le chemin dans certains marais de la Caroline du Sud, aux États-Unis, et à Pontypool, dans le pays de Galles. On peut encore, dans ce cas, combler avec des déblais solides la partie du marais qu'on veut traverser.

Le marais est-il profond, comme celui de Chatmoss, sur le chemin de Liverpool à Manchester, il faut recourir à un autre expédient. On établit alors la chaussée sur un lit de fascines d'une grande largeur: de cette manière, on divise sur une très-grande surface le poids de la chaussée et celui des convois qui la parcourent, et le chemin flotte, pour ainsi dire, sur le marais comme un radeau sur une rivière.

Les paragraphes suivants sont extraits des instructions données, le 8 novembre 1856, par le ministre du commerce et des travaux publics de Bavière pour la construction et l'entretien des chemins de fer de l'État, instruction dont la traduction a été publiée dans le journal *l'Ingénieur* par M. Müntz ¹.

¹ Nous croyons utile de rappeler que ces instructions ont le fruit d'une longue

« Une couche de ballast de 0^m,60 s'est montrée insuffisante pour les tranchées humides et à fonds imperméables, et il convient de les porter à 0^m,88 en contre-bas de la surface supérieure des traverses. Sur les remblais imperméables elle devrait être de 0^m,75. Cette épaisseur peut être diminuée au fur et à mesure que la perméabilité du fond augmente; toutefois, elle ne doit pas être inférieure à 0^m,60 dans les tranchées, et à 0^m,45 sur les remblais.

« Une couche de 0^m,45 a été reconnue insuffisante dans une station dont le sol n'a pu être asséché que d'une manière imparfaite.

« Une largeur de couche de ballast dépassant de 0^m,15 la surface extérieure des dés en pierre a été reconnue suffisante; tandis que, pour une voie posée sur traverses, la largeur de la couche de ballast doit dépasser de 0^m,30 les abouts de celles-ci.

« L'assèchement prompt et complet du ballast est de la plus haute importance; on l'obtient de la manière la plus parfaite en étendant la couche de ballast sur toute la longueur de la plate-forme. Un moyen également bon, mais bien moins efficace, consiste dans l'établissement de pierrées au travers de la plate-forme de la voie. Ces pierrées sont distantes de 3 à 4^m,50; elles ont 0^m,60 de largeur, et leur fond à pente rapide s'étend jusque sur le talus. Il convient d'établir de ces pierrées partout où elles n'existent pas en dimensions et en nombre suffisants.

« Quand le fond est humide ou rempli de sources, on fait bien de recourir aux tuyaux de drainage. On les place sur un fond en argile damé dans l'axe des voies, et à 0^m,50 en contre-bas de la plate-forme, en ayant soin de la couvrir d'une couche d'environ 0^m,60 de cendres de coke ou d'autres matières perméables avant de poser le ballast. Du drain principal on fait passer dans les fossés du chemin des drains secondaires, qu'on multiplie suivant le degré d'humidité du fond. Une plate-forme ondulée dans le sens de la longueur contribue beaucoup à l'écoulement des eaux de la surface, et, pour cette raison, on prolonge la cavité sous les traverses jusqu'à la rencontre des talus. »

expérience, puisque c'est en Bavière qu'ont été construits, par M. Denis, les premiers chemins de fer allemands à locomotives.

La solidité de la chaussée d'un chemin de fer, et, par suite, celle du chemin de fer lui-même, ne dépend pas seulement du plus ou du moins de soin apporté dans sa construction. Le choix des matériaux qui la composent exerce également la plus grande influence sur sa résistance et sa durée.

Nous indiquerons plus loin les conditions que doivent remplir ces matériaux.

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.

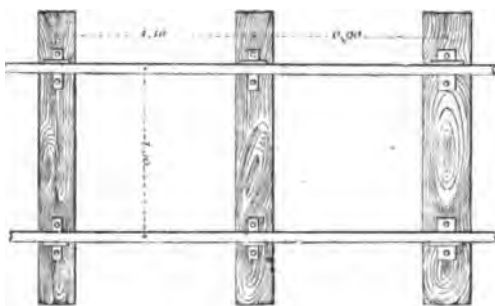


Fig. 114.

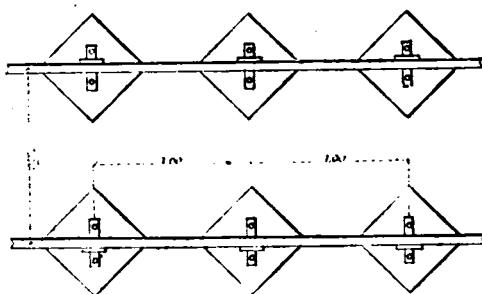


Fig. 115.

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 bavaïois 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 1845, 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.

Quoiqu'il 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 on 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 composé ¹.

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'année 1789.



Fig. 117.

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 wagons ; il fléchirait

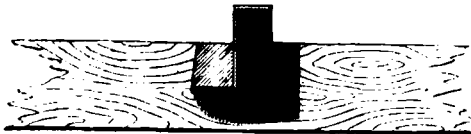


Fig. 118.

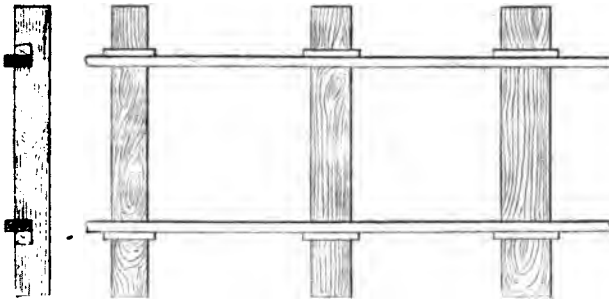


Fig. 119.

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.

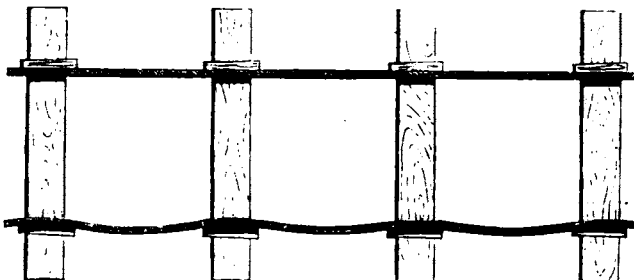


Fig. 120.

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).



Fig. 121.

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.

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

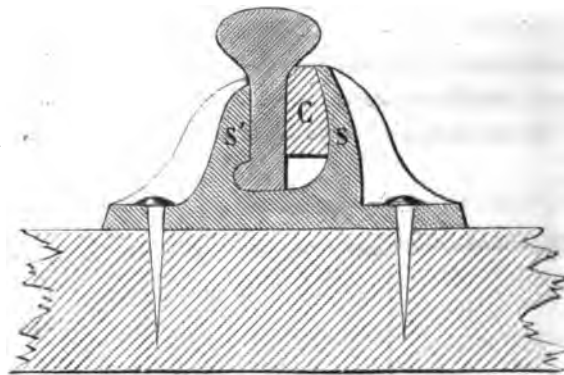


Fig. 122.

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.

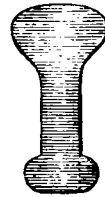


Fig. 123.

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.



Fig. 124.



Fig. 125.

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-

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.

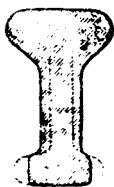


Fig. 126.

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

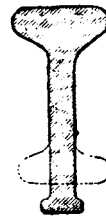


Fig. 127.

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 tra-

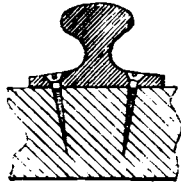


Fig. 128.

verses, 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.

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'Aschaffenburg 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 pourrait 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 5° 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.

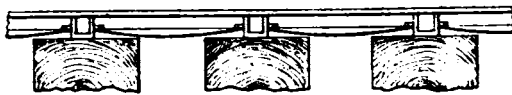


Fig. 130.

On avait même imaginé des procédés de laminage fort ingénieux, qui permettaient d'obtenir des rails ondulés en fer (fig. 130). 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. 131).

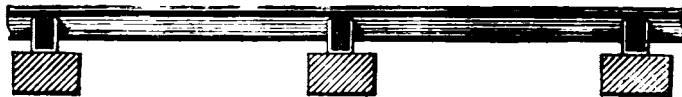


Fig. 131.

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 waggon 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 Andrieux, ne pesaient que 13 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 30 à 37 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 34 kilogrammes.

Les rails à coussinets des chemins qui ont été construits dans ces dernières années pèsent de 37 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 130 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 130 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,117, tandis que celle des rails à coussinets peut être portée à 0^m,125. 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 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. 132); mais ces dispositions ont été abandonnées, parce que ces assemblages coûteux ne sont jamais faits avec assez de

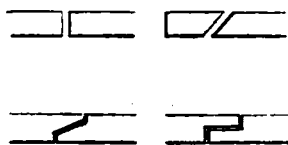


Fig. 132.

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

On distingue dans les coussinets (fig. 133) : la semelle, sur laquelle portent les rails ; les joues, qui maintiennent le rail latéralement ; et les nervures, destinées à consolider les joues.

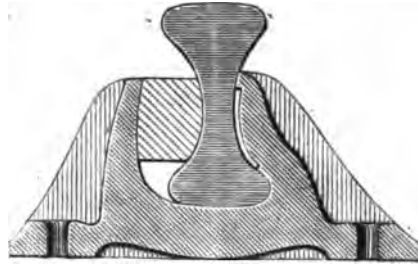


Fig. 133.

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 chevilletes en fer (fig. 134). 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



Fig. 134.

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,

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.

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.

Fig. 135. Fig. 136.

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).

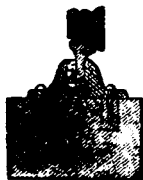


Fig. 137.

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.

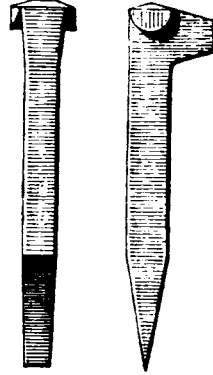


Fig. 138.

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. 139) pla-

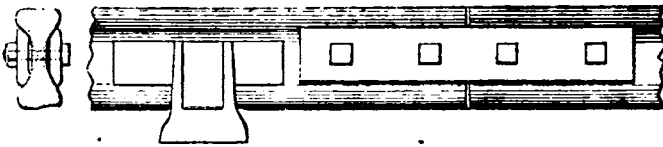


Fig. 139.

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.

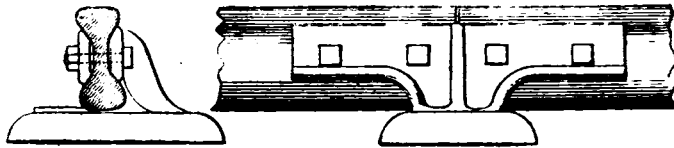


Fig. 140.

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.

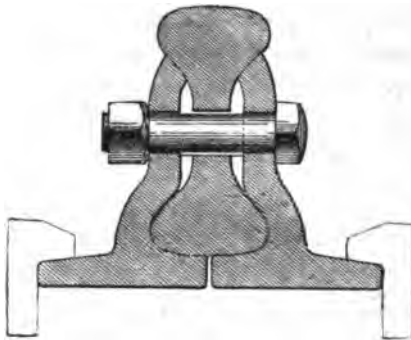


Fig. 141.

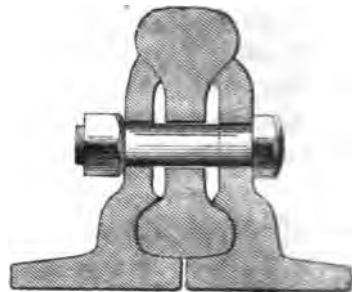


Fig. 142.

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. Ou

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.

Ballas 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 malgré la bande de fer qui le recouvrait et que les vis s'arrachaient. On



Fig. 145.



Fig. 144.

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.

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.

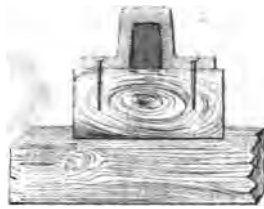


Fig. 145.

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

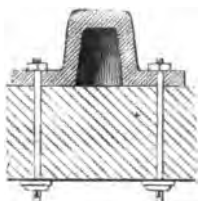


Fig. 146.

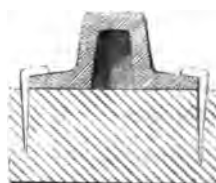


Fig. 147.

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 inconvénients 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. 119.

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.

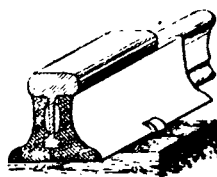


Fig. 151.

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 Micaga 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.

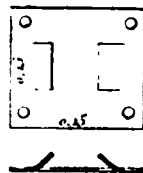


Fig. 154.

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 $\frac{1}{16}$ 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 $\frac{1}{16}$, 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).

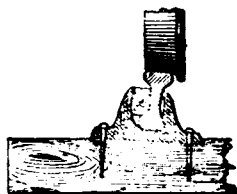


Fig. 155.

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 bavarois.

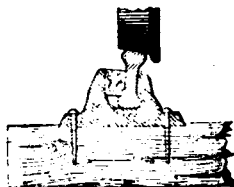


Fig. 156.

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

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:

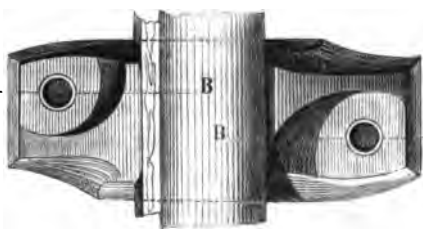


Fig. 157.

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.

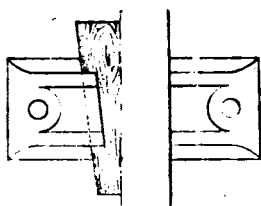


Fig. 158.

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 waggon 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 waggon 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.

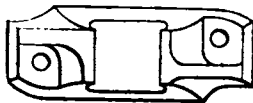


Fig. 159.

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 II, et panier de sulfate de cuivre X.



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

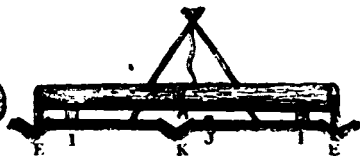


Fig. 162. — Bille en préparation avec la gouttière supérieure, les trois rigoles inférieures EEK, les pièces de support II et celle du milieu J pour l'action des coins ouvrant le trait de scie.

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.



Fig. 165.

Au chemin de Strasbourg, on s'est servi du procédé Payen, 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.*

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 duraient 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 50 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 35 kilogrammes par mètre courant par des rails de 37 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 1^m,05 et celui des traverses intermédiaires de 1^m,55. 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 1843), 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'écartement ¹ (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* (1853).

l'action destructive que leur passage exerce ordinairement sur la

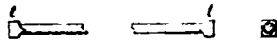
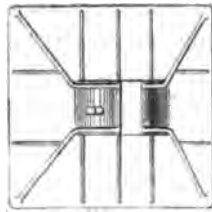
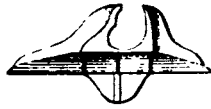


Fig. 164.

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 sinueuse 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

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.

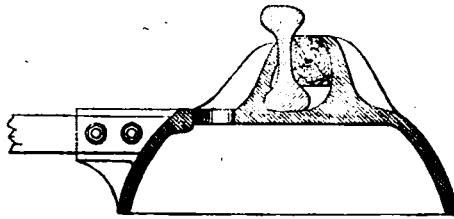


Fig. 165.

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

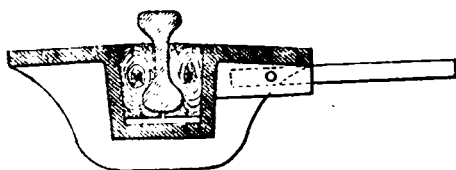


Fig. 166.

gouttière en fonte de 1 mètre 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

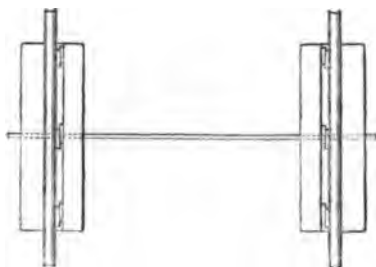


Fig. 167.

gouttière analogue inventée par Hoby. Elle diffère de la précédente en ce que le rail y est directement fixé au moyen de trois paires de coins (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

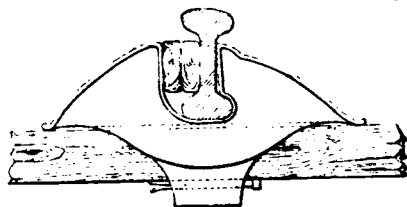


Fig. 168.

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

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,

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 :

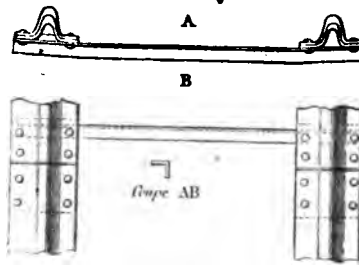


Fig. 169.

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 ;

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 *vernirailway*, 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 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.

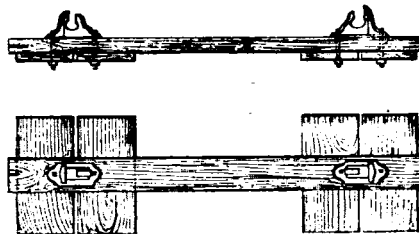


Fig. 170.

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 ^l , 25 ^c	2,051 ^l , 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.	234 »	422 »
TOTAL. . . .	5,766 ^l , 25 ^c	6,731 ^l , 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, 256,000 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 *rafranchir* 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,30 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 1853 ; 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,085 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 nouveaux¹.

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 défectuosité 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*, *stries*, *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, fer n° 2. Ces deux barres doivent être chacune d'un seul morceau.

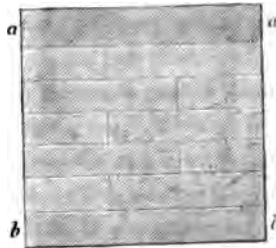


Fig. 172.

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-

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 $1^m,10$, 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 troupes 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 micux 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 bavares 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 fibreux, 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,03 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 handelettes 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 croisera 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 croisera 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 dessondés 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 couverte 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,30 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 10 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 Bavares, 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 moins 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 trusses 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 5 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 1,300 kilogrammes par centimètre carré. Pour constater cette résistance, on fond fréquemment des pièces d'essai de la forme représentée figure 173, et l'on tourne la tige *t t* exactement au diamètre de 0^m,01. La pièce



Fig. 173.

est suspendue à un point fixe par un des anneaux et le poids qui en mesure la résistance est suspendu au second anneau.

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 chevilletes 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 $\frac{1}{3}$ 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 $\frac{1}{10}$ de fois celui des pins et des sapins, ou à 1 $\frac{1}{2}$ 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 1^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,36, 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^m,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,32 à 0^m,35 de largeur ; les mêmes traverses demi-rondes ont de 0^m,14 à 0^m,18 d'épaisseur sur 0^m,32 à 0^m,36 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,33 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 havoise 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 ,73	0 ^m ,82	0 ^m ,82	0 ^m ,82	0 ^m ,73	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° lorsque la distance des joints laissée au moment de la pose est insuffisante, et 2° 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 base 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 ,4593
—	521	1 ^m ,4563
—	550	1 ^m ,4534
—	379 à 408	1 ^m ,4505
—	438 à 467	1 ^m ,4476
—	496 à 584	1 ^m ,4447
—	584 à 730	1 ^m ,4433
—	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,4593, 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 ,0934
—	467	0 ^m ,0875
—	525	0 ^m ,0817
—	584	0 ^m ,0719
—	875	0 ^m ,0379
—	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 refoulant 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 chevilletes 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° 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).

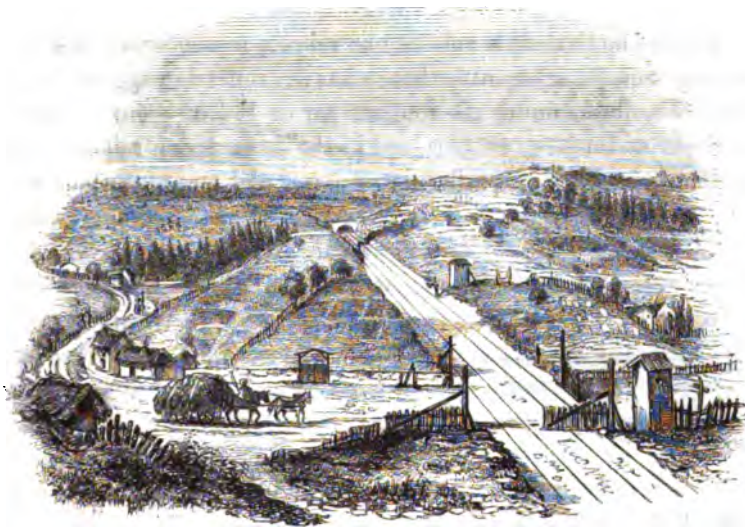


Fig. 174.

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

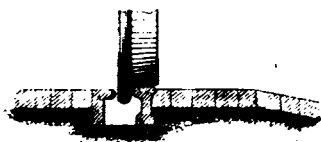


Fig. 175.

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 waggon. 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

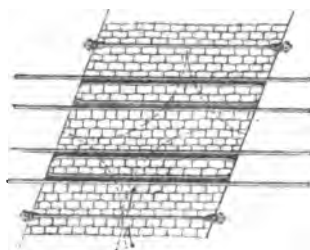


Fig. 176.

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.

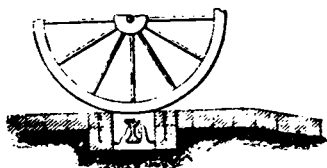


Fig. 177.

L'instruction pour l'établissement des chemins bava- rois 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.073, 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 empiérement. 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^m.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

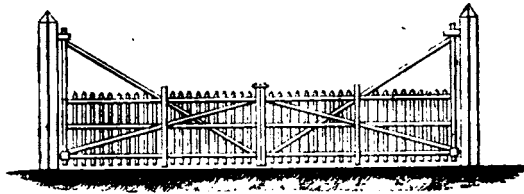


Fig. 178.

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 3 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 bava- roise, 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 mè- tres 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 po- teaux en bois, ces fils pouvant être tendus à volonté par des appa- reils 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 waggon 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

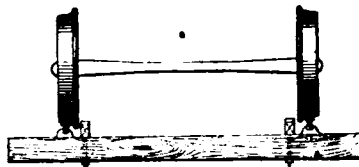


Fig. 179.

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.

CHAPITRE VIII

ACCESSOIRES DE LA VOIE

CHANGEMENTS ET CROISEMENTS DE VOIE, PLAQUES TOURNANTES, CHARIOTS DE SERVICE,
GRUES HYDRAULIQUES ET SIGNAUX FIXES.

Dans l'exploitation d'un chemin de fer, on a fréquemment besoin de faire passer les voitures ou machines d'une voie sur une autre, particulièrement dans les gares d'un chemin à double voie et aussi dans les gares d'évitement d'un chemin à simple voie. Les appareils au moyen desquels s'opèrent ces manœuvres peuvent être divisés en deux catégories.

Ceux de la première catégorie permettent de faire passer tout un train d'une voie sur l'autre par une manœuvre unique qui se fait généralement avec le moteur ordinaire; ce sont les *changements de voie*.

Ceux de la seconde catégorie exigent une manœuvre spéciale pour chaque véhicule; ce sont les *plaques tournantes* et les *chariots de service*.

Changements de voie. — Supposons qu'aux points *cc* (fig. 180)

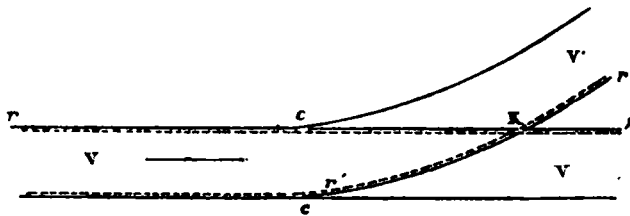


Fig. 180.

la voie *V* se bifurque, on conçoit aisément qu'au moyen d'appareils

spéciaux, placés en *c*, un convoi qui marche dans la direction de la flèche pourra être guidé, soit dans la voie *V*, soit dans la voie *V'*, ou bien qu'un convoi venant par une des voies *V* et *V'* en un sens inverse de la flèche pourra continuer sa route sur la voie *V*.

L'appareil placé en *c c* est le *changement de voie* proprement dit.

En *K*, où les rails des deux voies se coupent, il faut nécessairement une autre disposition particulière qui permette aux rebords des roues, dont la trace est indiquée en lignes ponctuées dans la figure 180, de passer dans les rails *r r* et *r' r'* sans monter sur ces rails. Ce nouvel appareil est le *croisement de voie*.

Tous les changements de voie peuvent être placés dans l'une des trois catégories suivantes :

1° Le changement se compose de deux rails *b d* et *a c* réunis par une entretoise à articulation *o n* (fig. 181). Ces deux rails, qui por-

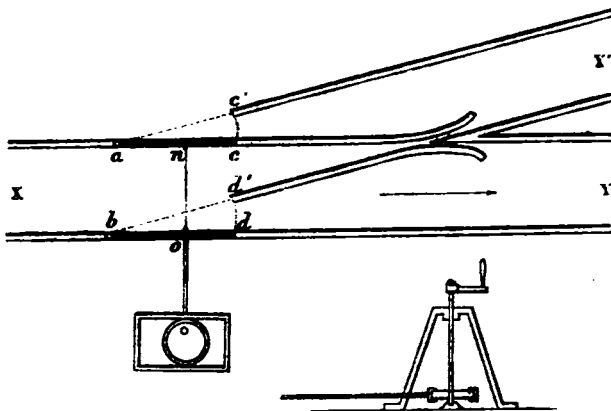
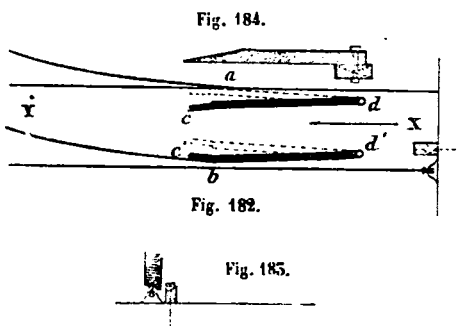


Fig. 181.

tent le nom d'aiguilles, peuvent tourner dans le plan du chemin autour de boulons placés en *a* et *b*. Placées dans la direction indiquée par les lignes pleines, elles desservent la voie *X Y*, en sorte que les convois, marchant sur cette voie dans la direction de la flèche, ne manqueront pas de la suivre en laissant de côté la voie oblique. Si, faisant tourner les aiguilles autour des boulons *a* et *b*, on leur fait

prendre les positions $a c'$ et $b d'$, indiquées par les lignes ponctuées, elles desservent au contraire la voie oblique, ou, en d'autres termes, elles forcent les convois qui arrivent en $a b$ sur la voie $X Y$ dans la direction de la flèche à passer sur la voie oblique $X Y'$.

2° La voie est entièrement fixe ; elle est simplement interrompue sur une petite longueur en $a b$ (fig. 182), afin de donner passage aux bourrelets des roues. Les convois sont alors dirigés sur l'une ou l'autre voie par deux barres de fer plates $c d$ et $c' d'$, recourbées à leurs extrémités c et c' , et tournant dans le plan du chemin autour de boulons d et d' . On



appelle aussi ces barres des aiguilles. Placées comme l'indiquent les lignes pleines, elles permettent au convoi qui vient en X sur la voie $X Y$ dans la direction de la flèche, de continuer à se mouvoir en ligne droite sur cette voie, et, si on les fait tourner de manière qu'elles prennent la position indiquée en lignes ponctuées, elles forcent le convoi à prendre la voie oblique. En effet, une des roues de devant, arrivant en a , ne peut passer sur la voie rectiligne parce que l'aiguille l'en empêche ; elle est forcée de suivre la voie courbe. La roue jumelle, étant solidaire, prend aussi cette voie. Les aiguilles, plus hautes que les rails, ainsi que l'indique la coupe transversale (fig. 183), font effet de *contre-rails*, car, les bourrelets des roues passant entre le rail et l'aiguille, celle-ci empêche que la machine ou le waggon se jette de côté et sorte ainsi de la voie.

Les aiguilles de ces changements à contre-rails sont taillées en biseau en c et c' , de manière à former un plan incliné, comme le montre la coupe (fig. 184).

3° Dans une troisième espèce de changement de voie, les deux aiguilles sont des bouts de rails effilés en b et b' (fig. 185), et tournant autour de boulons en a et a' . Les lignes pleines indiquent les

- aiguilles disposées pour le service de la voie rectiligne, et les lignes ponctuées les mêmes aiguilles placées pour le service de la voie oblique.

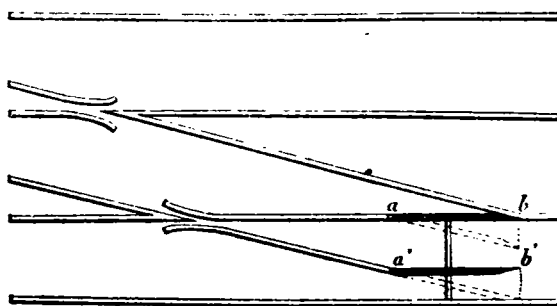


Fig. 185.

Chacun de ces trois systèmes a ses avantages et ses inconvénients : les changements de voie de la première espèce sont très-simples et permettent de rendre la direction extrêmement douce, puisqu'il suffit pour cela de faire les aiguilles très-longues ; en outre, ils peuvent être disposés avec la plus grande facilité, de manière à desservir un nombre quelconque de voies se rencontrant en un même point. Mais ils sont très-dangereux, parce que, si un convoi venant de la voie Y' (fig. 181) dans la direction Y' X trouve les aiguilles placées dans les positions *ac* et *bd*, il déraile infailliblement. Cette première espèce de changements de voie à rails mobiles est par cette raison abandonnée pour la voie définitive sur toutes les lignes établies depuis quelques années, ou du moins on n'en fait usage que dans certains cas particuliers que nous indiquerons plus loin.

Les changements de la seconde espèce à contre-rails ont sur les précédents l'avantage de ne pas occasionner de déraillement du convoi si l'aiguille est mal placée. Supposons en effet les aiguilles desservant la voie rectiligne (fig. 182). Un convoi arrivant par la voie oblique n'est pas arrêté, comme on pourrait le supposer, en *c* par l'aiguille. Le bourrelet de la roue, montant sur le plan incliné qu'elle présente à cette extrémité, passe par-dessus l'aiguille ; elle

va retomber en *b* sur la voie *X*, et le convoi est ainsi rejeté avec une forte secousse sur cette voie. *Ce changement de voie, d'un autre côté, ne permet que des déviations assez brusques et fatigantes pour le matériel aussi bien que pour les voyageurs. On a cessé pour cette raison d'en faire usage.*

Les changements de la troisième espèce avec rails mobiles amincis à leurs extrémités, de même que les précédents, ne sont nullement dangereux quand les aiguilles sont mal placées. En effet, qu'un convoi marche sur la voie oblique lorsque les aiguilles desservent la voie rectiligne, comme figure 185, le bourrelet de la première roue arrivant dans l'angle *b* poussera de côté l'aiguille, qui sera ainsi chassée de même que l'autre aiguille *a' b'* dans la direction des lignes ponctuées, et le convoi s'engagera sans secousse sur la voie rectiligne. *Ce changement présente en outre une voie non interrompue; aussi est-il aujourd'hui généralement préféré.*

Lorsque, dans le cas de la première espèce de changement de voie, les waggon passent dans la voie oblique, la pression latérale du bourrelet des roues contre l'aiguille tend à la pousser de côté. Elle doit être alors manœuvrée et soutenue par un levier d'une espèce particulière avec excentrique, que nous avons indiqué dans la figure 181, ou par des leviers du même genre que nous décrivons un peu plus loin.

Dans le changement de la troisième espèce l'aiguille est soutenue par le rail. On la manœuvre à l'aide d'un levier dont nous représenterons la disposition.

La figure 186 représente le changement de voie de la première espèce, employé au chemin de Saint-Germain. Les aiguilles étaient de simples rails *américains*, portant à leur extrémité, placée du côté de la voie unique, un renflement *r r* percé d'un trou vertical. Ce renflement s'appuyant sur une saillie venue de fonte avec le coussinet extrême de la voie unique, tous deux étaient traversés par un goujon en fer, autour duquel tournait l'aiguille; celle-ci s'appuyait de distance en distance sur de petites platines en fer fixées sur les longuerines du châssis qui portait les aiguilles. Les deux aiguilles étaient reliées entre elles par une entretoise en fer dont on réglait la longueur au moyen d'un écrou *e* à filets inversés. Le le-

vier *L* et la tringle *t t* servaient à manœuvrer les aiguilles. Ces ai-

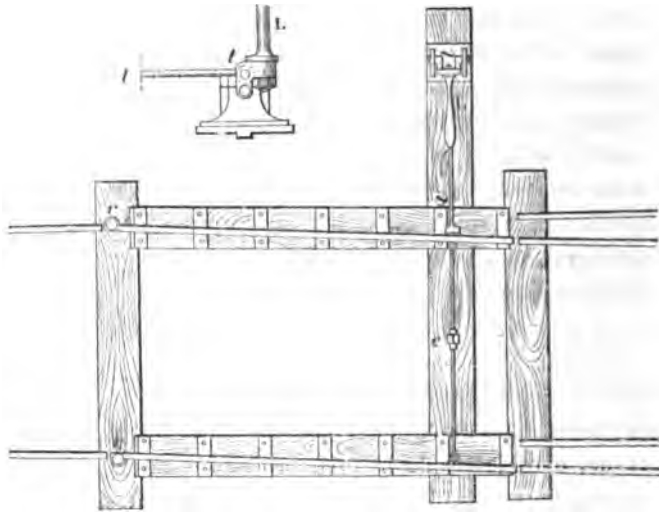


Fig. 186.

guilles étaient trop faibles pour pouvoir résister à la pression du bourrelet des roues; elles se déversaient d'ailleurs par suite de cette pression.

En Belgique, on a cherché à les consolider en les fixant sur une forte bande de tôle qui leur donnait plus d'assiette.

Aux chemins d'Orléans et de Birmingham, on a composé chaque aiguille de deux rails fixés du côté des deux voies sur un coussinet double qui tournait autour d'un goujon (fig. 187).

Les deux rails étaient en outre réunis de distance en distance par de petites entre-toises *ee* en fer. La manœuvre se faisait au moyen d'un arbre à manivelle muni d'un excentrique.

La ligne pleine indique la position de l'excentrique pour une première direction des aiguilles. La ligne ponctuée, sa position pour la seconde direction. Cet excentrique, en tournant, entraînait un châssis rectangulaire auquel était fixée la tringle qui réunit les aiguilles. On lui imprimait le mouvement de rotation au moyen de l'arbre vertical à manivelle (fig. 188).

Les changements de voie à rails mobiles étant fréquemment em-

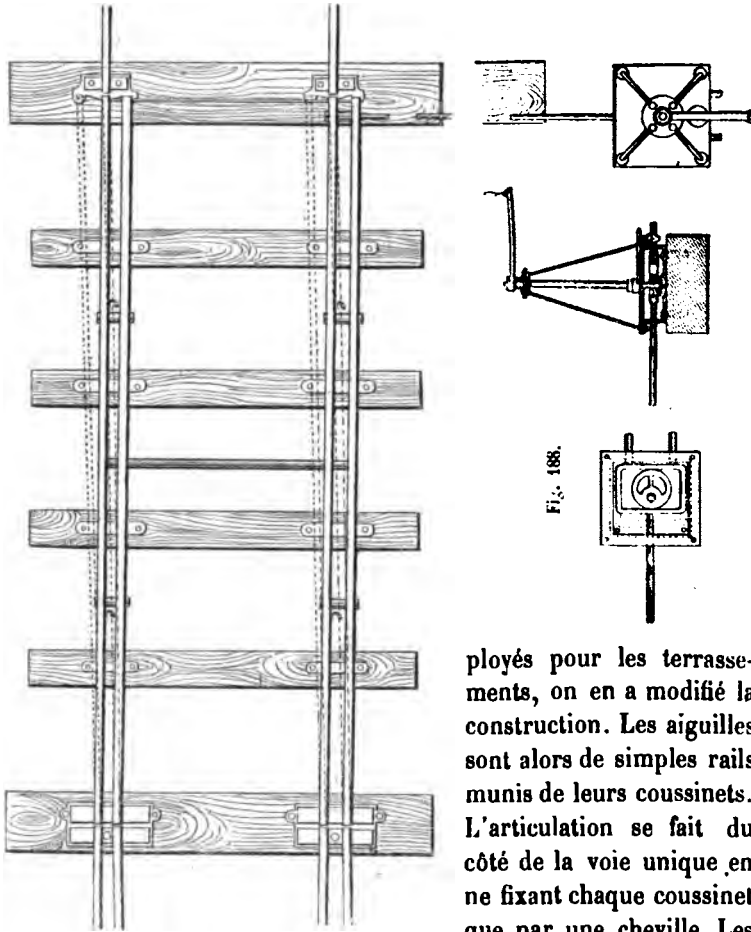


Fig. 187.

ployés pour les terrassements, on en a modifié la construction. Les aiguilles sont alors de simples rails munis de leurs coussinets. L'articulation se fait du côté de la voie unique en ne fixant chaque coussinet que par une cheville. Les coussinets de l'autre ex-

trémité des aiguilles sont fixés sur une bande de fer plat qui glisse sur une traverse de la voie et qui est manœuvrée au moyen d'un levier.

La figure 189 représente un changement de voie de la seconde espèce employé dans l'origine au chemin de fer de Versailles (rive gauche). Elle indique que les contre-rails reposent sur des madriers en bois dans lesquels sont incrustées de distance en distance des pla-

tines en fer. D'autres fois ils glissent simplement sur des nervures venues de fonte avec les coussinets de la voie.

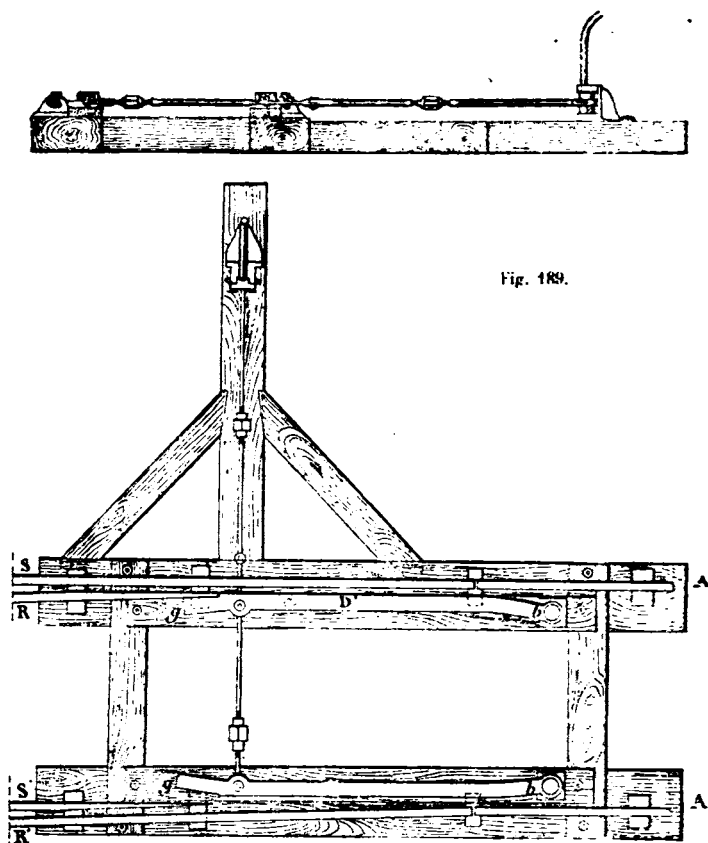


Fig. 189.

Le premier changement de voie à aiguille effilée est dû à Stephenson ; il n'avait qu'une aiguille mobile (fig. 190). Les deux rails extérieurs AR et A'S' ne présentaient aucune discontinuité. Le rail intérieur SS de la voie droite était aminci pour donner passage aux bourrelets des roues. Enfin le rail *b* était mobile autour de l'articulation *b* ; le rail A'S' était entaillé de manière que l'aiguille pût s'appliquer contre ce rail sur une certaine longueur, et conserver partout une force suffisante. Un contre-rail fixe D, évasé à ses extrémi-

tés pour faciliter l'entrée des bourrelets des roues, était fixé aux coussinets de la voie du côté opposé à l'aiguille. Un contre-poids suspendu au levier de manœuvre tenait l'aiguille appliquée contre le rail A'S' par l'intermédiaire de la tringle *t*, de sorte que la voie oblique était habituellement ouverte.

L'aiguille étant placée dans sa position normale tracée en traits pleins dans la fig. 190, un train marchant dans un sens ou dans l'autre passait de la voie oblique sur la voie droite ou inversement. Si le train marchant sur la voie droite SA, S'A' dans la direction S'A' arrivait sur le changement de voie, chacune des roues écartait à son tour l'aiguille en soulevant le contre-poids, et l'ai-

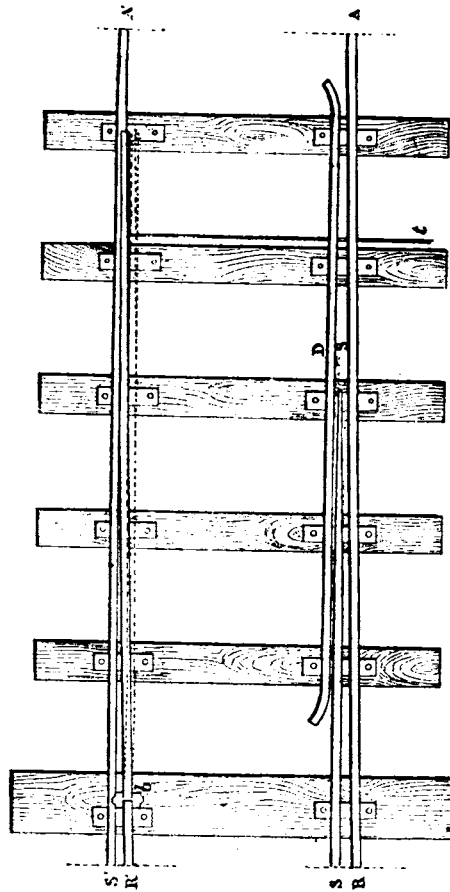


Fig. 190.

guille ne reprenait sa position que quand la dernière roue du train avait passé le changement de voie. Le contre-rail D, maintenant l'une des roues, empêchait dans ce cas la roue jumelle, dont le bourrelet marche entre l'aiguille et le rail S', de venir buter contre l'entaille de ce rail. Si enfin un train arrivant par la voie unique en sens inverse devait continuer à marcher sur la voie SS', il fallait qu'un ouvrier spécial, l'aiguilleur, manœuvrât le levier et écartât

l'aiguille de sa position normale pendant toute la durée du passage du train.

La pointe fixe S de ce changement de voie ne résistait pas longtemps aux pressions auxquelles elle était soumise, et, de plus, les

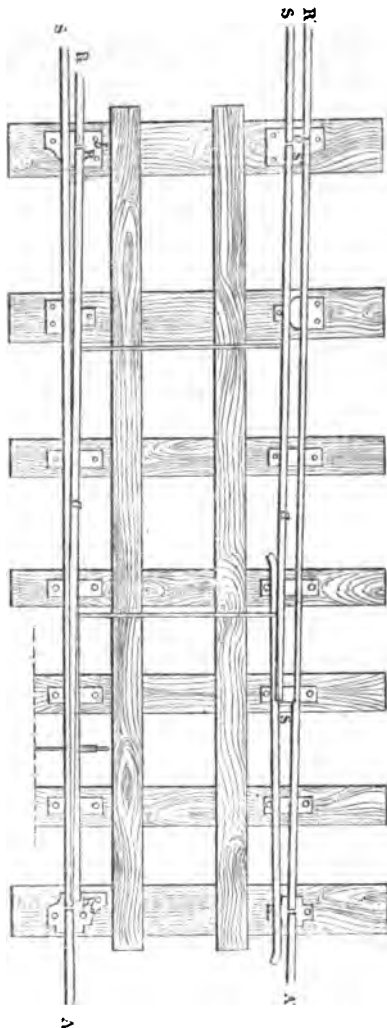


Fig. 191.

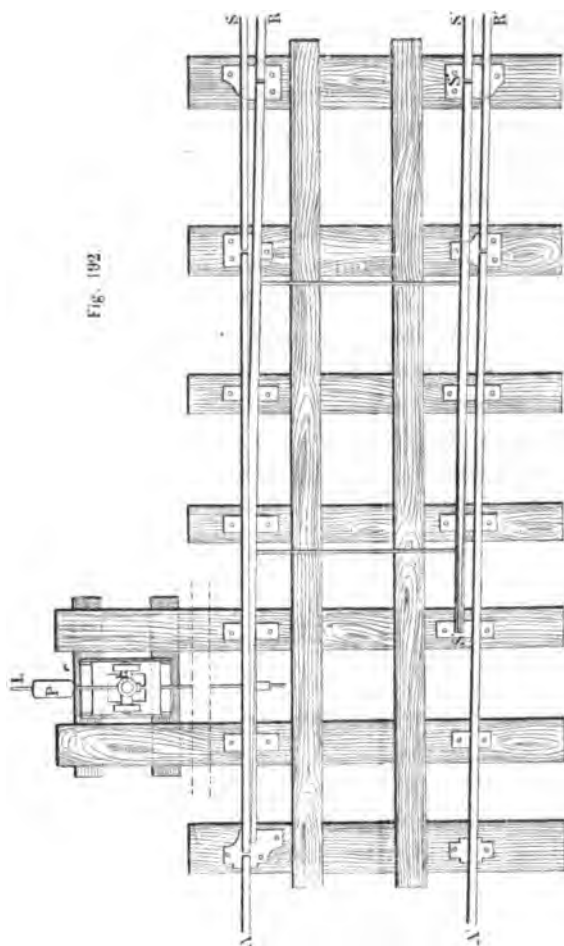
sous le train, les aiguilles sont coupées en biseau à

convois, en passant pour marcher dans la direction rectiligne sur la lacune S, éprouvaient une secousse; on a remplacé cette pointe par une seconde aiguille, en général plus courte que la première, mais construite de la même manière, et l'on a été amené ainsi à l'établissement des changements de voie à deux aiguilles effilées (fig. 191), dont nous avons déjà fait mention. Afin de conserver à ces aiguilles une force suffisante, on les coude légèrement à partir du point *a*, où leur champignon rencontre celui des rails. On les tord en outre de manière qu'elles deviennent verticales près de leur pointe. Elles ont l'inclinaison de $1/20$ comme les rails dans la partie voisine du talon.

Un important perfectionnement a été apporté aux changements de voie de ce système par un ingénieur anglais, M. Wyld.

Dans cette nouvelle dispo-

leurs extrémités, qui viennent se loger sous les champignons des rails; les roues, ne passant plus alors sur la partie la plus étroite



des aiguilles, ne les écrasent pas comme dans l'autre système, et, le rail n'étant plus entaillé, on évite les secousses, ce qui permet de supprimer le contre-rail.

Dans le changement Wyld, représenté figure 192, on a fait les deux aiguilles de longueurs inégales, afin d'empêcher les roues

d'un même waggon de s'engager en même temps sur deux voies différentes. En effet, supposons qu'une petite pierre ou tout autre obstacle se trouvant sur la voie ait empêché l'aiguille de la voie oblique de se fermer complètement, ou bien que les deux aiguilles se trouvent dans une position intermédiaire entre les deux positions normales, parce que le mécanisme rouillé ne fonctionne qu'imparfaitement, le bourrelet de l'une des roues de la machine placée en tête, s'engageant alors derrière l'aiguille de la voie oblique sur la voie rectiligne, poussera cette aiguille de côté, et la petite aiguille, suivant la grande, viendra s'appliquer contre le rail fixe. La roue jumelle, ne rencontrant alors la pointe de la petite aiguille que lorsque la première roue aura dépassé celle de la grande, marchera sur la voie rectiligne aussi bien que l'autre. Si, au contraire, les aiguilles étaient de même longueur, les deux roues arrivant en même temps vis-à-vis des pointes des deux aiguilles, l'une suivrait la voie rectiligne et l'autre la voie courbe.

On ne peut admettre des aiguilles d'inégale longueur que lorsque l'une des voies est droite et l'autre courbe (fig. 195); si les

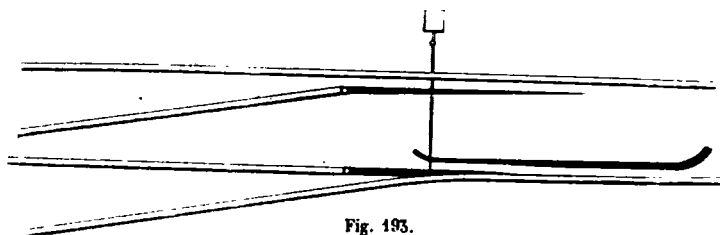


Fig. 195.

deux voies sont courbes et également inclinées sur une droite (fig. 194) les deux aiguilles doivent être nécessairement de longueurs égales.

Depuis quelque temps, sans s'arrêter au danger que peuvent présenter les aiguilles égales, on les a substituées aux aiguilles inégales sur toutes nos grandes lignes. Elles ont l'avantage de simplifier beaucoup, non seulement la construction, mais encore l'entretien de la voie, en permettant d'employer les mêmes changements pour les déviations à droite et à gauche, tandis que l'ancien système nécessitait l'usage de deux modèles différents.

Les aiguilles du changement de voie de la troisième espèce sont manœuvrées, tantôt au moyen du levier fig. 195 (chemins de l'Est), tantôt avec le levier fig. 196 (chemin d'Orléans). Les lignes droites et ponctuées indiquent les

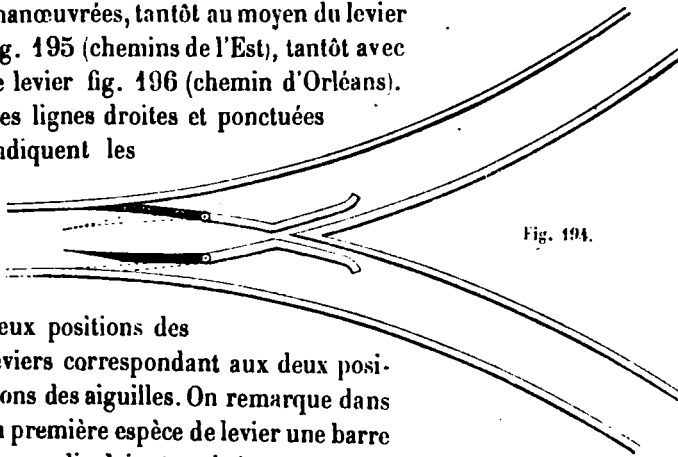


Fig. 194.

deux positions des leviers correspondant aux deux positions des aiguilles. On remarque dans la première espèce de levier une barre perpendiculaire terminée par un contre-poids P. Cette barre s'emmanche sur le levier au moyen d'un œil ménagé en N. Quand on change le levier de position, on fait tourner la barre sur le levier, de manière à la faire passer avec son contre-poids du côté opposé. Le

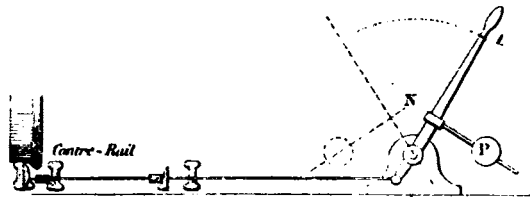


Fig. 195.

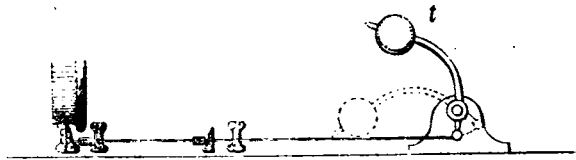


Fig. 196.

contre-poids sert alors à maintenir le levier en place, quelle que soit sa position (fig. 195 et 197).

Dans le système fig. 196, le contre-poids, étant placé à l'extré-

mité du levier, tend à le ramener constamment dans la position en ligne ponctuée. Il ne peut se maintenir dans l'autre qu'autant qu'il

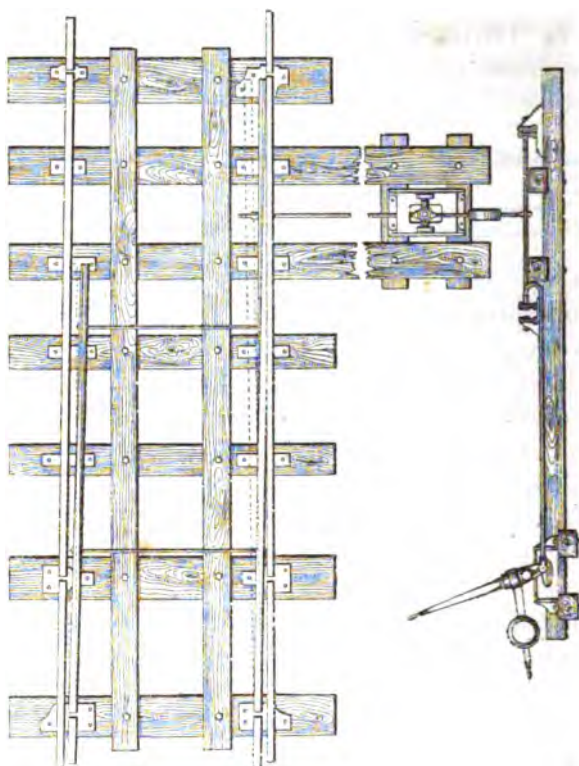


Fig. 497.

a été soulevé et qu'il est soutenu par l'aiguilleur. Cette espèce de levier convient donc toutes les fois que l'on ne passe qu'exceptionnellement sur la voie desservie dans le cas de la position *t* du levier; mais elle est dangereuse en ce que si, dans ce cas, l'aiguilleur vient à abandonner le levier avant que la totalité du convoi ait passé sur cette voie, une partie suivra la voie oblique et l'autre la voie rectiligne, de telle sorte que le déraillement deviendra inévitable. L'autre disposition est plus répandue.

« Suivant l'usage général, en Allemagne, dit M. Couche, pour tous les changements de voie franchis par les trains, ce mécanisme

est complété par un signal indiquant quelle est la voie ouverte. On remarque, dans les appareils de M. Bender Woolf, que le signal est exactement le même pour la nuit et pour le jour. La lumière de la lanterne n'est pas visible, elle est renvoyée par un réflecteur conique sur chacun des deux disques opposés, dont elle occupe le centre, et qui deviennent ainsi visibles de loin ; ils sont, d'ailleurs, infléchis de manière à être également éclairés en tous leurs points.

« En Hanovre, le signal, solidaire avec les aiguilles, se compose de deux disques placés à angle droit et supportés par une tige verticale, qui tourne de 180 degrés quand les aiguilles décrivent leur course complète. L'un des disques a une face blanche et l'autre verte ; il présente l'une ou l'autre aux trains, suivant le sens de leur marche et la direction de la voie ouverte par les aiguilles ; le second disque, rouge sur ses deux faces, ne doit présenter que sa tranche ; il ne devient visible que si les aiguilles ne sont pas à fond de course et commande alors l'arrêt. Pour la nuit, les mêmes indications sont données par une lanterne à feux blanc, vert et rouge. »

Au chemin de l'Ouest (français), sur plusieurs points, les changements de voie sont disposés de telle façon, qu'ils ne peuvent être manœuvrés qu'autant qu'un disque voisin a été préalablement tourné, de manière à indiquer quelle est la voie libre¹.

Nous devons faire mention aussi des changements de voie pour trois ou un plus grand nombre de voies.

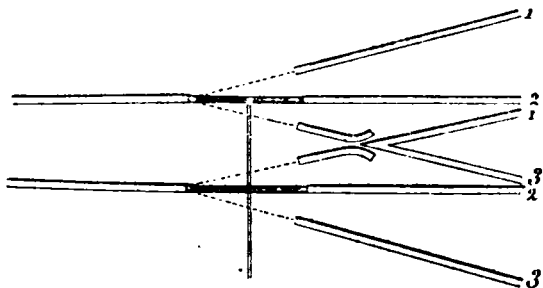


Fig. 198.

La figure 198 indique suffisamment comment, avec un change-

¹ Voir les plans de ces changements et ceux précédemment décrits dans le *Portefeuille de l'ingénieur*.

ment de la première espèce, on peut desservir trois voies en faisant prendre aux aiguilles les positions indiquées par les chiffres 1, 2, 3. On conçoit sans difficulté qu'avec le même changement de voie on pourrait en desservir au besoin un plus grand nombre.

Pour desservir trois voies avec un changement à aiguilles effilées, il faut nécessairement employer deux systèmes d'aiguilles, chaque système étant manœuvré par un levier différent. La figure 199 indique cette disposition.

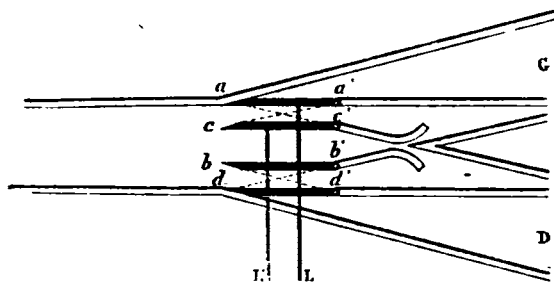


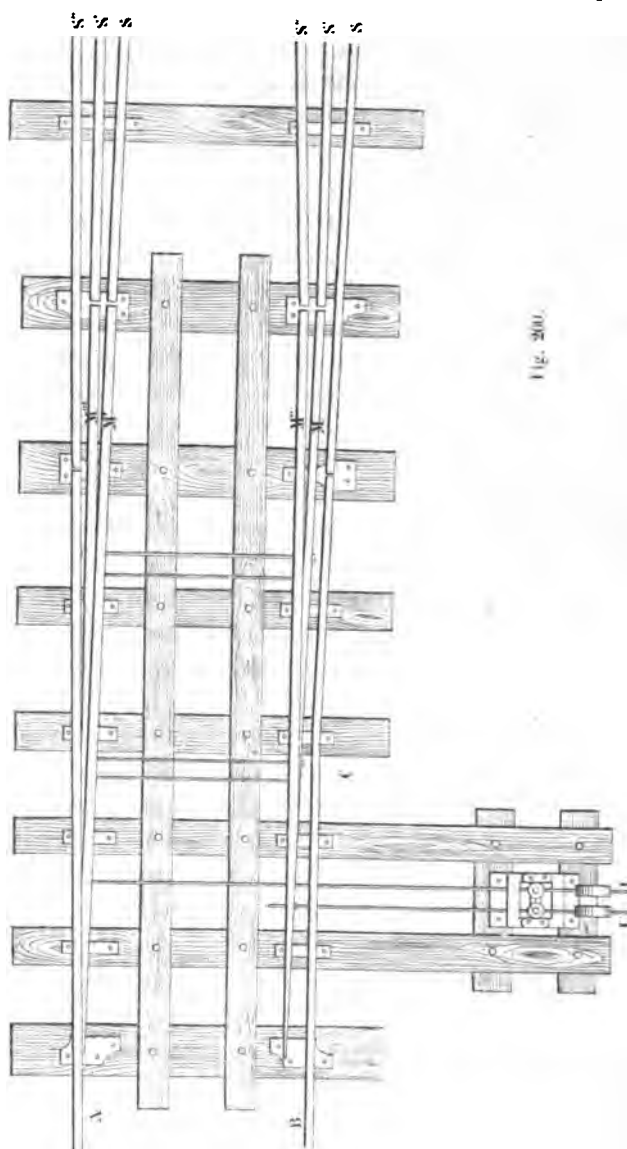
Fig. 199.

Les deux aiguilles *aa'*, *bb'* forment un premier système, et celles *cc'*, *dd'* un autre système. Dans la position occupée par les aiguilles, c'est la voie droite qui est desservie. Pour desservir la voie G, on change la position des aiguilles *aa'*, *bb'* avec le levier L, de manière à leur faire prendre la direction *ca'*, *db'*, et, pour desservir la voie D, on manœuvre à l'aide du levier L' les aiguilles *cc'*, *dd'*, de façon qu'elles se dirigent suivant la ligne *ac'* et *bd'*.

La figure 200 représente un changement à trois voies de cette dernière espèce, des chemins de fer de l'Est. Les quatre aiguilles sont reliées deux à deux par des tringles à filets inverses fixées par leurs extrémités aux leviers L et L'. Chaque couple est manœuvré par un de ces deux leviers. Dans la figure, la voie unique communique avec la voie S. Si l'on manœuvre le levier L de manière à appliquer l'aiguille M contre le rail SB et à écarter celle M' du rail S'A, la voie S' se trouvera ouverte. Enfin, en appliquant M" et écartant M'" au moyen du levier L', on ouvrira la voie S".

Les aiguilles des changements de voie fatiguent beaucoup plus que les autres parties de la voie, on s'est servi, pour les fabriquer,

de fer de première qualité, coûtant beaucoup plus cher que le fer



employé ordinairement pour les rails fixes. Ce fer coûtait, à Paris,

45 francs le quintal métrique, lorsque celui des rails ordinaires ne revient qu'à 28 ou 30 francs. Depuis peu de temps, nous avons substitué, sur le chemin de l'Est, au fer aciéreux, l'*acier puddlé*. Ce produit nouveau offre une grande résistance, quand il est convenablement fabriqué, et, bien qu'il coûte 55 francs le quintal métrique, on trouve avantageux de l'employer de préférence au fer dur ; mais il laisse encore beaucoup à désirer au point de vue de l'uniformité de qualité. Il faut donc se montrer très-sévère pour la réception et exiger une garantie sérieuse du fabricant.

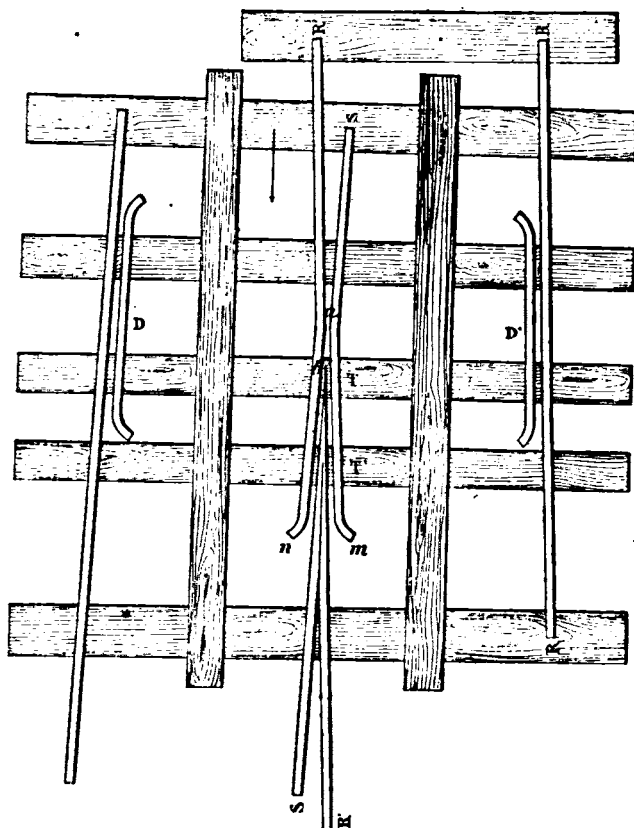
On a essayé l'acier fondu et le fer cimenté. L'acier fondu est trop cher et quelquefois fragile. Le fer cimenté a été abandonné. Au chemin de Lyon on emploie, pour la fabrication des changements et croisements, du fer au bois aussi cher que l'acier puddlé.

On s'est servi, mais sans succès, sur plusieurs chemins de fer, pour les changements et croisements de voie, de rails durcis au moyen d'un alliage d'étain.

Croisements de voies. — Nous avons dit précédemment que, au point où les rails des deux voies se coupent, il faut donner passage aux bourrelets des roues. A cet effet, les deux rails R et S se rapprochent jusqu'en *a* (fig. 201), où leur écartement n'est plus que de 0^m,04, puis ils se recourbent de manière à former contre-rail. En *b*, où les deux faces intérieures de leurs champignons prolongés se coupent, les deux rails assemblés forment une pointe appelée *cœur*. Un convoi marchant dans le sens indiqué par la flèche serait exposé à dérailler si l'on ne prenait d'autres précautions, car ses roues de gauche pourraient s'engager dans la rainure *am* au lieu de suivre *an*. C'est pourquoi l'on dispose deux contre-rails crochés DD' dans le voisinage des rails non interrompus ; le contre-rail D guide les roues de droite du train jusqu'à ce que celles de gauche soient engagées dans la rainure *an*. Le contre-rail D' agit de même pour la voie RR'. Ces contre-rails empêchent en outre les déraillements par l'effet des secousses.

On voit que de *a* en *b* les roues cessent d'appuyer sur le bord du rail. Elles ne portent que par leurs extrémités sur les parties courbées. Ce mode de roulement est anormal et exerce une influence nuisible sur la conservation du matériel ; il convient donc de dimi-

nuer l'espace *ab* en faisant l'angle du croisement le moins aigu pos-



sible. D'un autre côté, un angle très-ouvert force à donner aux voies des courbures de petits rayons. Dans le Hanovre, on remarque dans les croisements une grande variété d'angles. Il importe cependant de réduire, autant que possible, le nombre des modèles. Aux chemins de l'Est, on satisfait à toutes les exigences avec deux angles différents seulement, un de $5\frac{1}{2}$ degrés et un de 7 degrés.

L'usure de la pointe et celle des coudes sont très-rapides. On la combat en soudant, sur ces parties, des mises d'acier, ou en rem-

plaçant, dans la fabrication, le fer ordinaire ou la fonte, comme nous l'avons indiqué, par du fer aciéreux et par de l'acier puddlé. Les mises d'acier soudées ne forment jamais un assemblage solide.

Anciennement on employait des croisements tout en fonte. Les

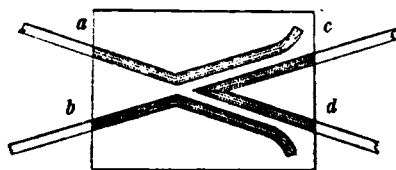


Fig. 202.

voies étaient alors interrompues et remplacées dans l'espace *a b c d* (fig. 202) par une plaque en fonte portant les rails et contre-rails coulés en saillie sur cette plaque.

Les croisements de voie tout en fonte sont aujourd'hui abandonnés à cause de leur grande fragilité.

« En Bavière, dit M. Couche, l'administration a renoncé au fer pour revenir à la fonte, déjà bien des fois reprise et abandonnée. La pointe et les contre-cœurs, venus de fonte sur un bloc, sont pourvus de mises d'acier rivées. Ce bloc est muni de rebords latéraux qui servent à le fixer, au moyen de crampons, aux traverses que l'on recommande de substituer aux longuerines précédemment en usage. » Nous ne saurions partager la confiance de l'administration bavaroise dans les croisements en fonte.

En Belgique, où pendant vingt ans on s'est servi presque exclusivement de croisements en fonte, on s'est décidé dans ces derniers temps à recourir à l'emploi de croisements en fer avec coussinets spéciaux en fonte.

Pour les travaux de terrassement, on s'est servi de croisements en bois garnis de plates-bandes en fer.

Les cœurs des croisements de voie étaient, il y a quelques années, généralement composés de deux bouts de rails rabotés et boulonnés; on préfère aujourd'hui les cœurs d'une seule pièce. Au chemin de Lyon les pointes sont façonnées à l'étampe avec mise d'acier soudée par la même opération. Au chemin de Bâle à Strasbourg, où l'on a remplacé l'ancien rail à champignon par un rail à patin, la pointe est également fabriquée d'une seule pièce. Les rails sont solidement fixés à cette pointe à l'aide de boulons et d'é-

clisses. En Angleterre, on a construit des cœurs enlevés à la machine à raboter dans une masse de fer.

Dans la plupart des croisements de voie, les pattes de lièvre et le cœur sont assemblés au moyen de coussinets d'une forme particulière (fig. 203).

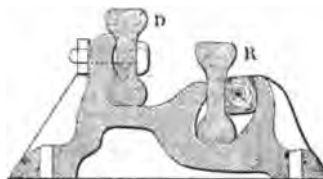


Fig. 203.

Au chemin du Nord, on a supprimé les coussinets, et les croisements sont composés de bouts de rails boulonnés sur des coins en fer, afin de maintenir l'écartement; le tout est fixé au moyen de boulons sur une platine en fer fixée sur la traverse.

Au chemin de Cologne à Minden, selon M. Couche, la pointe est installée, comme les aiguilles de changements de voie, sur une plaque d'assise en fer, sur laquelle les pièces en saillie sont rivées; la même disposition a été adoptée en Hanovre. Entre autres avantages, elle a celui d'être très-commode pour l'entretien; on n'a aucune réparation à faire sur place. Tout se réduit à l'extraction des crampons qui fixent la plaque d'assise. C'est la contre-partie du croisement à *pièces de rechange*, essayé sur quelques chemins anglais.

Sur le chemin de Great-Northern, en Angleterre, on a fait l'essai de changements et croisements de voie dans lesquels le boudin des roues porte dans la traversée de l'aiguille et du cœur; à cet effet, l'aiguille présente une saillie dans le bas et sur la moitié de sa longueur pour recevoir le boudin; le cœur est disposé, avec la patte de lièvre, d'une manière analogue pour faire porter le boudin dans la traversée de la pointe. Au dire des ingénieurs anglais, ce système de changements et de croisements de voie aurait, dans la proportion de 11 à 5, une durée plus grande que ceux ordinaires, placés dans les mêmes conditions.

Au chemin de Newcastle, à Carlisle et en Allemagne, on a cherché à supprimer l'interruption des rails en rendant les pattes de lièvre mobiles. Cet appareil étant sujet à se déranger, on préfère généralement les croisements avec pattes de lièvre fixes.

Les chemins de fer de Saint-Germain et de Versailles (rive droite)

ont un tronc commun d'une longueur de 6 kilomètres, à partir de Paris. Il n'y avait anciennement sur ce point que trois voies; tous les trains partant de Paris, pour l'une ou l'autre destination, prenaient celle du milieu; les trains venant de Versailles ou de Saint-Germain arrivaient à Paris par les deux voies latérales.

La bifurcation de la voie unique était placée à Asnières, en un point où les convois sont animés d'une grande vitesse. La déviation devait donc être très-douce; avec les appareils ordinaires, le croisement, qui est très-aigu, aurait présenté une interruption de la voie qui eût été dangereuse.

On l'a remplacé par un croisement mobile *c c* représenté fig. 204, et, en même temps que ce croisement, on a employé un

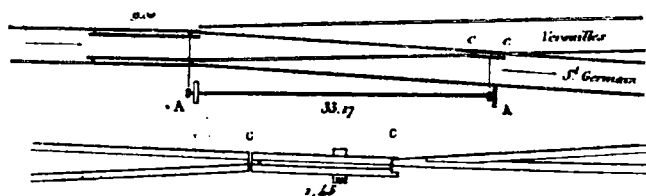


Fig. 204.

changement de la première espèce avec des aiguilles très-allongées. Les aiguilles du changement et celles du croisement étaient manœuvrées simultanément par l'intermédiaire d'un arbre *AA* fixé le long de la voie.

Il n'y avait dans ce cas particulier aucun danger à employer le changement de la première espèce, attendu que les convois ne marchaient sur les voies de Versailles et de Saint-Germain que dans une seule direction, celle de Paris vers l'une ou l'autre de ces villes. Les aiguilles étant mal placées, les convois prenaient le chemin de Versailles, au lieu de prendre celui de Saint-Germain, et *vice versa*, mais il n'y avait nul risque de dérailler.

Depuis le raccordement de la ligne de l'Ouest avec celle de Versailles (rive droite), et l'établissement de celle d'Anteuil, on a posé deux voies de départ et supprimé complètement le changement de voies. Nous pensons, du reste, que dans les conditions où se trou-

vait précédemment la bifurcation d'Asnières, le changement de voies à rails mobiles est incontestablement préférable aux changements à aiguilles effilées, et nous sommes heureux que cette opinion soit partagée par M. Couche. Voici dans quels termes il s'exprime à ce sujet : « Les aiguilles ont remplacé partout les anciens changements à rails mobiles. Il y aurait cependant un certain avantage à conserver ce système aux embranchements pour la bifurcation de la voie de départ. Les trains venant alors tous du tronc commun, la continuité est assurée, que les rails soient bien ou mal placés, de sorte que l'objection capitale contre le système ne s'applique pas à ce cas. Les aiguilles, d'un autre côté, sont prises en pointes, fait grave pour des changements qui doivent être franchis aussi vite. »

Dans les travaux de terrassement, on fait usage d'un croisement de voie fort simple qui mérite d'être mentionné. Il consiste en un rail ordinaire AA (fig. 205) portant en son milieu et à ses deux extrémités trois coussinets ACA. Le coussinet C n'est fixé que par une cheville *c* qui lui sert d'axe de rotation. On conçoit dès lors qu'il suffit d'amener le rail dans l'une ou l'autre des positions indiquées dans la figure 205 pour ouvrir l'une ou l'autre voie. On maintient l'aiguille en place en fixant les coussinets AA au moyen de chevilles enfoncées dans les traverses qui les supportent.

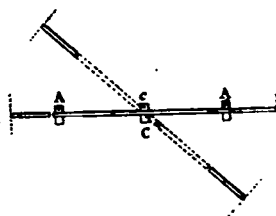


Fig. 205.

Traversées de voie. — Quand une voie en coupe une autre sous un angle plus ou moins aigu, sans venir s'embrancher sur celle-ci (fig. 206 et 207), disposition appelée *traversée de voie*, il faut, outre deux croisements, une disposition analogue, dite *coupe-ment de voies*, dont ces figures rendent

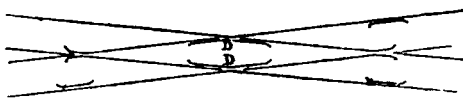


Fig. 206.

suffisamment compte. Les deux grands contre-rails courbés DD sont indispensables pour éviter qu'un train engagé dans l'une des voies

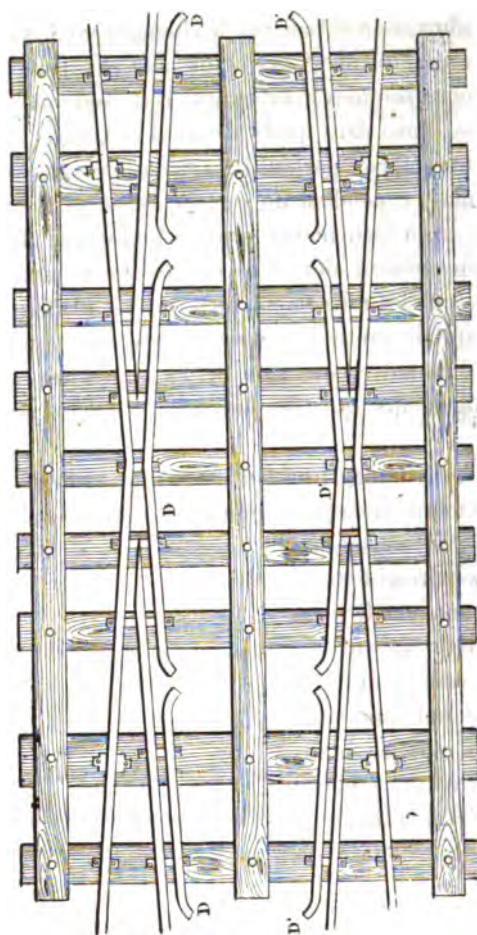


Fig. 207

puisse passer sur l'autre voie.

Si la traversée se fait sous un angle droit ou à peu près droit, on entaille quelquefois les rails des voies transversales et principales, de manière à permettre le passage des bourrelets des roues sur l'une et sur l'autre des deux voies (figure 208). Il est préférable de ne pas altérer la voie principale, et pour cela on élève la voie transversale d'une hauteur telle, que les boudins des roues ne rencontrent pas la voie principale.

Les croisements, coupements et changements de voies sont établis sur des

châssis en charpente afin de toujours présenter une invariabilité de forme absolue.

Les voies qui relient les changements aux croisements sont posées sur des traverses à la manière ordinaire; seulement les longueurs des rails et l'espacement des traverses doivent être

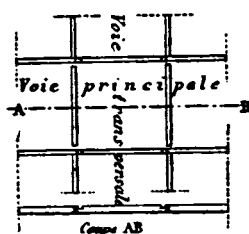


Fig. 208.

tels, que le bourrage d'une traverse ne soit pas gêné par la voisine.

Plaques tournantes. — Les plaques tournantes sont des portions de voie mobile autour d'un axe placé en leur milieu.

Cette portion de voie mobile est ordinairement fixée sur un plateau circulaire tournant sur un pivot et sur des galets.

Supposons en effet deux voies V et V' se croisant sous un angle quelconque. Un waggon arrive sur la voie V (figure 209); il faut le faire passer sur la voie V' . Les voies V et V' sont alors interrompues en $a b c d$ et $a' b' c' d'$. Un cercle est tracé du point K comme centre avec un rayon Ka , et l'espace renfermé dans ce cercle est creusé jusqu'à une profondeur d'environ $0^m,80$.

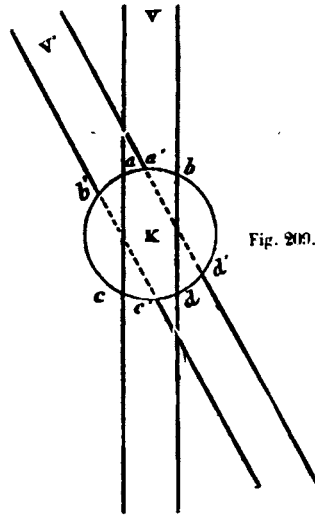


Fig. 209.

Cette fosse, dont les bords sont soutenus par différents moyens que nous indiquerons plus loin, est couverte par un plateau en bois ou en métal reposant au centre sur un pivot U (figure 210) et vers ses bords sur des galets g, g' ; le plateau porte un bout de voie $a c b d$. On pousse le waggon de la voie V sur le plateau, qui doit être assez grand pour le recevoir. On fait faire au plateau une portion de tour, de façon que le rail $a c$ prenne la direction $b' c'$, et le rail $b d$ la direction $a' d'$, et on pousse alors le waggon du plateau sur la voie V' .

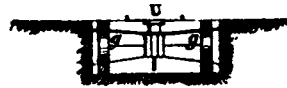


Fig. 210.

La même plaque tournante pourrait servir à faire passer le waggon sur une seconde et une troisième voie, etc. Mais il n'y aurait toujours qu'une seule voie de continue, toutes les autres seraient interrompues.

Quand deux voies se coupent à angles droits, comme fig. 211, ce qui arrive assez fréquemment, on se sert quelquefois de plaques

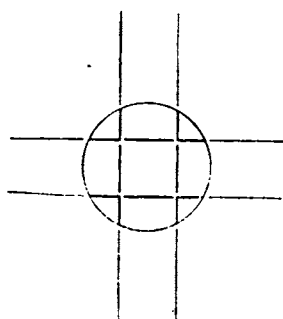


Fig. 211.

portant deux bouts de voies en croix.

Les deux voies sont alors continues; mais il faut, pour donner passage aux bourrelets des roues, ménager aux points d'intersection des deux bouts de voies des lacunes qui occasionnent des secousses. C'est pourquoi l'on préfère, pour le service des voies principales, les plaques à une voie seulement.

Certaines plaques à une voie placées sur les voies principales dans les gares extrêmes, près d'un trottoir, portent un relief pour rétablir la continuité du trottoir que l'on a dû entamer. On remarque cette disposition dans plusieurs gares en Belgique, et au chemin de l'Ouest (français).

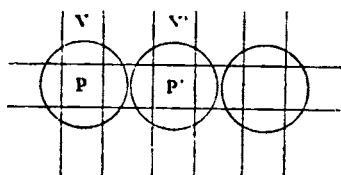


Fig. 212.

On emploie souvent les plaques tournantes pour passer d'une voie sur une voie parallèle. Il faut alors une plaque sur chaque voie, et les deux plaques doivent être réunies par un petit bout de voie transversale (fig. 212).

Supposons le véhicule sur la voie V. On l'amène de cette voie sur la plaque P, de la plaque P on le fait passer sur celle P', et de la plaque P' sur la voie V'.

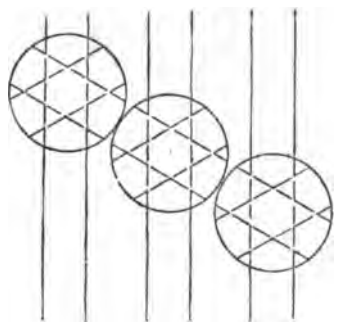


Fig. 213.

Quand les deux voies sont trop rapprochées pour qu'on puisse placer les plaques sur une perpendiculaire à leur axe, on les dispose obliquement comme figure 213, et, pour simplifier autant que possible les manœuvres, on pose sur chacune des pla-

ques trois voies, faisant avec chacune un angle de 120 degrés.

Pour les terrassements et les voies provisoires, on remplace les plaques par l'appareil suivant : au milieu de la voie fixe on établit un pivot sur lequel s'emmanche une traverse mobile portant, à chacune de ses extrémités, des bouts de rails qui la débordent en porte-à-faux des deux côtés, et dont l'écartement est le même que celui des files de rails qui composent la voie fixe. — La longueur de ces bouts de rails est déterminée par l'écartement des essieux des waggon.

La face inférieure de la traverse mobile étant dans le même plan que la surface de roulement des rails de la voie fixe, on fait tourner cette traverse sur son pivot de manière à faire reposer ses extrémités sur ces rails. — Les rails mobiles se trouvant alors dans la même direction que les rails de la voie fixe, mais placés au-dessus, on amène, à l'aide de cales en bois, de la voie fixe sur la voie mobile, le waggon que l'on veut changer de voie. Puis on fait tourner la traverse mobile de manière à amener les rails mobiles sur la nouvelle voie qui doit recevoir le waggon. Enfin, on fait descendre, toujours à l'aide de cales, le waggon des rails mobiles de la traverse sur les rails fixes de la nouvelle voie.

En étudiant les plans des gares que nous donnerons dans le chapitre suivant, on verra comment on a pu aussi, avec une seule plaque, desservir plusieurs voies parallèles.

Le diamètre des plaques tournantes est variable. Celles qui ne sont destinées qu'à porter des waggon à voyageurs ou à marchandises n'ont eu pendant longtemps sur les chemins de l'Est que 3^m,40 de diamètre; mais, comme on a été conduit à augmenter l'écartement des essieux dans les voitures à grande vitesse pour leur donner plus de stabilité, et dans les autres voitures, afin d'augmenter la longueur des caisses, ces plaques ont été toutes remplacées dans les parties du chemin où passent les voitures à voyageurs par des plaques de 4^m,50. Les anciennes plaques de 3^m,40 ont été toutes reléguées dans les gares de marchandises, et l'on regrette même pour le service des marchandises qu'elles soient d'aussi faible diamètre. Au chemin de Mulhouse, le diamètre est de 3^m,50.

En général, il convient, dans la prévision d'une augmentation dans l'écartement des essieux des waggon ou des locomotives, de

donner aux plaques tournantes un plus grand diamètre que celui qui paraît strictement nécessaire. Il en résulte un petit accroissement de dépense ; mais cet inconvénient est largement compensé par l'avantage que l'on trouve à pouvoir plus tard modifier le matériel roulant.

Les plaques pour locomotives du chemin de l'Est ont toutes 6 mètres de diamètre.

Certaines plaques doivent porter en même temps la locomotive et le tender. Celles-là ont jusqu'à 12^m,50 de diamètre.

Les plaques tournantes sur un chemin de fer où la circulation

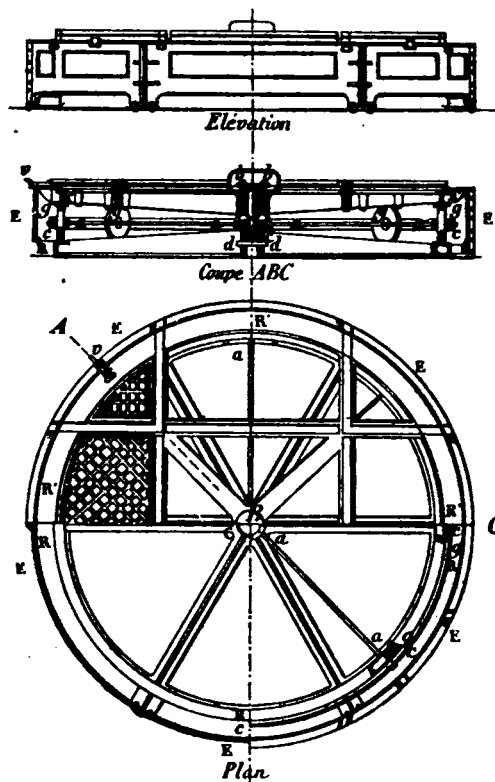


Fig. 214.

est active sont très-nombreuses. Elles constituent une dépense première considérable et doivent par conséquent être établies économiquement et solidement.

Nous allons, après en avoir indiqué les dispositions générales, entrer dans certains détails sur leur mode de construction, et décrire celles qui ont été ou qui sont en usage sur plusieurs lignes.

La figure 214 représente la plaque de 3^m,40 du chemin de Strasbourg. La disposition en est sensiblement la même que celle des plaques de plus

grand diamètre qui lui ont été substituées pour le service de la grande vitesse.

Les galets *g* de cette plaque roulent entre deux chemins de fer circulaires qui sont venus de fonte avec la partie mobile et la partie fixe de la plaque. Ces galets sont coniques, ainsi que les *cercles de roulement* sur lesquels ils portent; de cette façon, ils roulent sur ces cercles sans qu'aucun de leurs points soit obligé de glisser. En effet, les différents points de ces galets parcourent des espaces proportionnels à leurs distances de l'axe de la plaque; s'ils étaient cylindriques, un seul point du galet roulerait; tous les autres devraient glisser pour arriver dans la position qu'ils doivent occuper après que la plaque a tourné d'un certain angle.

Les galets sont maintenus à égale distance du centre de la plaque par leurs axes *a* dirigés dans le sens des rayons et fixés entre deux rondelles, qui entourent la crapaudine. Un cercle *c* relie les extrémités des axes, et maintient ainsi l'écartement des galets entre eux.

La partie fixe de la plaque se compose du cercle de roulement *R*, qui est tourné avec soin, de ses six bras et de la crapaudine *C*; le tout est coulé d'un seul morceau. Les prolongements des bras servent à fixer la *cuve d'enceinte* *E*, formée de six segments en fonte assemblés entre eux à brides et à boulons. Ces segments portent les huit logements dans lesquels se fixent les abouts des rails des deux voies et quatre entailles pour le *verrou* *v* de la partie mobile dont nous nous occuperons plus loin.

La partie fixe repose sur une fondation de sable que l'on pilone par couches minces après l'avoir arrosée; elle est entourée de briques jointives dans sa partie inférieure, puis maintenue dans tout son pourtour par du sable pilonné avec soin.

Cette fondation est très-économique, dure longtemps, se répare et se déplace facilement.

La partie mobile de la plaque se compose essentiellement du cercle de roulement *R'*, des bras et du moyeu; les bras sont au nombre de quatre, ils sont parallèles deux à deux et écartés de 1^m,50 d'axe en axe (largeur de la voie); les deux paires de bras enfin sont perpendiculaires entre elles. Le moyeu est alésé avec

soin pour recevoir le pivot; il est relié aux autres parties du plateau mobile par un croisillon dont les extrémités aboutissent aux intersections des bras principaux.

Les rails de la plaque reposent sur ces bras principaux par l'intermédiaire d'une petite lame de bois destinée à amortir les chocs. Ces rails, afin de laisser passer les bourrelets des roues, sont formés de quatre équerres et de quatre barres droites; ils sont fixés sur les bras au moyen de trente-six boulons qui traversent ces bras par autant de renflements.

Le pivot est en fer, tourné dans toute sa longueur de manière à glisser à frottement doux dans le moyen, et muni d'un grain en acier à sa partie inférieure.

On règle sa position par rapport au plateau mobile au moyen de quatre gros boulons *b* dont les écrous appuient sur la rondelle qui lui sert de tête. En serrant ces écrous, on soulève le plateau mobile, puisqu'on augmente la saillie du pivot sous ce plateau.

Le grain du pivot repose sur un autre grain en acier logé dans la crapandine de la partie fixe de la plaque; une clavette *d* permet de soulever ou d'abaisser ce grain d'une petite quantité.

Les intervalles des bras du plateau mobile sont recouverts de plaques en métal ou d'un tablier en bois. Le bois est moins cher que le métal et il est moins sujet que la fonte à se rompre quand un waggon déraile sur la plaque. Ces plaques portent le nom de *plaques de recouvrement*. Une cloche de recouvrement en fonte préserve le pivot de la poussière et de la boue.

Les secousses qui ont lieu quand un véhicule passe sur une plaque à l'intersection des voies étant assez violentes, même à petite vitesse, surtout avec les tabliers métalliques, on a cherché à les amoindrir en employant des croisillons en acier, en forme de palier destiné à supporter le boudin de la roue. Bien que ces essais aient été fréquemment renouvelés, l'usage de ces croisillons ne s'est pas généralisé.

Le plateau mobile est muni d'un verrou *v* en fer tournant autour d'un axe horizontal. Quand on veut tourner la plaque on soulève ce verrou, et, lorsque ses rails sont arrivés en face de la voie sur laquelle on veut placer le waggon, on le fait tomber dans une des

entailles de la cuve d'enceinte dont nous avons parlé précédemment.

Dans les nouvelles plaques, on substitue souvent le rail Brunel plein aux barres de fer employées pour porter le véhicule, et on évite les biseaux formés par l'intersection à 45 degrés des rails de la plaque, en forgeant d'une seule pièce le sommet de l'angle droit. A cette pièce en équerre viennent s'assembler les rails coupés normalement à leur longueur.

Ces plaques sont d'un assez bon usage sur les voies parcourues exclusivement par des waggon ; mais, quand elles sont placées sur les voies parcourues par les machines, leur fondation tasse, ce qui amène fréquemment la rupture des plateaux mobiles à la rencontre des bras et des croisillons. Dans les mauvais terrains on donne quelquefois plus d'empâtement à cette fondation, en interposant, entre le sable et la cuve (partie fixe de la plaque), de forts mardriers, dirigés dans le sens de la voie parcourue par les machines.

Dans plusieurs anciennes plaques, on a fait usage de galets à jante arrondie (fig. 215 et 216), ce qui permettait de les employer bruts de fonte. Cette forme est vicieuse ; elle donne lieu à une usure rapide des galets et du cercle de roulement, et, par son défaut de stabilité, à des dérangements continuels dans la position des galets.

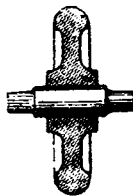


Fig. 215.

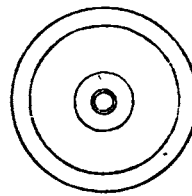


Fig. 216.

Il est important que les galets se trouvent le plus près possible du pourtour de la plaque. Sur plusieurs chemins de fer français, on les a, dans l'origine, rapprochés du centre de la plaque, par raison d'économie. Le porte-à-faux qui en est résulté pour les parties extérieures au cercle de roulement a occasionné des ruptures fréquentes.

Dans la plaque du chemin de fer de Paris à Strasbourg, nous avons vu que les galets roulent entre les deux cercles tournés et que les axes servent uniquement à les empêcher de s'écarter du pivot. Ce mode de construction est le plus convenable, puisqu'il ne donne

lieu qu'à des *frottements de roulement* beaucoup plus faibles que les *frottements de glissement*, et rend, par conséquent, la manœuvre de la plaque très-facile. Mais il est coûteux, parce qu'il oblige à tourner les deux cercles de roulement. Sur plusieurs lignes on a fait usage de galets dont les axes sont fixés, soit sur la fondation, soit sur le plateau mobile. Dans ce cas, le galet est quelquefois mobile sur son axe. D'autres fois il est fixé sur cet axe, qui alors

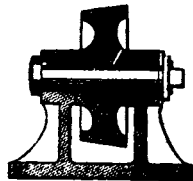


Fig. 217.

repose sur des coussinets faisant partie de la fondation (fig. 217), ou bien, il supporte le plateau mobile par l'intermédiaire de coussinets semblables fixés sous ce plateau. La première disposition est vicieuse en ce qu'elle rend les réparations difficiles quand, par suite de l'usure, les galets ballottent sur leurs axes.

Les plaques de ces trois systèmes sont économiques, car elles n'ont qu'un cercle de roulement; mais leur manœuvre est difficile, à moins qu'on ne donne aux galets de très-grands diamètres, ce qui force à augmenter la profondeur, et par conséquent le poids de la cuve. Si, malgré cela, on se décide à en faire usage, on pourra, sans grands inconvénients, employer les galets à jante arrondie, pourvu qu'ils soient fixés sur des axes d'une certaine longueur; moyennant ces deux précautions, ils seront peu sujets à se déverser.

La figure 218 représente une ancienne plaque du chemin d'Or-

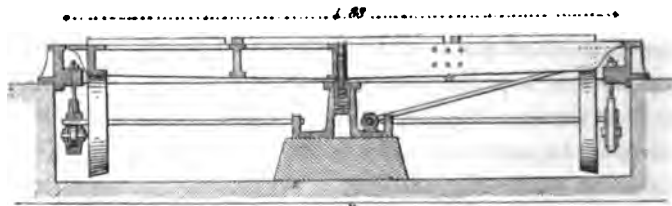


Fig. 218.

léans à Bordeaux avec un seul cercle de roulement dans laquelle on a diminué la résistance en faisant reposer les axes des galets qui supportent le plateau mobile sur d'autres galets de petit diamètre

et en leur donnant de grands diamètres. Des écrous et boulons servent à régler la hauteur de ces galets.

Les plateaux mobiles diffèrent peu de celui de la plaque du chemin de Strasbourg. Quand leur diamètre dépasse 4 mètres, on les fait presque toujours en deux pièces assemblées à boulons, suivant un diamètre parallèle à l'axe des voies.

Au chemin de Bristol, le plateau est recouvert d'un fort plancher en chêne sur lequel les rails sont fixés.

La partie fixe des plaques tournantes présente des dispositions bien plus variées.

Au chemin de fer de Birmingham, le cercle de roulement et la cuve d'enceinte des anciennes plaques étaient coulés ensemble, d'un seul morceau pour les plaques de 3^m,66 de diamètre, et en deux pièces pour celles de 4^m,57. Les bras et la crapaudine sont rapportés au moyen de boulons. Le cercle de roulement est un peu plus difficile à tourner que d'ordinaire, mais il est très-rigide.

Aux deux chemins de Versailles, le cercle de roulement des anciennes plaques était d'une seule pièce (diamètre de la plaque, 4 mètres); il était isolé et boulonné sur des dés en pierre de taille; le pivot était fixé et logé dans un support en fonte scellé dans une forte pierre de taille; la crapaudine faisait partie du plateau supérieur. La fondation était en moellons et les parois verticales de la fosse en pierre de taille. Un cube de maçonnerie aussi considérable rendait la plaque fort coûteuse. Le cercle de roulement n'ayant que 2^m,80 de diamètre, il en résultait un porte-à-faux considérable; la plaque était à une seule voie.

L'ancienne plaque du chemin de fer de Saint-Germain (fig. 219) était à galets fixes dont les axes tournaient dans des supports venus de fonte avec la partie fixe. Celle-ci était coulée d'un seul morceau; elle se composait d'une cuve d'enceinte et de six bras qui rayonnaient autour de la crapaudine. Le diamètre de cette plaque n'était que de 2^m,30; le plateau mobile était venu de fonte avec ses plaques de recouvrement et ses rails. Ceux-ci s'égrenaient sous la pression des roues et mettaient la plaque promptement hors d'usage.

Au chemin de Bristol, le pourtour de la plaque était en pierre de

taille, ainsi que la fondation du cercle de roulement et du pivot, qui sont isolés l'un de l'autre. Aujourd'hui on abandonne entièrement les enceintes en pierre de taille.

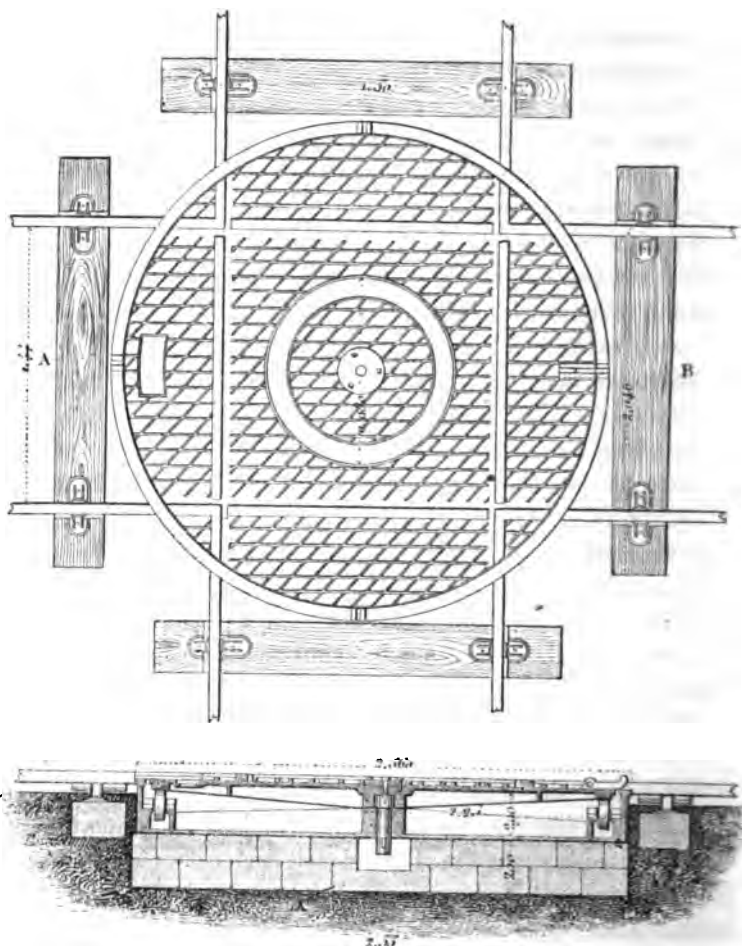


Fig. 219.

Les plaques de 6 mètres de diamètre du chemin de fer de Paris à Strasbourg, dont nous avons déjà décrit le plateau mobile, ont un cercle de roulement composé de six segments munis de pattes

sur lesquelles viennent se boulonner les huit segments de la cuve d'enceinte. Le cercle de roulement est posé sur des traverses placées sur la fondation en sable; la crapaudine est fixée dans un support en fonte à large base, qui repose lui-même sur un châssis en charpente.

Les plaques de 4^m,20 du chemin de fer du Nord et celles de 5 mètres de Lyon sont construites à peu près comme les petites plaques du chemin de Strasbourg (fig. 214); seulement le plateau mobile et la partie fixe sont formés chacun de deux pièces assemblées suivant un diamètre.

Au chemin de Strasbourg à Bâle, le cercle de roulement fixe est une simple barre de fer plate courbée en cercle; il repose sur une fondation en bois et y est attaché au moyen de vis. La crapaudine est boulonnée au centre de cette même charpente; enfin l'enceinte de la fosse est en bois.

La figure 220 représente une plaque tournante du chemin de fer de Versailles (rive gauche), construite entièrement en bois. Il en existe d'analogues au chemin de fer de Newcastle et en Autriche. Les plaques en bois sont fort économiques; mais elles ne doivent être employées que sur des voies couvertes. Les assemblages doivent être étudiés et exécutés avec le plus grand soin.

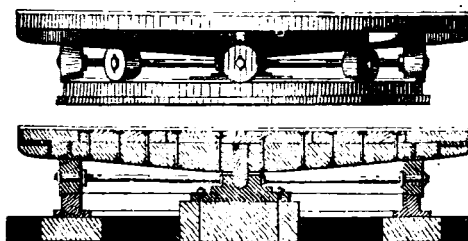


Fig. 220.

Les plaques en tôle, dont on fait un grand usage aujourd'hui, sont formées d'une membrure en fer double T, de 16 à 18 centimètres de hauteur, sur 12 ou 15 de largeur de champignon et régnant à l'aplomb de chaque file de rails. Des feuilles de tôle d'une épaisseur moyenne de 6 à 7 millimètres, disposées joints sur plein, consolident en dessus et en dessous ces fers à T, auxquels elles sont rivées, ainsi que les rails, de manière à former un plateau régulier dont l'épaisseur varie avec le diamètre de la plaque.

La cuve d'enceinte, le cercle de roulement, les galets, la crapau-

dine, se font à la manière ordinaire, de sorte qu'on peut remplacer un plateau en tôle par un plateau en fonte, et réciproquement.

En Angleterre, on a établi, il y a quelques années, des plaques tournantes dont la disposition présente beaucoup d'analogie avec celle des grues.

La partie fixe de ces plaques (fig. 221), dites à colonnes, se com-

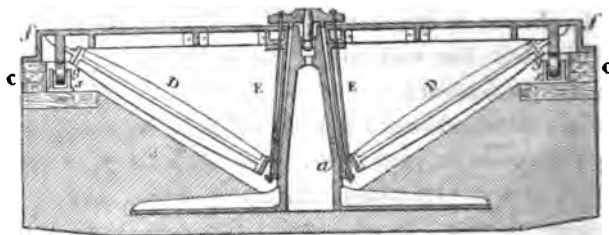


Fig. 221.

pose d'un fort arbre en fonte creux ; autour est un cercle en fer tourné. Cet arbre, venu de fonte avec un croisillon qui est logé dans un massif de béton ou assemblé avec ce croisillon pour les plaques de grande dimension, reçoit à sa partie supérieure le grain de la crapaudine. La fosse est en forme de cône renversé ; elle est munie à sa partie supérieure d'un couronnement C en charpente surmonté d'un cercle en fonte *f*. Dans certaines plaques, l'enceinte en charpente reçoit en outre des supports *s* avec galets à axes fixes *g*.

Le plateau mobile est formé de bras et d'un cercle extérieur tourné dans les plaques à galets. Ce plateau porte en son milieu sur une enveloppe en fonte *E* alézée, qui entoure la colonne et reçoit un pivot à boulet. Les extrémités des bras sont soutenues par des contre-fiches *D*, qui reportent vers la base de la colonne la pression qui résulte du passage d'une machine ou d'un waggon.

On a construit en Angleterre quelques plaques analogues à la précédente (fig. 222), mais qui permettent de peser les waggonn en même temps qu'on les tourne. Le plateau mobile porte lui-même la colonne, qui repose sur une crapaudine suspendue par l'intermédiaire de tringles pendantes à un levier de romaine.

Au repos, ce plateau repose sur le couronnement de la fondation ; on amène le waggon sur la plaque, puis on soulève le

pivot, et, par conséquent toute la partie mobile, en injectant de l'eau entre la crapaudine proprement dite et son enveloppe au moyen d'une pompe de presse hydraulique. Le plateau mobile et la charge ne portent alors plus que sur le pivot; la plaque est très-facile à manœuvrer, et l'on constate, au moyen de la romaine, le poids du waggon ajouté à celui de la plaque. Connaissant le poids de cette plaque, on obtient celui du waggon au moyen d'une simple soustraction.

Les plaques à colonnes sont très-coûteuses; aussi sont-elles peu employées; les dernières surtout donnent lieu à de fréquentes réparations qui en rendent l'avantage illusoire.

Dans ces derniers temps, on s'est beaucoup préoccupé des ruptures fréquentes des bras des plaques, et l'on a mis en étude plusieurs systèmes dans lesquels le

cercle de roulement et le croisillon de la partie mobile sont en fonte, tandis que les bras sont en fer ou en bois et fer. On construit également des plaques de grandes dimensions entièrement en fer, mais dans lesquelles les supports des galets sont fixés sous le plateau mobile.

Avec les plaques dont nous venons de parler, on est obligé, pour

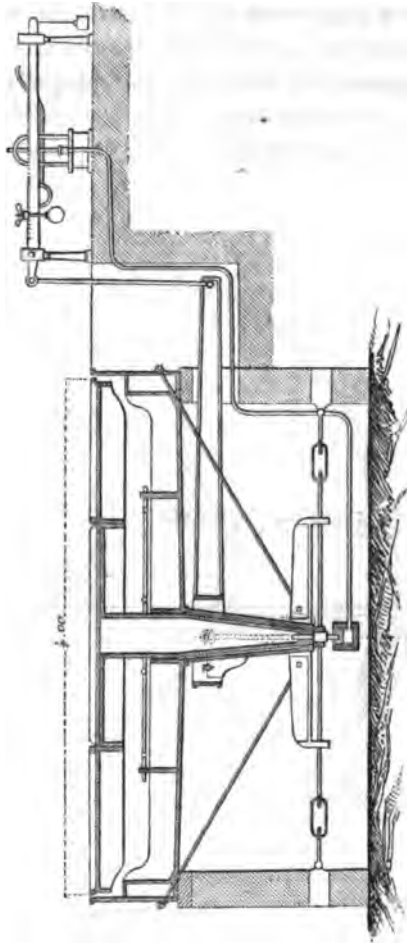


Fig. 222.

tourner une locomotive, de la *découpler* de son tender et de manœuvrer séparément l'un et l'autre. Ce mode d'opérer est long; aussi établit-on généralement dans les gares, où l'on doit fréquemment tourner des machines, une plaque de dimension suffisante pour recevoir simultanément la machine et son tender.

Le diamètre de ces sortes de plaques varie entre 8^m,50 et 12^m,50.

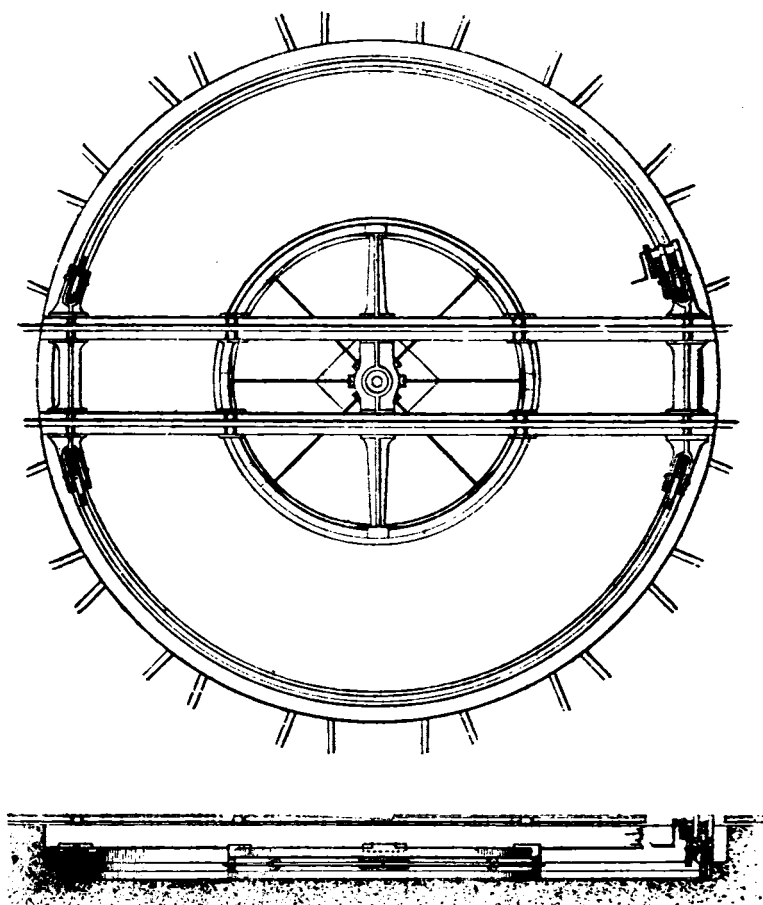


Fig. 223.

Avec de pareilles dimensions, un plateau mobile construit dans le

système des plaques de moindre diamètre serait une pièce de fonte très-difficile à couler ; aussi a-t-on eu recours à des dispositions particulières dont nous allons dire quelques mots.

Au chemin de Londres à Derby (fig. 223), il existe une plaque de 10^m,70 de diamètre¹, dans laquelle les rails reposent sur deux fortes pièces de bois reliées entre elles par cinq entre-toises en fonte. Celle du milieu reçoit le pivot, qui est disposé comme celui des plaques de 3^m,40 du chemin de fer de Paris à Strasbourg. La crapaudine est fixée dans un support en fonte isolé, boulonné sur la fondation. Les rails sont soutenus à 2^m,50 de l'axe par huit galets mobiles entre deux cercles de roulement, dont l'un repose sur le sol, et l'autre est boulonné sous les longuerines. Un troisième cercle de roulement de 9^m,80 de diamètre supporte les abouts de ces longuerines par l'intermédiaire de quatre galets montés dans des supports en fonte ayant la forme de corbeaux.

L'un de ces galets peut être mis en mouvement au moyen d'une manivelle et d'un système d'engrenage ; en tournant, il entraîne la plaque et la charge qu'elle supporte.

Cette plaque est économique ; mais les fragments de coke enflammé et l'eau qui tombent continuellement des locomotives détruisent rapidement les longuerines.

En France, on a fait usage pendant longtemps de plaques entièrement en fonte, construites d'après un modèle belge (fig. 224).

Cette plaque a 8 mètres de diamètre ; son plateau mobile se compose de quatre grands longerons en fonte A A B B, reliés entre eux par un certain nombre d'entretoises en fonte et en fer, et de deux arcs de cercle c c en fonte, soutenus en leur milieu par deux traverses T T, et boulonnés à leurs extrémités sur les longerons B. Le tout est recouvert d'un plancher en forts madriers de chêne sur lequel les rails sont fixés au droit des longerons A au moyen de vis. L'entretoise E reçoit le pivot en fer trempé qui porte sur une crapaudine scellée dans la fondation. Quatre galets g g, dont les axes supportent les abouts des longerons, roulent sur le cercle en fonte tourné c c de 5 mètres de diamètre, qui fait partie de la fondation.

¹ Voir le *Portefeuille de l'ingénieur*.

Le mouvement est donné à la plaque comme à celle de la remise de Derby.

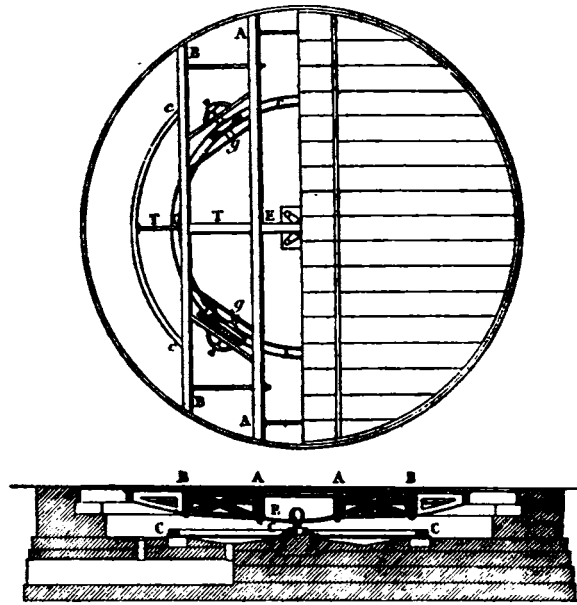


Fig. 224.

Les plaques de ce système, qui ont été construites depuis quelques années, ont reçu certaines modifications. Les rails reposent directement sur les longerons A. Le plancher est en tôle entre ces rails.

On a augmenté le diamètre du cercle de roulement afin de réduire le porte-à-faux des longerons. Malgré cela, ces longerons se brisent fréquemment, surtout quand, par suite de tassements survenus dans les fondations, les galets cessent de porter parfaitement sur le cercle de roulement.

On a été ainsi conduit à remplacer dans ces plaques presque toutes les pièces en fonte par d'autres en tôle armée de cornières. La figure 225 représente une grande plaque en tôle et bois, fabriquée par M. Buddicom pour le chemin de Strasbourg.

Les nouvelles plaques de 11^m,60 du chemin de fer de l'Est.

plaques dont on est très-satisfait⁴, ne diffèrent de l'ancienne pla-

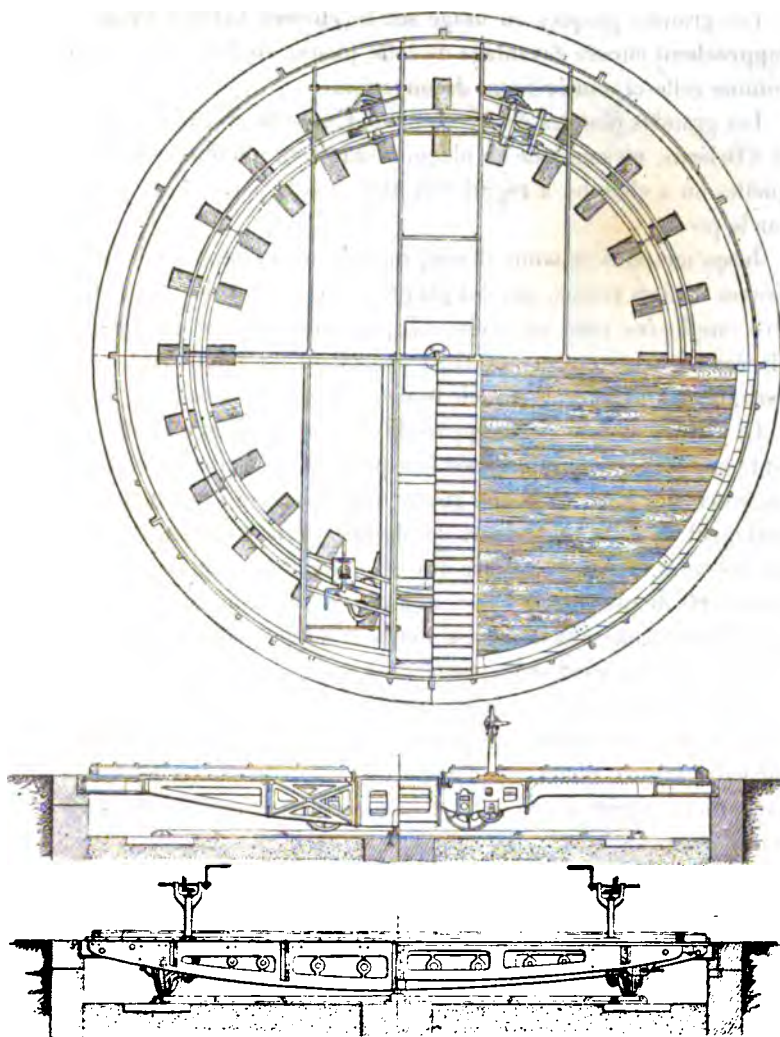


Fig. 225.

que de Derby (fig. 225) qu'en ce que les poutres en bois ont été

⁴ Voir les plans détaillés de cette plaque dans le *Nouveau Portefeuille de l'ingénieur*

remplacées par des poutres en fer et la plaque recouverte d'un plancher partie en bois, partie en tôle.

Les grandes plaques en usage sur le chemin Central suisse se rapprochent encore davantage de cette plaque anglaise. Elles sont, comme celle-ci, entièrement découvertes.

Les grandes plaques des chemins de Lyon, du Nord, de l'Ouest et d'Orléans, ne sont que les plaques Buddicom modifiées, dans lesquelles on a cherché à reporter la plus grande partie de la charge sur le pivot.

Jusqu'ici nous n'avons décrit, pour la manœuvre des locomotives et tenders réunis, que des plaques à une voie. Celles-ci peuvent être employées sans inconvénient, parce qu'elles ne sont jamais placées sur les voies principales; cependant on a construit en Allemagne des plaques de grande dimension à deux voies (fig. 226).

Le plateau mobile de ces appareils se compose d'un croisillon en fonte sur lequel sont boulonnés les quatre bras qui supportent directement les rails, ainsi que quatre autres bras intermédiaires qui partagent en deux les secteurs du plateau qui ne sont pas occupés par les voies. Toute la surface qui est comprise entre les voies est recouverte de plaques de fonte, afin de ne pas être altérée par les parcelles de coke enflammé qui tombent du foyer de la machine; le reste du tablier est ordinairement en bois.

Les extrémités des bras sont reliées par une couronne en fonte.

Les galets, au nombre de douze, sont à jante arrondie et fixés sur leurs axes au moyen de clavettes; ils soutiennent la plate-forme par l'intermédiaire de supports à coussinets boulonnés sur la couronne et sur les bras.

Le cercle de roulement en fer ou en fonte est fixé sur la maçonnerie des fondations, qui se composent d'un massif central portant la crapaudine et d'un mur annulaire présentant une surépaisseur jusqu'au sol de cette fosse.

Un cercle en fonte à denture intérieure sur tout son pourtour forme l'arête du couronnement de ce mur. Un système de manivelles et d'engrenages, dont le dernier mobile agit sur cette couronne dentée, est fixé sur le plateau; il suffit dès lors d'imprimer le mouvement aux manivelles pour faire tourner la plaque.

On supprime aujourd'hui dans les grandes plaques les cercles dentés fixés autour de la fosse ou sur le fond ; la réaction des galets sur un cercle uni suffit pour produire le mouvement

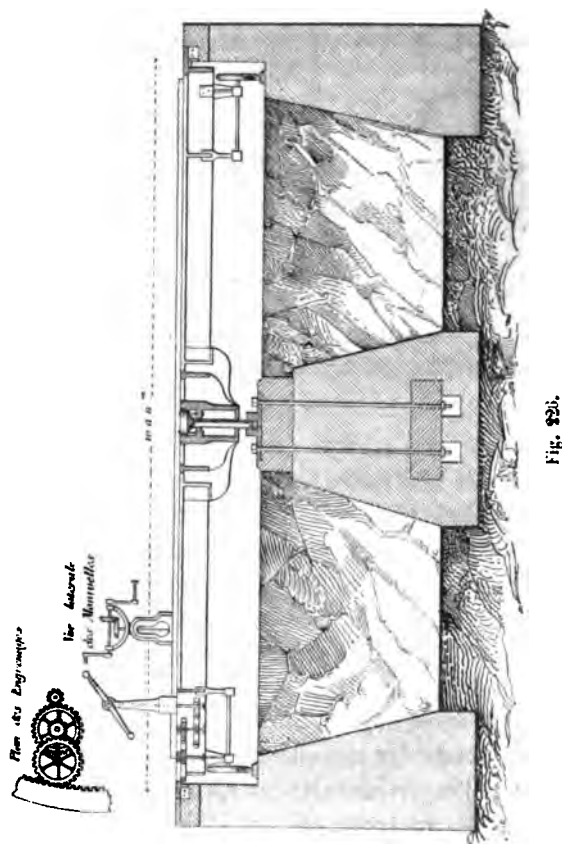


Fig. 226.

On a enfin construit des plaques pour locomotives et tenders réunis dans le système des plaques à colonne fixe (fig. 227). Les bras étant fort longs, on les a soutenus en leur milieu par une seconde rangée de contre-fiches. De plus, on a ajouté en *a* un collier de galets qui transforment le frottement de glissement de l'enveloppe sur la colonne en frottement de roulement. Sur le chemin de Londres à Birmingham, une plaque de ce genre, presque entière-

ment en bois, occupe le centre de la magnifique remise polygonale de Cambden.

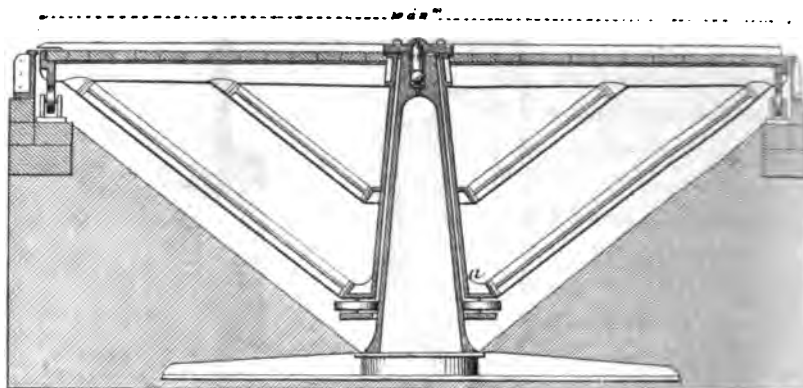


Fig. 227.

Aux chemins de l'Est, on a tenté de remplacer les fondations en fonte par des fondations en bois, et on a étudié de nouvelles plaques en fonte avec des cercles coulés indépendamment des croisillons, les bras ayant en coupe la forme d'un T renversé au lieu d'un T droit.

Les fondations en bois ont été abandonnées comme trop sujettes à se déformer lorsque le bois prend du jeu. La nouvelle forme donnée aux bras n'a pas offert la résistance que le calcul semblait promettre, mais on coule aujourd'hui les nouvelles plaques avec les cercles indépendants des croisillons. Cette dernière modification est la seule dont l'expérience ait constaté les avantages.

Elle prévient les ruptures, qui ont toujours lieu à l'entre-croisement des bras, où le retrait de la fonte donne lieu à des tensions inégales qui en diminuent la résistance.

En résumé, sur les nouvelles lignes :

On abandonne les plaques en fonte pour les voies principales, et on les remplace par des plaques en tôle. Ces dernières toutefois se détruisent rapidement par suite du jeu que prennent les rivets.

On se sert de plaques en fonte sur des voies latérales, surtout pour le service des wagons. On emploie les plaques en bois dans les

halles ou les remises couvertes, et on construit les plaques de grand diamètre en tôle et en bois.

Les plaques tournantes sont ordinairement manœuvrées par des hommes. Dans nos ateliers d'Épernay et de Nancy toutefois le mouvement de rotation est imprimé aux grandes plaques par une petite machine à vapeur de la force d'un cheval établie sur la plaque. Cette machine ne consomme pas par jour au delà de 100 kilogr. de menu coke valant à Épernay 15 fr. la tonne, et on en confie le soin à un ouvrier invalide. L'usage en est fort avantageux toutes les fois que les manœuvres des plaques doivent se répéter fréquemment.

Nous avons indiqué aux documents les prix des différentes espèces de plaques.

Chariots de service. — Pour faire passer les voitures ou les machines d'une voie sur des voies parallèles, on peut remplacer les plaques par un chariot qui, portant une portion de voie, roule sur un chemin de fer perpendiculaire aux voies parallèles que l'on veut desservir. Les rails fixés sur le chariot se trouvent dans le même plan que les voies. La voiture ou la machine à transporter d'une voie sur une autre est placée sur ce chariot.

La figure 228 représente un chariot destiné à manœuvrer des waggons. Les rails sont fixés sur une plate-forme en bois qui repose, par l'intermédiaire de coussinets et de boîtes à graisse, sur deux essieux portant chacun trois roues ; la voie de service sur laquelle marche ce chariot est établie au fond d'une fosse creusée au travers des voies à desservir, et dont la largeur est égale à celle du chariot.

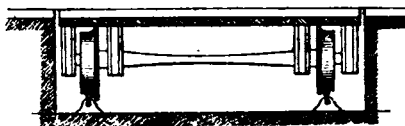


Fig. 228.

Avec un chariot de ce genre, la profondeur de la fosse est égale au rayon des roues augmenté de la distance de l'axe des essieux à la face supérieure des rails.

On peut réduire aisément cette profondeur à 20 centimètres, en suspendant les longerons aux essieux, comme cela est indiqué dans la figure 229.

Pour transporter les locomotives, on emploie des chariots dis-

posés comme les précédents ; seulement, pour rendre la manœuvre plus facile, on ajoute à l'un des essieux au moins un levier à dé-

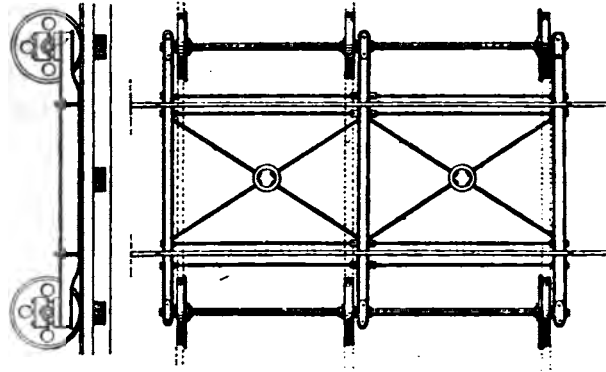


Fig. 229.

clic (fig. 230) au moyen duquel on fait tourner cet essieu. Toutefois dans les remises, où l'on déplace souvent les machines, on préfère les plaques tournantes, quoique plus coûteuses, parce qu'elles sont plus faciles à manœuvrer. On fait usage plus volontiers de chariots dans les ateliers de montage.



Fig. 230.

On fait depuis quelque temps usage dans les ateliers du Nord et de l'Ouest de chariots de service mus par la vapeur. À cet effet, on a placé sur le plancher du chariot, au chemin du Nord, une petite locomobile, qui imprime le mouvement à l'appareil. Au chemin de l'Ouest, on a construit une petite machine spéciale qui met le chariot en marche au moyen d'une chaîne fixe reposant au fond de la fosse. Ces deux appareils fonctionnent bien, et on paraît en être très-content.

Au chemin de l'Ouest, la machine au repos sert à chauffer un bain de potasse dans lequel on nettoie les pièces grasses qu'il fallait autrefois nettoyer au sable.

On peut, sans inconvénient, interrompre ainsi les voies et creuser des fosses dans les remises ou les ateliers ; mais il n'est pas possible de couper les voies principales. On se sert, pour ces voies, de

chariots d'une autre espèce qui permettent de les conserver intacts. Parmi ces chariots, nous citerons le chariot dit *hydraulique*, employé d'abord sur le chemin de Bristol, et imité sur le chemin de Saint-Germain (gare de Saint-Germain).

Ce chariot roule sur une voie transversale V (fig. 251), dont le niveau est de quelques millimètres plus élevé que celui des voies de départ, d'arrivée et de remisage. Cette voie transversale est interrompue à l'intersection des rails des voies longitudinales pour donner passage aux bourrelets des roues. Le chariot passe sur ces lacunes en roulant sur le rebord de ses roues, qui reposent alors sur les rails des voies longitudinales. A cet effet, ce rebord est plat (fig. 252), au lieu d'être circulaire, comme dans les véhicules ordinaires des chemins de fer.

Le chariot porte une bêche remplie d'eau et des pompes, au moyen desquelles on peut refouler cette eau dans des cylindres verticaux. Ces cylindres sont munis de pistons dont la tige verticale se termine par une espèce de crosse. La voiture, roulant

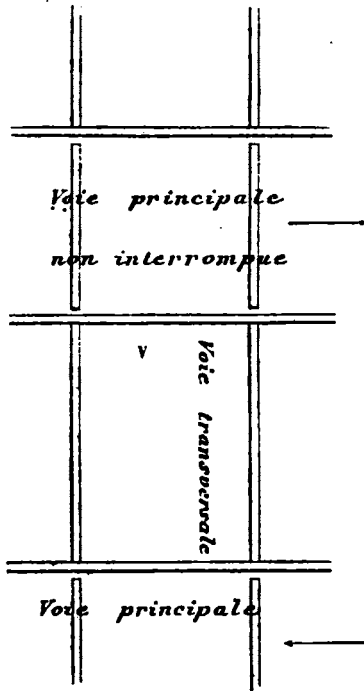


Fig. 251.

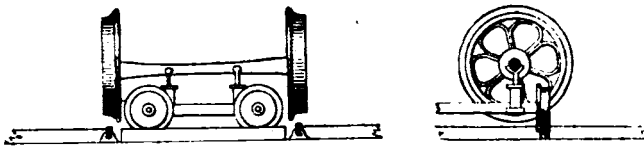


Fig. 252.

sur l'une des voies longitudinales, est amenée au-dessus du chariot

hydraulique, de manière que ses essieux se trouvent exactement au-dessus des crosses.

Les ouvriers, faisant agir les pompes, soulèvent les pistons, et par l'intermédiaire des crosses et des essieux, la voiture tout entière se trouve élevée jusqu'à ce que les boudins de ses roues puissent passer au-dessus des rails; ils font alors rouler le chariot et l'amènent vis-à-vis de la voie sur laquelle la voiture doit être transportée, laissent écouler l'eau des cylindres dans la bêche, et déposent ainsi la voiture sur les rails de cette voie.

Avec le chariot hydraulique les voies principales ne sont pas interrompues : il peut donc remplacer sans inconvénient les plaques tournantes établies sur ces voies dans les gares à voyageurs, mais seulement pour la manœuvre des waggon.

Il existe au chemin de fer de Lyon, dans la remise de voitures de la gare de Paris, un chariot de service qui jouit du même avantage que le chariot hydraulique.

La figure 233 représente la coupe, en travers, de cet appareil.

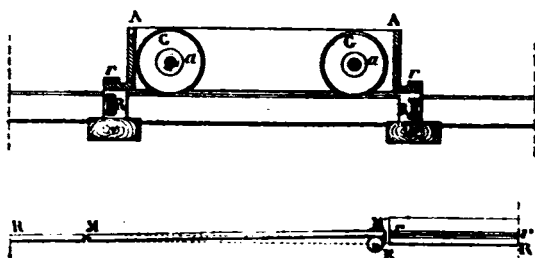


Fig. 233.

A A est un grand cadre rectangulaire en fonte, supporté par six galets G G montés trois par trois sur deux arbres a a.

Ces galets roulent sur une voie transversale semblable à celle du chariot hydraulique, mais composée de trois files de rails; r r sont deux rails en fer plat boulonnés sur une nervure venue de fonte à la partie inférieure des deux longs côtés du cadre; ces rails correspondent à ceux R R des voies principales, et ne sont élevés que de 4 à 5 centimètres au-dessus de ces derniers.

Pour faire monter une voiture sur ce chariot ou pour la faire

descendre, on forme un plan incliné avec une portion des voies principales. A cet effet, les rails MM' , qui avoisinent le chariot, sont mobiles autour d'axes horizontaux M placés à 6 mètres de ce chariot. L'extrémité M' de ces rails repose sur des excentriques E , et, suivant que les rails mobiles occupent la position MM' ou celle ME , la voie principale se raccorde avec celle du chariot ou avec son propre prolongement. Les deux excentriques d'une même voie sont calés sur un arbre unique que l'on manœuvre au moyen d'un levier.

Quoique fort ingénieux, ce système ne s'est pas répandu, parce qu'il exige, pour chaque voie, deux rails mobiles et leur mécanisme, appareils coûteux qui, dans bien des circonstances, rendraient l'emploi des plaques tournantes plus économique.

Nous avons remarqué à l'Exposition universelle de Londres et sur quelques lignes anglaises de nouveaux chariots qui ont beaucoup d'analogie avec celui que nous venons de décrire, sans être d'un prix aussi élevé.

Le chariot de Dünns, représenté dans la figure 234, se compose

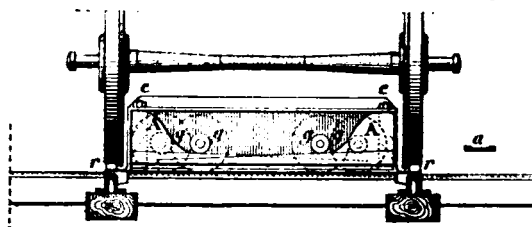


Fig. 234.

d'un cadre en tôle dont les rails rr sont disposés comme ceux du chariot du chemin de Lyon. Ce cadre repose sur 12 galets gg à jante cylindrique montés sur quatre arbres parallèles, et par leur intermédiaire sur six files de rails plats à deux rebords saillants formant ainsi une gouttière dont le fond est au niveau de la voie principale.

Les plans inclinés AA , qui raccordent les rails de ces deux voies, font partie du chariot ; ils sont fixés en ee contre les petits côtés du cadre par l'intermédiaire de charnières verticales dont les joints

sont hélicoïdaux. Quand les plans inclinés sont placés dans le prolongement des rails, leurs extrémités libres reposent sur ces rails; mais, si on les ramène contre les petits côtés du cadre, ils se relèvent, par suite de la forme particulière de la charnière, à une hauteur telle, qu'ils ne gênent plus le mouvement de translation du chariot. La longueur des plans inclinés est de 1^m,20, la hauteur qu'ils rachètent de 0^m,04.

Au chemin de l'Est, on a supprimé les rails mobiles, trop sujets à se déranger, et on a taillé en biseau les rails qui portent le chariot. Malgré la petite saillie de ces rails sur ceux de la voie principale, les ouvriers poussent facilement les waggons sur le chariot de service.

On emploie enfin depuis quelque temps au chemin de fer de l'Ouest (français), dans la gare de Paris, un chariot système Dünn.

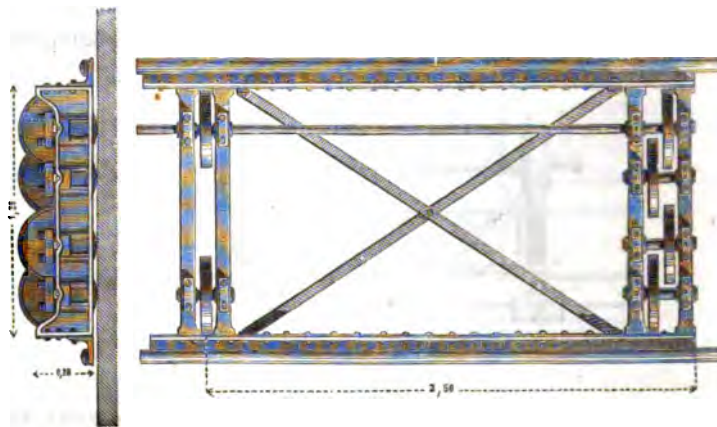


Fig. 235.

représenté figure 235, dont la disposition nous paraît supérieure à celle des précédents chariots.

A l'extrémité des voies, dans les gares de tête, on pose à côté des rails une espèce de contre-rail dont les figures 236 et 237 sont les coupes transversale et longitudinale. Le waggon destiné à être placé sur le chariot est poussé dans l'ornière formée par le rail et

le contre-rail. Là il monte sur un plan incliné qui le conduit sur

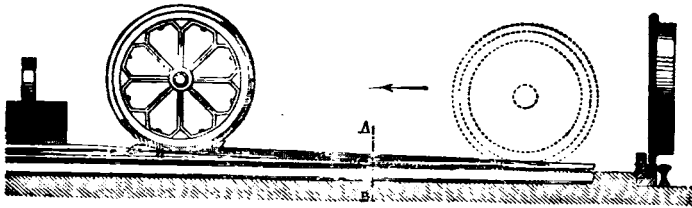


Fig. 236.

Fig. 237.

le chariot et est maintenu latéralement sur ce plan incliné par les deux saillies formant contre-rails (figures 236 et 237).

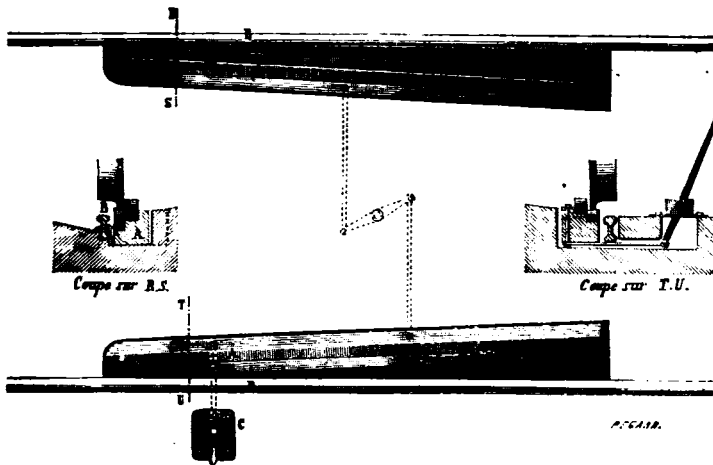


Fig. 238.

Dans les parties du chemin où la voie n'est pas interrompue et sur lesquelles les wagons passent quelquefois sans monter sur le chariot de service, les contre-rails sont mobiles, comme le montre la figure 238. On ne les approche du rail fixe que dans le cas où on doit faire usage du chariot.

L'usage des chariots de service, adopté sur un grand nombre de chemins de fer en Allemagne, se répand aujourd'hui beaucoup sur les chemins de fer français

Au chemin de fer de l'Est un chariot établi depuis peu de temps dans la gare de Strasbourg fait un excellent service. Il remplace avec avantage quatre grandes plaques tournantes.

Grues hydrauliques. — Les grues hydrauliques sont des appareils destinés à conduire l'eau d'alimentation des machines dans les tenders. Anciennement elles étaient entièrement métalliques ; elles se composaient de deux tuyaux concentriques verticaux dont l'un, celui placé à l'intérieur, était mobile autour de son axe, et portait à sa partie supérieure un prolongement horizontal en forme de bras de grue, qui d'ordinaire était dirigé dans le sens de la voie à desservir, mais qui, pour alimenter, devait être tourné d'équerre sur cette voie (figure 239).

Aujourd'hui un simple boyau en toile ou en cuir s'adaptant sur une tubulure venue de fonte au sommet d'une colonne fixe remplace cet appareil compliqué et dispendieux (figure 240).

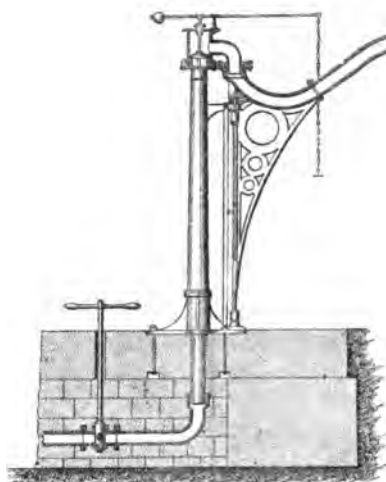


Fig. 239.

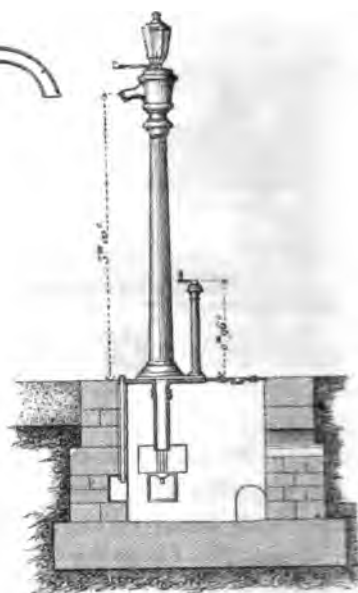


Fig. 240.

Une conduite d'eau souterraine fait communiquer d'habitude le pied de la grue avec le réservoir d'eau d'alimentation. L'écoulement

de l'eau est interrompu à volonté par une soupape ou un tiroir manœuvré au moyen d'une vis. Anciennement, une manivelle ou un simple levier servait à manœuvrer l'obturateur ; mais, comme par ces moyens le mouvement des eaux était arrêté brusquement dans la conduite, il en résultait des chocs (*coups de béliers*) qui provoquaient des ruptures fréquentes dans cette conduite.

Avec ces appareils, dès que la longueur de la conduite atteint une centaine de mètres, il faut un temps assez long, cinq minutes environ, pour remplir un tender. Sur les lignes qui sont parcourues par des trains à très-grande vitesse, un arrêt de cette durée serait trop considérable. On a été conduit ainsi à remplacer des grues simples par des colonnes cylindriques très-élevées contenant une quantité d'eau suffisante pour remplir un tender (cinq mètres cubes environ). Ces réservoirs s'alimentent facilement entre le passage des trains; mis en communication avec le tender, ils le remplissent presque instantanément. En général ils sont munis d'un calorifère qui permet de chauffer l'eau d'alimentation avec des combustibles de rebut (fig. 241, 242).

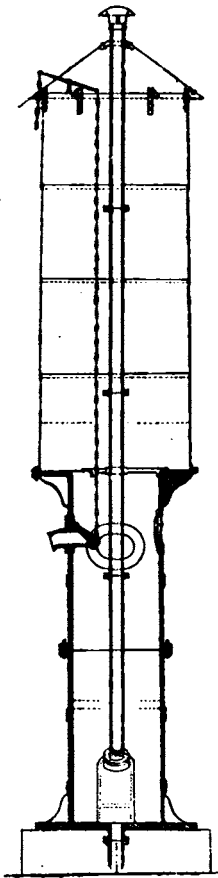


Fig. 241.

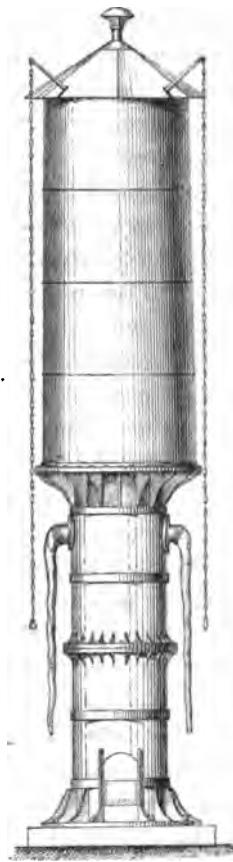


Fig. 242.

Ces grues hydrauliques à réservoir ont été employées pour la première fois sur le chemin de fer du Nord d'après les plans fournis par M. Alquié.

Signaux fixes. — On se sert, pour signaler l'état de la voie et la nature des obstacles qui pourraient l'obstruer, de signaux de différente nature.

Les plus utiles et les plus fréquemment employés sont les signaux électriques. Nous ne décrivons pas ici ceux de cette espèce. La télégraphie électrique est une science distincte qui doit faire l'objet d'un traité spécial ou du moins d'un chapitre à part. Nous ne parlerons que des signaux fixes, espèce de télégraphes aériens placés à l'entrée des stations, aux points de bifurcation, et à l'approche des souterrains, pour indiquer au mécanicien s'il peut continuer sa marche ou s'il doit s'arrêter.

Les signaux fixes se composent généralement de mâts ou de colonnes surmontées d'un disque peint en rouge (fig. 243). Ce disque peut tourner autour d'un axe vertical, de manière à présenter aux trains sa face rouge, ce qui signifie *arrêt*, ou son champ, ce qui indique que la voie est libre. Les signaux sont composés quelquefois d'un système d'ailettes qui, placées en croix, commandent le ralentissement, et qui, superposées, permettent le parcours à toute vitesse (fig. 244).

De nuit, le disque rouge est remplacé par une lanterne à feu rouge, les ailettes en croix par un feu vert; un feu blanc indique que le train peut passer en toute sécurité.

On place toujours un disque signal près de la voie montante et un autre près de la voie descendante. La distance de ces disques à la station doit être d'autant plus grande qu'il est plus difficile d'arrêter le train. Lorsqu'on marchait à des vitesses qui ne dépassaient pas 50 à 60 kilomètres à l'heure, les disques étaient à une distance de 500 à 600 mètres. Depuis qu'on atteint avec les machines Crampton des vitesses de marche de 75 à 80 kilomètres, on place les disques à 800 mètres au moins.

Anciennement la lanterne était fixée au disque, qui, placé parallèlement à la voie, présentait à la station et au mécanicien deux feux blancs par les verres de côté de la lanterne. Tourné perpendi-

culairement à la voie, le disque présentait son verre rouge à la ma-

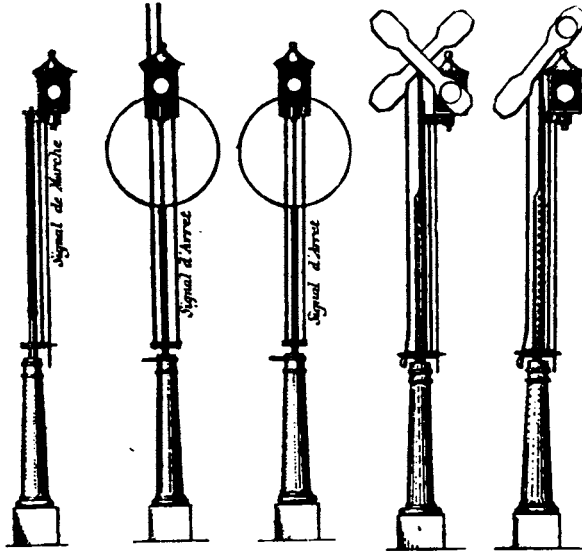


Fig. 243.

Fig. 244.

chine; ce feu annonçait au mécanicien une cause d'arrêt; mais le mouvement de rotation imprimé au disque faisait presque toujours monter l'huile de la lampe avec trop de violence, et la lanterne s'éteignait.

Pour obvier à cet inconvénient grave, la lanterne est aujourd'hui, au chemin de l'Est, placée sur un appareil indépendant du disque, et reste immobile quand le disque tourne. Tous les verres de la lanterne sont blancs, le disque est garni d'un verre rouge, et muni d'un appendice perpendiculaire garni d'un verre bleu. Parallèle à la voie, ce disque laisse voir au mécaniciens si la voie est libre (fig. 245 et 246); perpendiculaire, il a dans son mouvement de rotation placé le verre rouge dont il est garni devant la lanterne (signal d'arrêt pour la machine) et entraîné le verre bleu. La lanterne, dans ce cas, ne présente plus du côté de la station qu'un verre blanc qui indique au chef de gare que le disque est à l'arrêt.

On voit qu'avec ce nouveau signal la lanterne n'est pas exposée à se déranger; qu'elle fait le signal d'arrêt au mécanicien lorsque le disque est perpendiculaire aux voies et que la couleur bleue ou blanche du feu qu'elle envoie à la station indique bien la position du disque.

L'idée ingénieuse de cette modification dans la disposition des disques et des lanternes est due à M. Montégut, chef du bureau du

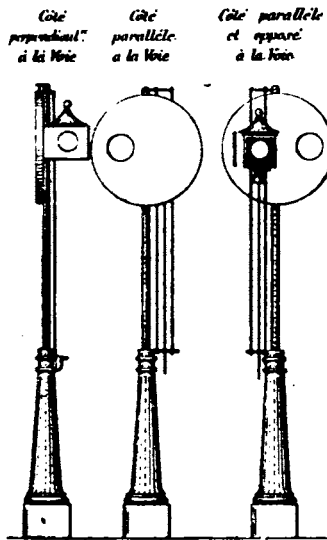


Fig. 245.

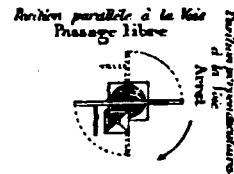


Fig. 246.

mouvement aux chemins de fer de l'Est.

La manœuvre des signaux se fait à distance, au moyen de leviers et de fils de fer. La communication du mouvement dans l'appareil que nous venons de décrire, et qui est connu sous le nom de disque Bataille, a lieu de la manière suivante. A la partie inférieure de l'arbre en fer se trouve une équerre de même métal. Un des bras de cette équerre est mis en communication avec le fil de manœuvre; l'autre bras, plus long que le précédent, est muni d'un lourd contre-poids ayant pour effet, au moment où on efface le disque, de ramener le fil et de faire tourner le plateau.

Les variations de température exercent une influence souvent très-grande sur la longueur du fil de manœuvre. On peut, dans la plupart de ces appareils, raccourcir ou allonger le fil, et, par conséquent, en régler la tension au moyen de chaînes qui sont placées à l'extrémité du fil, et que l'on attache au levier de manœuvre à l'aide d'un crochet. On varie la longueur du fil en accrochant la chaîne par l'un ou l'autre de ses maillons. Ce moyen est imparfait.

et souvent le fil, n'étant pas convenablement tendu, n'a pu faire faire au disque sa révolution tout entière, et ne l'a même quelquefois pas déplacé.

On a remplacé les chaînes par des tendeurs à vis ; mais ces tendeurs se remplissent de poussière qui en rend la manœuvre difficile, et ils n'ont pas toujours la course nécessaire pour arriver à vaincre les effets de la contraction ou de la dilatation des fils..

Les disques, dans le système que nous venons de décrire, ont encore un autre inconvénient, celui d'ébranler et d'éteindre quelquefois la lanterne.

On a, pour rendre la manœuvre de ces appareils plus sûre, imaginé différentes dispositions dont nous allons parler.

Au chemin de Lyon, le levier de manœuvre, qui a 1^m,150 de long, porte à sa partie inférieure un petit bras de 0^m,387 de long, formant avec le précédent un angle aigu très-ouvert.

A l'extrémité du petit bras est fixé par un écrou à vis un anneau dont l'œil est perpendiculaire à l'axe du levier. Dans cet anneau de forme particulière passe la chaîne qui fait le prolongement du fil de fer servant à la manœuvre du disque. Cette chaîne porte à son extrémité un poids qu'on charge à volonté afin de tendre le fil, qui roule sur deux poulies placées en avant du levier.

Quand on veut faire la manœuvre du disque, on renverse sur soi le levier. L'anneau dont nous avons parlé se trouve alors soulevé et embraye dans une des mailles de la chaîne, qu'il tire sans effort, puisque le poids, en descendant dans la fosse, agit en même temps et continue à tenir le fil tendu. A l'extrémité opposée du fil, au pied du disque, se trouvent une équerre et un poids chargés d'effacer le disque et de ramener le fil.

Il existe un autre système de levier qui se rapproche beaucoup du précédent. Il est appelé par son inventeur, M. Perret, *système de levier de manœuvre de disque à dilatation libre*.

Cet appareil est composé : 1° d'un levier ; 2° d'une équerre en fer portant à l'extrémité de son grand bras un poids capable de vaincre l'inertie du fil de fer qui se trouve fixé dans un œil ménagé à l'extrémité du petit bras.

Cette équerre est montée sur le levier et roule librement sur son axe à quelques centimètres au-dessus du centre de rotation du levier. En déplaçant le levier pour faire le disque, on ne fait qu'allonger ou raccourcir le fil de la longueur de la course. Le fil se trouve toujours tendu, puisqu'une force constante agit sur ses deux extrémités.

Au chemin de l'Ouest, et dans de nouveaux disques construits pour le chemin de l'Est, on emploie un appareil inventé par M. Robert, afin de combattre les effets de la dilatation des fils de fer. Cet appareil se compose : d'un tambour sur lequel s'enroule une chaîne, à l'extrémité de laquelle est attaché un contre-poids qui rend le fil constamment rigide ; d'un couvercle, sur lequel sont montés les flasques, et qui sert à fermer le tube dans lequel descend le poids chargé de tendre le fil ; d'une roue dentée, et enfin d'un levier.

La roue dentée est adaptée au tambour, et tourne librement autour de son axe, sur lequel est monté un levier articulé dans le sens longitudinal et transversal ; ce levier est garni d'un mentonnet destiné à venir s'enclancher dans une des dents de la roue fixe du tambour, et à imprimer à celui-ci un mouvement d'avant en arrière ou d'arrière en avant.

Lorsque la voie est ouverte, le levier a été déplacé transversalement, et, le mentonnet ayant échappé, la dent de la roue dans laquelle il est engagé a rendu libre celle-ci, et lui a laissé la faculté d'obéir aux effets de tension du fil.

Si, au contraire, le disque doit être mis à l'arrêt, on imprime au levier un léger mouvement de droite à gauche afin de ramener le mentonnet dans la dent de la roue correspondante, et l'on tire alors le levier, qui fait tourner le signal.

L'appareil Goubet est disposé de la manière suivante :

Dans ce système, le mouvement est communiqué au disque par deux fils. Employant l'un des fils pour *effacer* le disque, on se sert de l'autre pour le mettre à l'arrêt.

Ils sont l'un et l'autre liés par l'une de leurs extrémités à des leviers distincts M et M', fig. 247, à l'aide desquels on manœuvre le disque. Ces leviers portent le nom de *manettes*. Les deux manettes

doivent former un certain angle entre elles, en sorte que, l'une étant renversée en arrière, l'autre le soit en avant.

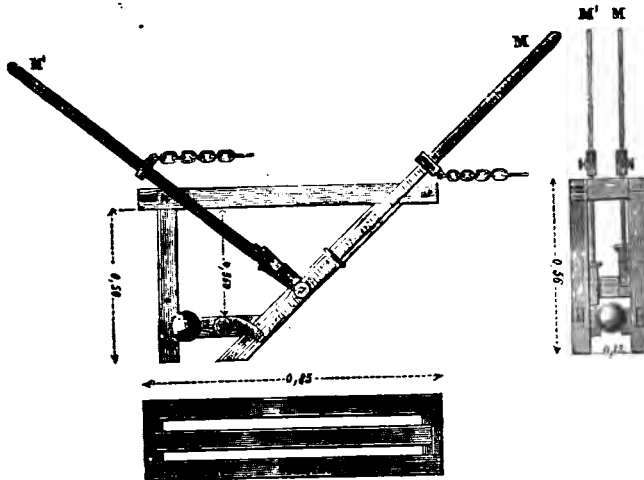


Fig. 247.

Au pied de l'arbre du disque (fig. 248), les fils passent sur des poulies de renvoi verticales P, et deviennent verticaux, puis ils sont attachés à deux leviers inclinés à l'horizon, L et L'. Ces leviers enclenchent à l'aide de cames avec un arbre A, dont l'axe est horizontal. Le levier L' étant au-dessus du plan horizontal, le levier L est au-dessous. L'arbre A porte une poulie à rochets dans laquelle s'enroule une chaîne avec un poids que l'on remonte à volonté. Il se termine enfin par une roue d'angle engrenant avec un pignon qui fait tourner un manchon enveloppant un arbre fixe. Le disque se trouve au sommet de ce manchon.

Tirant à soi la manette M renversée en avant, on déclanche le levier L', qui s'abaisse. L'arbre, entraîné par le poids, tourne et fait tourner le disque. Le levier L est soulevé. Le fil attaché à ce levier est tiré en sens contraire du fil attaché au levier L', et la seconde manette se renverse en avant, lorsque la première se renverse en arrière.

Les cames étant à angle droit, l'arbre A fait un quart de tour

quand on abaisse l'un des leviers, et trois quarts quand on abaisse l'autre. Les deux leviers ne peuvent se mouvoir indépendamment l'un de l'autre, un mécanisme spécial, composé de deux tringles

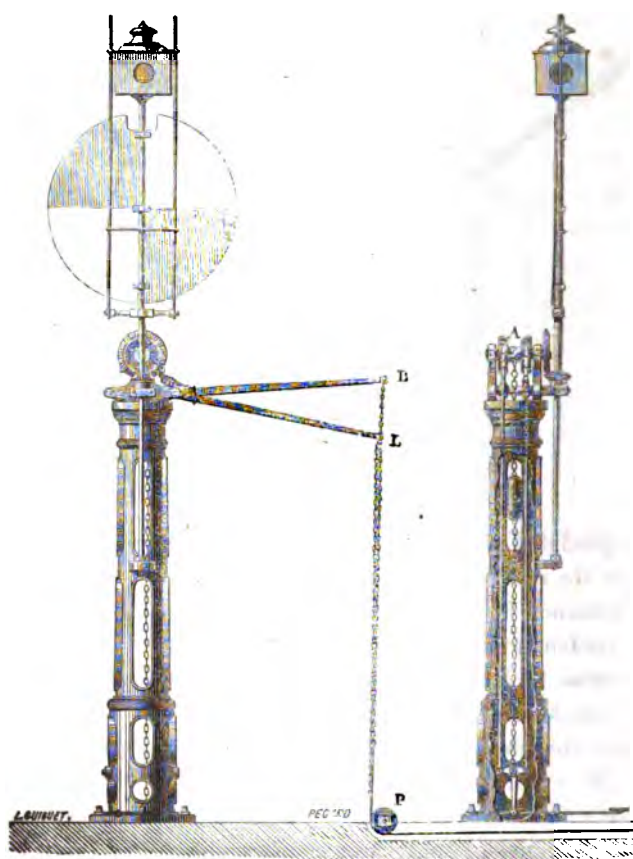


Fig. 248.

verticales et d'une petite bielle qui les réunit les rend solidaires, et un système particulier d'arrêt a été appliqué aux manettes afin de rendre la manœuvre du disque impossible à tout autre qu'à l'homme qui en est chargé. On ne saurait donc déplacer les leviers L et L' et ainsi manœuvrer le disque en tirant l'un des fils avec la main :

car, en abaissant l'un des leviers, il faudrait soulever l'autre. On exercerait de cette manière sur le second fil un effort de traction qui ne pourrait le déplacer, puisqu'il est attaché à une manette qui est fixe si on n'agit sur l'autre manette.

La lanterne est fixée au manchon portant le disque. Le feu en est fixe, mais la carcasse en verre, reliée à ce manchon par des tringles, tourne avec le disque.

Le côté rouge du disque se montrant au travers de la voie, c'est aussi le verre rouge de la lanterne que le mécanicien aperçoit. C'est au contraire un verre blanc quand le disque est effacé.

Ce qui enfin caractérise l'appareil Goubet, c'est qu'un pétard vient, chaque fois que l'on met le signal à l'arrêt, se placer sur le rail et assurer la marche du train.

Ce pétard est fort utile en temps de brouillard et dans le cas où la lampe viendrait à s'éteindre.

Au chemin de fer de l'Est, on ne fait usage du pétard que dans les temps de brouillard.

Le disque et la lanterne de l'appareil Bara ne diffèrent pas de ceux de l'appareil que nous avons décrit le premier. La modification apportée par M. Bara, dans le but de rendre la manœuvre plus certaine, consiste dans l'adjonction d'un chariot mobile (fig. 249) passant devant le disque pour le faire fonctionner. Ce chariot se meut sur deux rouleaux reposant sur deux bouts de rails, et est maintenu latéralement par deux autres galets ; le tout est armé d'un manneton placé verticalement sur le milieu du chariot. Ce manneton doit, suivant les circonstances, venir appuyer sur l'un des bras d'une ancre placée à la partie inférieure de l'arbre du disque et le faire tourner dans un sens ou dans l'autre, suivant que le chariot vient en avant quand il est tiré ou s'en retourne quand on laisse libre le fil qui le retenait.

Afin de faciliter le retour du chariot, que rien ne rappellerait en arrière, puisque l'appareil n'a qu'un fil, on a ajouté un poids suspendu à une chaîne roulant sur une poulie verticale. La manœuvre se fait au moyen d'un treuil, et, si le fil venait à se rompre, le chariot, entraîné par le poids qui le guide, viendrait immédiatement fermer la voie.

Quelles que soient les différences de longueur du fil, la course du chariot est réglée de manière à tenir toujours le fil tendu et à faire fonctionner l'appareil, et, si quelque dérangement venait à se manifester, l'appareil fermerait aussitôt la voie.

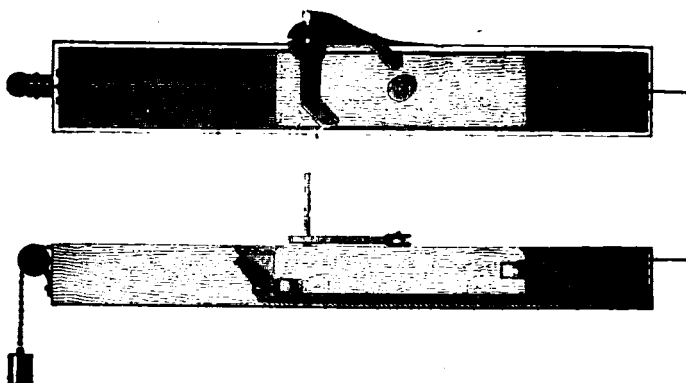


Fig. 249.

Le mouvement de rotation est imprimé au disque Rousseau au moyen d'un fil continu, ou fil sans fin, roulant sur deux poulies verticales à rochets : l'une qui est manœuvrée par l'employé de la station, l'autre qui est placée à la partie inférieure du poteau du disque, et imprime le mouvement à l'arbre du plateau. La première de ces poulies a 0^m,50 de diamètre, et est manœuvrée à l'aide d'un levier à verrou semblable à ceux des changements de marche des machines locomotives. La seconde est armée de huit chevilles triangulaires plantées dans sa face extérieure (fig. 250). Ces chevilles triangulaires ont pour but d'accrocher un *détentillon* monté sur le levier imprimant le mouvement à l'arbre du mât du signal. Ce *détentillon*, qui peut se déplacer d'une certaine quantité sans exercer de pression sur l'arbre du disque, est taillé en forme de fer de lance. L'angle formé par les deux côtés de cette pièce est tel, que la poulie peut faire une partie de sa révolution autour de son axe, suivant les effets de la température, sans rencontrer l'extrémité de ce *détentillon*, et, par conséquent, sans déplacer le signal.

Le petit levier sur lequel est monté ce détentillon fait tourner l'arbre du disque au moyen d'un étrier à collier monté sur cet arbre.

Deux disques répéteurs sont établis dans le voisinage de la roue de manœuvre. Ils sont mis en mouvement à l'aide de deux glissières en tôle munies de pitons ayant la forme et les dimensions d'un secteur adapté au mât du signal dans lequel il s'enclanche. Un contre-poids, adapté aux deux répéteurs par une double chaîne, permet de constater l'effet utile produit au disque par la force de traction. Il empêche en outre l'un des deux répéteurs de fonctionner lorsque les fils sont en mauvais état d'entretien, et indique que l'appareil a besoin d'être nettoyé. Une course de fil de 0^m,15 à la roue motrice suffit pour faire tourner le grand disque, tandis qu'il faut une course de 0^m,40 pour imprimer le mouvement à l'un des disques répéteurs. Ce disque répéteur ne fonctionne donc qu'autant que le disque principal a lui-même changé de place.

La lanterne est fixée sur le poteau en charpente supportant l'arbre du disque, elle est par conséquent immobile. Au moment de mettre le signal à l'arrêt, un renvoi d'équerre vertical, fixé sur l'arbre du plateau, fait monter une tige supportant un diaphragme garni d'un verre rouge qui vient s'interposer entre l'œil et la lumière. — Un pétard-signal vient, comme dans l'appareil Goubet, se placer sur la voie quand le disque est fait.

Le disque Rousseau présente les avantages suivants : il peut être manœuvré à une distance quelconque ; la position du disque prin-

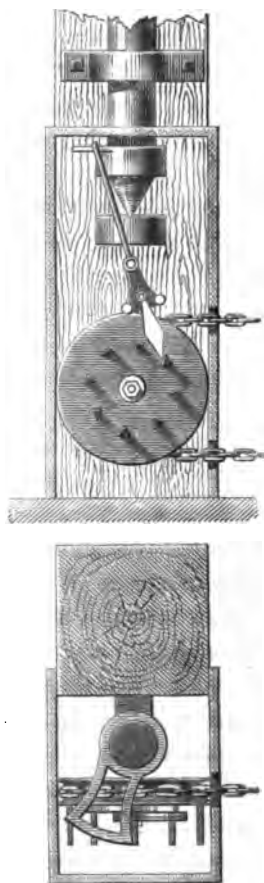


Fig. 250.

cial est signalée avec certitude par le disque répétiteur ; la manœuvre ayant lieu sans qu'il y ait de choc, la lanterne n'est pas exposée à la rupture.

Sur plusieurs de nos grandes lignes, on a placé, à l'instar du chemin de Lyon, près du bureau du chef de station, un appareil électrique qui met en mouvement une sonnerie pendant tout le temps que le disque est à l'arrêt. M. le ministre des travaux publics a recommandé par une circulaire l'emploi de cet appareil, connu sous le nom de *trembleur électrique*.

M. Marqfoy, ancien élève de l'École polytechnique, inspecteur des télégraphes, est l'auteur d'un disque électrique perfectionné répétant le signal dans les stations. Ce disque paraît digne à tous égards de l'attention des ingénieurs ; toutefois, comme il n'a pas encore été employé sur les chemins des environs de Paris, nous nous abstiendrons de le décrire, et nous nous bornerons à renvoyer à un mémoire plein d'intérêt publié par M. Marqfoy ceux de nos lecteurs qui désireraient l'étudier.

En Allemagne enfin, sur quelques chemins, tels que ceux de Breslau, d'Anhalt, et de Hamn à Cassel, dans le but de faire apercevoir au mécanicien, le plus loin possible, les signaux indiquant la voie libre, le *ralentissement* ou l'*arrêt*, on a compliqué la disposition des mâts d'un gros ballon en osier peint en rouge qui glisse sur une tringle et qu'on fixe en haut, au milieu ou en bas, selon que l'on veut faire un des trois signaux locaux¹.

Les appareils décrits précédemment sont tous manœuvrés par des hommes. Il nous reste à décrire les appareils *automoteurs*, c'est-à-dire ceux qui sont manœuvrés par la machine elle-même, au moment où elle passe devant l'appareil.

De ce nombre sont les appareils Limouse et Baranowsky.

Le disque Limouse est à deux fils et à contre-poids. — Il est manœuvré par le train en marche au moyen d'une pédale.

Le bourrelet de la roue, en venant appuyer sur la pédale, fait échapper un système de détente qui retenait le disque effacé. Un

¹ Note sur l'exploitation des chemins de fer à une voie en Allemagne, par M. Félix Mathias.

contre-poids fait alors tourner le plateau et met le disque au rouge. De la station on peut, au moyen de deux treuils, faire ou effacer le disque ; l'extrémité des fils est munie de petits poids ayant pour fonction de les tenir tendus et d'éviter ainsi les effets de la dilatation, et, suivant leur position, d'indiquer celle du disque.

Le disque et la lanterne ne diffèrent pas de ceux de l'appareil Bataille.

La manœuvre du disque Baranowski est fondée sur l'incompressibilité des liquides. Cette manœuvre a lieu au moyen d'un piston, d'un fil et d'un système de leviers, comme nous allons l'expliquer.

Le piston glisse dans un cylindre rempli de mercure. Il est composé de deux parties, l'une intérieure conique *c* percée d'un trou *t* qui la traverse dans toute sa hauteur, et l'autre extérieure *k*, qui enveloppe la partie conique. La première peut être considérée comme un véritable clapet. Lorsque le disque est effacé, le piston est au bas de sa course (fig. 251 A), et il est recouvert de mercure. Le train se présentant devant le signal, le boudin de la première roue de la machine vient rencontrer un contre-rail en bois garni d'une cornière en fer en contact par un seul point avec le rail de la voie, et le repousse brusquement. Le mouvement se transmet par une équerre *E* au fil *F*, qui fait tourner le disque au rouge et soulève le poids *P*, qui auparavant chargeait le piston. Devenu ainsi plus léger, le piston est entraîné par les contre-poids *R* et *R'*, qui le font remonter jusqu'au sommet de sa course en suivant le poids *P*. Le clapet, abandonné alors à lui-même, descend, en vertu de la gravité et de la charge de mercure, d'une petite hauteur (*B*), et le mercure recouvrant le piston retombe par la lumière *t* au fond du cylindre. Le poids *P*, agissant de nouveau sur le piston, le fait descendre en provoquant l'ascension du mercure par le tube intérieur avec plus ou moins de vitesse, suivant que son orifice supérieur, réglé par un robinet, est plus ou moins grand. Le disque reste au rouge pendant tout le temps que le piston descend, et jusqu'à ce qu'il ait repris sa position *A*. On peut donc ainsi fermer les voies pendant un temps plus ou moins long, à volonté, temps qui peut être réglé sur celui qui doit s'écouler entre le passage de deux trains.

Au chemin de fer du Nord, on emploie en pleine ligne, et pour

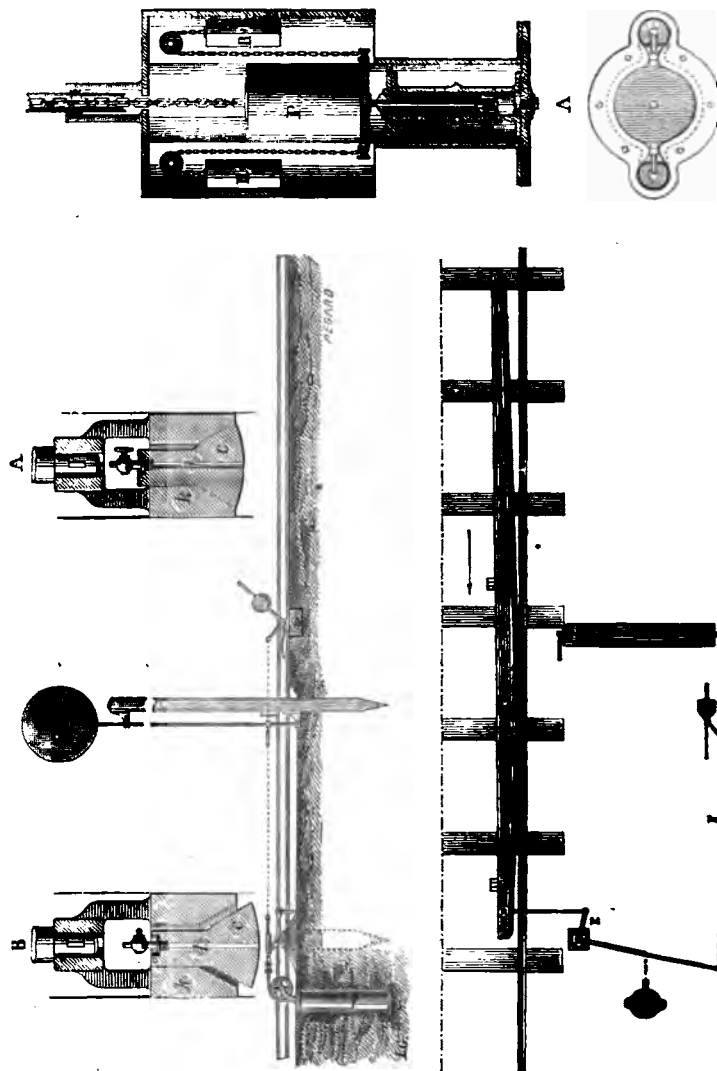


Fig. 251.

marquer le temps écoulé entre le passage de deux trains, un appareil qui fonctionne bien depuis près de six mois.

Cet appareil se compose d'un système de leviers et d'un poteau surmonté d'un cadran derrière lequel est un mouvement d'horlogerie qui peut marcher pendant une demi-heure. Une seule aiguille indique le laps de temps écoulé depuis le passage du dernier train. Un contre-rail articulé en son milieu se trouve placé en face du signal. Ce contre-rail, en s'éloignant brusquement au passage du train, abaisse une pédale. A ce moment, un poids qui lui est superposé descend et fait tourner un petit treuil auquel est attaché le poids du mouvement d'horlogerie, et le remonte. L'aiguille, qui avait parcouru tout ou partie de sa course, se trouve ainsi déplacée et revient à son point de départ (zéro du cadran). Indépendamment de cet indicateur, on a adapté à l'appareil un carillon qui est mis en mouvement par la même pédale. Ce carillon, à cloche ou à timbre, fonctionne pendant cinq minutes après le passage de chaque train.

Il nous reste, après avoir décrit les différents systèmes de disques employés, à indiquer quels sont leurs avantages et leurs inconvénients.

Parmi les systèmes de levier en usage pour obtenir une tension constante du fil servant à manœuvrer le disque Bataille, celui qui porte le nom de système Robert et le levier à anneau du chemin de Lyon, paraissent également efficaces.

Le disque Bara est assez simple de disposition. On l'a essayé sur le chemin de fer de l'Est, dans la gare de la Villette, mais dans de mauvaises conditions. L'essai en sera fait prochainement dans des conditions meilleures. On lui reproche la manœuvre au moyen d'une manivelle; on regarde l'emploi d'un levier comme plus sûr et plus rapide.

On a placé plusieurs disques Rousseau sur les chemins de Nancy à Metz et de Nancy à Épinal, et on en a été très-satisfait.

A Novéant, sur le chemin de Nancy à Metz, le disque est à 2,000 mètres de la station, et a toujours bien fonctionné.

Des expériences faites par M. Maucolin, conducteur des ponts et chaussées, ont constaté que, pour un allongement du fil de 1^m,80, avec une course au levier de 1^m,15 et à une distance de 2,000 mètres, la manœuvre avait encore lieu sans difficulté.

On trouvera, dans une des prochaines livraisons du *Nouveau Portefeuille de l'ingénieur*, les plans complets des différents systèmes de disques, et le détail des prix de revient.

Le système Goubet a été employé pour un assez grand nombre de disques au chemin de fer de Mulhouse. Il ne donne pas encore toute satisfaction, mais on espère obtenir de meilleurs résultats lorsque les chefs de station en connaîtront mieux la manœuvre. On lui reproche la complication. L'inventeur s'occupe de le simplifier.

Les disques Limouse et Baranowsky ont le défaut de tous les appareils automoteurs. Tout appareil peut se déranger et est exposé aux atteintes de la malveillance. S'il cesse de fonctionner, personne n'est responsable, et les accidents deviennent inévitables. Ajoutons cependant que, pendant trois années consécutives, le disque Limouse, établi dans la gare de Château-Thierry, a toujours fonctionné parfaitement. Quant au disque Baranowsky, il n'est établi que depuis peu de temps sur le chemin de Saint-Germain.

On est très-satisfait au chemin de Lyon des trembleurs électriques.

Quand les voies aux abords des stations sont rectilignes, le chef de station peut toujours s'assurer que le disque a bien fonctionné; mais, dans les stations en courbe, souvent il ne le peut pas.

On a établi dans ce cas des disques répétiteurs en vue du chef de station, ou adopté telle autre disposition, telle par exemple que les leviers en croix de M. Goubet, pour indiquer la position du signal; mais on n'a malheureusement trouvé jusqu'à présent aucun moyen d'indiquer l'état des lampes, qu'on ne peut apercevoir, et malheureusement ces lampes s'éteignent quelquefois, surtout dans les temps de forte gelée. On nous a présenté à la vérité un appareil électrique ayant pour objet de remplir cette lacune; mais cet appareil, fort ingénieux d'ailleurs, n'a pas encore reçu la sanction de l'expérience. On essaye enfin en ce moment, au chemin de l'Est, des huiles de schiste, dont le principal avantage serait, à ce qu'il paraît, de rester liquides à toute température.

DOCUMENTS

NOTE SUR LES FRAIS DE TRANSPORT DE TERRASSEMENT ET DE BALLAST

PAR M. BRABANT, INGÉNIEUR, CHEF D'ARRONDISSEMENT AUX CHEMINS DE FER DE L'EST

Les transports par les moyens ordinaires, la brouette et le tombereau, et même ceux au camion et à dos de mules, ne comportent qu'un petit nombre d'éléments. Les moyens à employer sont simples et d'un usage général; aussi les prix de transport sont-ils jusqu'à un certain point indépendants des volumes à transporter et du temps accordé pour l'exécution. Il suit de là qu'on peut établir aisément des formules qui donnent avec assez d'exactitude les prix de transport avec les seuls éléments suivants :

- 1° Prix de main-d'œuvre;
- 2° Poids des terres;
- 3° Nature du sol sur lequel on roule.

Il n'en est pas de même pour les transports en waggons, parce que les moyens sont d'un établissement très-coûteux et très-complicqué, et qu'indépendamment des trois éléments qui précèdent il y a les quatre suivants, qui ont une grande influence sur les prix de transport :

- 1° L'importance des volumes à transporter;
- 2° Les distances de transport;
- 3° Le temps accordé pour l'exécution;

4° Le matériel des voies en fer et des waggons, et les conditions dans lesquelles on se trouve pour se le procurer et pour s'en défaire avec plus ou moins de perte après les travaux achevés.

Limite des volumes. — Les transports en waggons sur voies provisoires exigent des frais d'établissement considérables, qui sont loin de croître dans le même rapport que les volumes transportés, et dans lesquels on ne peut rentrer qu'avec des cubes d'une certaine importance; il s'ensuit que, plus les volumes à transporter sont faibles, plus les prix de transport sont élevés, et que, par suite, à moins d'avoir un matériel sur

place, les transports sur voies provisoires cessent d'être praticables pour les cubes qui n'atteignent pas au moins 25,000 mètres.

Limite de distance. — D'un autre côté, il y a avec les transports au waggon, à la charge et à la décharge, des frais de remaniement et diverses mains-d'œuvre qui n'existent pas pour les autres modes de transport et qui s'élèvent de 0^r,20 à 0^r,25 par mètre cube. A cette dépense il faut ajouter celle des waggons, des changements de voie et quelquefois d'autres appareils dont on a besoin sur les points de chargement et de déchargement. Tous ces frais étant indépendants des distances parcourues, il s'ensuit que, pour de faibles distances, les transports en waggons coûtent plus que ceux au tombereau. Les distances minimum variables suivant les volumes à transporter peuvent descendre :

Pour des cubes de 100,000 mètres à 300 mètres,

Et pour des cubes de 25,000 mètres à 500 mètres.

CAS EXCEPTIONNELS OU L'ON DESCEND POUR LES VOLUMES A TRANSPORTER ET POUR LES DISTANCES DE TRANSPORTS AU-DESSOUS DES LIMITES INDIQUEES.

Quoi qu'il en soit, il arrive quelquefois que, les transports au tombereau étant impraticables, soit à cause de la nature ou de la position du sol, soit à cause de la saison, on est conduit à avoir recours aux transports en waggons pour des volumes et pour des distances fort au-dessous de celles qui sont indiquées ci-dessus comme des minimum.

Formules. — Il suit de la multiplicité des éléments qui doivent entrer dans les formules pour transports en waggon et de la complexité de quelques-uns, qu'elles ne peuvent rigoureusement être établies que pour des cas spéciaux et qu'après une estimation préalable des frais de toute espèce, et notamment de ceux de matériel, pose de voies, dépose, repose, etc.

Cependant, comme ces sortes d'estimation exigent du temps et des recherches, et qu'il est souvent utile de pouvoir apprécier à peu près les prix de transports en waggon dans différents cas, on a donné ci-après trois formules dans lesquelles il est tenu compte des principaux éléments qui forment la base des prix dans les cas les plus ordinaires. Ces formules sont applicables pour des transports avec waggons ordinaires de terrassements, traînés sur voies provisoires par des chevaux marchant au pas.

La formule n° 1 est de M. Duvignaud, ingénieur en chef des ponts et chaussées : elle a été faite pour des travaux de la 2^e section du chemin de fer d'Orléans à Bordeaux, exécutée entre Poitiers et Libourne.

On faisait varier, suivant les circonstances, les constantes en chiffres. Celles qui sont ici se rapportent à la tranchée des Bachées, contenant un volume de déblais de 60,000 mètres transportés à une distance moyenne

de 1,700 mètres, avec waggons neufs et voies provisoires formées de bandes de fer de 0^m,075 sur 0^m,02 posées de champ sur de petites traverses en bois blanc.

Les prix résultant de cette formule ont été sensiblement ceux de revient payés par l'entrepreneur qui a exécuté les terrassements de cette tranchée.

La seconde formule a été appliquée au chemin du Nord pour le cas où la plus grande partie des voies provisoires serait formée avec des rails définitifs et l'autre partie avec des rails provisoires.

La troisième formule a été faite par moi en 1847 dans le but de calculer approximativement les frais de transport en waggon pour les tranchées qui étaient à ouvrir sur la ligne de Lille à Dunkerque. Cette formule suppose qu'on aura un matériel de waggon neufs circulant sur des voies provisoires formées avec un matériel provisoire; mais elle peut être appliquée sans erreur bien sensible au cas où l'on ferait usage de matériel définitif, parce que les dépenses ne diffèrent pas beaucoup et qu'elles sont même à peu près égales quand les volumes à transporter ont une certaine importance.

Ce qui fait croire à beaucoup de personnes à une grande différence dans la dépense, suivant qu'on fait usage d'un matériel provisoire ou d'un matériel définitif, c'est que, dans ce dernier cas, on porte souvent beaucoup trop bas la moins-value des rails définitifs employés dans les voies provisoires, parce qu'au lieu de compter la moins-value tout entière, on n'en compte souvent que la plus faible part.

En faisant usage, pour l'exécution, d'un matériel provisoire, on a l'avantage de pouvoir livrer à l'exploitation un matériel neuf; mais les transports se font moins vite et moins aisément, et l'on est obligé de payer tout de suite la moins-value du matériel de voies provisoires. D'une part, les frais de pose et d'entretien sont moins élevés; mais, d'autre part, les frais de traction et l'entretien des waggon coûtent davantage. En faisant usage du matériel définitif pour les voies provisoires, on se donne des facilités de transport et par suite les moyens d'activer les travaux. Les dépenses les plus fortes de moins-value du matériel des voies se trouvent tout naturellement reportées sur un avenir éloigné, mais on est presque toujours obligé de livrer à l'exploitation un matériel plus ou moins défectueux. Cet inconvénient n'est pas, du reste, aussi grave qu'on pourrait le penser, parce qu'il est presque toujours possible d'employer le matériel défectueux soit dans les gares, soit sur des embranchements de peu d'importance.

Le choix à faire pour les voies provisoires entre les deux espèces de matériel dépend de la position dans laquelle on se trouve.

Nous n'insisterons pas ici davantage sur les différences qui peuvent exister entre les moins-values d'un matériel définitif et celles d'un maté-

riel provisoire, parce que les grandes différences que l'on fait trop ordinairement ne portent guère que sur les rails, et que nous donnerons sur cet objet des détails assez étendus à la fin de cette note.

Nous passerons donc tout de suite aux trois formules annoncées d'autre part, concernant les transports avec waggon de terrassements ordinaires, remorqués par des chevaux.

(1) *Première formule* pour le transport de terrassements en waggon, appliquée par M. l'ingénieur en chef Duvignaud, sur les parties du chemin de fer d'Orléans à Bordeaux situées aux environs de Vivonne.

Elle comprend les mains-d'œuvre supplémentaires pour chargement et déchargement, les faux frais, le bénéfice de l'entrepreneur, la fourniture des waggon et des voies formées de bandes en fer de 0,075 sur 0,02 posées de champ et sans coussinets sur de petites traverses en bois blanc.

Formule pour les ateliers où les voies servent pour la première fois :

$$\left[\left(\frac{L+8}{M} \times 900 \right) + 0,25 + 0,045 D \pm D I \right]$$

Formule pour les ateliers où les voies servent pour la seconde fois :

$$\left[\left(\frac{L+8}{M} \times 250 \right) + 0,25 + 0,045 \pm D I \right]$$

Dans lesquelles :

L représente la longueur cumulée des déblais et des remblais exprimés en hectomètres;

M le volume des déblais transportés, exprimés en mètres;

D la distance entre les centres de gravité des déblais et des remblais exprimés en kilomètres;

I la déclivité.

(2) *Seconde formule*, appliquée au chemin du Nord pour des transports en waggon, y compris la main-d'œuvre pour chargement et déchargement, les faux frais et le bénéfice de l'entrepreneur.

Le prix du transport au waggon sera déterminé par la formule

$$X = \frac{15D + 2,000}{M} 0,00031 D + 0,40 (C).$$

Dans laquelle :

D représente la distance du transport exprimée en mètres;

M le cube total du déblai à transporter au waggon et dans lequel on suppose :

1° Que la longueur des voies provisoires avec rails définitifs serait 5 D;

2° Que la longueur des voies provisoires, établies sans rails définitifs, serait 300 mètres;

5° Que le développement total des voies posées, déplacées ou enlevées pour l'exécution des travaux, serait 6 D.

Il sera tenu sur le chantier attachement contradictoire de ces diverses longueurs, et la valeur des différences avec les quantités prévues ci-dessus sera décomptée à l'entrepreneur, soit en plus, soit en moins, au prorata des prix n° 7, 8 et 9.

(3) *Troisième formule*, faite par moi en 1847 dans le but de calculer approximativement les frais de transport en waggon pour la tranchée à ouvrir sur la ligne de Lille à Dunkerque.

Elle comprend la fourniture et l'entretien de matériel waggon et voies provisoires formées avec un matériel provisoire¹, les frais de pose, dépose, repose et entretien des voies, les mains-d'œuvre supplémentaires pour chargement et déchargement, et généralement toutes les dépenses, sauf celles de fouille et charge.

$$\left[\left(\frac{D + 20}{M} \times 0',50 \right) + 0',40 + 0',04 D \right]$$

Dans laquelle :

D représente la distance de transport en hectomètres;

M le volume à transporter, exprimé en milliers de mètres.

On trouvera ci-après un tableau A dans lequel les frais de transport sont calculés d'après les formules qui précèdent pour des cubes de 25,000 à 300,000 mètres, et pour des distances de 500 à 3,000 mètres.

Enfin, comme il peut être utile de faire des comparaisons approximatives entre les prix des différents modes de transport, on a mis à la suite un tableau comparatif B, où se trouvent en regard les prix moyens de revient pour différents modes de transport : brouette, camion, mule, tombereau, waggon de terrassements trainés sur voies provisoires par des chevaux marchant au pas; waggon de terrassements traîné par des locomotives à 12 kilomètres à l'heure; plates-formes remorquées par des locomotives à 25 kilomètres à l'heure, et bateaux de différentes grandeurs.

¹ Pour des cubes d'une certaine importance, elle peut être appliquée au cas où les voies provisoires seront formées avec le matériel définitif.

[illegible]

2° Les circonstances différentes dans lesquelles on se trouvait sur les lignes pour lesquelles ces formules ont été dressées.

QUESTIONS ON THE READING OF THE GOSPEL.

B. TABLEAU COMPARATIF DES PRIX MOYENS POUR LE TRANSPORT SUR VOIES HORIZONTALES
D'UN MÈTRE CUBE DE TERRE OU DE BALLAST DU POIDS MOYEN DE 1,000 KILOGRAMMES.

DISTANCE DES TRANSPORTS.	INDICATION DES MODÈS DE TRANSPORT									
	à la brouette.		au camion traîné par des hommes.		à dos de mule.		au tombereau traîné par des chevaux.		Pour un volume de 100 000 mètres transportés sur voies provisoires avec wagons ordinaires de terrassement.	
									Pour un volume de 20 000 mètres remorqués sur voies dévotives par des locomotives à une vitesse de 25 kilom. à l'heure.	
	Par mètre.								En comptant tous les frais.	En ne comptant pas la dépense des voies.
	0,450D	0,10 + 0,25D	0,20 + 0,25D	0,30 + 0,12D	0,50 + 0,45D	0,56 + 0,56D	0,45 + 0,01D	0,45 + 0,005D	0,20 + 0,005D	0,24 + 0,004D
10	0,045	.	.	.	.	.	.	.	.	.
20	0,090	.	.	.	.	.	.	.	.	.
30	0,135	.	.	.	.	.	.	.	.	.
40	0,180	.	.	.	.	.	.	.	.	.
50	0,225	0,225	0,325	.	.	.	.	.	.	.
60	0,270	0,250	0,350	.	.	.	.	.	.	.
70	0,315	0,275	0,375	.	.	.	.	.	.	.
80	0,360	0,300	0,400	.	.	.	.	.	.	.
90	0,405	0,325	0,425	.	.	.	.	.	.	.
100	0,450	0,350	0,450	0,420	0,545	0,596	0,460	0,455	0,205	0,244
120	0,540	0,400	0,500	0,444	0,554	0,603	0,462	0,456	0,206	0,245
140	0,630	0,450	0,550	0,468	0,563	0,610	0,464	0,457	0,207	0,246
160	0,720	0,500	0,600	0,492	0,572	0,618	0,466	0,458	0,208	0,246
180	0,810	0,550	0,650	0,516	0,581	0,624	0,468	0,459	0,209	0,247
200	0,900	0,600	0,700	0,540	0,590	0,632	0,470	0,460	0,210	0,248
300	.	0,850	0,950	0,660	0,635	0,668	0,480	0,465	0,215	0,252
400	.	1,100	1,200	0,780	0,680	0,704	0,490	0,470	0,220	0,256
500	.	1,350	1,450	0,900	0,725	0,740	0,500	0,475	0,225	0,260
600	.	1,600	1,700	1,020	0,770	0,776	0,510	0,480	0,230	0,264
700	.	1,850	1,950	1,140	0,815	0,812	0,520	0,485	0,235	0,268
800	.	2,100	2,200	1,260	0,860	0,848	0,530	0,490	0,240	0,272
900	.	2,350	2,450	1,380	0,905	0,884	0,540	0,495	0,245	0,276
1000	.	2,600	2,700	1,500	0,950	0,920	0,550	0,500	0,250	0,280
1100	.	.	.	1,620	0,995	0,956	0,560	0,505	0,255	0,284
1200	.	.	.	1,740	1,040	0,982	0,570	0,510	0,260	0,288
1300	.	.	.	1,860	1,085	1,028	0,580	0,515	0,265	0,292
1400	.	.	.	1,980	1,130	1,064	0,590	0,520	0,270	0,296
1500	.	.	.	2,100	1,175	1,100	0,600	0,525	0,275	0,300
1600	.	.	.	2,220	1,220	1,136	0,610	0,530	0,280	0,304
1700	.	.	.	2,340	1,265	1,172	0,620	0,535	0,285	0,308
1800	.	.	.	2,460	1,310	1,208	0,630	0,540	0,290	0,312
1900	.	.	.	2,580	1,355	1,244	0,640	0,545	0,295	0,316
2000	.	.	.	2,700	1,400	1,280	0,650	0,550	0,300	0,320
2500	.	.	.	.	1,625	1,460	0,700	0,575	0,325	0,340
3000	.	.	.	.	1,850	1,640	0,750	0,600	0,350	0,360
4000	.	.	.	.	.	2,000	0,850	0,650	0,400	0,400
5000	.	.	.	.	.	2,360	0,950	0,700	0,450	0,450
10 000	.	.	.	.	.	4,160	1,450	0,950	0,700	0,660
15 000	.	.	.	.	.	5,960	1,950	1,200	0,950	0,860
20 000	.	.	.	.	.	.	2,450	1,450	1,200	1,040
25 000	.	.	.	.	.	.	2,950	1,700	1,450	1,240
50 000	.	.	.	.	.	.	5,450	2,950	2,700	2,240

1. Voies de fer, wagons, remaniement des déblais, déchargement, etc., etc.

Bases adoptées dans les calculs du tableau comparatif B. — Pour calculer les prix de transport portés au tableau comparatif B, on a supposé :

1° Que le poids des matières à transporter, déblais ou ballast, était de 1,600 kilog. par mètre cube;

2° Que tous les transports se feraient sur voie horizontale;

3° Que les volumes à transporter par waggons étaient par voies provisoires avec waggons de terrassement de 100,000 mètres sur voie définitive avec waggons plates-formes de 20 mètres. Il est bien entendu que si les éléments changeaient les prix varieraient aussi.

Influence du poids des matières à transporter. — Dans le cas où les poids diffèreraient sensiblement de celui de 1,600 kilog., les prix portés aux colonnes n° 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11 subiraient des augmentations ou des diminutions proportionnelles aux poids des matériaux à transporter.

Pour les prix portés dans les colonnes n° 5 et 6, dans lesquels il entre des éléments d'une grande importance qui ne varient pas comme les poids à transporter, on ne devra prendre qu'une partie des différences qui existent entre les poids réels et celui de 1,600 kil. On s'éloignerait peu de la vérité en adoptant la moitié.

Modifications résultant des rampes et des pentes. — On tiendra compte des rampes de la manière suivante :

Pour les transports à la brouette, au camion, à dos de mule et au tombereau, on ajoutera aux distances mesurées en plan un supplément égal à 10 fois la hauteur qui existe entre les centres de gravité de déblais et de remblais.

Pour les transports en waggon, on ajoutera 40 fois cette même hauteur. Enfin, pour les transports en bateaux, 1,000 fois cette même hauteur quand elle sera franchie au moyen de la déclivité du courant. Quand elle sera franchie par des écluses, on comptera pour chacune de 10 à 15 minutes de temps perdu, suivant que les chutes sont plus ou moins hautes.

On tiendra compte des pentes en retranchant des distances horizontales la moitié des quantités qu'on ajoute pour les rampes.

Les réductions à effectuer ne doivent pas se faire d'une manière indéfinie : elles devront s'arrêter à la limite où la pente sera assez forte pour que les efforts nécessaires pour remonter le matériel vide égalent ou commencent à dépasser ceux à faire pour descendre le véhicule chargé. En somme, il faut peu compter sur les réductions résultant des pentes. En pratique, elles ne reçoivent que de très-rares applications.

Influence du volume à transporter. — On peut voir par le tableau A, qui se rapporte à des transports avec waggons de terrassement sur voies provisoires, que la différence entre les volumes à transporter en apportera d'assez notables dans les prix de transport. Ces différences sont beaucoup

moins fortes pour des transports effectués avec des waggons plates-formes sur les voies définitives, parce que les frais d'établissement sont peu élevés et qu'il n'y a en quelque sorte à tenir compte que des dépenses proportionnelles aux volumes transportés.

Comparaison entre les prix du tableau B. — Pour que des comparaisons soient possibles entre les prix de transports effectués par les moyens ordinaires, la brouette, le tombereau, et ceux effectués en waggon, il faut que l'on tienne compte pour ces derniers de tous les frais de matériel et de supplément de main-d'œuvre à la charge et à la décharge; c'est ce qu'on a fait ici pour les prix des colonnes n° 5, 6 et 7. Dans les prix des colonnes n° 8, 9, 10 et 11, on n'a porté qu'une partie des éléments nécessaires pour compter les transports. Aussi n'y a-t-il de comparaison à faire qu'entre les colonnes n° 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7.

Il serait superflu de donner des détails sur les éléments qui ont servi à établir les prix des quatre premières colonnes; mais on croit utile d'indiquer ici ceux qui sont entrés dans la comparaison des prix pour les transports en waggon. Les éléments concernant ces derniers sont, pour les colonnes n° 5, 6 et 7 :

Matériel des ateliers des voies en fer et des waggons moins-value, entretien, pose, dépose, repose, etc.;

Transport proprement dit, frais de traction, graissage de waggons, formation des convois, manœuvres des aiguilles et nettoyage des voies;

Déblats, remaniement à la charge, ouverture de cunette et déchargement.

Dans la colonne n° 8, on a compté tout ce qui est porté ci-dessus par les colonnes n° 5, 6 et 7, excepté les dépenses concernant les voies moins-value, pose, dépose, repose, entretien.

Dans la colonne n° 9, on a compté seulement ce qui concerne les transports proprement dits, frais de matériel des véhicules employés aux transports, locomotives et waggons moins-value, entretien et graissage, frais de traction, manœuvres des aiguilles et nettoyage des voies.

Dans les colonnes 10 et 11 j'ai indiqué des prix de transport en bateau; mais ils ne peuvent être comparés avec ceux des sept premières colonnes, parce qu'ils ne contiennent ni les frais de chargement et de déchargement, ni les frais de transport du lieu d'extraction au bateau et du bateau au lieu d'emploi. Ces frais, qui ne peuvent jamais descendre au-dessous de ceux de déchargement, au moins 0^r.20, peuvent, on le conçoit, s'élever d'une manière illimitée, et par suite on ne peut leur assigner aucun chiffre.

Les prix de transport sont aussi extrêmement variables, suivant qu'on fait usage de bateaux plus ou moins grands.

Ces prix de transport proprement dit sont en raison inverse de la grandeur des bateaux dont on fait usage. Au contraire, les frais de temps

perdu à la charge et à la décharge sont en raison directe de la grandeur des bateaux.

On conçoit par suite que les prix doivent varier dans des limites très-grandes qui n'ont de bornes que les dimensions des bateaux dont on peut faire usage.

Pour ne pas trop multiplier le nombre des colonnes du tableau comparatif, on s'est borné ici à indiquer les prix correspondants à deux espèces différentes, ceux d'une contenance de 30 mètres trainés par un seul cheval, et ceux d'une contenance de 2 mètres trainés par un homme.

OBSERVATIONS DIVERSES

DE LA COMPARAISON QUI PEUT ÊTRE FAITE ENTRE LES PRIX PORTÉS AUX TABLEAUX A ET B QUI PRÉCÈDENT ET CEUX PORTÉS DANS UN TABLEAU DRESSÉ PAR M. BEBANT, 1838, À LA SUITE D'UNE NOTE POUR LE TRANSPORT EN WAGGON DE TERRASSEMENT ET DE BALLAST, PUBLIÉE VERS 1842 DANS LE PORTEFEUILLE DE L'INGÉNIEUR DES CHEMINS DE FER, PAR MM. PERDONNET ET POLONCEAU.

Vers 1842, il a été publié, dans le *Portefeuille de l'ingénieur des chemins de fer*, par MM. Perdonnet et Polonceau, un tableau de prix de transport que j'avais dressé en 1838 d'après ceux de revient de la tranchée de Clamart sur le chemin de Paris à Versailles, rive gauche.

Si l'on voulait établir des comparaisons entre les prix portés dans ce tableau et ceux qui se trouvent dans les tableaux A et B qui précèdent, il faudrait d'abord retrancher des premiers les fouille et charge, comprises pour 0^e,60, prix de revient, payés à la tranchée de Clamart, qui a été ouverte dans une marne très-compacte, mêlée de terre et de caillasse d'une extraction très-difficile.

La comparaison qu'on pourrait faire après cette soustraction opérée ferait reconnaître que les prix de transport en waggons sont beaucoup plus élevés dans le tableau de 1838 que dans ceux qui précèdent.

Les différences tiennent aux circonstances suivantes :

1^e Que ces sortes de transport ont, depuis seize ans, subi une baisse à peu près égale à celle qui s'est produite sur les transports effectués dans les chemins de fer en exploitation.

Cet abaissement dans les prix de transport est dû à celui des objets de matériel et à l'expérience que l'on a acquise depuis cette époque.

2^e Que les chiffres portés dans le tableau B qui précède sont des prix moyens, tandis que ceux portés dans le tableau de 1838 se rapportaient à la tranchée de Clamart, exécutée à 6 kilomètres de Paris et dans un rayon où le prix de revient des travaux est très-élevé.

3^e Que les déblais de cette tranchée étaient d'un poids énorme qui dépassait la moyenne ordinaire des terres et qu'ils foisonnaient de 50 p. 100.

Enfin, que les travaux ont été, par des motifs qui n'ont pas besoin d'être exposés ici, poussés avec une activité exceptionnelle, au point que l'on a conduit par jour de 12 heures et par un seul versant jusqu'à 1,500 mètres cubes de terre mesurée au déblai.

OBSERVATIONS

SUR LES PRIX DE LA MOINS-VALUE DES RAILS DÉFINITIFS EMPLOYÉS DANS LES VOIES PROVISOIRES.

Des appréciations faites par MM. Thiollier et de Mondésir. —

Dans deux mémoires riches de faits et d'observations judicieuses¹, MM. Piarron de Mondésir et Thiollier, ingénieurs des ponts et chaussées, ont traité avec beaucoup de talent la question de transport de terrassements en waggons.

Mais ils ont, suivant moi, évalué beaucoup trop bas la moins-value des rails définitifs employés dans les voies provisoires, et, comme les chiffres qu'ils ont donnés doivent, contrairement à ce que j'ai dit au commencement de cette note, à l'occasion de la formule n° 3, faire penser que l'emploi des rails définitifs présente sur l'emploi des rails provisoires une très-grande économie, j'ai cru devoir combattre leurs chiffres et démontrer qu'ils ne contiennent qu'une partie de la moins-value, et la plus faible.

Dans son mémoire, pages 281 et 282, M. de Mondésir, parlant de la moins-value des rails et des coussinets, dit qu'il n'a pas encore été à même de calculer par l'observation sur les chantiers la moins-value du matériel. Il cite un rapport de M. l'inspecteur Kermaingant, qui aurait évalué cette moins-value à 0,59; il dit savoir qu'au chemin de Rouen, où les rails pèsent 35 kilogrammes, le mètre courant de cette moins-value a été payé 0,50 par mètre courant de rail.

Faisant remarquer que la moins-value doit croître avec l'importance des tranchées, il l'estime par mètre courant de rail à 0',45, à 0',50 et 0',55, suivant qu'ils ont été employés dans des tranchées petites, moyennes et grandes.

Il parle ensuite des traverses, chevillettes et coins, en sorte qu'il est évident que les chiffres cités par lui s'appliquent aux rails et aux coussinets, et que, par conséquent, pour avoir la moins-value des rails, il faudrait diminuer de ces chiffres, déjà très-faibles, la part attribuée aux coussinets.

Dans son article, page 229, M. Thiollier estime la moins-value pour les rails de 4^m,50, pesant 30 kilogrammes, à $\frac{1}{40}$ de leur valeur primitive, qu'il porte à 365^f la tonne, ce qui ferait environ 0',27 par mètre courant de rails.

¹ Ces mémoires ont été insérés dans les 5^e et 6^e cahiers des *Annales des ponts et chaussées* de 1847 et 1849.

Pour des rails qui ont perdu une partie de leur poids par suite de l'usure, M. Thiollier compte seulement la petite quantité de matière manquante, au prix d'acquisition, sans tenir compte de l'élément bien plus important, la diminution de durée que cette petite perte entraîne, comme si des rails pouvaient servir jusqu'à ce qu'ils soient entièrement consommés, tandis qu'au contraire ils se trouvent hors de service après avoir perdu une très-faible partie de leur poids.

Pour des rails dont les arêtes sont endommagées, M. Thiollier ne compte que la main-d'œuvre d'ajustement pour mettre les rails en état de service, et rien du tout pour le tort si important que l'usure des arêtes fait incontestablement subir aux rails, dont la durée se trouve par ce fait abrégée d'une manière extrêmement notable :

Expertise constatant la moins-value des rails définitifs employés dans les voies provisoires pour l'exécution des travaux du chemin de fer d'Orléans à Bordeaux. — Dans les expertises faites sur le chemin de fer d'Orléans à Bordeaux dans le but de constater la moins-value des rails définitifs prêtés par la compagnie à l'État, pour servir à l'exécution des travaux, les bases qui ont servi aux évaluations étaient plutôt faibles que fortes, et elles ont donné pour la moins-value d'un mètre courant de rail :

Dans la première section.	0',91
Dans la seconde section.	1,71

Dans la première section, les experts étaient : pour l'État, M. Maniel, ingénieur en chef des ponts et chaussées, chargé du service des travaux et de la surveillance du chemin de fer du Nord; pour la Compagnie, M. Flachet, ingénieur en chef du chemin de fer de Saint-Germain et de Versailles.

Dans la seconde section, l'expertise a été faite par moi pour le compte de l'État, et pour le compte de la Compagnie par un de ses agents.

La base des évaluations a été celle posée dans la première expertise par MM. Maniel et Flachet.

Ce qui a donné lieu à la grande différence entre les évaluations, c'est que les rails dans la seconde section avaient beaucoup plus servi que dans la première.

A la tranchée de Clamart, la moins-value pour des rails de 4^m,50 de longueur pesant 30 kilogrammes a été calculée en 1858 en prenant pour base un prix de 400^f la tonne.

Les résultats de calculs ont donné pour un mètre courant de rails 1^f,71.

Ils avaient supporté un mouvement de 192,000 mètres cubes de déblais transportés à une distance de 1,500 mètres sur un développement de voies de 6,000; soit 48,000 mètres cubes par mètre courant de voie.

Les autres objets de matériel qui entrent dans la composition des voies

m'ont paru estimés d'une manière convenable dans les différentes publications parvenues à ma connaissance. Je n'en parlerai ici que pour dire qu'il en est de ces objets comme des rails, c'est-à-dire que la dépense de moins-value ne diffère guère, quel que soit le matériel dont on fait usage.

Je terminerai cette note par des citations extraites des passages de leur mémoire où MM. Thiollier et de Mondésir ont traité de la moins-value des rails définitifs employés dans les voies provisoires, et par un procès-verbal d'expertise dressé par MM. Maniel et Flachet, dans le but de constater la moins-value des rails employés pour l'exécution des travaux dans la première section du chemin de fer d'Orléans à Bordeaux.

EXTRAIT

D'UN MÉMOIRE INSÉRÉ DANS LE 6^e CAHIER DES ANNALES DES PONTS ET CHAUSSEES EN 1847, SUR LES TRANSPORTS DE TERRASSEMENT AU WAGGON SUR VOIES PROVISOIRES, PAR M. FIARON DE MONDÉSIR, INGÉNIEUR DES PONTS ET CHAUSSEES.

(Pages 281 à 282.)

Quant à l'évaluation qu'il convient de faire de la moins-value du matériel, nous n'avons pas encore pu la calculer par l'observation de nos chantiers, parce que les entrepreneurs n'ont pas encore fait la remise du matériel qui leur a été livré par l'État. M. l'inspecteur Kermaingant, dans son rapport déjà cité, porte cette moins-value à 0',59, et nous savons qu'au chemin de fer de Rouen, où les rails pèsent 35 kilogrammes par mètres courant, cette moins-value a été payée 0',50 par mètre courant de rails.

Comme nous considérons ici quatre cas particuliers, que la moins-value doit croître avec l'importance des tranchées, et que d'ailleurs, comme on le verra plus loin, nous tenons compte à l'entrepreneur de la dépense nécessaire pour l'établissement d'évitements qui ne nécessitent ni coupure ni courbure de rails, nous adopterons les évaluations suivantes :

Pour les petites tranchées. . . .	0',45	par mètre courant de rails.
Pour les tranchées moyennes. . .	0,50	. . . . . id.
Pour les grandes et très-grandes		
tranchées.	0,55	. . . . . id.

EXTRAIT

D'UN MÉMOIRE INSÉRÉ DANS LE 5^e CAHIER DES ANNALES DES PONTS ET CHAUSSEES DE 1849, SUR LE TRANSPORT AU WAGGON DES DÉBLAIS D'UN CHEMIN DE FER EN EMPLOYANT LES MATÉRIAUX DES VOIES DÉFINITIVES, PAR M. THIOLLIER, INGÉNIEUR DES PONTS ET CHAUSSEES.

(Pages 226 à 229.)

§ 4. — *Fourniture et entretien des voies provisoires.*

Moins-value des voies provisoires. — Le matériel définitif mis à la

disposition des cinq ateliers que nous avons particulièrement cités se composait : 1° de 9,018 rails de 4^m,50 de longueur normale du poids de 30 kilogrammes par mètre courant; 2° de 34,000 coussinets, tant de joints qu'intermédiaires, pesant chacun en moyenne 9^k,50. Ces quantités représentent une longueur de voie simple de 20,285 mètres courants.

La valeur de ce matériel s'établit ainsi :

9,018 rails pesant.	1,217 ⁴³ à 365 fr. l'une	444,361 fr. 95
34,000 coussinets pesant. . . .	323 00 à 275	88,825 00
TOTAL.		533,186 fr. 95

Si l'on admet (ce qui est à peu de chose près exact pour une exploitation semblable à celle que nous décrivons) que le développement total des voies d'un atelier de terrassement soit représenté par 3,80 d, la longueur des voies qui ont été établies au moyen du matériel ci-dessus estimé représentera le développement de celles d'un atelier dont les terres devraient

être transportées à la distance réduite de $\frac{20,285}{3,80} = 5,338$ mètres. Or. en

rapportant à cette même distance, 5,338 mètres, le travail exécuté par les ateliers de terrassement et de ballastage sur les voies établies au moyen de ce matériel, nous avons trouvé un cube de 139,400 mètres, auquel il faut ajouter celui de matériaux divers employés à la construction de perrés et d'empierrements. La totalité des cubes transportés à cette distance s'élèverait donc à 150,000, chiffre qui correspond justement au travail qui serait exécuté dans l'espace d'une campagne sur un atelier de terrassement exploité à 600 mètres cubes par jour.

La Compagnie concessionnaire du chemin de fer de Paris à Lyon, ayant, au moment de son avènement, demandé la modification du modèle des rails et coussinets à employer pour la confection des voies définitives de la section de Dijon à Châlons, le matériel dont il vient d'être question a dû être réservé pour être employé par cette Compagnie sur d'autres travaux de terrassement, à part cependant la proportion nécessaire à la confection des voies de gare et d'évitement. Mais l'état de toutes les pièces qui le composent n'en a pas moins été vérifié en détail et avec le plus grand soin après l'usage qui en a été fait pour les transports des terrassements et du ballast; de plus, en mettant à l'état d'emploi la partie réservée pour les voies de gares, des expériences ont été faites en assez grand nombre pour apprécier le compte exact des dépenses qu'il eût fallu faire pour ramener au même état la totalité.

Voici ce qui a été constaté à ce sujet :

1° *Rails*. — Aucun rail n'a été perdu; 5 seulement ont été brisés, mais par suite de l'abus qui en a été fait par certains entrepreneurs qui ont négligé de mettre le nombre des traverses nécessaires pour les soutenir, ou qui s'en servaient en guise de leviers pour manœuvrer les estacades. L'usage a dénoté, sur un nombre de 405, des défauts de soudure entre

le fer corroyé formant l'une des faces et le corps du rail formé en fer puddlé brut; ces défauts sont ceux de fabrication, contre lesquels les fournisseurs, aux termes des conditions imposées ordinairement, doivent une garantie. On ne doit donc à ce sujet porter en compte que les frais de transport des ateliers au port le plus prochain pour ces rails, qui doivent être remplacés par le fournisseur lui-même.

1,072 rails ont subi, soit sur champ, soit sur plat, diverses courbures de 0^m,005 à 0^m,015 de flèche, déformations si faibles, que leur redressage peut être fait à froid, et le marché en a été passé à raison de 1 fr. pour chacun d'eux.

Quant aux autres rails, ils n'ont point paru altérés sous ce point de vue d'examen, ou, si les courbures insignifiantes qu'ils ont présentées après l'usage n'existaient point auparavant, leurs limites ont été tellement peu sensibles, que le serrement des coins dans le coussinet des voies suffit pour les amener à parfaite direction.

L'altération qui s'est fait remarquer de la manière la plus générale est celle des arêtes extrêmes, lesquelles, à la suite d'une pose quelquefois défectueuse, d'un entretien difficile, souvent oublié aux abords de la charge et de la décharge des terres, se sont trouvées en grande proportion abattues ou refoulées par l'effet du roulage. Pour ramener ces arêtes à l'état d'avivement du rail neuf, il faut reprendre le fer au burin et à la lime; cette main-d'œuvre, marchandée, a été exécutée avec toute la perfection désirable moyennant le prix de 0 fr. 65 par rail.

Quant à l'usure et à la dépèrdition du poids, suite de l'effet du roulage, elle a été déterminée par une série de pesées faites lors de l'achèvement des travaux et comparées avec celle des rails neufs relevés à l'usine: cette perte de poids peut être estimée assez approximativement à la proportion maximum de 0^m,75 par rail de 4^m,50 de longueur.

Ces pertes en moins-value s'estiment comme il suit :

	kil.	fr.	c.	fr.	c.
Cinq rails brisés.	5	à 30,	00—	150,	00
Transport des rails auxquels l'usage a fait reconnaître des défauts de soudure, aller et retour, compris toute indemnité, s'il y avait lieu.	405	à 4,	00—	1,620,	00
Redressage de rails courbés.	1,072	à 1,	00—	1,072,	00
Perte de poids, suite de l'usure par le roulage, à raison de 0 ^m ,75 par rail.	6,763,50	à 0,	365—	2,468,	68
Rétablissement des arêtes refoulées à raison de 0 fr. 65 par rail en moyenne.	8,416,	à 0,	65—	5,470,	40
Perte de poids, suite de cette opération, environ 0 ^m ,12 par rail.	1,009,92	à 0,	365—	368,	62
Total.				11,149,	70

Rapportée à la valeur primitive des rails employés, cette moins-value peut, en tenant compte de toutes les éventualités, être estimée à la proportion nette de 1/40.

EXTRAIT

DU PROCÈS-VERBAL CONSTATANT LA DÉPRÉCIATION SUBIE PAR LES RAILS ET COUSSINETS PRÊTÉS A L'ÉTAT PAR LA COMPAGNIE.

Les soussignés :

Jacques Maniel, ingénieur en chef des ponts et chaussées, chargé des travaux et de la surveillance du chemin de fer du Nord,

Et Eugène Flachet, ingénieur en chef du chemin de fer de Paris à Saint-Germain et à Versailles,

Désignés,

Le premier par M. le préfet d'Indre-et-Loire, par arrêté en date du 50 novembre 1850,

Le deuxième par la Compagnie concessionnaire du chemin de fer d'Orléans à Bordeaux,

Pour procéder, en qualité d'experts, à la fixation de l'indemnité à payer à la compagnie par l'État, en raison de l'usage qu'il a fait des rails et coussinets prêtés par la Compagnie pour l'exécution des terrassements du chemin de fer précité,

Se sont présentés le 19 décembre 1850 devant M. le préfet d'Indre-et-Loire et ont prêté serment entre ses mains de remplir avec impartialité la mission qui leur était confiée.

Les soussignés ont procédé le même jour à la visite des divers dépôts qui leur ont été présentés : d'une part, par MM. Morandière, ingénieur en chef, et Petit, ingénieur ordinaire des ponts et chaussées; d'autre part, par M. Pepin-Lehalleur, ingénieur en chef de la compagnie concessionnaire. Dans ces dépôts se trouvaient, classés par ordre, les divers matériaux dont les ingénieurs de l'État ont déclaré faire la remise à la Compagnie.

Il est résulté de cet examen, comme aussi du comptage fait contradictoirement par les agents de ces deux services, que les approvisionnements remis à la Compagnie comprenaient :

1° Les rails dont le détail suit :

• On a mis seulement ici ce qui concerne les rails.

Rails en bon état.

Rails altérés par défaut de qualité ou excès de service, mais pouvant être employés après un dressage sur 1, 2 ou 3 côtés.

Rails de même espèce que les précédents, mais devant être rognés ou ajustés au bout.

Rails ne nécessitant d'autres réparations qu'un redressage.

Rails ne nécessitant qu'une recoupe ou un ajustage au bout.

Rails nécessitant un ajustage et un redressage.

Rails hors d'emploi par défaut de qualité ou excès de service.

Bouts de rails.

Totaux.

MARQUE.	RAILS		
	DE 4 ^m ,80.	DE 3 ^m ,60.	DIVERS.
A	532	132	"
B	1,986	"	"
B'	829	1	"
C'	4,681	387	"
C ^a	10	"	"
C ^s	1,514	64	"
D	243	"	"
"	"	"	277
	9,595	584	277

Il a été constaté que les 277 bouts représentaient une longueur de. 437^m,82.

Ce qui porte la longueur totale de tous les rails à. 48,596^m,22

Les pièces qui nous ont été remises sous les yeux et qui n'ont pas été contestées par les parties, et notamment l'arrêté de M. le préfet d'Indre-et-Loire en date du 30 novembre 1850, établissent que la compagnie a prêté à l'État :

1° Les rails dont le détail est ci-contre. .

RAILS		
DE 4 ^m ,80.	DE 4 ^m ,50.	DE 3 ^m ,60.
9,561	11	699
10,271		

Lesdits rails représentent une longueur de. 48,458^m,70

Et présent. 1,616,360^m,00

Ce qui porterait le poids du mètre courant à 33^a,335, poids sensiblement égal au poids normal accusé par la Compagnie (33^a,333).

Les experts soussignés, après avoir examiné séparément les différents éléments de l'estimation qu'ils avaient à faire, se sont réunis de nouveau pour les discuter contradictoirement, et ils ont arrêté d'accord les bases suivantes :

1^o POUR LES RAILS.

1^o *Dressage*. L'état de dressage fourni par la Compagnie donne un total de 6,489 fr. 05 c.
y compris, pour transport et fourniture d'outils. 929 75

Cette dernière somme comprend un transport de Dieppe à Tours, les réparations pour mise en état, et une partie doit rester à la charge de l'entrepreneur, qui aura évidemment à se servir de l'appareil pour son compte.

Le prix du dressage devant porter sur 44,874^m,44, on peut fixer les prix par mètre à 0 fr. 14 c.

2^o *Recoupage*. Le recoupage d'un bout avec ajustage coûte, quand on est outillé, 0 fr. 875. Un fort ajustage seul coûte 0 fr. 266; or, sur 2,418 rails qu'on avait d'abord comptés comme devant être recoupés, 1,448 ont subi un simple ajustage dont le prix est compris dans la dépense, dressage rappelé ci-dessus. Il n'y a donc qu'à compter le prix de 0 fr. 875 par bout pour 970 rails; ou bien, si on ne veut pas changer les chiffres des procès-verbaux de reconnaissance appliqués pour la totalité des rails (2,418), le prix de 0 fr. 351.

3^o *Réfection des rails*. En août 1849, la compagnie d'Orléans a fait avec l'usine de Fourchambault un traité qui fait ressortir les prix de réfection pour les rails pris et rendus à Orléans à 147 fr. la tonne. Les prix ont baissé depuis; mais, comme il y a un supplément de transport, il paraît juste de porter le prix de réfection par tonne à 150 fr.

4^o *Moins-value des rails raccourcis*. On peut évaluer la moins-value des rails raccourcis à 8 fr. par rail ou 50 fr. par tonne.

Il n'y a en réalité que 970 rails à raccourcir. Si on veut appliquer le prix aux 2,418 qu'on supposait devoir être raccourcis, il faudra réduire le prix par tonne à 21 fr. 30 c.

5^o *Moins-value relative aux rails avariés sur les arêtes*. Les rails usés par le roulement des waggon sont presque tous usés sur un bord seulement; quelques-uns le sont seulement sur deux, le plus petit nombre sur trois. On peut admettre que l'usure existe en moyenne sur deux arêtes. Sur le chemin de fer d'Orléans à Bordeaux, la durée moyenne des rails peut être évaluée à 40 ans.

On peut admettre que les rails dont il s'agit ne dureront donc que 18 ans.

La réfection, poids pour poids, équivaldra à la fin de la première période par tonne à.. 140 fr. 00 c.

Et la seconde à.. 120 00 .

En calculant à 5 pour 100 la valeur d'aujourd'hui, qui représenterait ces valeurs dans 18 ans et 40 ans, on trouve 58 fr. 16 et 17 fr. 04, ce qui donne pour les rails avariés une moins-value à ce jour de 41 fr. 12.

Ces bases posées, les experts ont établi d'un commun accord, ainsi qu'il suit, les sommes que l'État aura à payer à la Compagnie comme compensation des différences qui existent entre les matériaux qu'il a reçus et ceux qu'il rend.

4° RAILS.

4° *Balance des quantités.* La longueur totale des rails prêtés est de..... 48 453^m,70

La longueur des rails rendus est de..... 48 596^m,22

Différence en faveur de l'État..... 437^m,52

Cette différence est insignifiante, et comme il ne paraît pas que l'État ait eu d'autres rails à sa disposition que ceux de la Compagnie, on doit en conclure seulement qu'il n'y a pas de défauts constatés dans la remise dont il s'agit.

2° *Rails en bon état.* Les rails de la marque A, tous en bon état, ne doivent pas donner lieu à indemnité.

3° *Rails de la marque B.* Les rails de la marque B doivent donner lieu à indemnité pour dressage et en raison aussi de la moins value sur les arêtes.

La longueur de ces rails est de 9532^m,80, ce qui donne pour dressage (n° 4)..... 9 532,80 0 44 4 334 59

Le poids de ces mêmes rails est de 317 756^k,82, ce qui donne pour la moins value (n° 5)..... 317 756,82 44 20 13 066 13

4° *Rails de la marque B.* Les rails de la marque B doivent subir diverses opérations; il y a 830 rails de 3982 mètres de longueur: 4° pour redressage, il est dû le prix (n° 4)..... 3 982,80 0 44 557 59

2° Pour recouper les bouts en comptant en moyenne trois bouts pour deux rails, il est dû le prix (n° 2)..... 4 245,00 0 354 436 99

3° Les rails après recoupage ne pèseront que 429 060^k,37, et ces rails sont affectés d'une dépréciation pour longueurs inégales représentées par le prix (n° 4)..... 429 060,37 24 20 2 736 08

4° Ces mêmes rails perdent la valeur (n° 5) pour avarie sur les arêtes..... 429 060,37 41 42 5 306 96

5° Les bouts provenant de ces rails pèsent 3698^k,30 et sont à refaire au prix n° 3. 450,00 554 74

À reporter..... 23 923 08

	mètres.	n. o.	fr. c.
<i>Report</i>			23 993 08
5° <i>Rails de la marque C'. Les rails de la marque C' sont simplement à redresser ; leur longueur est de 23 862 mètres, le prix à payer par mètre est de (n° 1).....</i>	23 862	0 44	3340 68
6° <i>Rails de la marque C². Les rails de la marque C² sont au nombre de 40 ; ils pèsent 4599^k,98 et donneront lieu pour recoupe à 40 rails raccourcis pesant 4566^k,65 à des bouts pesant 33^k,33.</i>			
1° Le prix n° 2 est dû pour recoupe (1 bout et 1/2 pour rail), ci.....	45,00	0 351	5 36
2° Le prix n° 4 pour moins value de raccourcissement.....	4 566,65	21 20	33 21
3° Le prix n° 3 pour réflexion des bouts.	33,33	450 00	5 00
7° <i>Rails de la marque C³. Le nombre des rails C³ est de 4578 ; leur longueur 7497^m,60. Les rails raccourcis pèseront 237 359^k,29, et les bouts provenant du raccourcissement, 42 558^k,21. Il est dû :</i>			
1° Le prix n° 4 pour dressage.....	7 497,60	0 44	4 049 66
2° Le prix n° 2 pour recoupe (4 bout et 1/2 pour rail en moyenne).....	2 367,00	0 354	830 82
3° Le prix n° 4 pour moins value de raccourcissement.....	237 359,29	21 21	5 032 02
4° Le prix n° 3 pour réflexion des bouts.	42 558,21	450 00	4 883 73
8° <i>Rails de la marque D. Les rails de la marque D sont à refaire entièrement au prix n° 3. Il y en a 243 qui pèsent 38 879^k,61. Il est dû pour ces rails.....</i>	38 879,61	450 00	5 831 94
9° <i>Bouts de rails. L'État fait remise à la Compagnie de 277 bouts de rails pesant 44 593^k,85, pour lesquels il est dû le prix n° 3.....</i>	44 593,85	450 00	2 189 08
Montant total des sommes dues pour les rails.....			44 494 51 ¹

2° COUSSINETS.

.....
Les experts soussignés, etc., etc.

1 Le développement des rails prêtés étant de 48 458^m,70, la moins value par mètre courant est de $\frac{44\,194\,51}{48\,458\,70} = 0,91$.

PRIX DE REVIENT

DES TRAVAUX DE CONSOLIDATION

EXTRAITS DE LA NOTE DE M. SAZILLY (ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES).

Il nous reste actuellement à traiter une question très-importante, celle de la dépense à laquelle donnent lieu les procédés de la consolidation.

Lorsqu'il s'agit de réparer un éboulement effectué, la dépense, toujours considérable, est très-variable avec la masse et la figure; toujours imparfaitement connue, de l'éboulement, avant l'enlèvement des terres mises en mouvement, et il est bien difficile de l'estimer *a priori* d'une manière suffisamment approchée.

Lorsqu'au contraire les procédés d'assainissement sont employés comme moyens préventifs, ainsi que cela devrait toujours avoir lieu, il devient facile d'estimer d'avance et d'une manière approchée la dépense qu'ils entraîneront; car alors la partie la plus importante de cette dépense consiste dans l'établissement d'une chemise d'épaisseur déterminée, faite avec des terres saines, dont la distance de transport sera connue, ou avec des moellons dont le prix sera également connu.

Pour les travaux de consolidation que nous avons eu à faire, nous avons presque toujours trouvé à proximité, dans la partie supérieure des talus, des terres de nature convenable pour faire la chemise dont il s'agit, et le prix superficiel de chemise de 0^m,30 d'épaisseur réduite, presque toujours inférieur au chiffre du sous-détail qui suit, l'a bien rarement dépassé.

Fouille dans l'emplacement de la chemise, transport des terres en dépôt, dressement des surfaces des redans, 0^m,30 de terre glaise à 1 fr. 94 0 fr. 57 c.

Approvisionnement, reprise, régalage, pilonnage en trois cou-

ches de 0^m,30 de terre saine à 2 fr. 03 le mètre. 0 61

Règlement des talus et semis. 0 10

TOTAL. 1 fr. 28 c.

La dépense des pierrées est ordinairement beaucoup moindre que celle de la chemise; mais on comprend que cette dépense est très-variable avec la nature des talus. Elle sera très-minime si l'on a affaire à une masse glaiseuse nettement accusée et surmontée par un banc perméable; car alors il n'y aura qu'une pierrée longitudinale à faire dans la hauteur du talus; mais elle pourra acquérir une certaine importance si la masse argileuse présente des couches perméables étagées les unes au-dessus des autres.

Voici en tout cas comment s'établissait le prix moyen d'un mètre cou-

rant de pierrée dans nos travaux du chemin de fer de Strasbourg, et nous croyons que ce prix, qui ne pourra guère varier qu'en raison du prix de la brique, du caillou et des gazons, sera ordinairement plus que suffisant.

Fouille de la rigole et transport des terres en dépôt, 0 ^m ,25 de terre glaise à 1 fr. 01.	0 fr. 48 c.
Plus-value pour dressement du fond et des parois de la rigole.	0 06
Fourniture de mortier et de briques et façon du radier.	1 20
Fourniture et emploi de 0 ^m ,10 de caillou à 6 fr. 20 le mètre.	0 62
Recouvrement du caillou en gazons, 0 ^m ,35 de gazons de 0 ^m ,10 d'épaisseur à 1 fr. 60 le mètre superficiel.	0 56
TOTAL.	2 fr. 92 c.

A la tranchée de Gagny, il entrerait moyennement un mètre courant de pierrée dans une surface de talus de 6 mètres carrés. D'après cette base, qui sera rarement dépassée, on voit, par les sous-détails qui précèdent, que le prix de revient d'un mètre superficiel de talus consolidé préventivement ou avant tout mouvement pourrait, dans la tranchée dont il s'agit, être évaluée à 1 fr. 77¹.

L'énoncé de ce chiffre suffit pour donner une idée des économies considérables qu'on pourra réaliser en employant à temps ce qu'on pourrait appeler les petits moyens, de préférence aux perrés à grande épaisseur, murs de soutènement, contre-forts, etc., qui constituent les grands moyens, qu'il est toujours bien difficile d'employer avant que les terres aient commencé de se mettre en mouvement.

Les procédés d'assainissement perdront, il est vrai, beaucoup de leurs avantages si, ne les appliquant pas à mesure que la tranchée s'approfondit, on laisse aux glaises le temps de se désorganiser sous les influences atmosphériques et l'action des eaux intérieures; car alors ils exigeront toujours l'enlèvement de masses de terre plus ou moins considérable; la chemise devra s'étendre sur une surface notablement plus grande, en même temps qu'on sera forcé de lui donner plus d'épaisseur en certains points, pour régulariser la surface de l'élargissement qu'on laissera subsister dans la tranchée; enfin les pierrées elles-mêmes prendront plus de développement².

¹ Dans la tranchée de Bourg-la-Reine, sur le chemin d'Orsay, le mètre superficiel de talus assaini préventivement par M. Couche est revenu à 2 fr. 85 c., chiffre notablement supérieur au chiffre ci-dessus; l'élévation du prix de M. Couche tient surtout à ce que la glaise était coupée par de nombreux bancs de marne perméable, et à ce que, par suite, il fallait établir des pierrées longitudinales sur des points beaucoup plus rapprochés qu'à la tranchée de Gagny.

² Dans la tranchée de Bourg-la-Reine, déjà citée, les procédés d'assainissement n'ont été employés, après la production des éboulements, que sur deux points seulement; sur ces points, le prix de revient du mètre superficiel de talus assaini s'est élevé en réalité à 12 fr. 89 c., c'est-à-dire à un prix plus que quadruple du prix de revient des talus assainis préventivement.

Dans la tranchée de la Haute-Logo, sur le chemin de Calais, le mètre superficiel de talus assaini et consolidé par M. l'ingénieur Maniel, après la production des éboulements, est seulement

Il pourra même arriver, surtout si le sol présente une forte inclinaison transversale, que les masses, mises en mouvement, aient une étendue telle, qu'il soit plus économique de recourir aux grands moyens.

Cependant nous croyons que, même lorsqu'ils ne seront employés qu'après la production des éboulements et comme moyens répressifs, les procédés d'assainissement seront encore, dans la plupart des cas, beaucoup plus économiques que les murs de soutènement.

Lorsque nous avons été attaché au service du chemin de fer de Strasbourg, les talus de la tranchée de Gagny, dont la profondeur maximum est de près de 13 mètres, et dont la profondeur moyenne est de 9 mètres environ, présentaient de nombreux éboulements; quelques-uns de ces éboulements, bien que la tranchée fût loin d'être à profondeur, s'étendaient jusqu'à 10, 12 et 14 mètres en dehors du sommet du talus normal.

Ces talus devaient être consolidés au moyen de murs de soutènement en pierres sèches avec contre-forts, d'après un projet de notre prédécesseur, qui fut approuvé peu de temps après par l'administration; mais, sur nos instances, et pour activer le travail, M. l'ingénieur en chef voulut bien consentir à nous laisser employer concurremment nos procédés d'assainissement dans la partie où les eaux se montraient le plus abondantes; et, bien qu'ils aient été employés presque exclusivement comme moyens répressifs, bien que des fautes aient été faites dans l'exécution de ces travaux¹, ils ont néanmoins donné lieu à des économies fort importantes.

Nous ne pouvons malheureusement pas aujourd'hui séparer d'une manière certaine et complète la dépense afférente aux talus qui ont été soutenus par les murs, de la dépense qui concerne les talus simplement assainis, parce qu'à la suite de quelques mouvements éprouvés dès le principe par les murs, nous avons fait pratiquer derrière ces murs des assainissements et des remaniements de terre qui ont été faits par voie de régie, et que ces travaux se confondent sur les états d'attachement avec ceux qui se rapportent aux talus simplement assainis.

Il en résulte que si l'on attribue toute la dépense des assainissements et remaniements de terre aux talus non soutenus par des murs, on exagérera la dépense de ces talus, et qu'on estimera au contraire trop bas la dépense des talus soutenus par des murs.

Cette manière d'opérer, très-défavorable aux procédés d'assainissement, est la seule dont nous puissions faire usage aujourd'hui pour donner une idée affaiblie de l'économie que nous avons réalisée.

Les murs de soutènement occupent, dans la tranchée de Gagny, une lon-

revenu à 4 fr. 07 c.; mais il convient de remarquer que la profondeur moyenne de cette tranchée n'est guère que de 4 mètres, et il nous paraît très-probable que le prix de revient des talus assainis préventivement serait resté au-dessous du chiffre de 1 fr. 77 c.

¹ Les deux fautes qui ont été faites sont indiquées, l'une dans la note du n° 57, l'autre au n° 46; ces fautes, qu'il a fallu réparer depuis la mise en exploitation du chemin, n'ont pas coûté moins de 15,507 fr. 91 c.

gueur de 1,090^m,20, et ont coûté, y compris fouilles, maçonneries, étayements et épuisements, mais non compris assainissements, remaniements de terre, etc. 244,663 fr. 44 c.

Les procédés d'assainissement ont été employés sur une longueur de 910^m,15, et coûtent, y compris assainissements et remaniements de terre derrière les murs ci-dessus. 90,969 39

TOTAL. 335,632 fr. 83 c.

Il résulte de là que le prix du mètre courant de talus consolidé par des murs est au moins de. 224 fr. 42 c.

Et que le prix réduit du mètre courant de talus consolidé par les procédés d'assainissement est au plus de. 99 95 c.

Chiffre moindre que la moitié du précédent, et qui accuse par mètre courant en faveur des procédés d'assainissement une économie au moins égale à ¹. 124 47

On peut conclure de là que si l'on avait exécuté des murs de soutènement sur toute la longueur qu'il a fallu consolider, ainsi que le comportait le projet, on aurait eu une augmentation de dépense au moins égale à $910,15 + 124,47 = 11 = 365$ fr. 29 c., et ce chiffre doit être considéré comme bien inférieur à l'économie qu'on a réellement obtenue en adoptant les procédés d'assainissement sur une partie de la tranchée.

En fait, nous devons le dire, l'exécution des travaux de consolidation de la tranchée n'a présenté, sur les prévisions du projet, qu'une économie de 38,179 fr. 38 c.

Mais cela tient à ce qu'en dehors des parties assainies ou soutenues par des murs, il a fallu faire des revêtements qui n'avaient pas été prévus pour maintenir des talus sablonneux qui se ravinaient profondément, et aussi à ce que l'on a été obligé, en cours d'exécution, de modifier le profil des murs, et véritablement l'économie due à l'emploi des procédés d'assainissement est supérieure à 113,657 fr. 29 c.

Si les procédés d'assainissement avaient été employés à mesure de l'approfondissement de la tranchée dans toute la partie qui a été consolidée, et si aucune faute n'avait été faite ², la surface qu'il aurait fallu assainir pouvant être évaluée à 22,000 mètres carrés environ, on voit que la dépense ne se serait élevée qu'à $22,000,00 \times 1,77 = 38,940$ fr., et qu'on au-

¹ Il est peut-être bon de faire observer que, dans ces évaluations, nous ne tenons pas compte du revêtement du fossé et de la murette du ballast, qui sont presque toujours indispensables dans toute tranchée profonde.

² Il est en effet très-probable que les fautes signalées n'auraient pas été commises, si les travaux d'assainissement avaient été faits à mesure de l'approfondissement de la tranchée; car la partie du talus mélangée et aquifère qui a échappé à des travaux faits assez longtemps après sa mise au jour, n'aurait guère pu échapper aussi facilement à des travaux appliqués, dès le principe, d'une manière rationnelle; et quant à la pierree établie sur un remblai, dans la partie où un éboulement descendait au-dessous du fond de la tranchée, c'est une faute grossière, qui n'aurait évidemment pu avoir lieu si les talus avaient été consolidés préventivement.

rait ainsi réalisé une économie de 296,692 fr. 83 c. sur la dépense de 335,632 fr. 85 c. qui a été consacrée à établir des murs et à assainir après la production des éboulements.

Au chemin de fer du Centre, où nous avons eu à consolider des talus sur un très-grand développement entre Orléans et le souterrain de Vierzon, et où la maçonnerie de moellon à pierres sèches, dans les tranchées les plus importantes, revenait presque à un prix triple du prix payé à la tranchée de Gagny¹; au chemin de fer du Centre, disons-nous, où nous avons pu employer les procédés d'assainissement comme moyens préventifs sur la moitié au moins de l'étendue des parties consolidées, nous croyons être bien modéré en disant que les petits moyens ont permis de faire une économie de deux millions au moins.

¹ A la tranchée de Gagny, le prix du mètre cube de maçonnerie de moellon à pierre sèche était de 11 fr. 19.

DÉPENSES

FAITES POUR L'ASSÈCHEMENT DES TALUS DANS DEUX TRANCHÉES GLAISEUSES
DU CHEMIN DE WISSEMBOURG.

Tranchée de la Schautz.

Longueur de la tranchée.	1,000 ^m	
Hauteur maxima.	8 ^m	93
Surface des talus consolidés, comprenant les deux côtés de la tranchée.	18,000 ^m	
Longueur des fossés perreyés.	2,000 ^m	
Main-d'œuvre applicable à l'exécution des caniveaux, au fascinage et au revêtement des talus en terre végétale.		fr. c. 20,038 54
Fourniture de fascines pour le maintien des éboulements.		396 99
Fourniture de briques pour les caniveaux.		2,298 99
Id. de gravier Id.		4,550 99
Id. de mortier Id.		1,420 78
Outils figurant à l'inventaire.		282 24
Fournitures diverses : semences, gazon, planches, lattes, menus ustensiles n'ayant plus de valeur.		1,745 40
Perreyage des fossés sur 2000 mètres de longueur :		
Fournitures de moellons et façon.		13,062 89
Total.		43,786 82

Il résulte de la dépense les prix d'unité suivants :

Consolidation du mètre superficiel de talus, non compris les fossés.	1 fr. 71 c.
Consolidation du mètre superficiel de talus, compris les fossés	2 43

Prix du mètre courant de tranchée :

Pour les talus.	30 fr. 73 c.
Pour les fossés.	13 05

Ensemble. 43 78

Toutes ces consolidations ont été faites préventivement, c'est-à-dire avant qu'aucun éboulement ne se soit produit.

Tranchée de Soultz.

Longueur de la tranchée.	500 ^m
Hauteur <i>maxima</i>	5 ^m 35
Surface du talus consolidé, ne comprenant qu'un seul côté de la tranchée.	3,500 ^m

PREMIÈRE PARTIE.

Tranchée d'assainissement en amont.

	fr.	c.	fr.	c.
Main-d'œuvre de toute espèce.	6,357	12		
Bois et planches pour étréillons.	1,027			
Moellons pour les rigoles.	1,202	22		
Divers et transports.	326	30		
Total.			8,912	64

Consolidation de la surface du talus et perrysse des fossés.

	fr.	c.		
Main-d'œuvre de toute espèce.	10,884	04		
Enlèvement des éboulements, transport des terres.	2,470	32		
Fourniture de briques pour caniveaux.	834	05		
Id. de gravier id.	695	38		
Id. de mortier id.	422	54		
Id. de moellons pour perrés de fossés.	996	74		
Outils figurant à l'inventaire.	351	65		
Diverses fournitures : semis, planches, lattes, clous, etc., etc.	757	22		
Total.			17,411	94
Total général.			26,324	58

Il résulte de ces dépenses les prix d'unité suivants :

	fr.	c.
Consolidation d'un mètre superficiel de talus.	2	54
Tranchée d'assainissement.	4	97
Consolidation de talus.	7	51
Total.		
Consolidation d'un mètre courant de tranchée.	178	28
Tranchée d'assainissement.	348	23
Consolidation de talus.	526	48
Total.		

Les consolidations ont eu lieu après que les éboulements se furent produits. Cette circonstance augmente considérablement le prix de revient, par suite : 1° de l'enlèvement des terres ébouées; 2° par l'augmentation des surfaces à consolider, qui sont beaucoup plus considérables que les surfaces de talus de la tranchée, suivant son profil normal.

Outre la tranchée faite en amont, parallèlement à la direction du chemin, il a fallu consolider la surface même du talus, suivant la méthode Sazilly. Nous n'avons pas signalé la nécessité de cette seconde opération dans le corps de l'ouvrage, parce que, lorsque nous l'avons rédigé, elle ne s'était pas fait sentir. De là, la division de la dépense en tranchée d'assainissement et consolidation des talus.

PRIX DE REVIENT

DES TRAVAUX DE DRAINAGE DES TRANCHÉES

EXTRAITS D'UN RAPPORT DE M. DAIGREMONT, INGÉNIEUR DES PONTS ET CHAUSSEES, SUR
LES TRAVAUX DE TERRASSEMENT EXÉCUTÉS SOUS SA DIRECTION AU CHEMIN DE FER
DE L'EST¹.

EXEMPLES ET CAS PARTICULIERS.

Tranchée de Petit-Croix. — La tranchée n° 1 n'a que 0^m,75 de hauteur maximum, et une longueur de 200 mètres; mais elle est tourbeuse, et, avant l'assainissement, on a dû y enfouir 1,500 à 1,800 fascines pour y établir la voie nécessaire au transport des terres. On a, pour l'assainir, creusé un drain à 1^m,60 en contre-bas de la plate-forme, à travers la tourbe et l'argile plastique; cette argile a été soulevée par la pression des eaux, avant qu'on eût atteint le gravier aquifère sur lequel elle repose; aussi a-t-on été obligé de faire une partie des déblais avec des seaux, et de blinder très-fortement. Le travail exécuté a déjà fait beaucoup de bien, et les drains posés donnent une grande quantité d'eau; cependant, comme la couche aquifère est très-irrégulière, il faudra la couper de nouveau par d'autres drains, pour obtenir un assèchement complet; mais le travail à faire sera rendu plus facile par celui qui est exécuté aujourd'hui. Voici l'estimation des dépenses :

DÉPENSES FAITES.

Acquisition et transport à pied d'œuvre des tuyaux..	95 fr. 00 c.
Acquisition et transport à pied d'œuvre des matières filtrantes.	125 »
Creusement de 260 mètres courants de fouilles, épuisements, pose des tuyaux et des matières filtrantes, façon et pilonnage des remblais.	1,675 »
Transport, pose et dépose des bois de blindage..	123 »
Surveillance et faux frais.	48 »
	<hr/>
	2,066 fr. 00 c.

Prix du mètre courant de drain exécuté, à 1^m,60 de profondeur, dans des circonstances très-difficiles, 7 fr. 94 c.

¹ Voir ce rapport complet et les figures dans le *Nouveau Portefeuille de l'ingénieur*.

DÉPENSES A FAIRE.

260 mètres courants de drains à 5 francs.	1,500 fr. 00 c.
Rappel des dépenses faites.	2,066 00
TOTAL.	3,366 fr. 00 c.

La longueur totale assainie est de 250 mètres, ce qui met le prix du mètre courant de plate-forme asséchée à 13 fr. 46 c.

Tranchée n° 2. — Le sol de la tranchée n° 2 se compose d'une argile jaune et blanche complètement imperméable, reposant sur une couche aquifère composée de sable et de gravier : en approchant de cette couche, dont la sous-pression est d'ailleurs peu considérable, la glaise s'est détrempee sous les pieds des chevaux, et toute la plate-forme s'est trouvée réduite en bouillie, où l'on enfonçait jusqu'au genou; en quelques points même, on aurait eu de la vase jusqu'à la ceinture; les talus ne s'éboulaient point, en raison de la nature imperméable du sol.

L'Entreprise a dû abandonner le chantier, et l'on a attaqué l'assainissement de deux côtés à la fois, 1° par un drainage longitudinal de 1^m,60 de profondeur moyenne; 2° par un drainage transversal de 125 mètres de longueur et de 5^m,70 de profondeur maximum : la direction transversale de ce travail a été motivée par la situation de la tranchée à flanc de coteau, et l'on s'est avancé vers le piquet 14°, parce que c'était en ce point que les eaux surgissaient avec le plus d'abondance. Le succès de l'opération a été tel, que, trois jours après l'achèvement du drain transversal, la plate-forme s'est trouvée parfaitement sèche et praticable aux chevaux.

En septembre, c'est-à-dire pendant la saison où les sources donnent le moins, on a mesuré, à la sortie du drain, un débit de 160 litres par minute, soit de 230^m³ par jour : au printemps, on peut compter sur un débit double ou triple.

Il ne reste plus, pour compléter l'assainissement de cette tranchée, qu'à prolonger le drainage de la plate-forme du piquet 14 au piquet 18°, travail qui n'offrira pas de difficulté, parce que la plate-forme est déjà bien asséchée. Nous ferons remarquer que, dans cette tranchée, nous n'avons pas projeté de drain à droite de la plate-forme; cette exception tient à la nature graveleuse du fond de la tranchée, qui fait office de filtre.

Les talus de la tranchée n° 1 étant taillés dans un terrain imperméable, il n'y a pas lieu de les assainir; cependant, comme on a dû établir un fossé de ceinture très-près de la crête du talus gauche, on placera sous ce fossé un drain de petit diamètre, placé au plus à 1 mètre du sol, pour éviter les dangers résultant de la stagnation des eaux dans le fossé. Ce petit drain supérieur sera relié de distance en distance avec le drain de la plate-forme.

Voici l'indication des dépenses faites et à faire dans la tranchée n° 2 :

DÉPENSES FAITES.

1° Drain longitudinal, du piquet 11 au piquet 14.

Fourniture des tuyaux.	105 fr.
Fourniture des matières filtrantes.	260
Creusement de 320 mètres courants de fouille, pose des tuyaux, etc.	1,632
Fourniture, pose et dépose des bois de blindage.	235
Surveillance et faux frais.	190
TOTAL.	2,420 fr.

Prix du mètre courant, à 1^m,60 de profondeur, dans des circonstances difficiles, 7 fr. 55 c.

2° Drainage transversal.

Fourniture de tuyaux de 175 mètres.	680 fr.
— de matières filtrantes.	457
Creusement de 125 mètres courants de fouille, etc.	2,488
Fourniture, pose et dépose des bois de blindage.	435
Surveillance et faux frais.	280
TOTAL.	4,320 fr.

Prix du mètre courant, à 5^m,70 de profondeur maximum, 34 fr. 50 c.

Montant total des travaux faits. 6,740 fr.

DÉPENSES A FAIRE.

500 mètres de drains le long de la plate-forme, à 4 fr. 50 c.	2,250
700 mètres courants de drain supérieur à 1 fr.	700
Drains transversaux, etc.	300
8,000 ^m de revêtements, à 0 fr. 10 c.	800
Total des dépenses à faire.	4,050

TOTAL GÉNÉRAL. 10,790 fr.

Il en résultera, par mètre courant de tranchée, une dépense de $\frac{10\,790}{700}$, soit 15 fr. 40 c. pour une profondeur maximum de 5^m,00.

Tranchée du cimetière de Dannemarie. — La tranchée n° 14 nous a donné beaucoup de soucis : l'Entreprise a commencé à l'ouvrir vers la fin de 1855; la tranchée était mauvaise, mais nous ne soupçonnions pas l'existence d'une couche de sable aquifère située sous la plate-forme, et dont la présence s'est révélée tout à coup, au mois de décembre, par un soulèvement général des voies, soulèvement qui a atteint 1^m,50, et par des éboulements qui se sont propagés rapidement jusqu'à 15 mètres du cimetière de Dannemarie.

Nous avons aussitôt mis, en janvier 1856, soixante ouvriers à l'assainissement de la tranchée, et nous avons réussi à établir un premier drain, que nous avons rempli de moellons; nous n'avions pas encore, à cette époque, de tuyaux de drainage. Les mouvements se sont arrêtés; mais le travail n'avait pas été poussé à une assez grande profondeur, à cause de la difficulté de maintenir les terres délayées par la neige fondante. Aussi avons-nous remarqué de nouveaux mouvements après les pluies de juin 1856. On a repris le travail, approfondi la partie déjà établie, remanié et drainé les éboulements, et descendu de nouveaux drains parallèles au chemin de fer, au milieu de la couche aquifère; la poussée était tellement forte, quand on a creusé la fouille du drain inférieur longeant la plate-forme, que les étré-sillons du blindage laissaient une empreinte très-sensible sur les montants contre lesquels ils s'appuyaient. Aujourd'hui tous les mouvements se sont arrêtés, sauf près du piquet 130, sur une longueur de 25 mètres, où l'entreprise ne nous a pas encore laissé commencer l'assainissement inférieur; du reste, les mouvements qui ont encore lieu en un seul point, et qui n'ont plus lieu ailleurs, prouvent l'efficacité des travaux déjà exécutés.

Il existe dans la tranchée n° 14 une particularité : c'est que, en face du piquet 129, on a établi un drainage supérieur des deux côtés du chemin de fer; on a été conduit à cette disposition, parce qu'on a rencontré dans cette portion de tranchée une inflexion des couches du sous-sol, et que les eaux peuvent arriver par filtration sur les deux talus à la fois.

Il faut ajouter que le lehm et la couche argileuse bleue qui forment le terrain de la tranchée sont doués d'une certaine perméabilité.

Les drains de la tranchée n° 14 débitent très-peu d'eau; cependant, depuis qu'ils fonctionnent, les fosses creusées dans le cimetière restent toujours à sec, tandis qu'auparavant elles étaient en quelques heures envahies par les eaux, qui remontaient de la couche de sable *aquifère*.

On a dépensé, à la tranchée n° 14, pour établir 894 mètres courants de drains, une somme de 5,688 fr., ce qui met le prix du mètre courant à 6 fr. 30 c. On avait déjà dépensé, en janvier 1856, pour le premier travail, qui a dû être repris, environ 3,500 fr., ce qui porte la dépense totale à 9,188 fr.

Voici l'évaluation de la dépense qui reste à faire :

30 mètres de drains à 6 fr. 50 c.	195 fr.
320 mètres de drains à 3 fr. 50 c.	1,120
Revêtement de 4,500 mètres carrés de talus.	450
TOTAL.	1,765
Rappel de la dépense déjà faite.	9,188
TOTAL GÉNÉRAL.	10,953 fr.

La tranchée ayant 300 mètres de longueur, cela porte le prix du mètre courant à 36 fr. 50 c. pour une profondeur maximum de 5^m,60, ou bien

cela met le prix du mètre carré de talus assaini à 2 fr. 45 c.; mais cette dernière manière de compter n'est pas très-satisfaisante, puisqu'il a fallu, dans l'espèce, faire des travaux d'assainissement aussi coûteux pour la plate-forme que pour les talus; il serait donc assez naturel d'ajouter la superficie de la plate-forme à celle des talus, et de dire que la surface assainie est de $4,500 + (300 \times 11) = 7,800$ mètres carrés; cette nouvelle façon de calculer porterait le prix du mètre carré assaini à 1 fr. 40 c.

Remblai n° 15. — Le remblai n° 15 a éprouvé quelques mouvements au printemps de 1856, un peu au delà du piquet 140 : un examen attentif a démontré que le sous-sol avait cédé sous le poids du remblai, et qu'il était traversé par plusieurs sources; on les a coupées au moyen d'un drainage, qui a toujours donné une grande quantité d'eau, même pendant la saison sèche. Mais le tassement du sous-sol n'était pas le seul accident qui se fût produit : le remblai lui-même avait coulé, et cela venait de ce qu'il était formé de couches minces de glaise plastique alternant, suivant l'inclinaison, avec des couches de sable micacé, formant banc de glissement : on comprend que cet effet se produit nécessairement toutes les fois qu'une tranchée fournit des veines alternatives de terres de natures différentes, et qu'on fait avec ces terres un remblai au waggon. On a remédié au mal en ouvrant, pendant un temps sec, une série de coupures dans le remblai; on a successivement approfondi ces coupures jusqu'à 2 mètres, et, quand leur paroi s'est trouvée bien sèche, on les a remplies avec les terres qu'on en avait extraites, et qui avaient eu elles-mêmes le temps de se sécher; après avoir rempli et pilonné ces premières coupures, distantes de 4 mètres l'une de l'autre, on en a fait de nouvelles dans les intervalles, sans recourir en aucune façon aux tuyaux de drainage et aux matières filtrantes : depuis que ces travaux ont été faits, le remblai n'a plus éprouvé de mouvements.

Aujourd'hui l'Entreprise fait au waggon un remblai avec les terres venant de la tranchée du Dockenberg, et dans lesquelles on rencontre alternativement de la glaise humide et du sable micacé rempli d'eau; le remblai a commencé à couler; mais, dès qu'on s'en est aperçu, on a eu soin de mettre à la décharge deux ouvriers qui mêlent ces matières ensemble, de façon à couper tous les bancs de glissement; on espère obtenir de la sorte un remblai qui s'affermira rapidement.

Nous ajouterons toutefois que ces procédés économiques ne nous paraissent pas applicables aux remblais entièrement composés de glaise humide; il faut alors recourir aux coupures remplies de moellons ou autres matières filtrantes, et le mieux est encore d'éviter de faire de pareils remblais.

Tranchée n° 15. — La tranchée n° 15 offre l'application pure et simple des principes généraux qui ont été développés au commencement de cette note; aussi n'insisterons-nous pas sur les travaux de cette tranchée. Voici l'estimation des dépenses faites et à faire pour l'assainir :

DÉPENSES FAITES.

Fourniture de tuyaux.	119 fr.
— de matières filtrantes.	52
Main-d'œuvre de terrassements, etc., sur une longueur de 353 mètres.	999
Frais de blindage.	19
Surveillance et faux frais.	52
TOTAL.	1,221 fr.

Cela met le prix moyen du mètre courant de drain, dans des circonstances favorables, à 3 fr. 65 c., pour une profondeur variable de 1^m,50 à 4 mètres.

DÉPENSES A FAIRE.

1,000 mètres courants de drains de 1 ^m ,20 à 1 ^m ,50 de profondeur, à 2 fr. le mètre courant	2,000 fr.
200 mètres courants de drains de 1 ^m ,50 à 4 mètres de profondeur, à 3 fr. 65 c. le mètre courant.	750
Revêtement de 8,400 mètres carrés de talus.	840

TOTAL DES DÉPENSES A FAIRE.	3,570
Rappel des dépenses faites.	1,221

TOTAL GÉNÉRAL DES DÉPENSES FAITES ET A FAIRE. 4,791 fr.

La tranchée ayant 460 mètres de longueur, cela porte le prix d'assainissement d'un mètre courant à 10 fr. 40 c., et le prix du mètre carré de talus à 0 fr. 57 c., la profondeur maximum de la tranchée étant d'ailleurs de 10^m,80.

Tranchée n° 16. — La tranchée n° 16 se compose dans toute sa hauteur, dont le maximum est de 5^m,20, de terrains très-perméables, saturés d'eau, traversés par des sources, et s'éboulant avec la plus grande facilité; on remarquera que, du piquet 155 au piquet 156, on a établi une ligne de drains au milieu de la plate-forme, au lieu d'en placer une sous chaque fossé; c'est que ce drain central a été placé avant que la tranchée ne fût à largeur, et pour arrêter le plus tôt possible les éboulements qui essaient de se produire; cette portion de tranchée se trouve, du reste, bien asséchée aujourd'hui.

Mais il n'en est pas de même de la partie comprise entre les piquets 156 et 158; les remblais du drain supérieur ont été peu ou point pilonnés, de sorte que le tuyau s'est obstrué, et il s'est formé, aux premières pluies, un éboulement marqué; aujourd'hui il y a dans la tranchée 1^m,50 à 2 mètres de boue liquide; on a commencé une tranchée de drainage très-profonde à quelques mètres de l'axe de la voie, sur le chemin de Fulleren à Ballersdorf, mais on ne sait pas encore exactement comment on dirigera les tra-

vaux; cela dépendra de l'effet qu'ils produiront à mesure qu'on les poussera en avant; en tout cas, ce sera un travail terminé en une quinzaine de jours. On a dépensé à cette tranchée une somme de. 2,000 fr.

Les nouveaux travaux coûteront au plus. 4,000

Total. 6,000 fr.

Cela fera 18 fr. par mètre courant de tranchée, ou 1 fr. 33 c. par mètre carré de talus assaini.

Tranchée du Dockenberg. — La tranchée du Dockenberg a 1,600 mètres de longueur, 20 mètres de profondeur maximum, et cube 250,000 mètres; elle traverse un col un peu obliquement; de l'origine de la tranchée au piquet 11, le terrain offre généralement un profil concave; du piquet 11 au piquet 16, les eaux pluviales viennent seulement du côté gauche; mais à droite se trouve le ruisseau dit Baechlé, dont les hautes eaux, entre les piquets 14 et 15, sont à un niveau supérieur à celui de la plate-forme; aussi doit-on établir des bourrelets en remblai pilonné de chaque côté de la tranchée.

Si on pénètre en dessous de la surface du terrain, on trouve que les couches du sous-sol sont inclinées de droite à gauche entre les piquets 0 et 7; au delà, l'inclinaison devient inverse.

Du piquet 0 au piquet 7, il est inutile d'assainir le talus gauche de la tranchée; on n'a jamais remarqué sur ce talus aucune filtration ni aucune trace d'éboulement. L'assainissement du talus droit, opéré suivant la règle générale, est complet jusqu'au piquet 2: le travail a été difficile, et les drains donnent une quantité d'eau considérable; mais le résultat est satisfaisant. Du piquet 2 au piquet 7, l'assainissement n'est pas encore complet, la tranchée n'étant pas à profondeur; on craint qu'il ne soit très-difficile entre les piquets 2 et 3, parce qu'on commence à trouver, sous le sable et le grès mollasse donnant passage à des filtrations abondantes, une couche de marne verdâtre entièrement détrempée; on ne s'est encore arrêté à aucune disposition pour l'assainissement de cette portion de tranchée.

Entre les piquets 3 et 4, il s'est manifesté, au moment où l'Entreprise terminait le talus, un éboulement assez important qu'on a drainé à ciel ouvert, au moyen de coupures parallèles entre elles et perpendiculaires à la direction du chemin de fer. Puis on s'est empressé, pour empêcher la propagation de cet éboulement, d'ouvrir des galeries de mine; deux de ces galeries auront des branches en retour; on se propose en outre de réunir ces galeries au drainage supérieur par des trous de sonde.

Le système des galeries de mine me paraît réussir, et on a l'intention de l'appliquer jusqu'au piquet 6; au delà de ce point et jusqu'au piquet 10, on n'a pas encore de projet arrêté; on rencontrera sans doute un très-mauvais terrain au fond de la tranchée, dans le voisinage du passage supérieur n° 1, dont les fondations ont été difficiles à cause des sources qui surgissaient dans les fouilles.

Entre le piquet 11 et l'extrémité aval de la tranchée, on s'est trouvé dans des circonstances très-difficiles; le sous-sol se compose de terrain de transport reposant sur une couche de sable micacé aquifère, qui coule avec une grande facilité; on a dû non pas déblayer, mais épuiser une grande partie des tranchées de drainage ouvertes dans ce sol; il a fallu multiplier les blindages et les abandonner fréquemment dans les fouilles, arrêter les éboulements du sable avec des saucissons remplis de gravier, et, en quelques points, établir les tuyaux de drainage sur pilotis, pour les empêcher de disparaître dans la vase.

Il a été nécessaire de maintenir par un drainage les deux talus; à gauche, à cause de la pente du sol et de l'inclinaison des couches; à droite, à cause des eaux de filtration du ruisseau du Baecblé; encore s'est-on trompé une première fois en assainissant le talus gauche, et a-t-on été obligé de recommencer un deuxième travail, parce qu'on n'était pas descendu assez bas, et que les éboulements du talus continuaient. Du reste, le premier drainage exécuté servira à recueillir les filtrations du fossé supérieur, qui recevra pendant les orages de grandes quantités d'eau.

Quant au drainage de la plate-forme, il a été impossible de le descendre à plus de 1^m,50, et il existe entre les piquets 11 et 13 un bourbier qu'on craint de ne pas assécher avec ce premier travail d'assainissement; cependant le double drainage pratiqué sous les deux fossés de la plate-forme raffermira un peu le terrain, et l'on pourra entreprendre l'établissement d'un drain central, qui débouchera entre les piquets 16 et 17, et sera placé à 2^m,50 en contre-bas de la plate-forme; on s'est assuré par des sondages que cette profondeur serait suffisante, circonstance heureuse, car il serait impossible de l'augmenter, à moins de chercher un débouché à une très-grande distance.

Le drain central sera formé de deux tuyaux de 0^m,175 de diamètre, et pourra débiter, en raison de la pente de 0^m,005 par mètre, environ 32 litres par seconde, soit 2,700 mètres cubes par jour; mais les eaux sont tellement abondantes, qu'on craint de faire un travail insuffisant et par conséquent inutile, si l'on ne compte pas sur un pareil débit; les quatre tranchées de drainage existant aujourd'hui dans cette partie du Dockenberg donnent déjà plusieurs centaines de mètres cubes d'eau par jour, et cependant elles ne pénètrent pas en plein dans la couche aquifère.

Les tranchées de drainage faites jusqu'à présent au Dockenberg ont coûté de 5 à 10 fr. par mètre courant. La dépense faite jusqu'à ce jour s'élève à la somme de 26,000 fr.

La dépense totale atteindra 60,000 à 70,000 fr., en y comprenant le revêtement de 40,000 mètres carrés de talus: le chiffre de 70,000 fr. correspond à une dépense de 1 fr. 75 c. ou de 1 fr. 25 c. par mètre carré de surface assainie, suivant que l'on compte seulement la superficie des talus ou que l'on y ajoute celle de la plate-forme.

PRIX DE REVIENT

DE TRAVAUX D'ASSAINISSEMENT DE TRANCHÉES

ASSÉCHÉES PAR LE PROCÉDÉ SAZILLY SUR LE CHEMIN DE FER DE MULHOUSE.
(EXTRAIT D'UN MÉMOIRE DE M. MASSON, INGÉNIEUR ¹.)

Pour établir les prix de revient des différents travaux d'assainissement exécutés dans notre section sur le chemin de Mulhouse, nous choisirons les tranchées les plus importantes de la traversée de la Haute-Marne entre Chalindrey et Laferté, lesquelles se trouvent ouvertes, partie dans les marnes du lias et partie dans les marnes irisées.

Les chiffres que nous prendrons ici pour base représentent à peine un tiers des travaux exécutés; mais nous avons préféré rester dans ces limites, afin d'écarter toute erreur en n'opérant que sur des dépenses parfaitement distinctes et toutes spéciales à l'objet qui nous occupe.

PRIX ÉLÉMENTAIRE DES JOURNÉES ET MATÉRIAUX EMPLOYÉS AUX TRAVAUX D'ASSAINISSEMENT QUI S'EXÉCUTENT EN RÉGIE DANS DIVERSES TRANCHÉES DE LA HAUTE-MARNE.

Journée de 10 heures d'un terrassier de 1 ^{re} class.	4 fr. 00
Idem. 2 ^e classe ou manœuvre.	3 25
Journée de 10 heures d'un maçon.	4 20
Mètre cube de pierre cassée d'une grosseur variant de 0,06 à 0,12, fourni par l'Entreprise et rendu.	7 05
Le même provenant des déblais et cassé en régie, fourni par l'Entreprise et rendu.	3 50
Mètre cube de mortier hydraulique.	17 26
Tuiles creuses ordinaires du pays rendues sur les chantiers, le mille.	40 00
Tuyaux de drainage de 0,05 de diamètre, provenant des fabriques de Langres à 30 kilom. de distance réduite.	53 00
Manchons de 0,09 de diamètre id.	33 00

PRIX D'UN MÈTRE COURANT DE DRAINAGE AVEC TOILES CREUSES SUR MORTIER HYDRAULIQUE.

1^o Avec pierre cassée appartenant à la Compagnie.

(NOTA. Tous les travaux d'assainissement exécutés jusqu'à ce jour se trouvent dans ce cas.)

¹ Voir le Nouveau Portefeuille de l'ingénieur.

DÉPENSES POUR 1,400 MÈTRES DE CANIVEAUX.

MAIN-D'ŒUVRE ET FOURNITURES.	QUANTITÉS.	PRIX DE L'UNITÉ.	DÉPENSES.
Journées de terrassier de 1 ^{re} classe. <i>Ta-</i> <i>luteur</i>	Journées. 104 6	fr. 4 00	fr. 418 40
Journées de terrassier de 2 ^e classe. . .	224 3	3 25	728 98
<i>Id.</i> maçons	89 1	5 20	374 22
Fourniture de tuiles creuses	4,104 4	40 %	164 16
Mortier hydraulique.	15 40	17 26	265 80
Pierre provenant des déblais et cas- sage	218 04	3 50	765 14
TOTAL			2.714 70

Cette dépense, qui s'applique à une longueur de 1,400 mètres de caniveaux et à une superficie de 6,564 mètres sup. de talus assainis, mais non revêtus, fait sortir le prix de revient des premiers à 1 fr. 93 le mètre courant et celui des seconds à 0,41 le mètre superficiel.

Le rapport qui existe ici entre le développement des caniveaux et la

* Les ouvriers qu'on applique aux drainages se forment très-rapidement à ce genre de travail. Il suffit de quelques explications claires sur l'objet de l'opération, et d'indications très-précises sur la marche générale à suivre, pour faire bientôt d'un terrassier intelligent un excellent assainisseur.

Chaque brigade se compose de deux terrassiers et d'un maçon, et exécute, par journée de 10 heures, une longueur moyenne en nombre rond de 10 mètres courants de caniveaux, tout compris : fouille, radier, recouvrement en pierraille, remblai, pilonnage et règlement.

Cette donnée résulte non-seulement du tableau des dépenses tel que nous le présentons, mais encore d'observations nombreuses faites en cours d'exécution. Il suit de là que le prix moyen des journées employées à ce travail (tant de 3 fr. 64, et chaque journée d'homme représentant 3^m.33 de caniveaux exécutés, on a, pour la dépense en main-d'œuvre d'un mètre courant, 1 fr. 09, laquelle se vérifie par les chiffres du tableau : $\frac{2.548 \text{ fr. } 80 \text{ c.}}{1.400} = 1 \text{ fr. } 09 \text{ c.}$

Mais, comme il importe, pour créer le sous-détail du prix de revient, de distinguer la dépense en terrassements de celle en maçonneries, on y arrivera en observant :

Que le maçon étant servi par le terrassier de 2^e classe pour l'approche des matériaux à poser d'œuvre, il y a lieu de décomposer le temps du second en en reportant une partie au compte des maçonneries. Or, comme il est reconnu qu'il consacre à ce service 5 heures, quand le maçon en fait 10, on obtiendra ainsi le montant total de la dépense faite pour la construction des radiers et de leur revêtement en pierrailles :

Jours 44,5 de terrassier ou manœuvre, à 5 fr. 25 c. 144 fr. 65 c.
Jours 89,1 de maçon, à 4 fr. 20 c. 374 22

TOTAL 518 fr. 85 c.

Laquelle somme, répartie sur les 1,400 mètres de caniveaux exécutés, donne pour le prix de la main-d'œuvre de maçonnerie, par mètre courant, 0 fr. 37 c.

Quant aux 0,72 (1,09 — 0,37) restant pour les terrassements, il sera de même facile de le décomposer, sachant d'ailleurs que, dans les conditions ordinaires, un terrassier peut ouvrir et régler une longueur de 20 mètres de rigoles d'une section moyenne de 0^m.44, quand il a

surface de talus assainis serait donc, quant à présent, de 1 à 4,70; mais il faut remarquer d'une part qu'aucune des tranchées sur lesquelles nous avons opéré n'étant encore à fond, et, de l'autre, que les assainissements effectués s'appliquant aux parties les plus mauvaises, cette proportion changera nécessairement après l'entier achèvement des travaux, c'est-à-dire que la situation peut devenir alors sensiblement meilleure.

2° Avec pierre cassée fournie par l'Entreprise.

Dans l'hypothèse de la fourniture des pierres cassées, le prix du mètre courant de caniveaux s'obtiendrait par la simple substitution de l'élément 7,05 à celui 5,50 porté au tableau général des dépenses. La dépense totale devenant alors 3,178 fr. 74, le prix du mètre courant serait de 2,48, et celui du mètre superficiel de 6,53 ¹.

Si l'on compare le prix de 2,48 à celui de 2,92 qui a été atteint dans les travaux du même genre sur la ligne de Strasbourg, on trouve une différence de 0,44 en faveur du premier, bien que le cube et le prix de la pierre cassée soient chez nous beaucoup plus forts et que la section de déblais de nos rigoles soit presque double de celles de la tranchée de Gagny. Nous avons expliqué ailleurs les raisons qui nous avaient conseillé

remblayera 25, toute déduction faite de la place occupée par les matériaux en œuvre. On aura donc, en suivant cette proportion, 0^m,59 pour fouille et jet de 0^m,44 de déblai. Ci. 0 fr. 59 c.

Et pour remblai de 0^m,27, toute déduction faite (0,72 — 0,50) 0 fr. 33 c.

Nota.— Les terres fouillées peuvent être déposées sur les bords de la rigole, puis reprises à longueur de bras pour le remblai en terre mêlée. L'excédant de cube se rejette dans la tranchée, où les wagons la prennent. Quant à la terre végétale, on la trouve sur la crête même des tranchées, où il est toujours prudent d'en faire un dépôt, tant en vue du revêtement des talus glaiseux que du rechargement des talus de remblai.

Nous pouvons donc maintenant dresser, au moyen des bases précédemment fixées, le sous-détail du prix d'un mètre courant de caniveaux en tuile creuse, avec recouvrement en pierre à la Compagnie.

Fouille et jet de 0^m,44 de terre, compris règlement du fond de la rigole, à 0 fr. 89 c. le mètre cube. 0 fr. 59 c.

Fourniture de 5 tuiles à 40 fr. le mille. 0 12

— de 0^m,014 de mortier, à 17 fr. 26. La quantité de mortier par mètre courant est donnée par le tableau ($\frac{1,8}{1,400} = 1,29$) 0 19

Extraction et cassage de 0,15 de pierre à 3 fr. 50 c. 0 55

(Dans les cas ordinaires, le cube en œuvre ne dépasse pas 0^m,10, et reste souvent au-dessous; mais, quand un caniveau doit assainir deux bancs, ce qui se présente très-fréquemment dans nos travaux, le cube de pierre augmente sensiblement, à cause de la plus grande extension à donner au revêtement des parois mouillées.)

Construction du radier et arrangement de la pierre, compris l'approche des matériaux. 0 57

Reprises et remblais de toute nature, pilonnage et dressement du talus, 0^m,27 de terre remaniée à 1 fr. 22 c. 0 55

TOTAL PAVILL. 4 fr. 93 c.

Nous pensons qu'on peut sûrement prendre les éléments de ce sous-détail pour évaluer la dépense de consolidation d'un talus par la voie préventive.

¹ Le sous-détail sera le même que le précédent, en ayant égard à la différence du prix de la pierre cassée.

la substitution de la tuile à la brique et la suppression des gazons; or on voit que si ces raisons étaient bonnes au point de vue de la construction, elles ne le sont pas moins au point de vue de l'économie.

La comparaison que nous venons de faire entre nos prix de revient et ceux de M. l'ingénieur Sazilly nous dispenserait de nous arrêter sur ceux du mètre superficiel de talus assainis, si le chiffre auquel nous arrivons et qui dépasse le sien de 0,04 ne semblait pas constituer une anomalie. Quelques mots suffiront pour exprimer ce résultat. Dans la tranchée de Gagny, le rapport du développement des caniveaux à la surface des talus assainis est de 1 à 6, quand dans nos travaux de la ligne de Mulhouse ce rapport est, ainsi que nous l'avons dit, de 1 à 4,70. Il n'est donc pas surprenant que, tout en ayant un prix d'unité courante inférieur nous arrivions à un prix d'unité de surface supérieur, puisque ce dernier est tout à fait subordonné à l'importance des travaux qu'on exécute dans un espace déterminé. Dans le cas où l'éventualité favorable que nous avons admise nous conduirait à la même proportion qu'à Gagny, notre prix par mètre superficiel de talus deviendrait $\left(\frac{2 \text{ fr. } 48}{6}\right) = 0 \text{ fr. } 41$, quand il est là de 0 fr. 49.

PRIX D'UN MÈTRE COURANT DE DRAINAGE AVEC TUILES CREUSES ET CORROI DE GLAISE.

Dans certains cas nous avons, à défaut de mortier, posé les tuiles sur corroi de glaise; mais nous devons dire que ce moyen n'a jamais été pour nous une question d'économie, la difficulté d'avoir le mortier en temps voulu et l'urgence de l'exécution nous l'ayant seules dicté, notamment pour la tranchée de Montesson, qui se trouve éloignée de tout chantier de maçonnerie et d'un accès très-difficile aux voitures.

Le choix de la glaise, sa préparation et son emploi pour former la couche des tuiles et le remplissage des joints, occasionnent un supplément de main-d'œuvre de pose qui équivaut certainement à la valeur du mortier en place; aussi ne croyons-nous pas qu'il y ait lieu de dresser pour cela un prix spécial, estimant que, sans crainte d'erreur, on peut reprendre intégralement les prix que nous avons donnés plus haut pour les tuiles creuses avec emploi de mortier. Soit 1,93 sans fourniture de pierre cassée, et 2,48 avec fourniture.

PRIX D'UN MÈTRE COURANT DE DRAINAGE AVEC TUYAUX DE 0,05 ET MARCHONS DE 0,09.

1° Avec pierre cassée appartenant à la Compagnie.

Il résulte des attachements pris sur le travail normal d'une brigade composée de trois hommes (2 terrassiers et 1 maçon) qu'elle peut livrer par journée de 10 heures une longueur de rigole drainée de 13 mètres, compris fouille, approche et pose des tuyaux, recouvrement en pierre cassée, remblai, pilonnage et règlement. Ce travail s'opérant avec un soin

PRIX DE REVIENT DE TRAVAUX D'ASSAINISSEMENT. 649

particulier sur des talus ordinairement inclinés à 45° est à peu près moitié de celui qui se ferait en plaine pour des drainages ordinaires.

Le prix de revient du mètre linéaire, tiré des carnets de dépense pour une longueur de 550 mètres, exécuté ainsi dans les tranchées de Chaude-nay et de Hortes, est de 1 fr. 59 et peut être analysé comme il suit :

Fouille et jet de 0 ^m ,35 de terre en rigole, compris toute sujétion de règlement du fond à 1 fr. 09.	0 fr. 58
Fourniture de 3 drains de 0,05 de diamètre à 53 fr. le mille rendu.	0 16
Fourniture de 3 manchons à 33 fr. id.	0 10
Extraction et cassage de 0 ^m 127 de pierre à 3 fr. 50 c.	0 44
Main-d'œuvre de pose de drains et de leur recouvrement.	0 20
Reprise de terre, remblai, pilonnage et règlement du talus, 0 ^m ,30 courant à 1 fr. 03.	0 51
Prix du mètre courant.	1 fr. 59

Nota. La situation actuelle de ces travaux ne permet pas encore d'établir la relation des longueurs de drains avec les surfaces de talus assainis. Il en est de même du chemisage en terre végétale, qui, commencé tout récemment sur plusieurs points, n'a pas encore fourni assez de notes pour être évalué d'une façon rigoureuse.

2° Avec pierre cassée fournie par l'Entreprise.

Il suffit, dans le sous-détail qui précède, de substituer le prix de la pierre, 7 fr. 05 à celui de 3,50 qui y est appliqué, pour obtenir le prix de revient d'un mètre courant de drainage avec fourniture de tous matériaux par l'Entreprise.

Le sous-détail ainsi modifié devient, pour le cas dont il s'agit, 2 fr. 05.

PRIX DE RÉPARATION D'ÉBOULEMENTS.

Nous ne prétendons pas, par cette désignation de *prix de réparation d'éboulements*, laisser croire qu'il soit possible de poser pour l'évaluation de ces sortes de travaux des bases fixes et certaines, car les éboulements en général ont lieu de façons si diverses et proviennent souvent de causes si différentes entre elles, qu'on ne saurait en assujettir la réparation à une règle commune.

Mais il est un cas d'éboulement dont nous dirons quelques mots, parce qu'il est assez ordinaire dans les tranchées déjà talutées, mais non assainies, et se reproduit même quelquefois dans des talus drainés, soit par suite d'un mauvais raccordement de rigoles, soit encore par suite de l'obstruction des chutes. Ce cas est celui où un talus glisse sur lui-même, entraînant un cube de terre plus ou moins considérable.

Il est rare que ces sortes d'éboulements, quand ils s'opèrent sur des

points assainis, s'étendent tout d'abord beaucoup en arrière de la crête des talus; mais, pour peu que la réparation se fasse attendre, le mal s'aggrave et les travaux à exécuter peuvent devenir alors fort importants, si le mouvement surtout a commencé pendant un temps de pluie.

La réparation d'un éboulement quelconque de talus, aussitôt qu'il s'est produit ou que le mouvement semble arrêté, est donc à nos yeux une mesure indispensable, si l'on veut éviter de plus grandes avaries; mais il peut arriver que la réparation en grand ne soit pas possible sur l'heure, soit par le manque de bras si le cube à remanier est considérable, soit à raison de l'état de liquéfaction dans lequel se trouvent les terres, soit enfin à cause de la mauvaise saison. Dans ce cas, on doit prendre immédiatement un parti, celui d'aller droit au mal en recherchant le banc de glissement et y construisant une pierrée définitive pour arrêter la continuation des suintements à travers les terres déjà détrempées.

Cette rigole, s'exécutant dans le terrain vierge immédiatement en arrière de la masse éboulée, qu'elle isole en la contournant d'une extrémité à l'autre, doit être faite très-rapidement; la construction du radier doit suivre la fouille. Les pentes doivent en être fortement accusées et l'on ne doit pas craindre surtout d'augmenter les pierres du recouvrement dans une notable proportion, de façon à former une sorte d'enrochement solide au-dessus de la section d'écoulement.

L'établissement de ces pierrées permet aux terres éboulées de s'assainir, et font ordinairement disparaître toute inquiétude sur les suites de l'accident. Nous y avons pour notre compte recouru dans des circonstances graves où toute hésitation pouvait être dangereuse, et nous n'avons qu'en lieu d'applaudir au résultat.

Nous allons maintenant faire connaître la dépense qu'a occasionnée la réparation de deux éboulements de nos tranchées, comme ayant lieu dans la condition dont nous avons parlé, c'est-à-dire par glissement de talus presque réglé, mais non encore assaini.

1^{re} Tranchée de Beaulieu.

Cube de l'éboulement. (Terres enlevées et remplacées par un cube égal pilonné.).	227 ^m 00
Longueur. Id.	29 00
Hauteur verticale.	5 00
Surface restaurée (talus à 45°).	125 50
Épaisseur moyenne de la tranchée éboulée.	1 81
M/l ^m de caniveaux en tuiles creuses établis.	28 00
Id. drains de 0,05.	40 00
Cube de pierre pour recouvrement par mètre courant de drainage (pierre à la C ^{te} , valeur 3 fr. 50).	0 20
La restauration du talus, exécutée d'après ces bases, a coûté 946 fr. 50.	

PRIX DE REVIENT DE TRAVAUX D'ASSAINISSEMENT. 651

soit par mètre superficiel.	7 fr. 66 c.
Et par mètre courant de drainage.	12 79

NOTA. Ces prix n'auraient assurément pas été atteints, si la réparation avait été faite par un temps favorable; mais, en présence des menaces du coteau qui est fortement incliné et composé de très-mauvaises couches, on a dû la faire de suite, quand même et complètement, pour échapper à de plus sérieux accidents.

2° Tranchée de Chiffard.

Cube de l'éboulement.	466 ^{m3} 15
Longueur.	23 00
Hauteur verticale.	5 40
Surface restaurée (talus à 1 pour 1 1/2).	225 50
Épaisseur moyenne de la tranche éboulée.	2 07
M/l ^m de caniveaux en tuiles établis.	92 00
Cube de pierres à la C ^e pour recouvrement par mètre courant.	0 20
Le talus ¹ , restauré dans ces conditions, a coûté 1,416 fr. 19 c., soit par mètre superficiel.	6 fr. 28 c.
Et par mètre courant de caniveaux.	15 59

NOTA. Nous avons, par nécessité, appliqué à l'éboulement de Chiffard le mode d'assainissement immédiat en contournant la masse éboulée : la réparation complète n'a eu lieu qu'après l'assèchement des terres et par un temps favorable; de là le prix plus faible auquel nous arrivons, bien que le remaniement fût là plus considérable, et la tranchée plus profonde qu'à Beaulieu.

Les deux exemples que nous avons choisis, et qui représentent à peu près les cas que l'on est le plus susceptible de rencontrer dans l'exécution des tranchées, permettraient donc de faire une sorte de moyenne pour évaluer approximativement la dépense qu'occasionnerait la restauration de talus éboulés, non-seulement ici, mais sur d'autres lignes, à cause de la parité presque générale des salaires et du chiffre minime de la dépense en matériaux qui concourt à la dépense totale.

Cette moyenne serait, par mètre superficiel de talus restauré, tous les matériaux étant fournis par l'Entreprise, de.	7 fr. 11
Et par mètre courant d'assainissement.	14 94

Mais, quelque faibles que soient encore ces chiffres relativement à ceux obtenus ailleurs, ils n'en démontrent pas moins combien il est important de se préoccuper d'avance de la question des assainissements, puisqu'en opérant par la voie préventive on n'échappe pas seulement aux difficultés quelquefois très-grandes de la répression, mais encore aux dépenses énormes que cette répression, quelle qu'elle soit, nécessite.

¹ Si la pierre avait été fournie par l'Entreprise, les prix de revient seraient à Beaulieu de 8 fr. 00 c. et 13 fr. 50 c., et, à Chiffard, 6 fr. 58 c. et 16 fr. 10 c.

ÉLÉMENTS

NÉCESSAIRES A LA DÉTERMINATION DU PRIX DE REVIENT DES TRAVAUX D'ASSAINISSEMENT ET DE CONSOLIDATION DES TALUS ¹. (EXTRAITS D'UN MÉMOIRE DE M. BRÜER, CHEF DE SECTION AUX CHEMINS DE L'EST, SUR LES ASSAINISSEMENTS DES TALUS DE TRANCHÉES ET DE REMBLAIS, PUBLIÉ DANS LE NOUVEAU PORTEFEUILLE DE L'INGÉNIEUR.)

TRANCHÉES

CANIVEAUX.

1° — Matériaux.

Briques. — La quantité de briques nécessaires à la construction d'un mètre courant de caniveau est déterminée par la longueur de celles dont on fait usage. Il en faut douze par mètre, de celles que j'ai dit être préférables pour l'assainissement des talus argileux ($0,25 \times 0,08 \times 0,03$). La valeur de ces briques peut être de 30 francs le mille, rendues au chantier.

Le prix des briques pour 1 mètre courant de caniveau sera donc de :

$$\frac{30 \times 12}{1,000} = 0 \text{ fr. } 36 \text{ c. (a).}$$

Mortier. — Il faut en moyenne $0^m,011$ de mortier hydraulique pour la maçonnerie d'un mètre courant de caniveau. En supposant que le mètre cube coûte 15 francs, l'on trouvera que pour 1 mètre courant de caniveau la dépense pour le mortier est de $0,011 \times 15,00 = 0 \text{ fr. } 16 \text{ (b)}$.

Pierre cassée. — Le cube de la pierre cassée qui entre dans la construction des caniveaux est, d'après les calculs que j'ai faits récemment, de $0^m,038$ par mètre de longueur. En supposant que le mètre cube de pierre cassée coûte 6 francs, transport compris, la dépense pour 1 mètre de caniveau sera $0,038 \times 6 \text{ fr.} = 0 \text{ fr. } 23 \text{ (c)}$.

Gazon. — La surface du gazon nécessaire au recouvrement de la pierre cassée est d'environ $0^m,50$ par mètre courant. En supposant que le mètre carré de gazonnement à plat coûte 0 fr. 60, le prix du recouvrement en gazon de 1 mètre courant de caniveau sera donc $0,50 \times 0 \text{ fr. } 60 = 0 \text{ fr. } 30 \text{ (d)}$.

J'ai choisi pour faire les évaluations précédentes les cas les plus défavorables. Ainsi je suppose que le mille de petites briques coûte 30 francs :

¹ Voir, dans le *Portefeuille*, le *Mémoire* complet avec les planches qui l'accompagnent.

sur aucun des points de la ligne de Wissembourg le prix n'a dépassé 25 francs le mille; — le prix du mortier, tel qu'il doit être pour la maçonnerie des caniveaux, n'atteint que très-rarement le chiffre que j'ai donné; — la moyenne du prix du mètre cube de pierre cassée s'élève rarement à 6 francs : la dépense est bien plus faible encore quand on emploie des scories ou même des cailloux roulés. Je suppose enfin que le prix du mètre carré de gazonnement est de 0 fr. 60; dans cette somme est naturellement comprise l'indemnité due au propriétaire du terrain. Mais il arrive presque toujours qu'il est possible d'en extraire des parcelles de terrain comprises dans la zone d'acquisition, et alors le prix ne se compose plus que du transport et d'une main-d'œuvre bien facile. Si maintenant on remplace le gazon par des plaques de glaise, le prix du recouvrement en question deviendra presque nul.

En réunissant les différents prix trouvés précédemment, on verra que la dépense pour matériaux nécessaires à la construction d'un mètre courant de caniveau est ainsi composée :

Briques.	(a)	0 fr. 36
Mortier.	(b)	0 16
Pierres cassées.	(c)	0 23
Gazon.	(d)	0 50
TOTAL.		1 fr. 05

2° — Main-d'œuvre.

Fouille. — Il est reconnu qu'un ouvrier peut faire la fouille de 50 mètres courants de caniveaux en douze heures, compris le règlement. Le prix moyen d'un terrassier étant de 3 francs la journée de dix heures, on aura pour 1 mètre courant de fouille de caniveaux :

$$\frac{12 \times 3 \text{ fr. } 00 \text{ c.}}{10 \times 30} = 0 \text{ fr. } 72 \text{ c. (e).}$$

Maçonnerie. — Un maçon peut, dans des circonstances ordinaires, construire 50 mètres courants de caniveaux en douze heures, et il faut un manœuvre pour deux maçons. Le prix de la journée d'un maçon étant de 4 francs pour dix heures de travail et de 5 francs pour celle d'un manœuvre, le mètre courant de maçonnerie de caniveau doit revenir à :

$$\left[\frac{\left(\frac{24 \text{ h.} \times 4 \text{ fr. } 00 \text{ c.}}{10 \text{ h.}} \right) + \left(\frac{12 \text{ h.} \times 5 \text{ fr. } 00 \text{ c.}}{10 \text{ h.}} \right)}{100 \text{ mètres.}} \right] = 0 \text{ fr. } 15 \text{ c. (f).}$$

Le transport de matériaux tels que briques, mortier, gravier, gazon, se

fait assez avantageusement au moyen de hottes. L'ouvrier peut circuler plus facilement sur les banquettes des caniveaux, et il y a beaucoup moins de dégâts à craindre que lorsque les transports se font à la brouette.

Les hottes que j'ai fait faire à Vendeuvres cubent en moyenne 0^m,020; elles sont en osier et doublées en tôle à l'intérieur.

Transport. — 1^{re} Pierre cassée. De la manière indiquée ci-dessus, un ouvrier peut transporter 5 mètres cubes de pierre cassée en dix heures. Ce qui porte à 79 mètres la longueur des caniveaux, qui peuvent être remplis en dix heures par la quantité transportée par un ouvrier.

En supposant qu'il faille un chargeur pour deux porteurs, 2×79 mètres ou 158 mètres courants de caniveaux seront remplis en dix heures par trois ouvriers. A 3 francs la journée de dix heures, ces 158 mètres coûteront 3×3 fr. = 9 fr. 00 de transport et 1 mètre courant :

$$\frac{9 \text{ fr. } 00 \text{ c.}}{158} = 0 \text{ fr. } 057 (g).$$

Je ne parlerai pas du transport du gazon, le prix en étant compris dans les 0 fr. 60 comptés plus haut.

Réunissant donc les prix ci-dessus de la main-d'œuvre, on aura pour le prix d'un mètre courant de caniveaux :

Fouille.	(e)	0 fr. 072
Maçonnerie.	(f)	0 13
Transport de pierre cassée.	(g)	0 057
TOTAL.		0 fr. 259

Joignant à cette somme le prix du transport des terres provenant du déblai des caniveaux, $0^m,10 \times 1$ fr. 00 = 0 fr. 10 et le prix des matériaux, on verra qu'un mètre courant doit revenir, dans des circonstances ordinaires, à

$$1 \text{ fr. } 05 + 0 \text{ fr. } 26 + 0 \text{ fr. } 10 = 1 \text{ fr. } 41.$$

REVÊTEMENTS.

Un chantier bien organisé pour le pilonnage des terres servant au recouvrement des talus doit être composé dans la proportion suivante :

- 2 chargeurs,
- 2 rouleurs,
- 4 lanceurs,
- 1 régaleur,
- 4 pilonneurs,
- 1 régleur,
- 1 chef d'atelier.

J'ai reconnu que le travail de ces quinze ouvriers peut produire 75 mètres carrés de revêtement de 0^m,30 d'épaisseur en une journée de dix heures. Si on suppose que les terrassiers soient payés à raison de 0 fr. 30 l'heure et le chef de chantier 0 fr. 50, la dépense de main-d'œuvre pour 75 mètres carrés de pilonnage sera donc de 47 fr., et pour 1 mètre carré de 0 fr. 626 (a).

Le recouvrement des talus en trois couches, comme l'indique M. Sazilly, est abandonné depuis fort longtemps; voici comment il faisait :

Supposons un talus à consolider; une première couche de terre remplissait les redans; après le battage de cette première couche le talus droit était rétabli et les redans devenaient par conséquent inutiles. On répandait ensuite deux autres couches *a*, *b*, que l'on pilonnait ou plutôt que l'on battait séparément. De cette manière on formait dans le recouvrement lui-même des surfaces lisses qui facilitaient le passage des eaux de pluie ou des dégels. Des revêtements semblables avaient très-peu de solidité : on les a remplacés par des revêtements pilonnés par couches horizontales de 0^m,15 à 0^m,20 d'épaisseur.

J'ai dit ailleurs la manière de pilonner les terres des recouvrements; j'ai dit aussi le nombre d'ouvriers nécessaires à la bonne organisation d'un chantier de pilonnage. Il ne me reste plus qu'à indiquer la manière dont je dispose un atelier.

Il est avantageux de n'entreprendre les travaux de recouvrement que sur une longueur totale de 50 mètres divisés en trois entre-profils de 10 mètres.

Les ouvriers sont ainsi placés dans chacune des parties de la travée de 50 mètres : dans l'une travaillent les quatre pilonneurs; dans une autre, un régaleur et les quatre lanceurs; et enfin, dans la troisième, le régaleur : les rouleurs doivent décharger les terres dans l'entre-profil où travaillent les lanceurs et le régaleur.

De cette manière, le travail se fait beaucoup plus régulièrement; l'ouvrier ne perd pas de temps, et il a bien vite compris le travail dont il est chargé.

J'ai l'espoir qu'on ne trouvera pas mal que je parle de l'organisation d'un atelier : il est bien reconnu que de la bonne organisation d'un chantier il résulte souvent des économies considérables et un travail mieux fait.

J'ai supposé tout à l'heure que les terres du recouvrement étaient prises dans les cavaliers de dépôt provenant du retroussis de terre végétale qui se fait généralement en commençant le déblai des tranchées. Mais, quand par avance on reconnaît la nécessité d'assainir les talus d'une tranchée, il est très-avantageux de réserver au-dessus des talus une quantité de terre végétale suffisante au recouvrement et que l'on n'enlève que lorsqu'on en a besoin. C'est ainsi que l'on a pu avoir à proximité des terres

toujours bien fraîches. On avait pris les dispositions nécessaires pendant le déblai pour qu'il restât au-dessus de la banquettes, au niveau de la partie supérieure des glaises, un volume de terre végétale et sable argileux correspondant à celui nécessaire au recouvrement de la partie argileuse du talus.

Dans de semblables circonstances, il suffit alors de deux piocheurs, deux lanceurs, un régaleur, quatre pilonneurs et un régleur; ajoutons-y un chef d'atelier, nous aurons, en évaluant le prix de la journée comme ci-dessus, une dépense de 35 francs au lieu de 47 francs, ce qui ne porte plus le mètre carré de pilonnage qu'à 0 fr. 466. On voit donc qu'en agissant comme je viens de le dire on fait une économie réelle de 0 fr. 16 par mètre carré de pilonnage.

BANQUETTES.

Les banquettes ont en général 1 mètre de largeur; donc, d'après le prix admis précédemment pour le gazonnement à plat, le mètre courant de gazonnement de banquettes coûte 0 fr. 60.

Les banquettes étant à 4 mètres de distance verticale les unes des autres, cette dépense 0 fr. 60 se répartit entre les 7^m,21 de distance suivant l'hypothénuse; d'où les banquettes coûtent :

$$\frac{0,60}{7,21} = 0 \text{ fr. } 083 \text{ (b) par mètre carré de talus.}$$

CUVETTES.

Les cuvettes en maçonnerie construites à la jonction inférieure de deux pentes opposées de banquettes doivent se trouver, d'après ce qui a été dit déjà, à 60 mètres environ de distance les unes des autres. Or elles doivent avoir 1 mètre de largeur sur 0^m,30 d'épaisseur; ce qui fait qu'elles cubent 0^m,30 par mètre courant. Donc, en supposant qu'un mètre cube de maçonnerie coûte 15 fr., on aura 4 fr. 50 pour prix d'un mètre courant de cuvettes, laquelle somme, répartie entre 60 mètres carrés, donne :

$$\frac{4,50}{60} = 0 \text{ fr. } 075 \text{ (c) par mètre carré de talus.}$$

SEMS.

Le mètre carré de semis en graine de luzerne et de foin est payé assez souvent à raison de 0 fr. 03 (d) : cette somme me paraît bien suffisante.

Le mètre carré de recouvrement revient donc, tout compris :

PRIX DE REVIENT DE TRAVAUX D'ASSAINISSEMENT.

657

Pilonnage.	(a)	0 fr. 626
Gazonnement de banquettes. . .	(b)	0 083
Cuvettes en maçonnerie. . .	(c)	0 075
Semis.	(d)	0 030
TOTAL.		0 fr. 814

Le cube du déblai enlevé pour faire place au pilonnage est de 0^m,30 par mètre carré de talus. Le prix de ce déblai étant fait à raison de 1 fr. le mètre cube, le prix précédent devient :

$$0 \text{ fr. } 814 + 0 \text{ fr. } 30 = 1 \text{ fr. } 11.$$

Je dois faire remarquer encore ici que j'ai supposé qu'il était nécessaire de transporter les terres à 30 mètres; que le prix du gazon comprenait l'indemnité au propriétaire du terrain où il a été extrait. Le prix 1 fr. 11 se réduirait à 0 fr. 80, en supposant qu'il soit possible de faire l'économie de 0 fr. 16 expliquée plus haut et que le gazon soit extrait dans des terrains compris dans la zone d'acquisition pour la construction des chemins de fer.

Les prix que j'indique diffèrent sensiblement de ceux trouvés par M. Sazilly. Ainsi il évalue à 2 fr. 92 le mètre courant de caniveau; j'ai fait voir déjà que, même dans des circonstances défavorables, il ne doit coûter que 1 fr. 41. Cette différence tient aux dimensions des briques, qui exigent une fouille d'autant moins considérable qu'elles sont de moindres dimensions; cela dépend surtout de la disposition de ses caniveaux, qui exigeaient une fouille plus considérable, plus difficile et une plus grande quantité de pierres cassées.

La différence du prix des revêtements n'est que de 0 fr. 16, comparant les prix que je donne à celui de M. de Sazilly; mais il est bon d'observer qu'outre cette économie de 0 fr. 16 par mètre carré, j'ai fait entrer dans le prix 1 fr. 11 la dépense nécessaire à la construction des cuvettes en maçonnerie et au gazonnement des banquettes.

Quant au prix de revient du mètre carré de talus, tout compris, assainissement et revêtement, il n'est guère possible de le déterminer exactement à l'avance. Il varie d'après la quantité des bancs de suintement. M. Sazilly cite la tranchée de Gagny, où l'on n'a construit qu'un mètre courant de caniveau pour 6 mètres carrés de talus. Mais toutes les tranchées n'ont pas aussi peu de bancs de suintement. Je citerai aujourd'hui la tranchée de la Vinoterie, où l'on est obligé d'établir presque 1 mètre courant de caniveau par mètre carré de talus. On conçoit la différence qui doit résulter dans la dépense nécessaire aux travaux d'assainissement des talus de ces deux tranchées. Il est juste de dire que la quantité relative de caniveaux à la tranchée de la Vinoterie sera rarement aussi forte.

REMBLAIS

La dépense nécessaire à la consolidation d'un remblai argileux ne peut guère s'évaluer d'avance avec une certaine approximation. Elle varie avec la hauteur des remblais, leur disposition, la nature des terres, la distance du transport et le prix des pierres ou des cailloux.

Je vais reprendre la supposition que j'avais faite de consolider les talus du remblai des Couveaux. Le cube des contre-forts est d'environ 8,200 mètres. Or, en supposant que la dépense pour fouille, transport et pilonnage des terres, soit de 1 fr. par mètre cube, le prix des contre-forts sera 8,200 francs.

Le cube des empierrements serait à peu près de 750 mètres. Le prix étant supposé de 10 francs le mètre cube, la dépense nécessaire à l'établissement de ces empierrements serait donc de 7,500 francs.

Les travaux de consolidation de ce remblai coûteraient donc 15,700 fr.

Quoique cette somme soit assez peu importante, on ferait exécuter les mêmes travaux à un prix moindre et dans de meilleures conditions en remplaçant l'empierrement par un fascinage.

Les fascines ayant 0^m,25 d'épaisseur, le cube de la pierre cassée, ou de cailloux, ou des scories, sera au plus de 627 mètres. En faisant les fascines avec les dimensions suivantes : 0^m,70 de longueur, 0^m,25 de diamètre, on devra en employer 20,200.

La fourniture du bois (bouleau ou genêt), la façon et la pose des fascines, peuvent être évaluées à 0 fr. 15 pièce, ce qui fait pour les 20,200 fascines une dépense de 3,030 francs.

Les pierres cassées étant payées à raison de 7 francs le mètre cube, la dépense totale sera de 4,589 francs.

En remplaçant les empierrements par les fascines en pierres cassées, l'économie ne sera pas appréciable : elle sera peut-être nulle. Le seul avantage qu'on en retirera, ce sera la solidité du travail. Mais, si l'on employait du gravier ou des scories au lieu de pierres cassées, elle pourrait être de 2 ou 3,000 francs ; elle serait plus considérable encore si l'on se contentait d'employer des matières beaucoup plus communes : rien n'empêcherait d'employer toute espèce de substance perméable, par exemple des débris de pierres, gelives ou non.

PRÉCAUTIONS

PRISES OU A PRENDRE CONTRE LES AMONCELLEMENTS DE NEIGE. (EXTRAIT D'UNE NOTE DE M. GOSCHLER SUR SON VOYAGE EN ALLEMAGNE.)

Bavière. — Exploitation en hiver. — En temps de neige, chaque garde-ligne est accompagné de deux hommes; quand la neige devient très-abondante vers minuit, les hommes vont appeler les ouvriers supplémentaires dans les villages environnants; ceux-ci sont habitués aujourd'hui à se rendre aux points accoutumés. Quand les brigades sont réunies, elles attaquent la neige en pratiquant des tranchées et en enlevant la neige sur 1^m,45 à 1^m,75 de largeur et sur toute la hauteur. La voie ainsi déblayée, on fait avancer la machine, précédée d'un traîneau pesant 15,000 kilogrammes, waggon à six roues garni de lames de tôle en forme de charrue.

Les hommes ont soin de pratiquer de petites niches dans la neige pour se garer du train, qui doit toujours siffler pour annoncer son arrivée.

Dans les grands amoncellements de neige, l'ouverture des chemins se fait en trois opérations distinctes :

- 1° Cunette ouverte à bras d'hommes;
- 2° Élargissement fait avec la machine;
- 3° Enlèvement à bras d'hommes.

Pour frayer, il vaut mieux atteler la machine du traîneau immédiatement au train; autrement il peut se faire que si la machine-pilote marche en éclaireur, il se forme un nouvel encombrement en arrière.

Quand il faut franchir un obstacle, on élève la tension de la vapeur jusqu'à 8 et 9 atmosphères.

Les embarras de neige les plus sérieux sont ceux qui se produisent quand le vent souffle de l'ouest, le *voehne*, et donne avec force : c'est ce que les Allemands appellent *schneewehen*, tourmentes de neige qui arrivent généralement dans les mois de février et mars, entre dix et onze heures de la nuit : il est très-rare que l'orage éclate pendant le jour.

Dans ce cas, il arrive que les trains sont arrêtés, et que trois machines même attelées à la suite l'une de l'autre sont prises dans la neige.

Lorsque la neige est tombée avec trop d'abondance, au point d'empêcher les ouvriers de secours de sortir des villages, la voie ne peut être frayée immédiatement, et la machine ne peut plus passer. Les trains restent alors en place pendant un laps de temps plus ou moins long, selon la localité où se produit l'encombrement. Ainsi, dans la partie de la ligne la plus élé-

vée, où le climat est le plus rude, où les hommes ont le plus de vigueur, entre Kempten et Kaufbeuren, vers Gunzach, située à 427 mètres au-dessus du niveau du lac de Constance, et à 812 mètres au-dessus de la mer, le stationnement des trains ne dure guère que quelques heures; mais, vers Schwabmunchen, entre Buchloe et Augsburg, à l'altitude de 500 mètres, où les hommes sont moins aguerris, moins forts, moins exercés, l'arrêt des trains dure quelquefois un et même deux jours.

Les ouvriers supplémentaires sont payés à raison de 1 fr. 30 c. pour huit à neuf heures de travail de jour ou cinq à huit heures de nuit.

L'administration ne leur donne point de vivres; avant de quitter leurs demeures ils prennent une solide nourriture et emportent au travail un morceau de pain.

Dans les remblais ou levées, il faut avoir grand soin de dégarnir toute la surface de la plate-forme de la neige qui s'y amoncelle: le moindre amoncellement devient une cause d'embarras; aussi doit-on commencer par frayer la voie, puis, une fois le train passé, on achève le déblai de neige en ménageant des surfaces planes, afin de présenter au vent le moins d'obstacles possible.

Chemins Saxe-Bavarois. — En hiver, l'exploitation ne présente pas de difficultés spéciales; le tracé du chemin et quelques paraneiges préservent la voie des tourmentes de neige.

Quand la neige tombe très-abondamment et qu'elle s'amoncelle, on emploie avec succès le chasse-neige, qui peut faire traverser des épaisseurs de neige qui s'élèvent jusqu'à 1^m,40 (cinq pieds).

Quand les rails sont gras ou qu'il tombe du verglas, les gardes-ligne sont chargés de répandre, au moyen d'un petit réservoir muni d'un long tube, du sable sur les rails, aussi bien pour augmenter l'adhérence des roues motrices à la remonte que l'action des freins à la descente.

Les machinistes ont l'ordre d'en faire de même avec leurs appareils à sable; il est important que, dans ces deux cas, le sable employé soit toujours parfaitement sec.

Wurtemberg. — Sur les chemins de Wurtemberg les neiges ne sont pas très-abondantes; en quelques points seulement la neige s'amoncelait; on y a remédié en élevant à côté de la ligne de petits cavaliers de 1^m,15 à 1^m,45 de haut, selon que l'on peut se procurer des terres à bon compte.

Pour frayer la voie, quand la neige n'a pas plus de 0^m,60 de hauteur environ, et quand elle n'est pas trop serrée, on la repousse au moyen d'une charrue suspendue à l'avant d'un waggon ordinaire à huit roues, lourdement chargé; les lames de la charrue s'élèvent à 0^m,10 au-dessus du rail.

Quand la neige s'élève à plus de 0^m,60 de hauteur, ou quand elle est très-dense, il faut frayer la voie à bras d'hommes.

En somme, l'hiver n'apporte pas de grandes difficultés dans l'exploitation, et la circulation n'en est jamais interrompue.

Prusse. — Aux chemins de fer prussiens, on n'a pas rencontré de difficultés à parcourir les tunnels; mais les forêts donnent, en automne, beaucoup de peine à l'exploitation.

Le temps des neiges est très-pénible pour l'exploitation. M. Hartwich pense que, dans le cas d'orage de neige, il n'y a rien à faire que d'arrêter l'exploitation; généralement ces tourmentes de neige ne durent guère plus d'un ou deux jours. Quand elles ont cessé, on vient déblayer à bras d'hommes; les chariots, traîneaux, etc., ne sont d'aucun secours.

Dans les chemins du Nord et de l'Est, en Prusse, on a été arrêté avec six machines dans la neige, à 16° Réaumur de froid; les pompes gèlent; et, ce qui est plus mauvais encore, c'est qu'il se forme sous les roues des machines de petits coins de glace que l'on ne peut enlever et qui font patiner les roues.

DES OPÉRATIONS À FAIRE ET DES PIÈCES À PRODUIRE DANS LA RÉDACTION DES PROJETS DÉFINITIFS DES CHEMINS DE FER.

DÉTAIL DES OPÉRATIONS.	DÉSIGNATION de L'UNITÉ.	NUMÉROS DES PAIS.	PRIX.
CHAPITRE I ^{er} . LEVÉ ET DESSIN DES PLANS PARCELLAIRES ET EXTRAITS DES MATRICES CADASTRALES.			fr. c.
1. Levé et construction du plan parcellaire. (Art. 1 à 7.)	Pour une largeur de 200 à 250 mètres dans le parcellaire ordinaire..... Et de 100 à 120 mètres seulement dans les agglomérations de maisons..... Pour chaque mètre de largeur de plus demandé par l'ingénieur.....	le kil. de chemin de fer. <i>Id.</i> <i>Id.</i>	1 70 2 0 35 3 0 70
2. Levé et construction des plans des abords des routes, chemins et cours d'eau traversés. (Art. 8.)	Somme fixe..... En sus par hectare.....	le plan. l'hectare.	4 5 5 5
3. Confection des calques du cadastre et des extraits de la matricule des rôles. (Art. 9 et 10.)		le kil. de chemin de fer.	6 20
CHAPITRE II. CONFECTION DES PLANS ET DES ÉTATS INDICATIFS D'EXPROPRIATION ET PRÉPARATION AU BORNAGE.			
4. Tracé sur le plan parcellaire des emprises de terrain à exproprier et calculs des surfaces de ces terrains. (Art. 12.)		<i>Id.</i>	7 20
5. Copie en triple expédition de la minute du plan parcellaire. (Art. 13.)		<i>Id.</i>	8 30
6. Fourniture des plans autographiés. (Art. 14.)	Composition et correction des plans et titres..... Papier { vergé..... { mécanique..... Tirage de 1 à 100 exemplaires..... Assemblage, collage et lavis..... Collage sur toile.....	le mètre courant de plan. <i>Id.</i> <i>Id.</i> <i>Id.</i> <i>Id.</i> <i>Id.</i>	9 17 10 0 28 10 ² 0 10 11 10 12 0 20 13 1
7. États parcellaires (art. 15) en double expédition.....		le kil. de chemin de fer.	14 16
8. États indicatifs des terrains, en triple expédition, y compris le carton pour le dossier des enquêtes. (Art. 15.)		<i>Id.</i>	15 21
9. Rigole, piquetage et bornage des terrains à exproprier (Art. 16.)		le kil. de rigoles.	16 35
10. Fourniture en double expédition d'extraits du plan parcellaire et des notes descriptives devant servir pour le bornage contradictoire dans les actes de vente. (Art. 17.)		le kil. de chemin de fer.	17 60
11. Levée et calculs spéciaux des terrains à exproprier après le rigolage. (Art. 17.)		<i>Id.</i>	18 30

DÉTAIL DES OPÉRATIONS.		DÉSIGNATION de L'UNITÉ.	NUMÉROS DES PRIX.	PRIX.
CHAPITRE III. OCCUPATIONS TEMPORAIRES.			fr. c.	
12. Opérations relatives aux occupations temporaires. (Art. 18.)	Extrait du plan cadastral et de la matrice des rôles.....	à payer par parcelle.....	la parcelle.	19 0 25
	Levée et construction du plan parcellaire.....	à payer en sus par hectare.....	l'hectare.	20 1 "
	Etats indicatifs et calculs des terrains à occuper.....	à payer par parcelle.....	la parcelle.	21 1 25
	État de lieux contradictoire.....	à payer en sus par hectare.....	l'hectare.	22 5 "
	Rapport demandant les bases de l'estimation.....	à payer par parcelle.....	la parcelle.	23 0 50
		à payer en sus par hectare.....	l'hectare.	24 2 "
		à payer par parcelle.....	la parcelle.	25 2 "
		à payer en sus par hectare.....	l'hectare.	26 5 "
		à payer par parcelle.....	la parcelle.	27 1 "
		à payer en sus par hectare.....	l'hectare.	28 3 "
CHAPITRE IV. ESTIMATION DES TERRAINS.		le kil. de chemin de fer.		
13. Relevé des ventes amiables et publiques. (Art. 19.).....		Id.	29	20 "
14. Confection des procès-verbaux de classement. (Art. 20.).....		Id.	30	10 "
15. Confection des états d'estimation des terrains à exproprier. (Art. 20.).....		Id.	31	50 "
16. Fournitures des notes explicatives des offres faites pour les terrains dont l'indemnité sera réglée par le jury. (Art. 21.).....		Id.	32	10 "
CHAPITRE V. CLÔTURES PROVISOIRES ET DÉFINITIVES DU CHEMIN DE FER.				
17. Tracé des clôtures et des haies, compris piquetage et rigolage. (Art. 22, 23 et 24.).....		Id.	33	30 "
CHAPITRE VI. TERRIER ET PLAN PARCELLAIRE.				
18. Confection, reliure et cartonnage du terrier. (Art. 25 et 26.).....		Id.	34	50 "
CHAPITRE VII. BORNAGE CONTRADICTOIRE DÉFINITIF DES TERRAINS ACQUIS.				
19. Levée, construction du plan, minute et calculs relatifs aux plans de bornage définitif. (Art. 27, 28, 29 et 30.).....		Id.	35	100 "
20. Rédaction du procès-verbal de bornage. (Art. 31.).....		Id.	36	25 "
21. Obtention des signatures des riverains et avertissements des juges de paix. (Art. 32.).....		Id.	37	30 "
22. Confection, reliure et cartonnage de deux expéditions des plans et procès-verbaux de bornage. (Art. 33 et 34.).....		Id.	38	30 "
23. Fourniture, transport et pose des bornes. (Art. 35, 36, 37, 38 et 39.).....		la pîlce. (Grosses bornes....)	39	2 40
		Id. (Petites bornes....)	40	" 90
24. Honoraires de chaque vacation de trois heures employées à des opérations non prévues au cahier des charges.....		Pour l'entrepreneur....	la vacation.	41 4 "
		Pour un géomètre sous ses ordres.....	Id.	42 5 "

REVIENT

DE FER A SIMPLE VOIE.

ternit exactement le double des prix ci-dessous.

665

PRIX DE REVIENT.

QUANTITÉ.	PRIX DE L'UNITÉ.	CHEMIN DE STRASBOURG ET EMBRANCHEMENTS.					OBSERVATIONS.
		Ligne principale de Paris à Strasbourg.	Embranchement de Frouard à Sarrebruck.	Embranchement de Metz à Thionville.	Embranchement de Strasbourg à Wissembourg.	CHEMIN DE PARIS A Orléans et embranchement de Corbeil.	
m. e.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	
2,50	3 50	8 75	8 75	8 60	7 51		1. Résultats moyens du décompte définitif de premier établissement dressés en 1844 par M. Jullien, ingénieur en chef de la ligne.
2,40	1 50	"	"	"	"	"	2. Le prix moyen a été de 4 fr. 35 de Juvisy à Orléans, et seulement 2 fr. 14 de Paris à Corbeil.
2,145	3 50	"	"	"	"	7 62	3. Comprendant 1 franc 80 pour transport des rails, sabots, traverses, chevillettes et coins pesant 200 kilogr. par mètre courant de voie, des ports de livraisons aux chantiers de dépôt; et 2 fr. pour transports des matériaux des chantiers de dépôts à pied d'œuvre, pose provisoire d'une voie pour le transport du ballast par wagons, relèvements de cette voie et pose définitive de la seconde voie après le repandage du ballast, pose de différentes voies de service, transports de quelques terrassements et du ballast.
2,00	3 81	"	"	"	"	"	4. Pour frais de réception de matériaux, clôture, garde et surveillance des chantiers de dépôt, relèvement et entretien de la voie par suite des premiers terrassements pendant l'exécution des travaux.
0,222	8 45	1 87	"	"	"	"	5. Entretien pendant un an.
0,222	9 20	"	2 04	"	"	"	
0,03	44 80	"	"	1 36	"	"	
0,232	0 20	"	"	"	"	"	
0,166	5 56	"	"	"	0 92	"	
0,666	6 80	4 53	"	"	"	"	
0,666	7 10	"	4 72	"	"	"	
0,07	44 00	"	"	3 21	"	"	
0,667	0 20	"	"	"	"	"	
0,833	4 30	"	"	"	3 58	"	
1,11	7 99	"	"	"	"	8 87	
5,55	0 255	1 41	1 41	"	"	"	
5,37	0 16	"	"	0 86	"	"	
3,50	0 202	"	"	"	0 71	"	
13,86	0 256	3 53	3 53	"	"	"	
13,73	0 16	"	"	2 20	"	"	
14,06	0 202	"	"	"	2 96	"	
21,20	0 307	"	"	"	"	6 51	
1,18	0 50	0 59	0 59	"	"	"	
1,07	0 38	"	"	0 38	"	"	
1,20	0 485	"	"	"	0 58	"	
1,21	0 63	"	"	"	"	0 76	
75,00	0 35	26 25	26 25	"	"	"	
75,00	0 235	"	"	17 83	"	"	
60,06	0 26	"	"	"	15 62	"	
60,00	0 392	"	"	"	"	23 52	
1,78	0 10	0 18	0 18	"	"	"	
1,778	0 097	"	"	0 17	"	"	
2,00	0 09	"	"	"	0 18	"	
2,22	0 19	"	"	"	"	0 42	
.....		47 11	47 47	29 41	32 06	47 70	
.....		2 00	2 00	1 25	0 79	3 80 ³	
.....		0 89	0 89	0 84	1 28 ⁴	1 12 ⁴	
.....		50 00	50 36	31 50	34 13	52 62	

PRIX DE REVIENT

DES PLAQUES TOURNANTES EN FONTE ET EN TÔLE DE DIFFÉRENTS DIAMÈTRES.

Plaque en fonte de 3^m,40. Modèle de l'Est.

	k.	fr.	k.	fr.	fr.
1 ^{re} Fer et fontes.					
Plateau mobile.	1,944		4,961 à	0,48	2,381 28
Pivot et accessoires. . .	51				
Plateau fixe.	1,021				
Cuve.	967				
Plaques de recouvrement. .	725				
Galets et accessoires. . .	253				
2 ^e Pose.					
Fouille dans le ballast. .	m. 7,54	fr. 0,60		fr. 4,52	126 73
— dans le sol.	6,30	à 0,70		4,41	
Ballast pour fondations, pilonnage et arrosage. .	6,30	à 6,00		37,80	
Pose de la plaque, compris raccords, entourage en briques au pied de la cuve.				65,00	
Fourniture de briques. .				5,00	
Coupe de rails.	8,00	à 1,25		10,00	
Total.					2,508 01

Plaque en fonte de 4^m,20. Modèle de l'Est.

	k.	fr.	k.	fr.	fr.
1 ^{re} Fer et fontes.					
Plateau mobile.	3,904		9,432 à	0,48	4,627 36
Pivot et accessoires. . .	57				
Plateau fixe.	2,180				
Cuve.	1,760				
Plaques de recouvrement. .	990				
Galets et accessoires. . .	541				
2 ^e Pose.					
Fouille dans le ballast. .	m. 11	à 0,60		fr. 6,60	171 60
— dans le sol.	10	à 0,70		7,00	
Ballast pour fondations, pilonnage et arrosage. .	10	à 6,00		60,00	
Pose de la plaque, compris raccords et entourage en briques au pied de la cuve.				80,00	
Fourniture de briques. .				8,00	
Coupe de rails.	8	à 1,25		10,00	
Total.					4,698 96

Plaque de 11^m,60, système Buddicom, des chemins de l'Est.

1 ^{re} Fer, fontes et bois.		fr.
Acquisition de la plaque (forfait).		15,600 00

PRIX DE REVIENT DES PLAQUES TOURNANTES.

667

	m. c.	fr.	fr.	fr.
			<i>Report.</i>	15,600 00
2 ^e Fondation.	Massif général de béton.	159 à 18,00	2,700 00	5,500 00
	Pierre de taille, compris parements.	18 à 100,00	1,800 00	
	Mur de cuve, la fondation et le couronnement comptés dans les articles précédents.	40 à 25,00	1,000 00	
3 ^e Plancher.	Plancher en bois de 0 ^m ,080 d'épaisseur.			650 00
4 ^e Posé.	Pose de la plaque.			450 00
Total.				22,200 00

Plaque en tôle et fonte de 4^m,20. Modèle du Midi.

	k.	fr. c.	fr.	fr.
1 ^{re} Fers et fontes.	Plateau supérieur fers à T.	1,161		4,107 60
	Tôle.	353		
	Rails.	650		
		2,164 à 0,90	1 947 60	
2 ^e Plancher en bois.	Le reste de la plaque en fonte.	4,500 à 0,48	2,160 00	200 00
	Plancher en bois de 0 ^m ,08.			
3 ^e Posé.	Comme pour la plaque en fonte de l'Est.			171 60
Total.				4,479 20

Remarque. Les plaques de ce modèle sont en construction, l'essai n'en a pas encore été fait.

Plaques en fonte de 6^m,00. Modèle de l'Est.

	k.	fr.	k.	fr.	fr.
1 ^{re} Fers et fontes.	Plateau mobile.	5,746			5,968 80
	Pivot et accessoires.	59			
	Cercle de roulement et socle du pivot.	1,908			
	Cuve.	1,642			
	Plaques de recouvrement.	2,393			
2 ^e Châssis.	Galets et accessoires.	687			42 00
	Traverses de 0 ^m ,15 0 ^m ,25.		7 à 6,00		
A reporter.					6,010 80

PRIX DE REVIENT

DES PLAQUES TOURNANTES EN FONTE ET EN TÔLE DE DIFFÉRENTS DIAMÈTRES.

Plaque en fonte de 3^m,40. Modèle de l'Est.

	k.	fr.	k.	fr.	fr.
1 ^{re} Fers et fontes.					
Plateau mobile.	1,944				
Pivot et accessoires. . . .	51				
Plateau fixe.	1,021				
Cuve.	967				
Plaques de recouvrement. .	725				
Galets et accessoires. . .	253				
			4,961	0,48	2,381 28
2 ^{de} Pose.					
Fouille dans le ballast. .	m.	fr.		fr.	
— dans le sol. . . .	7,54	0,60		4,52	
Ballast pour fondations,	6,30	0,70		4,41	
pilonnage et arrosage. .	6,30	6,00		37,80	
Pose de la plaque, com-					126 73
pris raccords, entourage					
en briques au pied de la					
cuve.				65,00	
Fourniture de briques. .				5,00	
Coupe de rails.	8,00	1,25		10,00	
					2,508 01

Plaque en fonte de 4^m,20. Modèle de l'Est.

	k.	fr.	k.	fr.	fr.
1 ^{re} Fers et fontes.					
Plateau mobile.	3,904				
Pivot et accessoires. . . .	57				
Plateau fixe.	2,180				
Cuve.	1,760				
Plaques de recouvrement. .	990				
Galets et accessoires. . .	541				
			9,432	0,48	4,527 36
2 ^{de} Pose.					
Fouille dans le ballast. .	m.	fr.		fr.	
— dans le sol. . . .	11	0,60		6,60	
Ballast pour fondations,	10	0,70		7,00	
pilonnage et arrosage. .	10	6,00		60,00	
Pose de la plaque, com-					171 60
pris raccords et entou-					
rage en briques au pied					
de la cuve.				80,00	
Fourniture de briques. .				8,00	
Coupe de rails.	8	1,25		10,00	
					4,698 96

Plaque de 11^m,60, système Buddicom, des chemins de l'Est.

	fr.
1 ^{re} Fers, fontes et bois.	
Acquisition de la plaque (forfait).	15,600 00

PRIX DE REVIENT DES PLAQUES TOURNANTES.

667

	un. c.	fr.	fr.	fr.
			<i>Report.</i>	15,600 00
2 ^e Fondation.	Massif général de béton.	150 à 18,00	2,700 00	5,500 00
	Pierre de taille, compris parements.	18 à 100,00	1,800 00	
	Mur de cuve, la fondation et le couronnement comptés dans les articles précédents.	40 à 25,00	1,000 00	
3 ^e Plancher.	Plancher en bois de 0 ^m ,080 d'épaisseur.			650 00
4 ^e Pose.	Pose de la plaque.			450 00
	Total.			22,200 00

Plaque en tôle et fonte de 4^m,20. Modèle du Midi.

	k.	fr. c.	fr.	fr.
1 ^{er} Fers et fontes.	Plateau supérieur fers à T.	1,161		4,107 60
	Tôle.	353		
	Rails.	650		
		2,164 à 0,90	1 947 60	
2 ^e Plancher en bois.	Le reste de la plaque en fonte.	4,500 à 0,48	2,160 00	200 00
	Plancher en bois de 0 ^m ,08.			
3 ^e Pose.	Comme pour la plaque en fonte de l'Est.			171 60
	Total.			4,479 20

Remarque. Les plaques de ce modèle sont en construction, l'essai n'en a pas encore été fait.

Plaque en fonte de 6^m,00. Modèle de l'Est.

	k.	fr.	k.	fr.	fr.
1 ^{er} Fers et fontes.	Plateau mobile.	5,746			5,988 80
	Pivot et accessoires.	59			
	Cercle de roulement et socle du pivot.	1,908			
	Cuve.	1,642			
	Plaques de recouvrement.	2,393			
	Galets et accessoires.	687			
2 ^e Châssis.	Traverses de 0.15 0.25.		7 à 6,00		42 00
	A reporter.				6,010 80

	m. c.	fr.	fr.	fr.
	¢	Report.	6,010 80	
3 ^e Pose.				
{ Fouille dans le ballast. . .	38,50 à 0,60	23,10		
{ — dans le sol.	38,50 à 0,70	26,95		
{ Ballast pour fondations, arrosage et pilonnage. .	38,50 à 6,00	231,00		
{ Assemblage du châssis de support.		10,00	401 05	
{ Pose de la plaque, compris raccords et entourage en planches de chêne.		100,00		
{ Coupe de rails.	8,00 à 1,25.	10,00		
		Total.	6,411 85	

Plaque en fonte de 11^m,00. Modèle de l'Est.

	k.	fr.	m.	fr.	fr.
1 ^{er} Fers et fontes.					
{ Plateau mobile.	12,198				
{ Pivot et accessoires. . . .	104				
{ Cercle de roulement et support de pivot. .	2,473		20,240 à 0,48	9,715 00	
{ Cuve.	2,843				
{ Plaques de recouvrement en tôle. . . .	1,007				
{ Galets et accessoires. . . .	1,615				
2 ^e Fondations.					
{ Massif général de béton.	120 à 18,00		2,160 00		
{ Pierre de taille, compris parements. . .	15 à 100,00		1,500 00	4,560 00	
{ Mur de cuve, la fondation et le couronnement comptés dans les articles précédents.	36 à 26,00		900 00		
4 ^e Pose, 3 ^e Plancher.					
{ Plancher en bois de 0 ^m ,080 d'épaisseur.				600 00	
{ Pose de la plaque.				400 00	
			Total.	15,275 00	

Plaque en tôle et fonte de 4^m,20. Modèle du Nord.

	k.	fr.	fr.	fr.
2 ^e Pose, 1 ^{er} Fers et fontes.				
{ Plateau supérieur.				
{ Tôles.	2,312			
{ Rails.	476			
{ Le reste de la plaque en fonte comme le modèle de l'Est.	2,788 à 0,90	2,509 50	5,162 84	
{ Comme pour la plaque en fonte de l'Est.	5,528 à 0,48	2,653 44		
			171 60	
		Total.	5,314 24	

PRIX DE REVIENT DES PLAQUES TOURNANTES.

669

Plaque de 3^m,50, en fonte. Nouveau modèle de l'Est.

5,200 kilogrammes de fonte, de fer et d'acier, composant la plaque proprement dite, à raison de 52 fr. les 100 kilogr.	2,704 fr.	» c.
Une garniture d'encoches avec ses huit boulons et ses huit clavettes.	70	50
Une garniture de bridgerails pesant 660 kilogr., à raison de 265 fr. les 1,000 kilogr.	174	90
Façon de ladite garniture.	55	»
Pose de la garniture sur la plaque et fourniture des fourrures. . .	41	»
21 kilogr. 420 grammes de boulons nécessaires pour la pose de la garniture de rails sur la plaque, à raison de 1 fr. le kilogr. . . .	21	42
6 ^m ,41 de madriers pour parquet de recouvrement, à raison de 6 fr. 67 le mètre carré.	42	75
TOTAL.	3,109 fr.	57 c.

Plaque de 4^m,50, en fonte. Nouveau modèle de l'Est.

6,150 kilogr. de fonte, de fer et d'acier, composant la plaque proprement dite, à raison de 54 fr. les 100 kilogr.	3,321 fr.	» c.
Une garniture d'encoches avec ses huit boulons et ses seize clavettes.	70	50
Une garniture de bridgerails pesant 810 kilogr., à raison de 265 fr. les 1,000 kilogr.	214	65
Façon de ladite garniture.	55	»
Pose de la garniture sur la plaque et fourniture des fourrures. . .	51	»
23 kilogr. 070 grammes de boulons nécessaires pour la pose de la garniture sur la plaque, à raison de 1 fr. le kilogr.	23	07
1 ^m 3,487 de bois de chêne pour châssis de fondation, à raison de 100 fr. le mètre cube.	148	70
20 kilogr. 090 grammes de boulons nécessaires pour l'assemblage du châssis ci-dessus, à raison de 0,82 cent. la kilogr.	12	46
11 ^m ,28 de madriers en chêne pour parquet de recouvrement, à raison de 6 fr. 67 le mètre carré.	75	24
TOTAL.	3,971 fr.	62 c.

Plaque de 4^m,50, en tôle. Modèle de l'Est.

4,580 kilogr. de fonte pour croisillon, galets, cuve, etc., etc., à raison de 42 fr. les 100 kilogr.	1,923 fr.	80 c.
4,270 kilogr. de fer, tôle, etc., pour fers à double T, plate-forme, rails, etc., etc., à raison de 92 fr. les 100 kilogr.	3,928	40
TOTAL.	5,852 fr.	» c.

Voir, dans le *Nouveau Portefeuille de l'ingénieur*, les détails des plaques en fonte de 3^m,50, ceux des plaques en fonte et bois et de la plaque en tôle de 4^m,50, et enfin ceux de la plaque Buddicom, de 4^m,00.

DEVIS

DES CHANGEMENTS DE VOIE DU SYSTÈME WILD.

1^{re} Déviation à deux voies avec croisement sous l'angle de 5° 1/2.

1 ^{re} RAILS SPÉ- CIAUX.	Rails en fer ordinaire. . . 744 ^b ,65 à 300 ^f	223 39	516 53
	— en fer de 1 ^{re} qual. 771 56 à 380	293 19	
2 ^{re} FAÇON ET COUSSINETS.	Façon de la ferrure et fourniture des coussi- nets spéciaux (prix à forfait).		610 00
	Pour le changement.	1 ^{re} ,294	
3 ^{re} CHARPENTE.	Pour le croisement.	1 106	
		2 ^{re} ,400 à 85 ^f	204 00
4 ^{re} SABOTAGE ET POSE.	Sabotage du châssis. } Transport et pose. }		110 00
<i>Total.</i>			1440 53
A ajouter la voie oblique entre l'aiguille et le croisement.			
	Rails 57 ^m ,80 pesant.	2167 ^b à 24 ^f ,00	520 00
	Traverses sabotées.	18 à 9 ^f ,00	162 00
	Pose.		58 00
<i>Total général</i>			2180 53
A déduire les matériaux de la voie droite à l'emplacement du chan- gement et du croisement évalués à environ.			180 53
<i>Reste.</i>			2000 00

2^{re} Déviation à trois voies avec croisement simple sous l'angle de 1° 1/2 et croisement double sous l'angle de 5° 1/2.

1 ^{re} RAILS SPÉ- CIAUX.	Rails en fer ordinaire. 801 ^b à 300 ^f	240 30	1087 78
	— en fer de 1 ^{re} qualité. 2231 à 380	847 78	
2 ^{re} FAÇON ET COUSSINETS.	Façon de la ferrure et fourniture des coussi- nets spéciaux (prix à forfait).		1250 00
	Pour le changement.	2 ^{re} ,162	
3 ^{re} CHARPENTE.	Pour le croisement 7° 1/2.	1 344	
	Pour le croisem ^t double 5° 1/2.	1 694	
		5 ^{re} ,200 à 85 ^f	412 00
4 ^{re} SABOTAGE ET POSE.	Sabotage des châssis. } Transport et pose, etc. }		200 00
<i>Total.</i>			2979 78
A ajouter les voies obliques entre le changement et le croisement double.			
	Rails 82 ^m pesant.	3075 ^b à 24 ^f	738 00
	Traverses sabotées.	26 à 9 ^f	234 00
	Pose.		82 00
<i>Total général.</i>			4033 78
A déduire les matériaux de la voie droite à l'emplacement du chan- gement et des croisements évalués à.			333 78
<i>Reste.</i>			3700 00

Voir ces changements dans le *Nouveau Portefeuille de l'ingénieur.*

RAPPORT

DE L'INGÉNIEUR PRINCIPAL DE LA PREMIÈRE DIVISION DES CHEMINS DE FER DE L'EST
RELATIF AUX CHANGEMENTS ET CROISEMENTS DE VOIE EN ACIER.

Des essais de changements et croisements de voies en acier fondu et en acier puddlé ont été faits à la gare de la Villette.

Un changement et un croisement de voie en acier fondu, expédiés de Graffenstaden, ont été posés, le 10 février 1856, sur la voie descendante, un peu après la traversée de voie, sur une partie très-fréquentée par les trains et les machines locomotives.

Ces deux appareils en acier fondu, en place depuis cent soixante-neuf jours, sont encore aujourd'hui en parfait état; ils n'ont eu besoin d'aucunes réparations, et l'on ne remarque qu'une légère usure régulière à leur surface, usure à peine visible.

Les pièces qui fatiguent le plus dans les appareils de voie sont les pattes de lièvre et les cœurs.

Les premières de ces pièces, faites en fer fort avec mise d'acier, durent environ six mois à l'emplacement sus-indiqué, et les secondes un peu plus du double. Les aiguilles ordinaires durent, en moyenne, dix-huit mois.

Dans les appareils expérimentés, comme nous venons de le dire, ces pièces, au bout de six mois environ, n'ont encore subi qu'une légère trace d'usure, à peine sensible.

Il y a tout lieu de croire qu'elles auront une durée bien plus grande que celle des pièces ordinaires, durée qu'on peut porter au moins au double sans crainte d'exagération.

Une traversée de voie en acier puddlé, confectionnée chez MM. Warral et Middleton, a été posée, le 20 mars 1856, sur la voie descendante, au-dessous du changement de voie sus-indiqué.

Cette traversée de voie est la partie la plus fatiguée dans toute la gare de la Villette; elle se trouve sur un point où le passage des trains et des machines de toute espèce est continu.

Avec beaucoup de réparations, l'on parvenait à faire durer cent vingt-neuf jours cet appareil de voie fabriqué en fer fort avec mise d'acier.

Les pièces en acier puddlé, d'après la date de pose ci-dessus, travaillant depuis cent vingt-huit jours à la même place, ne présentent aucunes traces sensibles d'altération ou d'usure; la surface du champignon ou des pointes de cœur est encore complètement intacte. Ces pièces auront donc une durée bien plus grande que les pièces ordinaires.

D'après ces expériences, le soussigné pense qu'il y aurait un bien grand

intérêt pour la Compagnie à faire tous ses changements et croisements de voies en acier fondu ou en acier puddlé.

En effet, si ces appareils coûtent un peu plus cher que ceux ordinaires en fer fort aciéré, cette augmentation de dépense d'établissement se trouve compensée, et largement au delà, par une durée que l'on peut dès aujourd'hui, sans exagération, porter au double, et par la diminution des frais continuels de réparations qu'occasionnent les pièces ordinaires; ils ont aussi un avantage d'une très-grande valeur sur celles-ci : c'est que, ne présentant qu'une usure régulière et très-lente, ils ne donnent pas lieu à des chocs sensibles dans le matériel roulant.

Voici les prix comparés de la partie métallique des changements et croisements de voie ordinaires avec des changements et croisements de voie en acier puddlé, en admettant que le prix des 100 kilogrammes de ce dernier soit de 55 fr.

CHANGEMENT ORDINAIRE AVEC FER FORT ACIÉRÉ.

1° A deux voies :

811 kil. 40 de fer fort, y compris l'aciérage, à 45 fr. les 100 kilog.	365 fr. 13 c.
Confection des pièces spéciales et coussinets en fonte.	500 "
TOTAL.	865 fr. 13 c.

2° A trois voies :

1,948 kil. 12 de fer fort aciéré, à 45 fr. les 100 kilog.	876 fr. 65 c.
Confection des pièces spéciales et coussinets en fonte.	1,030 "
TOTAL.	1,906 fr. 65 c.

CHANGEMENT DE VOIE EN ACIER PUDDLÉ.

1° A deux voies :

811 kil. 40 d'acier puddlé, à 55 fr. les 100 kilog.	446 fr. 27 c.
Confection des pièces spéciales et coussinets en fonte.	500 "
TOTAL.	946 fr. 27 c.

2° A trois voies :

1,948 kil. 12 d'acier puddlé, à 55 fr. les 100 kilog.	1,071 fr. 47 c.
Confection des pièces spéciales et coussinets en fonte.	1,030 "
TOTAL.	2,101 fr. 47 c.

Ainsi un changement à deux voies en acier puddlé coûterait.	946 fr. 27 c.
au lieu de.	865 13
qu'il coûterait en fer fort aciéré.	

Soit en plus.	81 fr. 14 c.
------------------------------	---------------------

RAPPORT RELATIF AUX CHANGEMENTS ET CROISEMENTS DE VOIE. 673

Et un changement à trois voies en acier puddlé coûterait. 2,101 fr. 47 c.
 au lieu de. 1,906 65
 qu'il coûterait en fer fort aciéré.

Soit en plus. 194 fr. 82 c.

En résumé, les changements de voie en acier puddlé coûteraient environ le dixième en sus en moyenne des changements en fer fort aciéré ; cette augmentation de prix serait faible en raison de la durée de ces appareils, durée qui est au moins le double de celle des autres, *pourvu que l'acier soit bien fabriqué*, condition difficile encore à obtenir.

Les dépenses de réparations pendant la durée de ces pièces seraient à peu près nulles, tandis qu'elles sont notables dans les changements de voie ordinaires.

Enfin ils auraient le grand avantage d'offrir un roulement plus doux au matériel de traction, en ce que les chocs seraient bien moindres.

PRIX

DU MÈTRE CARRÉ DES BATIMENTS DE PLUSIEURS CHEMINS DE FER.

Chemins de fer du Nord.

Bâtiments à 1 étage.	250 fr. .
Bâtiments à rez-de-chaussée.	150 .
Halles de marchandises.	58 .
Quais découverts.	8 .
Remises de voitures.	50 .
Par voiture.	1,550 .
Dépôt des locomotives, par machine.	12,000 .

Gare de Clermont-Ferrand.

Bâtiments à 1 étage.	213 fr. .
Bâtiments à rez-de-chaussée.	113 .
Bâtiments des voyageurs, en moyenne.	128 .
Halle couverte.	57 25
Trottoirs.	8 76
Halle aux marchandises.	61 58
Quais découverts.	9 30
Remises de voitures.	46 63
Par voiture.	1,370 .
Dépôt des locomotives.	66 13
Par machine.	12,476 .

Gare de Saint-Germain-des-Fossés.

Halle aux marchandises.	65 fr. .
Remises des voitures.	73 .
Par voiture.	2,191 .
Dépôt des locomotives, par machine.	14,000 .

Gare du Guélin.

Remise des voitures, par voiture.	1,437 fr. .
Dépôt des locomotives, par machine.	12,000 .

Stations d'Alsace (3^e classe).

Brumath, Vendenheim, Hochfelden, etc.	
Les bâtiments, en moyenne.	149 fr. .
Tout en maçonnerie et belle pierre de taille.	

Gare de Limoges.

Estimation :	
Halle couverte.	50 fr. .
Trottoirs des voyageurs.	15 .
Halles aux marchandises.	61 .
Quais découverts des marchandises.	8 .
Remises des voitures.	50 .
Dépôt des locomotives, par machine.	10,000 .

(Extrait des nouvelles annales de la construction.)

NOTE

SUR LES PRIX DE REVIENT DE DIVERS BATIMENTS, HALLES COUVERTES DE VOYAGEURS,
HALLES DE MARCHANDISES, ETC.

INDICATION DES BATIMENTS, ETC.	DIMENSIONS.		SURFACES.		PRIX DE REVIENT.		OBSERVATIONS.
	Longueur.	Largeur.	Partielles.	Totales.	Partielles.	Par mètre carré.	
	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	fr.	fr.	
Rotonde pour 14 locomotives, de 45 ^m ,00 de diamètre hors œuvre, à Epernay.....	"	"	"	1675,00	105 000	62 75	Y compris les fosses, mais sans pavage.
Id., à Nancy.....	"	"	"	Id.	90 000	55 30	Id.
Id., à Epernay.....	"	"	"	Id.	115 000	68 75	Y compris les fosses et le pa- vage.
Id., à Nancy.....	"	"	"	Id.	100 000	61 50	Id.
Id., à Epernay.....	"	"	"	Id.	146 000	88 35	Avec plaques tournantes, voies de fer.
Id., à Nancy.....	"	"	"	Id.	133 000	82 00	Id.
Nota. Dans les nouvelles rotondes à construire, on substituera aux colonnes en fonte à l'intérieur des poteaux en bois, et aux chéneaux des gouttières, ce qui apportera une réduction de 17 000 fr. sur la dépense totale; on aura donc, pour une rotonde à construire à Epernay, comprenant les plaques tournantes et les voies de fer.....					131 000	78 20	
Remise de locomotives en fer à cheval à la Villette..	"	"	"	1891,00	75 000	40 70	Avec fosses et sans pavage.
Diamètre extérieur..... 71 ^m	"	"	"	Id.	87 000	46 00	Avec fosses et pavage.
Diamètre intérieur..... 38 ^m	"	"	"	"	137 000	90 00	Avec plaque et voies.
Remise rectangulaire du locomotives à la Villette..	23	19	"	440,00	30 000	68 00	Avec fosses et sans pavage.
					33 000	75 00	Avec fosses et pavage.
					36 000	80 00	Avec fosses, pa- vage et voies de fer.
					48 000	40 00	Sans fosses ni voies de fer.
Remise pour 16 machines, à Bismes.....	"	"	"	"	68 000	37 00	Avec fosses, mais sans voies de fer.
					80 000	87 00	Avec fosses et voies de fer dans l'intérieur.
Remise de wagons à la Vil- lette.....	"	"	"	"	160 000	134 00	Avec fosses et voies de fer à l'in- térieur et à l'ex- térieur, et plaque.
					"	35 00	Sans voies de fer.
Bâtiment des voyageurs de la gare de Paris.....	"	"	"	4375,00	1 631 700	372 96	
Halle couverte de Paris.....	150	30 00	"	4500,00	270 000	60 00	
Id. de Strasbourg.....	102	34 00	"	3468 00	"	50 00	
Bâtiments Type n° 1.....	"	"	"	380,00	"	200 00	
des Id. n° 2.....	"	"	"	265,00	"	180 00	
voies Id. n° 3.....	"	"	"	219,00	"	175 00	
près Paris. Id. n° 4.....	"	"	"	151,00	"	175 00	

INDICATION DES BATIMENTS, ETC.	DIMENSIONS		SURFACES.		PRIX DE REVIENT.		OBSERVATIONS.
	longueur.	largeur.	Partielles.	Totales.	Partiels.	Par mètre carré.	
	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	fr.	fr.	
Lunéville.....	"	"	"	"	65 000	100 00	
Carrebourg.....	"	"	"	"	43 000	102 00	
Commercy.....	"	"	"	"	37 000	102 00	
Varangeville.....	"	"	"	"	35 000	103 00	
Blainville.....	"	"	"	"	25 000	102 00	
Halle à mar- chandises { Type n° 1....	5,50	17,50	"	96,25	"	32 00	Sans quai ni pavage.
{ Id. n° 2....	5,50	15,50	"	85,25	"	"	
{ Id. n° 3....	5,00	12,50	"	62,50	"	45 00	Avec quai et pavage.
Quai pour voyageurs.....	1,00	3,00	"	a 3,00	"	15	Le mètre courant avec le macadam en dépendant.
		4,00	"	4,00	"	m c.	
Quai pour marchandises....	1,00	5,00	"	5,00	"	de 75	Le mètre cou- rant avec le pavé en dépendant.
		6,50	"	b 6,50	"	à 100	
		8,00	"	8,00	"	m c.	
Pavillons de latrines. { Type n° 1.....	3,20	4,50	"	37,00	"	Prix	
{ Id. n° 2....	6,00	4,50	"	27,00	"	moyen	
{ Id. n° 3....	3,00	3,00	"	9,00	"	250 f.	
Type de l'Etat	3,00	5,70	"	45,60	4 000	87 70	Avec un second étage et cave.
Maisons de garde. { Type n° 1....	6,80	3,70	25,10	46,04	2 700	58 70	Dispositions spé- ciales, sans cave.
{ Id. n° 2....	3,80	3,60	20,88	51,85	3 200	61 70	Dispositions spé- ciales, sans cave.
{ Id. n° 3....	7,05	4,00	28,20	54,55	2 700	49 50	Avec un cellier et un four, sans cave.
{ Id. n° 3....	2,85	3,30	23,65	7,14	"	"	Pour les maçon- neries et la cou- verture, y com- pris cheminée.
Réservoir... rectangulaire.	8,70	4,70	"	41,00	10 250	250 00	Pr les maçonne- ries, sans couver- ture ni cheminée.
circulaire.....	6,00	"	"	60,00	13 000	200 00	
Bâtiments divers des ateliers de la Villette.	"	"	"	6500,00	246 465	38 00	Sans pavage ni voies.
Grande remise de voitures avec fenêtres en fonte....	"	"	"	1400,00	91 000	65 00	
Bâtiments pour ateliers.....	100,00	14,00	"	500,00	22 500	45 00	
Id. pour forges.....	50,00	10,00	"	240,00	60 000	250 00	
Id. pour logement de chef de dépôt....	24,00	10,00	"	48,00	13 000	250 00	
Id. pour pavillon de concierge.....	"	"	"	"	"	33 90	
Bâtiments divers des ateliers d'Épernay.	"	"	"	"	"	47 00	
Remise de voitures.....	100,00	20,00	"	2000,00	63 000	45 00	
Bâtiments pour forges.....	70,00	20,00	"	1400,00	"	43 00	Sans pavage ni voies.
Id. de chaudronnerie.	130,00	20,00	4080	6650,00	"	45 00	Bâtiment pri- mitif.
Id. pour atelier de montage.....	100,00	20,00	2000	3120,00	140 000	95 00	Avec un second étage, mais sans les distributions.
Id. pour tours et ajus- tages.....	130,00	24,00	"	"	"	"	
Deux pavillons avec maga- sin.....	40,00	24,00	960,00	1920,00	183 000	95 00	
Pavillon de concierge.....	40,00	24,00	960,00	"	"	100 00	
Hangar pour magasin à bois.	40,00	24,00	"	81,00	31 500	33 00	
Bûchers. { Type n° 1....	"	"	"	350,00	58 000	160 00	
{ Id. n° 2....	"	"	"	200,00	42 000	150 00	

ab. Ces prix seraient approximativement les mêmes pour une largeur un peu plus ou un peu moins grande. L'établissement des murs d'appui avec couronnement en pierre de taille, étant le même pour toutes les largeurs de quais, et formant la base de cette dépense de construction.

Pour se rendre un compte exact des prix donnés dans le tableau précédent, il est nécessaire de connaître les éléments de la série sur laquelle les travaux ont été exécutés.

Pour la rotonde d'Épernay, construite à peu près entièrement en meulière et pierre de taille, on a payé la maçonnerie de meulière de 20 à 21 francs le mètre cube; la charpente en chêne, 112 fr. 50 c.; celle en sapin, 90 francs; les légers ouvrages de maçonnerie, 3 fr. 20 c. le mètre superficiel; les colonnes en fonte, 50 francs le quintal métrique. La remise en fer à cheval de la Villette a été exécutée, en 1848, à des prix fort inférieurs. Elle n'a coûté réellement que 58,000 francs; mais le prix de 75,000 francs¹ que nous avons indiqué est celui que nous avons trouvé en appliquant une série de prix semblable à celle d'Épernay; le prix de cette remise est donc comparable à celui de la rotonde.

La remise rectangulaire de locomotives, à Blesme, a été construite à des prix de 6 à 7 pour 100 inférieurs à ceux de la série d'Épernay.

Les bâtiments de la gare de Paris ont été exécutés sur des séries de prix différant peu de la série de prix indiquée pour les travaux de la remise en fer à cheval de la gare de Strasbourg.

Pour établir les devis des maisons de garde, construites en grande partie dans des pays où les matériaux s'obtiennent à bon marché, on a employé une série dont les prix sont sensiblement plus faibles que ceux de la série d'Épernay. Ainsi, dans cette série, le mètre cube de mur en moellons est estimé 13 fr. 80 c.; le mètre cube de pierre de taille de roche, 55 fr. 20 c.; le mètre cube de charpente en chêne sans assemblage, 73 fr. 60 c.; de charpente en sapin assemblé, 55 fr. 20; le mètre superficiel de couverture en tuiles, 2 fr. 75 c.; le mètre superficiel de croisées en chêne, 8 fr. 50.

Pour les réservoirs, on trouvera plus loin un détail estimatif indiquant le prix élémentaire.

Les ateliers de la Villette ont été construits aux prix de la série Morel, pour 1853, pour la maçonnerie, diminués de 10 pour 100, et aux prix de la série d'Épernay pour la charpente.

Les prix de la série Morel ne diffèrent pas beaucoup des prix de la série d'Épernay; la couverture en zinc, établie dans un moment où le zinc avait considérablement augmenté de prix, a coûté 7 fr. 50 le mètre superficiel.

Tous les bâtiments d'Épernay ont été exécutés aux prix de la série ci-dessus mentionnée.

Les matériaux se trouvant en grande abondance aux environs de l'ar-le-Duc, la maçonnerie du buffet établi près de la station de cette ville a été

¹ La série de prix des ponts et chaussées pour les travaux auprès de Paris diffère peu de celle dont on s'est servi pour l'exécution des travaux d'Épernay. La charpente en chêne, toutefois, est cotée à Paris 132 fr. le mètre cube, et à Épernay 112 fr. Nous avons eu égard à cette différence.

exécutées à des prix très-faibles. C'est pourquoi on l'a construit presque entièrement en pierre de taille. A Château-Thierry, où les prix sont à peu près les mêmes qu'à Épernay, un buffet semblable à celui de Bar-le-Duc, établi en moellons, briques et pierres, coûterait 171 francs le mètre superficiel, au lieu de 157 francs.

Les bâtiments de stations ont généralement : 1° un bâtiment central composé d'un rez-de-chaussée élevé en partie sur cave et d'un premier étage sous comble, formant grenier au milieu; 2° de deux ailes élevées sur terre-plein, n'ayant qu'un rez-de-chaussée sous comble perdu. On compte que le bâtiment central coûte de 240 à 260 francs le mètre superficiel et les ailes de 130 à 175 francs; les prix des principaux ouvrages étant comptés comme suit :

Le mètre de briques pour massifs et murs, 45 francs; le mètre cube de moellons hourdé avec mortier de chaux et de sable, pour murs, 14 francs; le mètre cube de pierre de taille tendre, 60 francs; et de pierre dure, 90 francs; le mètre cube de bois de chêne assemblé brut pour planchers et pans de bois, 85 francs; de bois de sapin, 75 francs; le mètre superficiel de couverture en ardoise ou en tuile, de 3 fr. 75 à 4 francs; de couverture en zinc, n° 14, 6 fr.; les gros fers pour chaînes, tirants, harpons, etc., les 100 kilog. 55 francs. La peinture à l'huile, une couche, le mètre superficiel, 30 centimes; huile, deux couches, 55 centimes; huile, trois couches 75 centimes.

PRIX

DES DIFFÉRENTS TRAVAUX D'ART EXÉCUTÉS SUR LA LIGNE DE PARIS
A STRASBOURG.

Sur le chemin de Strasbourg, dans la partie comprise entre Paris et les bois de Meaux, 56 ponts et passerelles, sur ou sous routes et chemins, ont coûté 2580 664 francs, soit par pont environ.	46 083 fr.
7 ponts de 2 arches au plus sur cours d'eau ont coûté 654 921 francs, soit par pont.	93 560
26 ponceaux ou aqueducs, de 5 mètres d'ouverture au plus, ont coûté 311 165 francs, soit par ponceau ou aqueduc.	11 940
22 passages à niveau, la dépense ne comprenant que celle du pavage et des barrières, ont coûté 37 662 francs, soit par passage à niveau.	1 712
21 maisons de garde ont coûté 101 981 francs, soit par maison de garde.	4 856
3 grands ponts sur la Marne ont coûté 1 432 820 francs, soit par pont.	477 606
Sur le même chemin, entre Meaux et Château-Thierry, on a payé pour l'établissement de 72 ponts et passerelles sur ou sous routes et chemins, 1 275 157 francs, soit par unité.	17 710
10 ponts de 2 arches au plus sur cours d'eau, 309 945 francs, soit.	30 994
153 ponceaux, aqueducs, etc., de 6 mètres d'ouverture au plus, 749 083 francs, soit.	4 896
54 passages à niveau, la dépense ne comprenant que celle pour les barrières et pour le pavage, 48 039 francs, soit.	889
43 maisons de garde, 206 104 francs, soit.	4 769
12 grands ponts, 1 897 760 francs, soit par unité.	158 147
Le grand pont en maçonnerie d'Armentières, de 4 arches, long de 106 mètres 50 cent., 429 655 francs, soit par mètre. . .	4 034
Celui du Snussey, de 4 arches, long de 98 mètres 60 cent., 265 658 francs, soit par mètre.	2 694
Celui de Courcelles, 4 arches, long de 97 mètres, 280 000 fr., soit par mètre.	2 886
Celui de Nanteuil, 5 arches, long de 96 mètres 92 cent., 296 591 francs, soit par mètre.	3 060
Celui de Vitry, de 5 arches, long de 90 mètres 72 cent., 167 000 francs, soit par mètre.	1 840
Un grand pont suspendu sur la Marne et le chemin de fer à Dormans, long de 112 mètres, 105 278 francs, soit par mètre. .	935

Le prix élevé des ponts, passerelles et passages à niveau, sur la première partie du chemin de Strasbourg, comprise entre Paris et Meaux, tient à celui de la main-d'œuvre près de Paris, à l'importance de ces ouvrages, au passage des grandes routes dans le voisinage de la capitale.

Les maisons de gardes sont revenues à un prix considérable, par suite de leurs dimensions. Celles en construction aujourd'hui pour le chemin de Mulhouse, de la plus petite dimension, ne coûteront pas au delà de 2,700 francs, pourvu toutefois que les fondations ne présentent pas de grandes difficultés. (Voir le devis, plus loin.)

Pour qu'on puisse se rendre un compte plus exact des dépenses faites pour les ouvrages d'art, nous donnons un extrait de la série de prix adoptés pour l'exécution de ces ouvrages dans la première division du chemin de Strasbourg, avec les rabais faits sur ces devis.

Les prix, dans la seconde division, sont d'environ un cinquième plus faibles.

EXTRAIT

DES SÉRIES DE PRIX DE LA PREMIÈRE SECTION DU CHEMIN DE FER DE PARIS
A STRASBOURG.

NATURE DES MATÉRIAUX.	1 ^{er} LOT	2 ^e LOT	3 ^e LOT
	entre la rue Chabrol dans Paris et les fortifications.	entre la route impériale n° 34 à Chelles et Lagny.	entre Lagny et la tranchée d'Isles- lès-Villenoy.
Mètre cube de béton, compris emploi.....	fr. 21 82	fr. 12 76	fr. "
id. id. id. avec pouzzolane...	24 18	15 57	15 56
id. de maçonnerie de silex et mortier hydrau- lique pour fondations.....	22 21	12 69	14 77
id. de maçonnerie de silex et mortier hydrau- lique au-dessus des fondations.....	23 00	13 29	15 37
id. de maçonnerie de pierre de taille.....	111 83	107 31	94 47
id. de porres en silex ou meulière à joints in- certains.....	14 45	7 16	8 41
id. de porres en silex ou meulière par assises régliées.....	18 13	9 75	10 80
id. de maçonnerie de meulière, de 0-15 de queue moyenne, tout compris.....	"	"	40 78
id. de maçonnerie de meulière, de 0-50 de queue moyenne, tout compris.....	"	"	61 72
Mètre superficiel de parements vus de meulière amillée.	2 67	1 58	1 00
id. id. id. piquée.	12 90	11 25	10 59
id. id. de pierre de taille bou- chardée (droite)....	8 70	7 20	5 66
id. id. (courbe)....	17 40	14 40	11 29
id. de chape en béton avec couche de mortier hydraulique.....	3 10	3 25	2 60
id. de chape en bitume de 0-0 12 d'épais- seur.....	5 80	3 80	5 80
Mètre cube de bois de chêne neuf en grume pour pieux.	98 00	80 00	100 00
id. id. équarri.....	110 00	104 00	118 00
id. id. sans assemblages.....	126 44	113 13	123 35
id. id. avec assemblages et tra- vaillés sur les faces...	163 04	148 33	157 95
id. id. loné pour cintres en pre- mier emploi.....	83 47	65 14	86 31
id. id. en réemploi.....	14 80	13 84	11 18
Rabais des adjudications, à déduire des prix ci- dessus.....	7 fr. 10 p. 100	Rabais nul	5 fr. 60 p. 100

DEVIS ESTIMATIF

D'UN DISQUE SIGNAL PLACÉ A 1,000 MÈTRES.

SYSTÈME BATAILLE.

Prix du signal.	278 fr. » c.	
— de la manœuvre Robert.	182 »	} 515 fr
— de la lanterne.	55 »	
Fil de fer.	150 »	
Poulies de friction.	82 50	} 370 fr.
Piquets.	37 50	
Charpente.	70 »	
Pose.	50 »	
DÉPENSE TOTALE.	885 fr.	

EXTRAIT DU CAHIER DES CHARGES.

Chaque disque signal comprendra :

- 1° La colonne support en fonte, portant à sa base une crapaudine, et dans le chapeau un coussinet en bronze, pour le frottement de la tige des disques;
- 2° Le disque et sa tige;
- 3° Un levier fixé au bas de la tige du disque, et un levier de rappel avec contre-poids fixé à la colonne;
- 4° La lanterne, ses guides, et une tringle pour la monter ou la descendre;
- 5° Les appareils de manœuvre seront établis dans le système breveté de M. Robert.

Chaque appareil de manœuvre se composera des pièces suivantes :

- 1° Un tuyau en fonte de 1^m,50 de longueur, terminé à la partie supérieure par une bride, et recouvert par une plaque en fonte;
- 2° Deux supports en fonte se fixant au couvercle du tuyau;
- 3° Un tambour en fonte, son axe en fer, et une couronne d'entrée fixée à l'une des joues du tambour;
- 4° Un levier de manœuvre en fer articulé, mobile autour de l'axe du tambour, et muni d'une lentille en fonte;
- 5° Un contre-poids en fonte de 0^m,18 de diamètre et 0^m,40 de hauteur, avec tringle disposée pour permettre l'emploi d'un contre-poids de 0^m,60 de hauteur.

PRIX.

Le prix des pièces en fonte du disque et des appareils est de 50 cent. le kilogr.; des pièces en fer ou fonte, de 1 fr. 50 c.; le prix du disque ne pouvant dépasser 278 fr., celui de l'appareil 182; la lanterne est payée 55 fr.

TABLEAU

DES PRIX APPROXIMATIFS D'ÉTABLISSEMENT PAR MÈTRE CARRÉ

NATURE DES CONSTRUCTIONS.	1 ^{re} . GARES DE TÊTE DE LIGNE.		2 ^e . GARES D'EMBRANCHEMENT PRINCIPAL.		3 ^e . GARES DE TÊTE DE LIGNE.	
	PARIS et LA CHAPELLE.		AMIENS et LILLE.		DUNKERQUE et CALAIS.	
	Surface.	Prix par mètre superficiel.	Surface.	Prix par mètre superficiel.	Surface.	Prix par mètre superficiel.
	m.	fr. c.	m.	fr. c.	m.	fr. c.
* Bâtiment principal { des voyageurs. { des employés.	5000	300 »	5450	200 »	1300	200 »
* Halles couvertes.	6000	66 66	4200	71 43	1400	57 15
Marquises.	»	»	»	»	»	»
* Halles à marchandises.	12600	55 55	6240	56 10	1360	58 80
* Latrines.	»	»	»	»	»	»
* Dépôts { compris ateliers et maga- { sins.	14 278	126 10	4268	128 85	682	85 30
{ sans ateliers.	»	»	»	»	»	»
* Remises de wagons { avec ateliers { de réparations.	10 000	50 »	3321	82 80	»	»
{ sans ateliers.	»	»	»	»	»	45 »
Réservoirs.	160	200 »	160	200 »	160	200 »
Quais de voitures. { à 2 quais.	2000	8 »	2130	8	»	»
{ à 1 quai.	»	»	»	»	1000	»
Quais de voyageurs.	2200	8 »	2500	8	1000	»

* Paris, Amiens, Calais, Creil, Arras, Douai, Compiègne, Chaulny, Francouville, Saint-Julien, Boves, Armentières.
 * Lille, Calais, Douai, Saint-Quentin.
 * La Chapelle, Lille, Dunkerque.
 * Compiègne.
 * La Chapelle, Amiens, Dunkerque, Noyon.
 * La Chapelle, Amiens, Dunkerque, Hazebrouck.

SYNOPTIQUE

DES STATIONS DE LA COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER DU NORD.

1°. STATIONS N° 1.		2°. STATIONS N° 2.		3°. STATIONS N° 3.		4°. STATIONS N° 4.	
CREIL, AERAS, DOUAI.		Pontoise, Compiègne, Noyon, Chauny, Germont, Breteuil, Albert, Saint-Omer.		Franconville, Beaumont, Pont-Sainte- Maxence, Saint-Just, Achiet, Armentières, Bergues, Andrieux, etc.		Thouroutte, Apilly, Ourecamp, Roileux, Raulx, Vitry, Laforest, Perenchies, etc.	
Surface.	Prix par mètre superficiel.	Surface.	Prix par mètre superficiel.	Surface.	Prix par mètre superficiel.	Surface.	Prix par mètre superficiel.
m.	fr. c.	m.	fr. c.	m.	fr. c.	m.	fr. c.
680	150 "	145	172 "	102	100	84	100 "
	220 "	100	260 "	168	100	"	"
1000	55 "	"	"	"	"	"	"
"	"	210	47 60	105	47 60	"	"
880	56 80	520	57 70	320	62 50	"	"
40	250 "	36	139 "	30	83 "	"	"
"	"	"	"	"	"	"	"
375	93 33	187	96 25	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"	"	"
375	53 33	187	53 45	"	"	"	"
130	200 "	130	200 "	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"	"	"
1000	"	1000	"	"	"	"	"
1000	"	800	"	1150	"	1100	"

a. NOTA. Le prix moyen des quais pavés ou dallés est de 8 fr. par mètre.

DÉPENSE

ET DURÉE DE LA CONSTRUCTION DE QUELQUES TUNNELS. (EXTRAIT DE

NOMS DES TUNNELS.	LOCALITÉS.	DATES de l'ouverture des travaux.	Coûts de l'exécution.	Longueur totale.
Terre-Noire.	R. Lyon à Saint-Etienne..	1826	3	1500
Cumptich.	R. Louvain.	1835	2	925
Braine-le-Comte.	R. Belge.	"	"	641
Boratte.	R. Rhenan en Belgique. .	"	"	"
Kilsby.	R. Londres à Birmingham.	1834	4	2204
Bleekingley.	R. Londres à Douvres. . .	1840	2	1210
Saltwood.	Id.	1842	"	872
White-Hall.	R. Exeter.	"	"	"
Great-Western.	R. Great-Western.	"	"	"
Ratignolles.	R. Saint-Germain.	1837	1,6	333
Montretout.	R. Versailles.	1838	1,1	163
Saint-Cloud.	Id.	1837	1,3	604
Dix-huit-Tunnels.	R. Liège à Aix-la-Chapelle.	"	"	"
Rolleboise.	R. Rouen.	1841	2	2612
Roule.	Id.	1841	1,8	1720
Venables.	Id.	1841	1,8	265
Tourville.	Id.	1841	1,6	465
Sainte-Catherine.	R. de Havre.	1844	"	105
Rue Percée.	Id.	"	"	89
Boulingrin.	Id.	"	"	1460
Cimetière-Saint-Maur. . .	Id.	"	"	1134
Mont Riboudet.	Id.	"	"	360
Pissy-Poville.	Id.	"	"	220
Pissy-Poville.	Id.	"	"	300
Le Banage.	Id.	"	"	160

APPROXIMATIVE

OUVRAGE DE M. TONY FONTENAY, — *Construction des tunnels.*)

PROFONDEUR maxima des puits.	DÉPENSE approximative par mètre.	NATURE du TERRAIN.	OBSERVATIONS.
84	799	Schistes et grès houillers.	
29	850	Sable bouillant et argile, eau.	Ce tunnel s'est écroulé le 21 janvier 1845, sur 30 ^m de longueur, à 80 ^m de son origine.
"	1200	.....	Construit dans un sol difficile et revêtu de maçonnerie de brique, même au radier.
"	1700		
5)	3410	Terre, sable, beaucoup d'eau.	
28	1992	Argile bleue wealdienne, très-dure, sable avec beaucoup d'eau.	Le radier est revêtu en maçonnerie; ce tunnel a été construit à l'aide de 12 puits.
29	3664	Sable vert, beaucoup d'eau.	<i>Id.</i>
"	1451	.....	La largeur de chacun de ces tunnels est comprise entre 6 et 8 mètres.
"	2709	.....
18	2380	Gypse, sable marne, sans eau.	
10	2071	Marne, grès, sable bouillant, peu d'eau.	
"	2180	Marne verte, gypse, eau.	
"	1250	.....	Revêtus de une à quatre épaisseurs de briques.
87	1105	Craie dure et silex, peu d'eau.	
55	1105	Craie dure et silex, peu d'eau.	
30	1105	Peu d'eau, craie, argile et silex.	
32	1105	<i>Id.</i>	
131	1000 à 1200	Craie glauconneuse mélangée de bancs siliceux et de rognons de silex, beaucoup d'eau.	En courbe de 750 ^m de rayon sur la moitié de la longueur.
" 16	<i>Id.</i>	Même terrain, peu d'eau.	En courbe de 950 ^m de rayon.
21	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>	En courbe de 1600 ^m de rayon sur 500 ^m de long en rampe de 0 ^m ,00535.
27	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>	En rampe de 0 ^m ,00535.
26	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>	En courbe de 800 ^m de rayon et en rampe de 0 ^m ,0053.
66	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>	En rampe de 0 ^m ,005.
28	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>	En courbe de 1200 ^m de rayon et en rampe de 0 ^m ,005.
p. de puits.	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>	En courbe de 1000 ^m de rayon et en rayon de 0 ^m ,0055.

TABLEAU

DES DÉPENSES FAITES POUR L'ÉTABLISSEMENT

NOMS DES TUNNELS.	LONGUEUR.	TOTAL DES DÉPENSES		TERRAINS.				TERRASSE	
		POUR LE TUNNEL	PAR MÈTRE	DÉPENSE	SURFACE	PRIX	PRIX MOYEN	CUBE	DÉPENSE
		entier.	courant.	totale.	par mètre courant.	par mèt. superficiel.	par mètre courant.	total.	totale.
		fr. c.	fr. c.	fr. c.	m.	fr. c.	fr. c.	m.	fr. c.
Chalifert.....	168 50	408,052 59	2,421 56	2,581 50	35	0 44	15 52	15,658 67	40,633 45
Armentières..	656 00	1,058,579 07	1,583 90	335 85	10	0 05	0 34	53,276 80	245,846 15
Nanteuil.....	941 00	1,557,534 87	1,649 93	1,582 00	11	0 15	1 46	72,551 20	274,000 0
Chéry - l'Abbaye.....	472 80	1,054,925 83	2,285 61	934 75	10	0 05	0 52	40,589 58	106,805 15
Pagny - sur - Meuse.....	571 06	737,002 88	1,289 25	845 16	5	0 50	1 48	36,684 24	288,381 36
Foug... ..	1,121 97	1,566,824 50	1,396 49	29,685 00	52	0 84	26 16	70,798 90	485,255 31
Arschwiller..	2,678 26	2,584,742 00	965 08	"	"	"	"	155,116 00	1,095,052 80
Hoffmühl....	217 45	284,017 10	1,147 78	"	"	"	"	16,168 77	125,787 77
Lutzelbourg..	438 25	395,745 96	900 96	"	"	"	"	24,105 36	200,759 5
Ras-Rhin (1 ^{re})..	509 70	282,660 12	707 18	"	"	"	"	17,904 45	140,144 68
Ras-Rhin (2 ^e)..	495 20	564,890 50	739 84	"	"	"	"	19,554 69	179,546 21
Haut Barr....	505 70	252,454 50	831 20	575 08	0	0 20	1 89	14,086 62	121,51 89
Pilly.....	5,450 00	2,485,761 54	722 85	5,885 75	.....	.....	1 70	.....	505,622 54
Place de l'Europe (2 ^e)....	160 25	259,851 14	1,496 75	"	"	"	"	25,000 00	50,251 25
Montretout..	168 00	547,915 00	2,070 91	"	"	"	"	15,815 86	78,759 00
St-Cloud.....	504 00	1,098,720 00	2,180 00	"	"	"	"	35,864 80	298,0045
Pelleville....	1,125 00	1,196,588 85	1,065 46	11,250 00	.....	.....	10 00	70,890 95	220,120 00
Charonne....	1,020 00	1,134,876 76	1,109 78	10,200 00	.....	.....	10 00	88,806 02	546,546 45

Voir un second tableau indiquant la nature des terrains, les conditions prim.

INDICATIF

DE DIVERS SOCTERRAINS DES CHEMINS DE FER FRANÇAIS.

MENTS.			MAÇONNERIE.						BOISAGE (Étaisements, blindages, cintres.)		DÉPENSES DIVERSES. Puits, égouts, épuisements, mater., éclairage, secours, trav. à la journée, indemn., chem. de service, etc.	
CUBE par mètre courant.	PRIX par mètre cube.	PRIX MOYEN par mètre courant.	CUBE total.	DÉPENSE totale.	CUBE par mètre courant.	PRIX par mètre cube.	PRIX MOYEN par mètre courant.	DÉPENSE totale.	PRIX MOYEN par mètre courant.	DÉPENSE totale.	PRIX MOYEN par mètre courant.	
m.	fr. c.	fr. c.	m.	fr. c.	m.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	
92 81	2 60	241 15	7,261 43	163,212 27	43 09	22 48	968 62	161,535 89	968 67	40,069 18	257 80	
81 21	4 05	329 06	18,050 40	490,626 82	27 52	27 18	747 90	222,134 50	338 61	109,635 75	167 12	
76 86	3 78	290 89	25,764 00	677,800 00	27 29	26 31	718 01	298,700 00	316 42	505,052 87	325 25	
89 20	2 64	235 88	18,246 61	497,278 52	40 30	27 25	108623	335,008 63	739 86	95,596 60	211 12	
64 11	7 06	504 29	14,946 27	379,755 96	26 15	23 40	664 30	60,632 18	106 06	7,489 99	15 40	
63 10	6 85	432 48	26,424 21	597,096 92	23 55	22 60	532 19	124,026 31	110 54	330,780 96	294 82	
37 17	7 14	408 12	58,603 00	589,706 00	14 41	15 28	220 18	100,577 00	37 53	801,407 00	299 23	
65 54	7 78	808 34	5,546 49	96,573 44	22 41	17 41	390 27	14,750 35	59 61	46,905 54	189 26	
54 88	8 33	467 03	7,749 85	135,696 32	17 64	17 51	308 93	15,662 30	35 66	43,634 32	99 34	
44 79	7 83	350 82	5,660 55	114,399 96	14 16	20 21	286 21	21,366 29	53 46	6,749 20	16 89	
59 68	9 69	364 04	7,173 43	144,246 87	14 54	20 11	292 47	30,807 59	62 46	10,289 83	20 87	
46 58	8 63	400 13	5,408 32	96613 57	17 81	17 86	318 12	17,900 03	58 94	15,828 93	52 12	
.....	.....	146 56	58,001 78	879,454 60	11 02	23 13	254 91	220,784 65	64 00	882,014 20	255 06
145 53	2 18	315 58	5,066 02	127,169 90	31 01	25 11	795 57	35,150 00	219 32	27,279 88	170 23	
environs 82 23	5 70	468 68	5,713 80	143,228 75	34 01	25 08	852 90	64,424 41	583 48	61,462 84	365 85	
environs 71 16	5 80	412 70	13,357 00	397,190 44	26 50	29 74	788 08	189,675 44	376 34	303,849 87	602 88	
63 01	4 66	293 44	21,515 25	449,184 53	19 12	20 88	399 28	303,433 34	269 72	102,400 96	91 02	
87 06	5 57	510 34	20,657 42	425,093 31	20 23	20 50	414 80	294,600 75	288 82	87,536 25	85 82	

miles d'exécution, et les observations, à la suite, sur l'exécution du travail.

règles d'exécution, et les observations, à la suite, sur l'exécution du travail.

DES PRINCIPALES CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DE RIVERS

NOMS DES TUNNELS.	TERRAINS TRAVERSÉS	LONGUEUR en m. LES TÊTES
Chalifert.....	Marnes verdâtres légèrement aquifères s'éventant facilement et tombant par masses, reposant, vers la hauteur des naissances de la voûte, sur un banc de grès de 0-50 d'épaisseur; sable à la partie inférieure.	m. 466 58
Afmentières.....	Calcaire compacte, mélangé de marne et de sable, recouvert par une marne mêlée de couches de calcaire, de silex, de grès; glaise dans la voûte vers la tête Strasbourg.	654 00
Nanteuil.....	Marne compacte, exploitable à la poudre, mais augmentant facilement de volume au contact de l'air; couches de grès et de calcaire.	944 00
Chéry-l'Abbaye.....	Un quart de la longueur du tunnel est entièrement dans l'argile plastique, et le reste presque complètement dans le sable fin; le sommet de la voûte est partout dans l'argile et un peu au-dessous d'une masse de sable.	452 00
Pagny-sur-Meuse....	Calcaire marneux.	571 06
Foug.....	Marne oxfordienne homogène et compacte, pouvant s'exploiter à la poudre, et s'exfoliant à l'air.	1,121 57
Arschwiller.....	Roc vif de grès bigarré; minime quantité de terre sablonneuse.	2,578 26
Hoffmühl.....	Grès vosgien divisé en gros blocs par de nombreuses fentes.	247 45
Lutzembourg.....	Grès vosgien assez compacte.	459 25
Bas-Rhin (1 ^{re}).....	Grès vosgien désagrégé à la surface d'affleurement.	369 70
Bas-Rhin (2 ^e).....	<i>Idem.</i>	483 19
Haut-Darr.....	Grès bigarré à gros lances.	305 70
Billy.....	Craie compacte et craie fendillée, se taillant facilement; sables aquifères à quelques mètres au-dessus de l'extrados, près la tête Reims.	3,450 00
Place de l'Europe (2 ^e).....	Gypse, sable et marne.	160 25
Montretout.....	Marne et sable, carrières abandonnées sous le tunnel.	168 00
St-Cloud.....	Marne et gypse.	504 00
Belleville.....	Glaisses et marnes mélangées, masses de gypse.	1,125 00
Charonne.....	Carrières éboulées, glaisses, marnes, gypse; glaisses meulées, à la tête d'amont.	1,020 00

SYNOPTIQUE

689

SOUTERRAINS DES CHEMINS DE FER FRANÇAIS (ANNÉES 1837 A 1853).

LARGEUR entre LES PIÉDROITS (au niv. des rails)	HAUTEUR naturelle DE L'ENTRÉE (au-dessus des rails)	SECTION du TUNNEL (au-dessus des rails)	PUITS.		PARTIES revêtues EN MAÇONNERIE.	RADIÉ.	DURÉE de L'EXÉCUTION.
			NOMBRE.	PROFONDEUR ensemble.			
m.	m.	m. sup.		m.	m. linéaires.		
7 40	5 50	34 82	"	"	168 50 voûte et piédroits.	Néant.	18 mois.
7 40	5 50	34 82	1	?	656 00 id.	Id.	35 —
7 40	5 50	34 82	"	"	944 00 id.	Id.	41 —
7 40	5 50	34 82	"	"	452 80 id.	Id.	32 —
7 40	5 50	34 82	?	?	571 66 id.	Id.	33 —
7 40	5 50	34 82	2	66 17	1,121 97 id.	Id.	37 —
7 40	5 50	34 82 36 67 sui- vant les rayons de la voûte.	6 (83 ^m de souterrains faits à ciel ouvert.)	271 34	la voûte entière, et 5,678 ^m 00 de piédr.	Id.	95 —
7 40	5 50	34 82	"	"	la voûte entière, et 875 ^m 00 de piédr.	Id.	48 —
7 40	5 50	34 82	"	"	439 25 voûte et piédroits.	Id.	52 —
7 40	5 50	34 82	"	"	87 00 de voûte, et 16 00 de piédr. ensemble.	Id.	213 ans
7 40	5 50	35 82	"	"	98 00 de voûte, et 106 00 de piédr. ensemble.	Id.	115 —
7 40	5 50	34 82	"	"	109 00 de voûte, et 41 00 de piédr. ensemble.	Id.	115 —
7 40	5 85	37 56	11 dont tabouret, avant d'être achevés.	697 85	3,450 00 voûte et piédroits.	Id.	40 mois.
7 00 13 26	5 40 4 7 52	33 84 pour la plus pet. sect.	exécuté à ciel ouvert.		160 25 id.	Id.	9 —
7 00	6 00	38 21	3	27 00	168 00 id.	Id.	13 —
7 00	6 00	38 21	10	272 44	la voûte et les piédr. moins une surface de 860 mètres.	Id.	15 —
7 60	6 00	39 40	7	221 50	1,125 00 voûte et piédroits.	Id.	22 —
7 60	6 00	39 40	7 (70 mèl. courants de tun- nel exécutés à ciel ouv.)	envi- ron. 170 00	1,020 00 id.	Dans la partie de 70 ^m de long- faite après coup. la forme intérie- du souterr. est un ovoïde entiè- rement revêtu de maçonnerie.	22 —
7 00	6 05	40 94 à ciel ouvert.					

SOUTERRAINS

PARTICULARITÉS D'EXÉCUTION.

CHALIVERT. — On a commencé par les piédroits; le déblai de l'emplacement de la voûte a été entrepris à la fois par le milieu et par les extrémités du tunnel, en sorte que l'on a toujours eu quatre points d'attaque sans puits.

Un éboulement est survenu dans la partie centrale par suite d'une interruption subite des travaux.

Les piédroits et la voûte sont enveloppés par un blocage en pierres sèches de 0^m,90 d'épaisseur uniforme.

Aucun ouvrage d'assainissement contre les infiltrations n'a été nécessaire.

ARMENTIÈRES. — On a commencé par établir la voûte et terminé par les piédroits.

Un seul puits a été creusé pour activer le déblai.

Exécution en régie.

NANTEUIL. — Voûte construite avant les piédroits.

Un très-grand éboulement, occasionné par la présence d'une source, a tenu dix-neuf hommes enfermés pendant dix jours; trois mineurs ont été surpris par un autre éboulement moins important.

Exécution en régie.

CAÉZY. — On a fait les piédroits, puis la voûte.

Fouille difficile; blindage exigeant de grandes précautions.

Plusieurs fois la couche d'argile formant ciel a été rompue, et les chantiers se sont trouvés envahis par des avalanches de boue liquide.

Les fondations, descendues sous l'argile, ont, en certains points, 4^m,25 de profondeur.

PAGNY. — Les puits faits provisoirement et seulement pour des travaux d'essai n'ont pas servi pour l'exécution définitive: tous les déblais sont sortis par les deux têtes.

Les suintements n'ont pas été considérables pendant l'exécution de la voûte, et c'est seulement lors de la fondation des piédroits que les eaux sont arrivées avec abondance.

FORC. — La voûte a été faite d'abord, les piédroits ensuite.

La veine d'eau a été faible dans les puits, et n'a exigé qu'une dépense peu considérable; mais on a rencontré dans la galerie d'entrée les sources qui faisaient tourner un moulin du voisinage.

Les travaux ont été exécutés à l'entreprise moyennant un forfait par mètre courant de tunnel, avec augmentation et diminution de prix déterminées à l'avance pour les augmentations ou réductions d'épaisseur qui pourraient être apportées aux maçonneries, pour construction de chape, etc. Ce marché s'est trouvé généralement favorable à l'entrepreneur.

ANSCWILLER. — Le tunnel du chemin de fer est contigu au tunnel du canal de la Marne au Rhin; il passe sous ce canal, après s'en être tenu à une distance de 14 à 15 mètres, mesurée d'axe en axe, dans la partie souterraine.

Les puits et la galerie centrale du tunnel du canal ont été utilisés pour les travaux du tunnel du chemin de fer, dont on a atteint l'emplacement par quatorze galeries transversales.

Ventilation par des appareils à force centrifuge.

La voûte a été construite d'abord; l'intrados est en portions d'arc de cercles, combinées de manière à laisser la plus grande hauteur possible aux piédroits dans le roc naturel.

Les travaux ont été exécutés entièrement en régie.

HOFFMUEHL. — Axe en courbe de 800 mètres de rayon.

Ouvert dans un promontoire de grès disloqué par une foule de ruptures, ce tunnel a exigé de grandes précautions pour prévenir les éboulements.

LUTZELBOURG. — Moitié de la longueur de ce tunnel est en courbe de 800 mètres de rayon.

Terrain moins disloqué que dans le tunnel précédent.

1^{er} DU BAS-RHIN. — Partie de l'axe est en courbe de 800 mètres de rayon.

Voûte faite avant les piédroits.

2^e DU BAS-RHIN. — On a commencé par la voûte.

HAUT-BARR. — On a commencé par la voûte.

RILLY. — Travaux préparatoires faits en régie: chemins de service sur plus de 7 kilomètres de développement; puits; galerie d'écoulement et d'alignement sur toute la longueur du tunnel.

A la suite, adjudication des travaux en deux lots.

Les boisages et les maçonneries ont dû être plus considérables dans la craie fendillée que dans la craie compacte.

Chaque puits se composait de deux compartiments ayant 2^m × 2^m l'un; dans les sables aquifères, cuvelage en fonte.

Les eaux du tunnel et des puits ont été évacuées par la galerie d'écoulement sans épuisements.

Les piédroits ont été faits après la voûte.

2^e DE LA PLACE DE L'EUROPE. — Les moindres dimensions de largeur, de hauteur, et par conséquent de vide, s'appliquent à une longueur de 113^m,91; le surplus est composé de trois voûtes de dimensions croissantes, placées bout à bout. — Exécution à ciel ouvert.

MONTREPOUT. — Axe en courbe de 800 mètres de rayon.

Consolidation de galeries d'anciennes carrières affaissées sous les piédroits.

Mauvaise disposition des puits placés sur l'axe même du tunnel.

Maçonnerie maigre de moellons pour le remplissage des vides causés par des éboulements de sable vers les reins de la voûte.

Voûte exécutée avant les piédroits.

SAINT-CLOUD. — Sources considérables dans un puits seulement.

Piédroits construits après la voûte.

BELLEVILLE. — Les puits ont été abandonnés aussitôt après le percement de la petite galerie sur toute sa longueur.

On a pu faire écouler sans épuisements les eaux de sources, en les dirigeant vers des cavités ou des fentes de la masse gypseuse.

CHARONNE. — Traversée difficile d'anciens cavages de carrières abandonnées (plus ou moins complètement remblayées), sur 100 mètres de longueur; nombreux éboulements, entonnoirs à la surface du sol.

Les eaux données par les éboulements ont été perdues en partie dans la galerie; des épuisements ont été faits dans les cavages supérieurs pour empêcher l'afflux de l'eau.

Des éboulements très-importants étant survenus dans les glaises mouillées de la tête d'amont, six mois après la mise en exploitation du chemin de fer, le tunnel a dû être prolongé de 70 mètres à ciel ouvert, sans modifier la marche des trains de marchandises; cette seconde partie a coûté $\frac{1}{3}$ en plus (par mètre courant) que la première partie du tunnel.

PRIX MOYENS APPROXIMATIFS

DES DIFFÉRENTS MATÉRIAUX ET MAIN-D'ŒUVRE APPLICABLES AUX TRAVAUX D'ART
DES CHEMINS SUISSES¹.

NATURE D'UNITÉS.	PRIX.
	fr. cent.
Maçonnerie de pierre de taille pour couronnement et parapets, de.	60 » à 75 »
Maçonnerie de fondations.	15 »
— de moellons à 1 parement.	17 »
— — à 2 parements.	31 »
— — pour voûte de 0 ^m ,60 de queue.	55 »
— de béton.	18 50
— de libage.	45 »
Mètre sup. de taille de parements vus.	2 » à 3 »
Mètre cube de bois de chêne équarri, en place.	74 »
— — — pour madriers.	67 »
— — — de sapin équarri.	43 »
— — — pour madriers.	37 »
Fonte, pour poutres, plaques, tuyaux, les 100 kil.	40 »
Fer forgé et laminé.	70 » à 88 »
Journée de terrassier.	1 60 à 2 »
— maçon.	2 » à 3 »
— charpentier.	2 » à 3 50
— mineur.	2 50 à 4 »

Le prix du levage et des échafaudages pour les travaux a été de 7,000 fr. pour les ponts n^{os} 1 et 2 du tableau; de 3,500 fr. pour le n^o 8; 9,000 fr. pour le n^o 9; 5,500 fr. pour le n^o 10; 80,000 fr. pour le n^o 11; 9,000 fr. pour le n^o 12. — Le n^o 13 a été exécuté en régie; le prix du fer a été de 73 fr. 50 c. les 100 kil. — Les n^{os} 4, 5, 6 et 7 ont coûté 68 fr. 50 c., 73 fr., 79 fr. 50 c. et 79 fr. 50 c. pour prix moyen d'exécution du tablier.

Le pesage des plaques de support sur la pile a été fait aux frais de l'administration.

La fourniture et la pose du platelage et des traverses et longuerines (bois aussi en général) également aux frais de l'administration.

La fourniture de gros fer pour chaînes, tirants, etc., a été faite par l'entrepreneur; celle des rails pour voies provisoires par l'administration.

¹ Voir, derrière, le tableau.

TABEAU DES DIMENSIONS
POUR LA CONSTRUCTION DES PONTS ET PASSAGES DE

LOCALITÉS.	SYSTÈME des PONTS.	INGÉNIEURS.	OUVERTURES.	TRAVÈS.	HAUTEUR DES RAILS au-dessus des rails moyens.	POIDS DU TABLIER		
						Ponts.	Per.	Transvers.
Chemin central, ligne de Bâle à Olten, pont sur la Birs, près Bâle.	Pont en treillage, voie au milieu des poutres.	J. Mérian.	76,80	24,00	10,80	26,100	98,500	1214
Sur la Frenche, à Lies- tal.	Idem.	Le même.	54,24	16,80	15,00	14,300	61,500	721
Viaduc de la vallée de Rümlingen.	Pont en pierre, arc plein cintre, rampe de 1 ^m , 48, et courbe de 700 ^m de rayon.	W. Frenzel.	127,45	13,50	24,60	.	.	.
Sur l'Aare, à Olten.	Pontentôle, en pente de 1 ^m , 88.	Le même.	103,50	31,50	.	25,000	289,000	1128
Chemin d'Olten-Berne, sur la Wigger, à Aar- bourg.	Treillage, voie entre deux poutres avec deux ouvertures.	Le même.	50,40	.	7,30	13,750	74,800	721
Sur la Pfaffnesn, à Nie- derwyl.	Idem, avec une ou- verture.	Le même.	24,00	.	9,00	7,350	588,000	814
Sur la Murg, à Murgthal.	Idem.	A. de Muralt.	24,00	.	11,40	7,350	588,000	814
Sur la grande Emme, à Burgdorf.	Treillage, deux voies, trois ouvertures.	M. Bury.	81,60	24,00 28,80	4,80	20,900	118,000	1214
Sur la vallée de Wor- blaufen, à Berne.	Idem.	G. Graenicher.	81,60	21,00 26,80	50,00	20,900	118,000	1214
Chemin de Hertzogenba- chsee à Biel, sur la gr. Emme, à Derendingen.	Treillage, trois ou- vertures, une simple voie.	O. Zschokke.	81,60	24,00 28,80	4,20	20,900	118,000	1214
Sur l'Aare, à Berne.	Treill., rails en des- sus, voie charretière en dessous, 3 ouv., 3 ponts en tôle à ses côtés pour voitures.	G. Graenicher.	164,40 18,00	50,00 57,30 9,00	43,50 5,10	65,000 6,750	892,250 42,600	1128
Aare à Solothurn.	Treillage, trois ou- vertures, une simple voie.	O. Zschokke.	93,80	28,80 21,20	9,60	25,000	140,500	1128
Chemin Olten-Lucerne, petite Emme, à Em- menbrücke.	Idem, mais avec qua- tre ouvertures.	Le même.	112,50	24,00 28,80	5,10	28,000	161,300	1128
Chemin de St-Gall, vi- duc de la vallée de Gol- dach.	Pont de pierre, arc plein cintre, 8 ouv. en rampe de 1,80, et courbe avec 4 ouv. de 500 ^m de rayon.	Le même.	77,10	13,50	26,40	.	.	.
Sur la Sitter, à St-Gall.	Pont en treillage avec trois piles en fonte.	A. Hartmann. C. Pestalozzi.	160,00	38,40 36,24	62,43	111,000	251,800	1128
Sur la Thur, à Wyl.	Idem.	A. Hartmann, C. Schlichli- groll.	136,02	33,60 28,80	19,11	12,300	200,650	1214
Sur la Glatt, à Flawyl.	Idem, avec deux pi- les en fonte.	Les mêmes.	100,62	36,00 28,80	30,33	9,800	201,000	1128

* Voir à la page précédente les prix moyens approximatifs de la main-d'œuvre et des matériaux

PRINCIPALES ET DES DÉPENSES

695

VALLÉES DES CHEMINS DE FER SUISSES (PAR ETTEL)¹.

PER. Par mètre courant.	SYSTÈME des FONDACTIONS.	MATÉRIAUX.	FONDACTIONS.	MAÇONNERIES.	TABLIERS DE FER.	ENSEMBLE.	PAR MÈTRE courant.	TEMPS employé pour la construction.	OBSERVATIONS.
Mét. q. de cube. 1,574	Béton avec encaissement.	"	77,458	73,930	84,286	235,674	Tabl. fonte pour 1 v. 1,084 20	Juillet 1853 à oct. 1851.	Pont disposé pour 2 voies.
1,350	Culée comme ci dessus, pile, grillage.	"	1,813	37,568	53,648	93,028	Idem. 955 26	Janvier 1851 à oct. 1854.	Idem.
"	Double assise de pierre de t., sur fond solide, gravier mêlé d'arg.	Calcaire jurassique muschelkalk.	"	"	"	343,334	2,693 33	Juillet 1854 à oct. 1856.	Idem.
2 voies. 3,980	Culées (béton avec encaissement), piles, encaissement et grillage.	"	69,898	231,104	299,000	600,000	Pour 2 voies. 2,888 88	Déc. 1854 à oct. 1856.	Le pont est disposé pour 3 voies. Le tablier en fer de ce pont a été exécuté en régie sous la direction de M. Rigenbach, à Olten.
1 voie. 1,670	Pierre de taille en roc, encaissement de béton.	"	20,130	39,820	64,896	124,840	Pour 1 v. 1,323 40	Juin 1855 à sept. 1856.	Même observation pour le tablier.
1,732	Béton avec gravier et béton avec encaissement.	"	8,100	25,250	36,760	65,080	1,266 70	Oct. 1855 à sept. 1856.	Idem.
1,732	Pierre de taille en roc.	"	3,146	56,189	33,760	73,095	1,266 70	Juin 1855 à sept. 1856.	Idem.
1,650	Culée, béton avec encaissement garni de pieux, pile, grillage.	"	73,383	36,685	102,000	212,010	1,210 83	Avril 1855 à mars 1856.	"
1,650	Pierre de taille sur roc.	"	900	109,150	102,180	212,200	1,212 80	Mai 1855 à mars 1857.	"
1,650	Culée, encaissement de béton, piles, grillage.	"	78,852	52,380	102,000	213,242	1,210 83	Oct. 1855 à mars 1857.	Voie en dessous entre les poutres.
2 voies. 5,093 2 voies. 1,852	Culées, pierre de taille sur gravier argileux, piles sur rocher.	"	22,400	228,000	853,200	Pour 2 voies. 1,103,600	Pour 2 v. 4,308 16 1,422 66	Commencé en mai 1856.	"
1,720	Culée, grillage, pile, encaissement de béton sur grill.	"	158,590	75,840	121,500	355,860	1,262 46	Avril 1856 à mai 1857.	Voie au milieu des poutres.
1,640	Culée, encaissement de béton, piles, grillage.	"	81,300	43,000	139,200	263,500	1,305 83	En exécution.	Idem.
"	Pierre de taille sur rocher.	Moellons de grès.	"	"	"	286,581	2,785 00	Oct. 1854 à juin 1856.	Dépense d'échafaudage, 30,670 fr. garde-corps, 7,000 f.
2,125	Pierre de taille sur rocher.	"	34,369	1 49,81	1 les col. 725,460	909,640	T. fer. 1 v. 1,904 93	Oct. 1853 à mars 1856.	Hauteur des colonnes, 47,19.
1,526	Pierre de taille sur rocher, en gravier solide.	"	28,898	85,537	Idem. 294,504	408,939	Idem. 1,365 13	Août 1854 à oct. 1855.	Hauteur des colonnes, 14,87.
2,020	Pierre de taille sur rocher.	"	14,775	52,177	275,869	342,821	Idem. 1,542 40	Oct. 1853 à janv. 1856.	Hauteur des colonnes, 23,61.

TABLEAU

DU PRIX DE REVIENT DES VIADUCS

NOMS des VIADUCS.	DÉPENSE TOTALE.	PRIX DE REVIENT par MÉT. SUPERFICIEL (surface vue, vides et pleins).		PRIX du MÈTRE CUBE (en œuvre).		NATURE DES MATÉRIAUX.	RAPPORT DU CUBE MOELLONS, MOELLONS OU BRIQUES AU CUBE DE LA PIERRE DE 1 ^{re} .	PRIX de LA FOURNÉE.			
		FONDACTIONS comptées.	FONDACTIONS non comptées.	DE MOELLONS OU BRIQUES.	DE PIERRE de taille.			MAÇON.	CHARPENTIER.	MANŒUVRE.	CUBE AU CUBE DE LA PIERRE DE 1 ^{re} à compter de l'étiage
		fr.	fr.	fr.	fr.						
Nogent-s.-Marne.	2,347,578 29	178 95	142 00	54 80 44 60 21 35	115 20 81 75	Pierre de taille d'Euville. Id. de St-Di- zier. Meulière de parement. Id. de rem- plissage. Moellon de remplissage.	5 16 4 20	5 50	5 25	7 75	
Pont de Nogent ¹ .	3,019,868 58	480 90	291 65	"	"	"	5 68	"	"	"	"
Viaducs et pont réunis ²	5,367,446 65	276 75	190 45	"	"	"	5 35	"	"	"	"
La Voulzie.....	2,396,400 00	255 93	150 00	36 16	109 90	Pierre de taille. Moellons.	6 68 4 20	5 50	5 25	8	"
Chaumont ³	5,691,587 22	259 00	236 00	76 00	187 00	Id.	17 00 8 09	10 50	6 26	15 6	"
Du Salou ⁴	807,154 00	160 78	110 03	35 13 62 18 18 07	72 37 " " "	Pierre de taille. Moellons. Libages. Remplissage.	6 73 4 50	5 50	5 25	"	"
Des Joux.....	565,222 00	150 67	108 40	"	"	Id.	6 82	"	"	"	"
De Hortes.....	618,285 00	145 42	78 19 ⁵	"	"	Id.	7 46	"	"	"	"
De l'Amance.....	226,600 00	507 46	124 76	"	"	Id.	7 97	"	"	"	"
De la Lague ⁶ ...	1,508,000 00	177 10	130 47	32 73	76 80	Pierre de taille. Moellons. Briques.	12 707 5	5 50	2 50	8	"
Du Rœschach ⁷ ..	1,160,000 00	132 44	148 50	37 16	78 10	Id.	12 260 5	5 50	2 50	8	"
De Saint-Maurice (Vincennes).....	571,720 00	127 59	114 10	65 40 33 90 15 30	130 35 " " "	Pierre d'Euville, Meulière pi- quée. Moellon piq., Id. de rem- plissage.	8 547 4 50	5 50	5 45	8	"

(a) Au-dessus de l'étiage de la Marne.

Voir, dans le Nouveau Portefeuille de l'ingénieur, les détails de ces viaducs.

INDICATIF

CONSTRUITS SUR LES CHEMINS DE L'EST.

LONGUEUR.	FORME DES ARCHES.	NOMBRE D'ARCHES.	OUVERTURE DES ARCHES.	HAUTEUR		ÉPAISSEUR MOYENNE des piles.	RAPPORT DU PLAIN AU VIDE au-dessus du sol.	DURÉE DE L'EXÉCUTION	NOMS des INGÉNIEURS.	OBSERVATIONS.
				MOYENNE (vue).	MAXIMA (vue).					
7 575	Pl. cin-tre.	30	15 00	21 961	29 00 ^a	5 00 ^b 4 00 ^c	0 62	50	Vuigner, ing. en chef pour tous les viaducs, excepté celui de Chaumont.	¹ Les prix des matériaux et des journées sont les mêmes qu'au viaduc. ² Même observation.
0 50	Id.	4	50 00	29 00	29 00	6 00 ^b 9 25 ^c	0 82	50	C. Meygret, ing. principal. Puyette, ing. ordinaire.	³ Les prix de 76 fr. et 187 fr. comprennent la taille des parements vus. Le prix de 76 fr. est le prix moyen de toutes les maçonneries de parements et de remplissage différentes de la maçonnerie de pierre de taille. Le prix élevé du viaduc de Chaumont tient à la grande hauteur de cet ouvrage et à l'excessive rapidité de l'exécution, rapidité qui a donné lieu à un accroissement considérable de la main-d'œuvre, et à beaucoup de travaux de nuit.
7 875	Id.	50 et 4	15 00 et 50 00	25 45	29 00	5 00 ^b 4 00 ^c 6 00 ^b 9 25 ^c	0 68	50		Le prix du moellon piqué, et surtout celui de la pierre de taille, sont énormes. Cela tient en même temps au prix de la main-d'œuvre, et aux petites dimensions des matériaux, ce qui a nécessité des frais exceptionnels pour la taille. Ce prix élevé est jusqu'à un certain point compensé par le rapport remarquablement faible du plein au vide.
7	Id.	42	9	19 18	20 13	1 60 ^b 2 60 ^c	0 62	20	C. Meygret, ing. principal. Siben, ing. ordinaire.	
0 00	Id.	51	10 00	37 00	50 00	2 05 ^b 4 05 ^c	0 30	15	Zeiller, ing. en ch. Decomble, ing. ordinaire.	
3 00	Pl. cin-tre.	15	10 00	22 81	28 45	2 20 ^b 2 20 ^c	0 65	19		
1 00	Pl. cin-tre.	8	11 00	17 82	21 31	2 20 ^b 2	0 70	18	Larivière, ingénieur principal. Masson, ing. ordinaire.	⁴ Les prix de main-d'œuvre, de matériaux, sont les mêmes pour les quatre viaducs.
1 00	Id.	12	15 00	17 24	19 64	2 53 ^b 4 05 ^c	0 71	17		⁵ L'exiguïté relative des prix moyens obtenus pour le viaduc de Horta tient particulièrement à la faible hauteur des massifs engagés dans le sol. Cette hauteur ne dépasse pas en moyenne 2 ^m ,70, quand elle est, dans les ouvrages précédents, de 3 ^m ,50 et 6 ^m ,80.
1 00	Id.	1	7 00	11 27	14 36	1 875	1 27	11		⁶ Non compris le parapet.
55	Id.	43	15 de 8 60 à 25 00	17 27	23 70	1 86 ^b 4 50 ^c	1 984 ⁷	24	Fleur-Saint-Denis, ing. principal.	⁷ Le vide est plus grand que le plein.
65	Id.	53	8 60	16 52	18 44	1 84 ^b 4 46 ^c	1 771	18	Daigremont, ing. ordinaire.	⁸ Le garde-corps n'est pas compris dans la surface ni dans les prix moyens; il coûte environ 12,500 fr. pour le viaduc de la Lorgue, et 10,000 fr. pour celui de Bimbachel.
35	Id.	56	7 90	15 60	14 20	1 60	0 47	12	Bassompierre, ing. principal. Sappel, ing. ordinaire.	

.) Piles simples. (c) Piles culées.

CONDITIONS

D'ÉTABLISSEMENT ET PRIX DE REVIENT DE DIFFÉRENTS PONTS CONSTRUITS SUR LES CHEMINS DE FER WURTEMBERGEOIS.

DÉSIGNATION des PONTS.	SYSTÈMES.	OUVERTURE D'UNE TRAVÉE.	DIMENSIONS des PONTRENTÔLES ou en treillis.		POIDS DES MATÉRIAUX employés.		PRIX DE REVIENT					
			LONGUEUR.	HAUTEUR.	FER FORGÉ ou laminé.	PORTES.	de la PORTES.	de la CHAPELLE.	DU MATIF et de la couleuvre.	TOTAL de la super- structure.	fr. c.	PAR MÈTRE d'ouverture.
Pont sur la Schussen, près Weissenau....	Tôle, système tubulaire (de Faurst).	mètres. 23 50	mètres. 25 78	mètres. 1 78	kilog. 42,750	kilog. 1,650	fr. 630	fr. 873	fr. 1,399	fr. 33,529	1,511 45	
Pont sur l'Aach, près Niederbiegen.	En treillis.	17 88	21 48	1 83	26,300	3,780	1,442	948	1,123	23,535	1,317 36	
Pont sur la Schussen, près Autendorf....	En treillis.	16 04	17 56	1 63	20,950	950	563	617	1,152	19,119	1,129 61	
Pont sur le Bieber- bach, près Nord- heim.	Tôle.	9 64	11 17	0 97	10,350	350	134	362	275	8,674	889 48	
Pont sur le Eisenfur- terbach, près Au- tendorf.	Tôle.	8 45	9 31	1 52	5,000	1,890	721	158	244	4,919	582 15	
Pont à cinq travées, sur le Neckar, près Heilbronn.	Tôle.	7 16	8 31	0 72	6,050	470	180	182	191	5,628	788 01	
Pont de décharge, près Ebsen, sur le bassin autonoma- lie du Danube.	Tôle.	6 50	7 45	0 65	4,637	1,567	196	125	148	4,404	639 81	

NOTES

RELATIVES AUX FONDATIONS DE PILES EN RIVIÈRES A L'AIDE D'APPAREILS
A AIR COMPRIMÉ.

Application au pont de Mâcon.

	Quantités.	Prix du mètre.	Prix total.
Hauteur au-dessus de l'étiage. . .	10 ^m	1,611 fr. 50 c.	16,115 fr. » c.
Plus-value pour le béton avec ciment.			509 40
Partie cylindro-conique pour raccommodement.	1 ^m	1,023 20	1,023 20
Partie supérieure.	7 ^m	934 »	6,538 »
Ensemble.			24,185 fr. 60 c.
Somme complémentaire.			814 40
TOTAL.			25,000 fr. » c.
Pour une pile, trois colonnes à 25,000 fr. l'une.			75,000 fr. » c.
Plus pour la colonne d'amont (8,00) X (361 fr.) 2,888 fr., soit.			3,000 »
TOTAL.			78,000 fr. » c.
Pour les quatre piles (78,000 X 4).			312,000 »
Savoir : Fontes, 560,000 kilog. à 0,38 cent.			212,800 fr. » c.
Béton, 1,331,28.			41,222 40
Enfoncement des tubes, 120 à 400 fr.			48,000 »
			302,022 fr. 40 c.
Somme complémentaire, 814 fr. 40 c. X 12.			9,772 80
Pour concordance.			204 80
TOTAL PAREIL.			312,000 fr. » c.
La dépense réelle a été, y compris la réunion des tubes, de.			350,000 fr. » c.
Savoir : Fontes, 587,000 kilog. à 0,38 cent.			223,060 »
Boulons, 6,500 kilog. à 0,85 cent.			5,525 »
Entretoises, 20,000 kilog. à 0,85 cent.			17,000 »
Ensemble.			245,585 fr. » c.
Béton, enfoncement des tubes et divers.			104,415 »
TOTAL.			350,000 fr. » c.

RÉCAPITULATION PAR NATURE D'OUVRAGES.

1° Fontes.

Pour un tube :		
Poids, 2,650 k. (10 ^m), 26,300 k. Dépenses, 999,40 × 10. .	9,994 fr. » c.	
2,380.	904 40	
15,400.	5,852 »	
44,080 k.	16,750 fr. 40 c.	
Pour une pile :		
44,080 k. × 3 = 132,240 k.	50,251 20	
Plus pour tube d'amont :		
950 k. × 8 = 7,600.	2,888 »	
139,840 k., soit 140,000 k.	53,139 20	
Et pour quatre piles (140,000 × 4) 560,000 k.	212,800 fr. » c.	

2° Béton.

Béton pour tube, 7,07 × 10 = 70 ^m , 70 × 30 fr. = 212 fr. 10 c. × 10 = 2,121 fr. » c.		
Plus-value pour ciment.	509 40	
Béton. 5 ^m ,94 × 20 fr.	118 80	
— 4,90 × 7 = 34 ^m ,30 × 20 fr.	686 »	
Total pour un tube. . . 110 ^m ,94.	3,435 fr. 20 c.	
Pour une pile. . . 110,94 × 3 = 332,82	3,435,20 × 3 = 10,305 fr. 60 c.	
Et pour quatre piles. 332,82 × 4 = 1,331,28	10,305,60 × 4 = 41,222 40	

DÉPENSE D'ENFORCEMENT.

Pour un tube, 10 ^m à 400 fr.	4,000 fr. » c.	
Pour une pile, 30 ^m	12,000 »	
Pour quatre piles, 120 ^m	48,000 »	
	64,000 fr. » c.	

MAISON DE GARDIEN

DE PASSAGE A NIVEAU, TYPE N° 1.

AVANT MÈTRE.

DÉSIGNATION DES OUVRAGES, PARTIES D'OUVRAGES ET INDICATION DE LEUR NATURE.	NOMBRE de pièces ou parties semblables.	DIMENSIONS réduites.		SURFACES		HAUTEUR ou ÉPAISSEUR.	CUBES		POIDS.
		Longueur pour chacune ou ensemble.	Largeur.	auxiliaires.	définitives.		auxiliaires,	définitifs.	
§ 1. Terrassements.									
Déblais en rigole pour fondation jetés sur berge et transportés à la brouette à un relai.	1	27 34	0 80	"	"	0 32	6 999	7,359	"
Les murs en fondation. . .	1	7 20	0 25	"	"	0 20	0 360		"
La fouille du fournil. . . .	1	0 60	1 50	"	"	2 30		12,070	"
	1	1 75	0 50	"	"	0 40	0 350		"
La fouille pour massifs. . .	1	1 20	0 50	"	"	0 40	0 240	0,870	"
	1	1 00	0 70	"	"	0 40	0 280		"
Cube total des terrassements.								10299	"
§ 2. Maçonneries.									
1° Maçonnerie de moellons bruts hourdée en mortier de chaux hydraulique.									
Les murs en fondation. . .	1	27 34	0 80	"	"	0 32	6 999	7,359	"
	1	7 20	0 25	"	"	0 20	0 360		"
Les murs en élévation. . .	1	27 34	3 90	"	"	0 32	34120	36,856	"
	1	7 20	1 90	"	"	0 20	2 736		"
Les pignons.	2	5 45	0 55	"	"	0 32	1 918	2,188	"
	2	1 50	0 45	"	"	0 20	0 270		"
A déduire :								46403	"
Face latérale { baie. . . .	2	1 40	0 75	"	"	0 32	0 672	"	"
{ fausse baie	1	1 40	0 75	"	"	0 20	0 210	"	"
	2	1 40	0 75	"	"	0 32	0 672	"	"
	1	1 60	1 00	"	"	0 20	0 320	"	"
Face { baies.	1	2 00	0 65	"	"	0 32	0 416	"	"
	1	0 70	0 55	"	"	0 20	0 077	"	"
Face opposée. { pignon.	1	0 75	1 15	"	"	0 20	0 173	"	"
{ œil de bœuf. . . .	1	2 40	1 00	"	"	0 32	0 768	"	"
{ les encadrements des baies, ensemble. . . .	1	0 80	0 50	"	"	0 32	0 128	"	"
Total à déduire.		34 20	0 32	"	"	0 15	1 692	5,128	"
Reste.								41,275	"

Voir les dessins dans le Nouveau Portefeuille de l'ingénieur.]

DÉSIGNATION DES OUVRAGES, PARTIES D'OUVRAGES ET INDI- CATION DE LEUR NATURE.	NOMBRE de pièces ou parties semblables.	DIMENSIONS réduites.		SURFACES		HAUTEUR OU ÉPAISSEUR.	CUBES		POIDS.
		Longueur pour chacune ou ensemble.	Largeur.	auxiliaires.	définitives.		auxiliaires.	définitive.	
Report.								m. et 41,275	
A ajouter :									
La construction du four évaluée.	"	"	"	"	"	"		1,000	"
Les massifs au-dessous des marches.	1	1,75	0,60	"	"	0,30	0,263		
	1	1,20	0,50	"	"	0,30	0,180	0,653	"
	1	1,00	0,70	"	"	0,30	0,210		
Cube total de maçon- nerie de moellons et mortier hydraulique.	"	"	"	"	"	"	"	42,928	"
2° Maçonnerie de pierre de taille de roche.									
Marche de la porte princi- pale.	1	1,50	0,60	"	"	0,20	0,180	"	"
Les marches du fournil.	2	1,10	0,20	"	"	0,20	0,088	"	"
Trois autres marches.	3	0,80	0,20	"	"	0,20	0,096	"	"
Seuil de l'entrée du four.	1	0,70	0,20	"	"	0,15	0,021	"	"
Pierre d'évier.	1	1,00	0,60	"	"	0,15	0,090	"	"
Les encadrements au pour- tour des baies, ensem- ble.	"	34,20	0,32	"	"	0,15	1,642	"	"
Cube total de maçon- nerie de pierre de taille.	"	"	"	"	"	"	"	2,117	"
3° Taille de roche.									
Marche de la porte princi- pale.	1	"	"	0,90	"	"	"	"	"
Parement de tête.	"	2,70	0,20	0,51	"	"	"	"	"
Marches du fournil.	2	1,10	0,20	0,44	"	"	"	"	"
Parement de tête de fournil.	"	"	"	0,44	"	"	"	"	"
Dehors de marche.	3	0,80	0,20	0,48	"	"	"	"	"
Parement de tête.	"	"	"	0,48	"	"	"	"	"
Pierre d'évier.	1	1,00	0,80	0,80	"	"	"	"	"
Les encadrements des baies. ensemble.	"	34,20	0,62	21,20	"	"	"	"	"
Surface totale de taille.	"	"	"	"	25,28	"	"	"	"
4° Maçonnerie de briques réfractaires de 0,11.									
L'intérieur de la voûte du four.	1	1,40	2,00	2,80	"	"	"	"	"
L'âtre de la cheminée.	1	1,50	0,75	1,13	"	"	"	"	"
Surface totale de ma- çonnerie de briques.	"	"	"	"	3,93	"	"	"	"

DÉSIGNATION DES OUVRAGES, PARTIES D'OUVRAGES ET INDICATION DE LEUR NATURE.	NOMBRE de pièces ou parties semblables.	DIMENSIONS réduites.		SURFACES		HAUTEUR OU ÉPAISSEUR.	CUBES		POIDS.
		Longueur pour chacune ou ensemble.	Largeur.	auxiliaires.	définitives.		auxiliaires.	définitives.	
5° Carrelage en carreaux neufs du pays. Surface correspondante aux plafonds.	"	8,06	4 81	33,77	38,77	"	"	"	"
6° Légers ouvrages en plâtre. Les cloisons de distribu- tion en plâtras, hourdés en plâtre, lattes et ravalés des deux côtés de 0,10 d'é- paisseur compris renformis. Ensemble.	"	8,80	2,64	23,23	"	"	"	"	"
Plus-value de 1/10°	"	"	"	2,32	"	"	"	"	"
Total.	"	"	"	25,55	"	"	"	"	"
A déduire : 2 baies. . . .	2	2,00	0,70	2,80	"	"	"	"	"
Reste.	"	"	"	"	22,75	"	"	"	"
Les enduits intérieurs. En- semble.	"	25,74	2,64	67,95	"	"	"	"	"
Le surplus des enduits. . . .	"	7,60	2,60	19,76	"	"	"	"	"
Total.	"	"	"	87,71	"	"	"	"	"
A déduire : la surface des baies, etc.	"	"	"	16,28	"	"	"	"	"
Reste.	"	"	"	71,43	"	"	"	"	"
Soit 71,43 à 1/4 de légers.	"	"	"	"	17,86	"	"	"	"
Un tuyau de cheminée. . . .	1	4,00	1,00	"	4,00	"	"	"	"
Les tableaux des croisées compris feuillures et arêtes.	4	4,30	0,25	"	4,30	"	"	"	"
Les tableaux de l'œil-de- bœuf. Ensemble.	"	2,20	0,25	"	0,55	"	"	"	"
Les calfeutremets au pour- tour des croisées et châs- sis. Ensemble.	"	2,10	0,05	"	1,01	"	"	"	"
20 trous de scellements de pattes évaluées chacune 0,05	"	"	"	"	1,00	"	"	"	"
Tableau de la fausse baie. Ébrasement de la baie d'en- trée sur le pignon.	1	4,30	0,15	"	0,65	"	"	"	"
	1	5,40	0,25	"	1,35	"	"	"	"
A reporter.					53,47				

DÉSIGNATION DES OUVRAGES, PARTIES D'OUVRAGES ET INDI- CATION DE LEUR NATURE.	NOMBRE de pièces ou parties semblables.	DIMENSIONS réduites.		SURFACES		HAUTEUR ou ÉPAISSEUR.	CUBES		POIDS.
		Longueur pour chaque ou ensemble.	Largeur.	auxiliaires.	définitives.		auxiliaires.	définitives.	
<i>Report</i>					53,47				
Ébrasement de la baie sur le mur mitoyen.	1	4,65	0,25	"	1,16	"	"	"	"
Ébrasement de la baie sur le cellier.	1	4,20	0,20	"	0,84	"	"	"	"
Les calfeutrements au pour- tour des baies et huisse- ries. Ensemble	30	19,45	0,05	"	0,97	"	"	"	"
30 trous et scellements de pattes évalués chacun 0,05	30	"	"	"	1,50	"	"	"	"
La hotte de cheminée en pigeonnage, manteau, scellement, etc., évalués.	"	"	"	"	3,00	"	"	"	"
Les tableaux au pourtour de la baie du four. . . .	1	3,40	0,25	"	0,85	"	"	"	"
Les plafonds lattés et rava- lés. Ensemble	1	8,06	4,81	38,77	"	"	"	"	"
Ci à 60 pour 100 de légers.	"	"	"	"	23,26	"	"	"	"
Le plafond rampant du cel- lier.	1	3,80	2,	7,6	"	"	"	"	"
Ci à 60 pour 100 de légers.	"	"	"	"	4,56	"	"	"	"
L'aire du grenier, même surface que les plafonds (38,77) évaluée à 58 pour 100 de légers. . . .	"	"	"	"	22,49	"	"	"	"
Les crépis au mur du gre- nier évalués aux 17/00 de légers.	"	25,38	1,10	27,92	4,75	"	"	"	"
Les enduits extérieurs et crépis gobelés. Ensemble.	"	31,70	3,90	123,63	"	"	"	"	"
Les pignons surface. En- semble.	"	"	"	7,35	"	"	"	"	"
Ensemble.	"	"	"	130,98	"	"	"	"	"
A déduire :									
La surface des baies, comme pour les enduits intérieurs.	"	"	"	16,28	"	"	"	"	"
Reste	"	"	"	114,70	57,35	"	"	"	"
Évalués à 1/2 légers. . . .	"	"	"	"	"	"	"	"	"
6 trous et scellements de marches évalués à 0,25 de légers.	6	"	"	0,25	1,50	"	"	"	"
Fourniture, pose et scelle- ment de 2 intres en grès évalués chaque 1,50 . . .	2	"	"	1,50	3,00	"	"	"	"
<i>A reporter . . .</i>					178,70				

DÉSIGNATION DES OUVRAGES, PARTIES D'OUVRAGES ET INDICATION DE LEUR NATURE.	NOMBRE de pièces ou parties semblables	DIMENSIONS réduites.		SURFACES		HAUTEUR ou ÉPAISSEUR.	CUBES		POIDS.
		Longueur pour chacune ou ensemble	largeur.	auxiliaires.	définitives.		auxiliaires.	définitives.	
<i>Report</i>					178,70				
10 trous et scellements de poteaux de remplissages et entretoises.	10	"	"	0,10	1,00	"	"	"	"
4 forts trous et scellement de blochets et décharges.	4	"	"	0,25	1,00	"	"	"	"
Surface totale de légers.	"	"	"	"	18070	"	"	"	"
§ 3. Charpente.									
1° Chêne brut.									
Linteaux de baies.	7	1,75	0,20	"	"	0,20		0,490	"
2° Sapin neuf brut, assemblé.									
Arbalétrier.	1	5,60	0,10	"	"	0,16	0,090	"	"
Entrails.	2	3,85	0,05	"	"	0,16	0,062	"	"
Poinçon.	1	1,15	0,14	"	"	0,14	0,023	"	"
Jambes de force.	2	1,50	0,10	"	"	0,12	0,036	"	"
Blochets.	4	1,00	0,12	"	"	0,05	0,024	"	"
Cours de pannes.	2	9,50	0,10	"	"	0,16	0,304	"	"
Fattage.	1	9,50	0,14	"	"	0,20	0,266	"	"
Pannes à scellement.	4	0,75	0,10	"	"	0,20	0,060	"	"
Chevrans.	44	3,50	0,08	"	"	0,05	0,616	"	"
Solives de remplissage.	19	4,85	0,06	"	"	0,12	0,663	"	"
Cube total de charpente en sapin.	"	"	"	"	"	"	"	2,144	"
§ 4. Couverture.									
1° Couverture en tuiles neuves sur lattis neuf.									
Longs pans.	2	9,55	3,52	67,23	"	"	"	"	"
Appentis.	1	4,35	2,00	8,70	"	"	"	"	"
Surface totale.	"	"	"	"	76,93	"	"	"	"
2° Fattages en fatières neuves posées en plâtre.									
Ensemble.	"	9,55	"	"	"	"	"	"	"
3° Égouts.									
Égouts de 2 tuiles.	"	41,85	"	"	"	"	"	"	"
À reporter	"	"	"	"	"	"	"	"	"

DÉSIGNATION		NOMBRE de pièces ou parties semblables.	DIMENSIONS réduites.	SURFACES	RATEAU OU ÉPAISSEUR.	COTES	Poids.
DES OUVRAGES,			Longueur pour chaque ou ensemble.	Largeur.	auxiliaires.	définitives.	
PARTIES D'OUVRAGES ET INDI- CATION DE LEUR NATURE.						auxiliaires.	définitive.
Report	"	"	"	"	"	"	"
§ 6. Serrurerie.							
Ferrure de 4 croisées :							
Equerres simples entaillées de 0°, 16°	16	"	"	"	"	"	"
Fiches à boulons de 0°, 11°.	6	"	"	"	"	"	"
Poignées à pattes de 0°, 11°.	4	"	"	"	"	"	"
Verrons demi-placard de 0°, 33°.	8	"	"	"	"	"	"
Ferrure de la porte d'entrée principale.	"	"	"	"	"	"	"
Charnières en feuillures de 0°, 11°.	3	"	"	"	"	"	"
Serrure tour 1/2 à fouillot stérilé Bénarde de 0°, 14°.	1	"	"	"	"	"	"
Pattes à scellement pour l'œil-de-bœuf.	4	"	"	"	"	"	"
Porte du cellier :							
Charnières en feuillures de 0°, 11°.	3	"	"	"	"	"	"
Serrure à pêne dormant de 0°, 14°.	1	"	"	"	"	"	"
3 portes intérieures :							
Charnières en feuillures de 0°, 11°.	9	"	"	"	"	"	"
Serrure à pêne dormant et 1/2 tour.	3	"	"	"	"	"	"
4 paires de volets :							
Paumelles à gonds de 0°, 19°.	16	"	"	"	"	"	"
Crochets.	4	"	"	"	"	"	"
Loqueteaux.	4	"	"	"	"	"	"
Poignées.	4	"	"	"	"	"	"
Volet de la porte d'entrée :							
Pannetons à agrafes.	2	"	"	"	"	"	"
Contre-pannetons.. . . .	2	"	"	"	"	"	"
Boulons et clavettes.	2	"	"	"	"	"	"
Rosettes entaillées.	4	"	"	"	"	"	"
Poignées à olive.	2	"	"	"	"	"	"
Porte du four en tôle.	1	"	"	"	"	"	"
Rapointis et clous à bateaux.	"	"	"	"	"	"	"

DÉSIGNATION DES OUVRAGES, PARTIES D'OUVRAGES ET INDICATION DE LEUR NATURE.	NOMBRE de pièces ou parties semblables.	DIMENSIONS réduites.		SURFACES		HAUTEUR OU ÉPAISSEUR.	CUBES		POIDS.
		longueur pour chacune ou ensemble.	Largeur.	auxiliaires.	définitives.		auxiliaires.	définitives.	
<i>Report</i>	"	"	"	"	"	"	"	"	la
Patte à scellement.	40	"	"	"	"	"	"	"	"
Fonte pour plaque de contre-cœur	"	"	"	"	"	"	"	"	25
§ 7. Peinture et vitrerie.									
Peinture à l'huile, 3 couches rebouchées :									
Les 4 croisées (3 faces)	4 × 2	"	"	1,55	12,40	"	"	"	"
Châssis de l'œil-de-bœuf évalué					1,00	"	"	"	"
Porte vitrée (3 faces)	1 × 2	2,20	1,00	"	4,40	"	"	"	"
Porte du cellier (<i>dite</i>)	1 × 2	1,60	1,00	"	3,20	"	"	"	"
3 portes intérieures (<i>dite</i>)	3 × 2	2,00	0,70	"	8,40	"	"	"	"
Les frises. Ensemble	"	51,00	0,75	"	38,33	"	"	"	"
Surface totale de peinture à l'huile					67,73	"	"	"	"
Peinture à la colle en blanc à 2 couches.					métr.				
Surface calculée					36,00	"	"	"	"
Papier de tenture, compris bordure et collage :									
Surface calculée	"	"	"	"	80,00	"	"	"	"
Vitrerie en verre ordinaire. Les croisées, la porte vitrée et l'œil-de-bœuf :									
Surface calculée	"	"	"	"	6,00	"	"	"	"

MAISON DE GARDIEN

DE PASSAGE A NIVEAU, N° 1.

DÉTAIL ESTIMATIF.

DÉSIGNATION des OUVRAGES.	NUMÉROS DES SOUS-DÉTAILS.	QUANTITÉS.	PRIX DE L'UNITÉ.	DÉPENSES	
				par ARTICLE.	par OUVRAGE.
			fr. c.	fr. c.	fr. c.
UNE MAISON DE GARDIEN DE PASSAGE A NIVEAU.					
§ 1 ^{er} . <i>Terrassements.</i>					
Mètres cubes de déblai en rigole jetés sur berge et roulés à la brouette à un relais, pour fon- dations	"	10 ^m ²,299	50	5 15	"
Total pour les terrassements.	"	"	"	"	5 15
§ 2. <i>Maçonneries.</i>					
Mètres cubes de maçonnerie de moellons, hourdés en mortier de chaux hydraulique de sable de rivière.	"	42 ^m ²,978	1380	593 10	"
Mètres cubes de maçonnerie de pierre de taille de roche. . . .	"	2 ^m ²,117	5320	116 86	"
Mètres superficiels de taille de roche neuve.	"	25 ^m ²,28	460	116 29	"
Mètres superficiels de maçonnerie de briques réfractaires de 0 ^m ,11 d'épaisseur.	"	3 ^m ²,93	460	18 08	"
Mètres superficiels de carrelage en carreaux neufs du pays. . . .	"	38 ^m ²,77	210	81 42	"
Mètres superficiels de légers ou- vrages en plâtre.	"	180 ^m ²,70	325	587 28	"
Total pour les maçonneries.	"	"	"	"	1 513 03
§ 3. <i>Charpente.</i>					
Mètres cubes de chêne brut pour linteaux des baies.	"	0 ^m ²,490	7360	36 00	"
Mètres cubes de charpente en épi- pin neuf assemblé.	"	2 ^m ²,144	5520	118 35	"
Total pour la charpente. . . .	"	"	"	"	154 41
A reporter.	"	"	"	"	1 672 53

DÉSIGNATION DES OUVRAGES	QUANTITÉS	PRIX DE L'UNITÉ	DÉPENSES	
			par ARTICLE	par OUVRAGE
			fr. c.	fr. c.
Repe Pattes à se Fente po tre-co				672 59
§ 7 Peir I				
Mètres superficiels de couverture de lattes neuves sur lattes neuves.	75 ^m ,93	2 75	208 81	.
Mètres courants de fittages en lattes neuves posées en	9 ^m ,55	1 40	13 37	.
Mètres courants d'égouts de deux	41 ^m ,85	1 10	46 04	.
Mètres courants de solnis en	3 ^m ,00	0 60	1 80	.
Total pour la couverture				270 02
§ 5. Menuiserie.				
Mètres superficiels de menuiserie pour châssis de croisées en chêne à noix et gresle de loup, jet d'eau et pièces d'appui, etc.	8 ^m ,57	8 50	72 85	.
Mètres superficiels de menuiserie en sapin de 0 ^m ,027, deux para- ments, rainés, collés et assem- blés.	11 ^m ,10	4 30	47 73	.
Mètres courants de bâtis en sapin de 0 ^m ,08/0 ^m ,08, à trois para- ments, avec feuillures.	21 ^m ,05	0 90	18 95	.
Mètres courants de poteaux, échar- pes, sablières, entretoises, etc., en sapin de 0 ^m ,58/0 ^m ,60.	35 ^m ,65	2 50	89 13	.
Total pour la menuiserie				228 60
§ 6. Serrurerie.				
Ferrure des quatre croisées :				
Équerres simples entaillées d-				
0 ^m ,16.	16.	0 20	3 20	.
Fiches à boutons de 0 ^m ,11.	16.	0 45	7 20	.
Poignées à pattes de 0 ^m ,11.	4.	0 30	1 20	.
Verrous 1/2, placard de 0 ^m ,33.	8.	1 25	10	.
Porte d'entrée principale :				
Charnières en feuillure de 0 ^m ,11.	3.	0 60	1 80	.
Serrure à tour 1/2 à feuillet, sa- ruet, bonarde, de 0 ^m ,14.	1.		6 90	.
Pattes à scellement pour fixer l'œil de boeuf.	4.	0 25	1	.
A reporter.			31 30	2 171 27

DÉSIGNATION des OUVRAGES.	NUMÉROS DES SOUS-DÉTAILS.	QUANTITÉS.	PRIX DE L'UNITÉ.	DÉPENSES			
				par ARTICLES.		par OUVRAGE.	
				fr.	c.	fr.	c.
<i>Report.</i>	"	"	fr. c.	31	30	2 171	27
Porte du cellier :							
Charnières en feuillure de 0 ^m ,11.	"	3.	0 60	1	80	"	
Serrure à pêne dormant de 0 ^m ,14.	"	1.	5 "	5	"	"	
Trois portes intérieures :							
Charnières à feuillure de 0 ^m ,11.	"	9.	0 60	5	40	"	
Serrure à pêne dormant de 1/2 tour.	"	3.	5 50	16	50	"	
Quatre paires de volets :							
Paumelles à gonds de 0 ^m ,19.	"	16.	0 95	15	20	"	
Crochets.	"	4.	0 30	1	20	"	
Loqueteaux.	"	4.	1 30	5	20	"	
Poignées.	"	4.	0 35	1	40	"	
Volet de la porte d'entrée :							
Pannetons à agrafe.	"	2.	0 80	1	60	"	
Contre-pannetons.	"	2.	0 60	1	20	"	
Boulons et clavettes.	"	2.	0 75	1	50	"	
Rosettes entaillées.	"	4.	0 20	0	80	"	
Poignées à olives de 0 ^m ,16.	"	2.	0 80	1	60	"	
La porte du four est évaluée.	"	"	"	3	70	"	
Kilogrammes de rapoints de clous à bateau	"	13 ^h .	0 35	4	55	"	
Pattes à scellement de 0 ^m ,11.	"	40.	0 20	8	"	"	
Kilogrammes de fonte pour plaque de contre-cœur	"	25 ^h .	0 30	7	50	"	
Total pour la serrurerie.	"	"	"	"	"	113	45
§ 7. Peinture et Vitrerie.							
Mètres superficiels de peinture à l'huile de trois couches, rebou- chées	"	67 ^m ,73	0 80	54	18	"	
Mètres superficiels de peinture à la colle en blanc, deux couches.	"	36 ^m ,00	0 15	5	40	"	
Mètres superficiels de papier de tenture, compris bordure et collage	"	80 ^m ,00	0 25	20	"	"	
Mètres superficiels de vitrerie en verre ordinaire	"	6 ^m ,00	4 15	24	90	"	
Total pour la peinture, vi- trerie, etc.	"	"	"	"	"	104	48
Total.	"	"	"	"	"	2 389	20
A valoir pour dépenses impré- vues.	"	"	"	"	"	310	80
Total général.	"	"	"	"	"	2 700	00

DESIGNATION des OUVRAGES.	NUMEROS DES SOUS-DÉTAILS.	QUANTITÉS	PRIX DE L'UNITÉ	DÉPENSES	
				par ARTICLE.	par OUVRAGE.
			fr. c.	fr. c.	fr. c.
<i>Report</i>	"	"	"	"	672 69
§ 4. <i>Couverture.</i>					
Mètres superficiels de couverture en tuiles neuves sur lattes neuves.	"	75 ^m ,93	2 75	208 81	"
Mètres courants de faîtages en tuiles faîtères neuves posées en plâtre	"	9 ^m ,65	1 40	13 37	"
Mètres courants d'égouts de deux tuiles	"	41 ^m ,85	1 10	46 04	"
Mètres courants de solins en plâtre	"	3 ^m ,00	0 60	1 80	"
Total pour la couverture . .	"	"	"	"	370 02
§ 5. <i>Menuiserie.</i>					
Mètres superficiels de menuiserie pour châssis de croisées en chêne à noix et gueue de loup, jet d'eau et pièce d'appui, etc.	"	8 ^m ,57	8 50	72 85	"
Mètres superficiels de menuiserie en sapin de 0 ^m ,027, deux pare- ments, rainée, collée et assem- blée	"	11 ^m ,10	4 30	47 73	"
Mètres courants de bâtis en sapin de 0 ^m ,08/0 ^m ,08, à trois pare- ments, avec feuillures	"	21 ^m ,05	0 90	18 95	"
Mètres courants de poteaux, échar- pes, sablières, entretoises, etc., en sapin de 0 ^m ,58/0 ^m ,50. . . .	"	35 ^m ,65	2 50	89 13	"
Total pour la menuiserie . .	"	"	"	"	228 60
§ 6. <i>Serrurerie.</i>					
Ferrure des quatre croisées :					
Équerres simples entaillées de 0 ^m ,16.	"	16. "	0 20	3 20	"
Fiches à boutons de 0 ^m ,11. . . .	"	16. "	0 45	7 20	"
Poignées à pattes de 0 ^m ,11. . . .	"	4. "	0 30	1 20	"
Verrous 1/2, placard de 0 ^m ,33. . .	"	8. "	1 25	10 "	"
Porte d'entrée principale :					
Charnières en feuillure de 0 ^m ,11.	"	3. "	0 60	1 80	"
Serrure à tour 1/2 à fonillot, af- freté, benarde, de 0 ^m ,14. . . .	"	1.	"	6 90	"
Pattes à scellement pour fixer l'œil de-bœuf.	"	4.	0 25	1 "	"
<i>A reporter.</i>	"	"	"	31 30	2 171 27

DÉSIGNATION des OUVRAGES.	NUMÉROS DES SOUS-DÉTAILS.	QUANTITÉS.	PRIX DE L'UNITÉ.	DÉPENSES	
				par ARTICLE.	par OUVRAGE.
			fr. c.	fr. c.	fr. c.
<i>Report.</i>	"	"	"	31 80	2 171 27
Porte du cellier :					
Charnières en feuillure de 0 ^m ,11.	"	3. "	0 60	1 80	"
Serrure à pêne dormant de 0 ^m ,14.	"	1. "	5 "	5 "	"
Trois portes intérieures :					
Charnières à feuillure de 0 ^m ,11.	"	9. "	0 60	5 40	"
Serrure à pêne dormant de 1/2 tour.	"	3. "	5 50	16 50	"
Quatre paires de volets :					
Paumelles à gonds de 0 ^m ,19. . .	"	16. "	0 95	15 20	"
Crochets.	"	4. "	0 30	1 20	"
Loqueteaux.	"	4. "	1 30	5 20	"
Poignées.	"	4. "	0 35	1 40	"
Volet de la porte d'entrée :					
Pannetons à agrafe.	"	2. "	0 80	1 60	"
Centre-pannetons.	"	2. "	0 60	1 20	"
Boulons et olavettes.	"	2. "	0 75	1 50	"
Rosettes entaillées.	"	4. "	0 20	0 80	"
Poignées à olives de 0 ^m ,16. . .	"	2. "	0 80	1 60	"
La porte du four est évaluée. .	"	"	"	3 70	"
Kilogrammes de repointis de olous à bateau.	"	13 ¹ .	0 35	4 55	"
Pattes à scellement de 0 ^m ,11. .	"	40. "	0 20	8 "	"
Kilogrammes de fonte pour plaque de contre-cœur.	"	25 ¹ .	0 30	7 50	"
Total pour la serrurerie. . .	"	"	"	"	113 45
§ 7. Peinture et Vitrerie.					
Mètres superficiels de peinture à l'huile de trois couches, rebou- chées.	"	67 ^m ,73	0 80	54 18	"
Mètres superficiels de peinture à la colle en blanc, deux couches. .	"	36 ^m ,00	0 15	5 40	"
Mètres superficiels de papier de tenture, compris bordure et collage.	"	80 ^m ,00	0 25	20 "	"
Mètres superficiels de vitrerie en verre ordinaire.	"	6 ^m ,00	4 15	24 90	"
Total pour la peinture, vi- trerie, etc.	"	"	"	"	104 48
Total.	"	"	"	"	2 389 20
A valoir pour dépenses impré- vues.	"	"	"	"	310 80
Total général.	"	"	"	"	2 700 00

BATIMENTS POUR RÉSERVOIR

DEVIS ESTIMATIF DES TRAVAUX A EXÉCUTER ET DES DÉPENSES A FAIRE POUR
LA CONSTRUCTION D'UN BATIMENT POUR RÉSERVOIR.

NATURE DES TRAVAUX.	SURFACES.	CUBES.	DÉPENSES	
			par ARTICLE.	par OVRAGE.
1° Terrassements.				
Déblais.				
Bâtiment.	49,82	"	"	"
Cheminée.	4,84	"	"	"
Surface totale.	54,66	81,99	"	"
Profondeur commune	1,50		"	"
Lesquels 81 ^m ,99 cubes à 0 fr. 80 compris enlèvement vaudront . .	"	"	"	65,60
2° Maçonnerie.				
Fondations.				
Béton. Surface égale à celle des dé- blais.	54,66	27,33	"	"
Epaisseur commune	0,30		"	"
Lesquels 27 ^m ,33 de béton à 20 fr. le mètre vaudront.	"	"	546,60	"
Mur et massif de cheminée jusqu'au niveau du sol, maçonnerie en moellons et mortier hydraulique et sable :				
Murs.	16,80	"	"	"
Cheminée.	3,24	"	"	"
Surface totale	20,04	26,04	"	"
Epaisseur commune	1,00		"	"
A déduire pour vide et brique ré- fractaire.	"	0,50	"	"
Reste à compter	"	19,54	"	"
Lesquels 19 ^m ,54 de moellons hour- dés en mortier de chaux hydrau- lique et sable à 18 fr. le mètre vaudront.	"	"	351,72	"
A reporter.			898,32	65,60

NATURE DES TRAVAUX.	SURFACES.	CUBES.	DEPENSES	
			par ARTICLE.	par OUVRAGE.
<i>Maçonnerie (suite).</i>				
<i>Report.</i>	"	"	898,32	63,60
Pierre de roche pour soubassement, etc.	18,27	9,166	"	"
Hauteur commune.	0,60		"	"
Bandeau développé.	8,31	2,080	"	"
Epaisseur commune.	0,25		"	"
Bandeau supérieur de la cheminée. .	"	0,586	"	"
Appuis.	"	0,410	"	"
Tablette au pourtour de la cheminée.	"	0,396	"	"
Cube total de la pierre de roche. . .	"	12,638	"	"
Lesquels 12 ^m ,638 de pierre à 100 fr. le mètre vaudront	"	"	1,263,80	"
Taille de la pierre de roche :				
Soubassement intérieur et extérieur.	30,90	"	"	"
Soubassement de la cheminée. . . .	4,81	"	"	"
Bandeau du bâtiment.	5,74	"	"	"
Appuis.	4,77	"	"	"
Bandeau inférieur de la cheminée. .	2,96	"	"	"
Bandeau supérieur de la cheminée. .	4,60	"	"	"
Tablette supérieure de la cheminée.	3,23	"	"	"
Seuil.	1,00	"	"	"
Surface.	58,11	"	"	"
Lesquels 58 ^m ,11 de taille et ragré- ments à 6 fr. 50 vaudront. . . .	"	"	377,71	"
Plus-value pour évidements et dé- chets.	"	"	100,00	"
Murs en élévation meulière ordi- naire, bordée en mortier de chaux et sable :				
Bâtiments, contre-formet pieds-droits	7,36	"	"	"
Cheminée	1,93	"	"	"
	9,29	9,29	"	"
Hauteur commune.	1,00		"	"
Rechargement des bandeaux	"	1,40	"	"
Cube.	"	10,69	"	"
<i>A reporter.</i>	"	"	2,639,12	65,60

NATURE DES TRAVAUX.	SURFACES.	CUBES.	DÉPENSES	
			par ARTICLE.	par OUVRAGE.
<i>Maçonnerie (suite).</i>				
<i>Report.</i>	"	"	2,639,83	65,60
Lesquels 10 ^m ,79 de meulière à 19 fr. 60 le mètre vaudront. . .	"	"	208,45	"
Moellons durs hourdés en mortier hydraulique :				
Partie comprise entre le soubassement et la grande archivolte sans déduction pour compenser les cintres des archivoltes : demi-cercle de 2 ^m ,15 de diamètre, surface	"	9,750	"	"
Six faces comprises entre l'entablement, reliant la partie supérieure des contre-forts à l'intrados de la grande archivolte	"	17,418	"	"
Couronnement réunissant les contre-forts.	"	7,480	"	"
Total de la maçonnerie de moellon hourdée en mortier hydraulique	"	34,64	"	"
Lesquels 35 ^m ,64 à 18 fr. vaudront.	"	"	623,52	"
Cheminée en briques de Bourgogne, revêtement intérieur en briques réfractaires jusqu'à 3 ^m ,35 de hauteur :				
Brique ordinaire	"	8,74	"	"
Les 8 ^m ,74 de briques ordinaires à 80 fr. le mètre vaudront.	"	"	699,20	"
Briques réfractaires.	"	2,53	"	"
Lesquels 2 ^m ,53 de briques à 12 fr. le mètre vaudront	"	"	302,40	"
Enduite en mortier hydraulique à gros grain :				
Surface extérieure entre le soubassement et l'appui	10,67	"	"	"
Entre le bandeau et la partie supérieure des murs sans déduction de vides pour compensation des re-				
<i>À reporter.</i>	10,57	"	4,473,40	65,60

NATURE DES TRAVAUX.	SURFACES.	CURES.	DÉPENSES	
			par ARTICLE.	par OUVRAGE.
<i>Maçonnerie (suite).</i>				
Report.	10,57	"	4,473,40	65,60
traites et joints de briques tirés au crochet	72,00	"	"	"
Total	82,57	"	"	"
Lesquels 82 ^m ,57 d'enduit à gro- grain, mortier hydraulique, à 1 fr. 50 vaudront	"	"	123,85	"
Enduits évalués en légers, et pour plafonds	49,29	"	"	"
Lesquels 49 ^m ,23 d'enduits en léger à 3 fr. le mètre vaudront	"	"	147,69	"
Total de la maçonnerie.	"	"	4,744,94	4,744,94
<i>3^e Charpente.</i>				
Bois de Chêne.				
Charpente des planchers au-dessous des réservoirs	"	0,720	"	"
2 semelles placées sur la maçon- nerie	"	3,010	"	"
14 solives	"	0,396	"	"
16 soliveaux	"	0,896	"	"
2 solives d'angle	"	0,021	"	"
1 linçoir	"	0,549	"	"
Entourage du réservoir et comble : 4 cours de sablière ensemble cubant.	"	0,678	"	"
4 cours de traverses formant pannes et recevant les arbalétriers, en- semble cubant	"	0,678	"	"
4 cours de traverses recevant le pied des poteaux extérieurs à la hau- teur de l'encorbellement, ensemble cubant	"	0,678	"	"
10 poteaux soutenant le comble et s'engageant sur les semelles . . .	"	0,360	"	"
20 aisseliers	"	0,015	"	"
2 dite faîtage	"	7,915	"	4,810,64
A reporter.	"			

NATURE DES TRAVAUX.	QUANTITÉS.	CUBES.	DÉPENSES	
			par ARTICLE.	par OUVRAGE.
<i>Menuiserie (suite).</i>				
<i>Report.</i>			1,567,87	6,851,23
Plus-value pour les 54 découpures à 0 fr. 50 l'une.	"	"	27,00	"
58 arcs-boutants en chêne sous l'égout du comble : 34 ^m ,80 à 2 fr. le mètre courant vaudront. . . .	"	"	69,60	"
Plus-value pour raféillure et mou- lures des consoles.	"	"	25,00	"
Ensemble.	67,80	"	"	"
Lesquels 67 ^m ,80 de moulure à 2 fr. le mètre linéaire vaudront	"	"	135,60	"
Moulure au bas de l'encorbellement : Ensemble 31 ^m ,80 courant à 4 fr. 10 vaudront.	"	"	130,38	"
Total de la menuiserie.	"	"	1,955,45	1,955,45
<i>6° Serrurerie.</i>				
<i>Gros fer.</i>				
4 chaînes et 8 ancras pesant	76,	"	"	"
Les 76 kil. de fer à 60 fr. les 100 kil. vaudront.	"	"	45,60	"
20 kil. boulons pour ferrures, moi- ses, etc., à 1 fr.	"	"	20,00	"
25 kil. pointes pour fixer les che- vrons, consoles, etc., à 1 fr. . . .	"	"	25,00	"
16 tire-fonds pour l'assemblage des soliveaux, pesant 8 kil. à 1 fr. 20.	"	"	9,60	"
La ferrure d'une porte : 8 pattes, 6 paumelles, 1 battant de loquet, 1 crémons.	"	"	64,00	"
La ferrure de 4 croisées carrées à l'intérieur et formant arêchivoite à l'extérieur ; 1 crémons :	"	"	"	"
Total pour 1 fenêtre.	9,50	"	"	"
Et pour les 4.	"	"	38,00	"
<i>A reporter.</i>	"	"	202,20	8,806,68

NATURE DES TRAVAUX.	QUANTITÉS.	CUBES.	DÉPENSES	
			par ARTICLE.	par OUVRAGE.
<i>Serrurerie (suite).</i>				
<i>Report.</i>	"	"	202,20	8,806,68
10 échelons pour monter au réservoir, pesant 40 kil. à 0 fr. 75 le kil., compris scellement	"	"	30,00	"
Agrafes pour la cheminée estimées.	"	"	76,06	"
Total de la serrurerie.	"	"	308,26	308,26
<i>7° Peinture.</i>				
Peinture à l'huile, 3 couches; la porte 2 faces compris le dormant.	"	5,44	"	"
Peinture de 4 croisées; même surface que la menuiserie	"	9,60	"	"
Les 4 faces extérieures du pourtour du réservoir compris épaisseur des poteaux, développant.	"	114,00	"	"
Consoles et encorbellement.	"	50,70	"	"
Soliveaux et dessous de la saillie.	"	50,01	"	"
Abouts de chevrons.	"	10,80	"	"
Clochetons.	"	4,00	"	"
Surface totale de la peinture	"	244,55	"	"
Lesquels 244 ^m ,55 superficiels de peinture à l'huile, 3 couches, compris le rebouchage, à 0 fr. 90 le mètre, vaudront	"	"	220,10	220,10
<i>8° Vitrerie.</i>				
4 croisées.	3,92	"	"	"
54 baies sous l'égout.	8,64	"	"	"
Surface totale.	12,56	"	"	"
Lesquels 12 ^m ,56 superficiels de vitrerie en verre blanc ordinaire, compris masticage à 5 fr. 50 le mètre, vaudront	"	"	69,08	"
Total de la vitrerie.	"	"	69,08	69,08
Premier total.	"	"	"	9,404,12

RÉCAPITULATION

DU MONTANT DES DÉPENSES.

1° Terrassements	65 60
2° Maçonnerie.	4 744 94
3° Charpente.	1 358 44
4° Couverture	684 25
5° Menuiserie	1 955 45
6° Serrurerie.	308 26
7° Peinture	220 10
8° Vitrerie.	69 08
Total égal.	9 404 12
Somme à valoir pour dépenses imprévues.	595 88
	<u>10 000 00</u>

ÉTABLISSEMENT

de la ligne télégraphique.

PRIX DE REVIENT PAR KILOMÈTRE DE DOUBLE FIL.

(Fil omnibus et fil direct).

1° Poteaux.

20 Poteaux en pin préparé par le procédé Boucherie à 7 fr. 140' -

2° Fil.

2 Kilomètres de fil de fer galvanisé de 4 millimètres pesant 200 kil.
à 75 les 100 kilog. 150 -

3° Porcelaines.

38 Cloches de suspension à 0' 24.	9 12	
2 Supports de tendeurs à 1 30.	2 60	
		<u>11 72</u>

4° Appareils de suspension.

28 Crochets galvanisés à 60 fr. le mille.	2 36	
2 Tendeurs id. à 5' 40.	10 80	
		<u>13 16</u>

5° Vis.

76 Vis 24/70 tête ronde galvanisées à 5' 15 la grosse.	2 68	
4 Vis tête carrée pour tendeurs à 30' 60 le cent.	1 22	
		<u>3 90</u>

6° Pose.

20 Poteaux à 1' 25.	25	
Pose de 2 kilomètres de fil simple.	10	
Scellement des crochets compris fourniture du soufre, 38 à 0,05.	1 90	
Somme à valoir.	4 32	
		<u>41 22</u>
Total.	360' -	

TÉLÉGRAPHIE.

PRIX DES APPAREILS ET ACCESSOIRES.

1° Poste tête de ligne à une direction.

1 Manipulateur.	75
1 Récepteur à lettres.	120
1 Sonnerie.	100
1 Boussole.	10
1 Commutateur de pile.	8
1 Paratonnerre.	8
1 Pile de 28 éléments.	50
1 Table en chêne, avec cuisse à pile.	100
Montage du poste.	45
Total.	<u>526</u>

2° Poste intermédiaire simple ou à deux directions.

1 Manipulateur.	75
1 Récepteur à lettres.	120
2 Sonneries.	220
2 Boussoles.	20
1 Commutateur de pile.	8
2 Paratonnerres.	16
1 Pile de 28 éléments.	50
1 Table en chêne avec cuisse à pile.	100
Montage du poste.	45
Total.	<u>654</u>

3° Poste intermédiaire de bifurcation ou à trois directions.

1 Manipulateur.	75
1 Récepteur à lettres.	120
3 Sonneries.	330
3 Boussoles.	30
1 Commutateur de pile.	8
3 Paratonnerres.	24
1 Pile de 28 éléments.	50
1 Table en chêne avec cuisse à pile.	100
Montage du poste.	45
Total.	<u>782</u>

Pour chaque direction en plus :

1 Sonnerie.	100
1 Boussole.	10
1 Paratonnerre.	8
Total.	<u>128</u>

Au delà de quatre ou cinq directions on préfère établir des relais.

MÈTRE D'UN PONT

DE 15^m,20 D'OUVERTURE EN ARC DE CERCLE AVEC MURS EN RETOUR (LIGNE D'ORLÉANS).

Longueur du pont entre les têtes. L = 5^m,40
 Hauteur des piers. P = 4^m,70
 Hauteur de la chaussée au-dessus des rails. H = 6^m,62

NOMÉROS DU MÈTRE.	DÉSIGNATION DES OUVRAGES PARTIES D'OUVRAGES et indication de leur nature.	NOMBRE DES PARTIES ou pièces semblables.	DIMENSIONS réduites.			SURFACES, CUBES ou poids.			OBSERVATIONS.
			LONGUEUR pour chacune ou ensemble.	LONGUEUR.	HAUTEUR ou épaisseur.	AUXILIAIRES.	PARTIELS.	DÉFINITIFS.	
	2 1 ^{re} .—Maçonneries.								
1	Déblais pour fondations...	16	4 05	6 00	4 00	194 40	*	195 00	
2	Béton pour fondations....	*	"	"	"	"	*	"	
3	Maçonnerie de moellon ordinaire. Massif général. Piedroits..... Des naissances sous la plinthe.....	2	4 65	5 40	1 00	30 22			
		*	24 50	5 40	4 51	570 21			
	Total.....			"	"	620 45	620 45		
	A déduire :								
	1 ^{re} Le vide de la voûte....	*	"	5 40	52 14	175 56			
	2 ^{re} Le cube de la chape....	*	25 50	7 50	0 10	19 15	529 69		
	3 ^{re} Le cube des remblais...	*	"	"	"	157 00			
	Cube total.....			"	"	"	290 74	291 00	
4	Maçonnerie de pierre de taille. Plinthes..... Extrémités des parapets.. Bahuts.....	2	24 50	0 55	0 50	8 58			
		4	0 40	0 22	0 76	0 27	41 55	14 60	
		2	24 50	0 25	0 22	2 70			
5	Maçonnerie de briques pour parapets.....	2	25 70	0 22	0 76	7 95		8 00	
6	Parements vus de moellons parementés. Berceau intérieur..... Têtes.....	*	16 67	5 40	"	90 02	205 76	204 00	
		2	"	"	56 87	115 74			
7	Parements vus de la pierre de taille. Plinthes..... Extrémités des parapets.. Bahuts.. Abouts de bahuts.....	2	24 50	"	0 80	39 20			
		4	"	1 02	0 76	5 40	74 56	73 00	
		2	24 50	"	0 65	51 85			
		4	"	0 25	0 21	0 21			
8	Parements vus de la maçonnerie de briques....	4	25 70	"	0 76	72 05		72 00	
9	Chape en béton de 0 ^m ,10 d'épaisseur.....	*	25 50	7 50	"	191 50		192 00	
10	Recouvrement en asphalte de 0 ^m ,015 d'épaisseur....	*	"	"	"	"		192 00	

NOMÉROS DU MÉTRÉ.	DÉSIGNATION DES OUVRAGES PARTIES D'OUVRAGES et indication de leur nature.	NOMBRE DES PARTIES ou pièces semblables.	DIMENSIONS réduites.			SURFACES, CUBES ou poids.			OBSERVATIONS.
			LONGUEUR pour chaînes ou ensemble.	LARGEUR.	HAUTEUR ou épaisseur.	AUXILIAIRE.	PARTIEL.	DÉFINITIF.	
	§ II. — Cintres.								
11	Bois équarri. Une ferme.								
	Poinçon principal.....	1	4 95	0 20	0 20	0 198			
	Contrefiches.....	2	4 40	0 20	0 20	0 352			
	Arbalétriers principaux...	2	8 20	0 25	0 20	0 820			
	Moises.....	2	13 10	0 20	0 13	0 786			
	Poinçon secondaire.....	2	0 85	0 20	0 20	0 068			
	Arbalétriers secondaires..	4	4 00	0 20	0 20	0 640			
	Courbes.....	4	4 00	0 18	0 16	0 461			
	Petites billes.....	5	0 47	0 20	0 20	0 056			
	Semelles sous le poinçon principal.....	1	2 00	0 20	0 10	0 040			
	Total pour une fer- me.....	1				3 421			
	Pour quatre fermes.....	4				3 421	13 684		
	Semelles.....	6	5 40	0 25	0 10	0 810			
	Moises verticales.....	2	5 70	0 20	0 10	0 228	1 038		
	Cube total.....	1					14 722	13 80	
12	Planches en sapin de 0 ^m .06 d'épaisseur.....	1	16 67	5 40		90 02		90 00	
13	Fers pour boulons.....	40	de 0 ^m .02 de diam. p. moy.			2 ^k 20	88 00	88 00	
	§ III. — Ouvrages divers.								
14	Pavages en pavés d'échan- tillon.....	1	24 50	4 20		102 90		103 90	
15	Bordures de trottoirs.....	2	25 35			50 70		50 70	

DÉTAIL ESTIMATIF DU PONT ENTIER.

NUMÉROS DU MÉTRÉ.	DÉSIGNATION DES OUVRAGES ET PARTIES D'OUVRAGES et indication de leur nature.	LONGUEUR DE 5 ^m ,40				LONGUEUR DE 4 ^m ,40			
		QUANTITÉ.	PRIX DE L'UNITÉ.	DÉPENSE		QUANTITÉ.	PRIX DE L'UNITÉ.	DÉPENSE	
				PARTIELLE.	TOTALE.			PARTIELLE.	TOTALE.
§ I ^{er} . — Maçonneries.									
1	Déblais pour fondations.....	185 00				162 60			
2	Béton.....	"				"			
2 bis.	Id. avec matériaux provenant des déblais.....	"				"			
3	Maçonnerie de moellon ordi- naire.....	189 00				157 55			
3 bis.	Maçonnerie avec moellon pro- venant des déblais.....	102 00				"			
3 ter.	Maçonnerie de moellon pour faces vues.....	192 00				83 63			
4	Maçonnerie de pierre de taille.	11 60				11 80			
5	Maçonnerie de briques.....	8 00				8 00			
6	Parements vus de moellons parementés.....	201 00				187 50			
6 bis.	Rejointoiements de moellons parementés.....	204 00				187 50			
7	Parements vus de la pierre de taille.....	75 00				75 00			
7 bis.	Rejointoiements vus de la pier- re de taille.....	75 00				75 00			
8	Parements vus de la maçonne- rie de briques.....	72 00				72 00			
9	Chape en béton de 0,10 d'épais- seur.....	192 00				166 00			
10	Recouvrement en asphalte de 0,015 d'épaisseur.....	192 00				166 00			
§ II. — Cimres.									
11	Bois équarri.....	14 80				14 70			
12	Planche de 0,06 d'épaisseur..	90 00				75 50			
13	Fers pour boulons.....	88 00				88 00			
§ III. — Ouvrages divers.									
14	Pavages en pavés d'échantil- lon.....	103 00				78 50			
15	Bordures de trottoirs.....	50 70				50 70			
	Totaux.....								
	Sommes complémentaires..								
	Totaux généraux.....								

En appliquant aux quantités indiquées dans la dernière colonne les prix variables de chaque localité, on aura le prix total du pont, sauf somme à valoir et rabais d'adjudication.

Un de ces ponts, entre Poitiers et la Rochelle, a coûté 10,400 fr.

PROJET

DE MARQUISES POUR COUVERTURES DE TROTTOIRS. (CHEMIN DE FER DE L'EST.)

Détail de la construction du specimen établi à la gare de Paris.

	kil.	fr.	fr.
2 colonnes en fonte de fer pesant ensemble.	220	45	99
8 consoles id. id.	71	50	35 50
1 ferme de 14 mètres de long sur 0 ^m ,50 de hauteur en doubles cornières de 0 ^m ,50 ^m de côté, potelets et diagonales boulonnés, les uns en fer méplat de 0 ^m ,01 sur 0 ^m ,03, les autres en fer de 0 ^m ,01 sur 0 ^m ,04, ladite ferme pesant.	390	70	273
8 fermettes de chaque 3 ^m ,72 de longueur sur 0 ^m ,27 de hauteur moyenne en doubles cornières de 0 ^m ,27 de côté, potelets et décharges boulonnés de 0 ^m ,005 sur 0 ^m ,020, lesdites pesant ensemble.	217	1 20	260 40
35 pannes en fer T de 0 ^m ,035 et 0 ^m ,04 et 21 cornières de 0 ^m ,027 de côté, chaque de 2 mètres de long, pesant ensemble.	238 90	75	179 18
Pour fixer les consoles, 40 boulons de 0 ^m ,10 de long avec têtes et écroux, pesant ensemble.	5	1 40	7
Pour réunir les fermettes aux consoles, 32 boulons de 0 ^m ,04 avec têtes et écroux, pesant ensemble.	1 14	2	2 28
Pour attacher la couverture aux pannes, 98 pattes et 98 vis, et pour relier les pannes aux fermettes, 112 vis ensemble.	6 50	3	19 50
Le chéneau de 14 mètres de long en zinc n° 14 par feuilles de 2 mètres produisant, y compris recouvrements, 14 ^m ,40, un poids de.	83 38	1 40	116 73
Pour les jonctions des tôles composant ledit chéneau, 98 vis et écroux.	4	3	12
Pour fixer le chéneau à la cloison ou au mur, 60 vis.	1 50	3	4 50
Le lambrequin en tôle ondulée de 0 ^m ,0005 d'épaisseur 16 ^m ,75 de longueur développée, y compris recouvrement sur 0 ^m ,40 de large, ensemble.	32	1 40	41 80
Pour réunir les feuilles composant ledit lambrequin et le fixer aux cornières, 133 vis et écroux, ensemble.	5 33	3	15 99
La couverture en zinc n° 14 ondulé 42 feuilles de chaque 2 mètres sur 0 ^m ,80, ensemble.	400	1	400
<i>Peintures.</i>			
Détail d'une travée de 14 mètres peints en gris à l'huile 1 couche, et minium 1 couche.	56 mètres		
4 cornières, chaque 14 mètres.	15 ^m ,40		
28 décharges, chaque 0 ^m ,55.			
A reporter.	71 40		1169 88

		fr.
<i>Report.</i>	71 ^m ,40	1469 28
28 montants, chaque 0 ^m ,50.	14 mètres.	
8 fumettes intermédiaires, détail d'une. . .		
4 cornières, chaque 3 ^m ,80.	15 ^m ,20	
13 décharges, chaque 0 ^m ,30, réduites.	3 ^m ,90	
14 montants, chaque 0 ^m ,22, réduits.	3 ^m ,08	
Produit pour une.	22 ^m ,18	
et les 8 ensemble.	177 44	
8 consoles évaluées, chaque 2 mètres. . . .	16 "	
8 cours de pannes, chaque 14 mètres. . . .	112 "	
Ensemble.	39 84 à 0,11 le ^m .	42 99
2 colonnes, chaque 3 ^m ,74 × 0 ^m ,42.	3 14	
Sous-face de la couverture de 15 mètres × 3 ^m ,80 développée à 0/0 $\frac{1}{10}$ pour plus-value des recouvrements.	62 70	
Chéneau 14 mètres × 0,51.	7 14	
Lambrequin 15 mètres × 0 ^m ,40 à 2 faces et à 0/0 $\frac{1}{10}$	13 20	
Ensemble.	86 18 à 0,70 le ^m .	60 33
		<u>1573 20</u>

La superficie de la Marquise ci-dessus étant
56 mètres. (Longueur 14 mètres, largeur
tout compris 4 mètres.)

Le mètre superficiel reviendrait à. $\left\{ \begin{array}{l} 1573 \text{ 20} \\ 56 \end{array} \right. = 28 \text{ fr. 69 c.}$

La compagnie de l'Etat vient de traiter pour ces marquises à raison de 25 fr. le mètre superficiel.

Ces marquises couvrent le trottoir dans toute sa largeur et s'avancent jusqu'au-dessus des voitures, de façon que les voyageurs y montent ou en descendent à couvert.

AVIS AU RELIEUR

POUR LE PLACEMENT DES CARTES, TABLEAUX ET PLANCHES

Carte des chemins anglais, planche 1.	28
— belges, planche 2.	30
— français, planche 3.	32
— allemands, planche 4.	36
— américains, planche 5.	40
Les grands tableaux anglais, français, belges et allemands.	293
Tranchée de Clamart, planche 6.	371
Le viaduc du val Fleury, planche 7.	428
Le pont d'Offenbourg, planches 8 et 9.	438
Le viaduc de Nogent, planche 10.	439
— planche 11.	450
Le viaduc de Chaumont, planche 12.	450

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS CE VOLUME

I

PRÉFACE DE LA PREMIÈRE ÉDITION.	I
PRÉFACE DE LA DEUXIÈME ÉDITION.	V
PLAN DE L'OUVRAGE.	VII

CHAPITRE PREMIER. — COMPARAISON DES VOIES DE COMMUNICATION.

Routes.	2
Canaux.	4
Rivières.	25

CHAPITRE II. — HISTORIQUE DES CHEMINS DE FER.

Chemins en Angleterre.	28
— en Belgique.	30
— en France.	32
— en Allemagne.	36
— aux États-Unis.	40
— au Canada.	44
— en Hollande.	44
— en Russie et en Pologne russe.	45
— en Italie.	49

— en Sardaigne, en Piémont, et en Savoie.	50
— en Suède et en Norvège.	52
— en Danemark.	53
— en Suisse.	53
— en Espagne.	55
— à l'île de Cuba.	56
— en Portugal.	57
— en Turquie.	57
— en Grèce.	58
— en Algérie.	58
— en Égypte.	59
— au Brésil.	59
— au Chili.	59
— en Australie.	60
— dans l'Inde.	60
— à la Nouvelle-Grenade.	61
— aux États-Unis du Mexique.	61
— en Asie.	61
De la longueur des chemins de fer établis comparée à la surface des principaux pays.	62

CHAPITRE III. — NOTIONS GÉNÉRALES SUR LA DISPOSITION DES VOIES EN FER, SUR LES MOTEURS QUI Y SONT EMPLOYÉS ET SUR LES AVANTAGES DES CHEMINS DE FER AU POINT DE VUE TECHNIQUE.

Disposition des voies.	63
Moteurs.	68
Avantages des chemins de fer au point de vue technique.	70

CHAPITRE IV. — DU TRACÉ DES CHEMINS DE FER.

Considérations générales qui président à l'étude des tracés.	77
Tracés directs.	80
Parcours partiel sur diverses voies de transport.	81
Parcours moyen d'un voyageur.	84
Parcours kilométrique d'un voyageur et d'une tonne de marchandises.	85
Chemin de Manchester à Crewe.	86
Transport des grosses marchandises sur les chemins de fer belges en 1844.	86
Mouvement des marchandises sur la ligne de Paris à Strasbourg, pendant l'année 1854.	88
Mouvements partiels pendant le même temps.	89
Tracés des vallées et des plateaux.	91
Emplacement des gares extrêmes.	94

Gares communes.	98
Pentes et rayons de courbure.	99
Passages à niveau.	113
Gares de rebroussement.	114
Souterrains.	115
Compensation des déblais.	116
Influence du vent et des neiges.	116
Conditions stratégiques.	118
Étude proprement dite.	118
Calcul du bénéfice.	119
Comparaison des tracés au point de vue de la spéculation.	121
Limites de courbure.	124
Limites de pente.	126
Étendue des gares et dimensions de la voie.	133
Étendue des gares.	133
Dimensions de la voie.	139
Chemins anglais exploités en 1853.	140
Du tracé de quelques chemins de fer remarquables.	150
Chemins à pentes faibles.	152
De Paris à Lille, Valenciennes, Boulogne (chemin du Nord).	152
Chemin de Paris à Rouen.	162
— de Lyon à Avignon.	164
— d'Avignon à Marseille.	168
— de Mulhouse.	174
— de Paris à Saint-Germain et de Paris à Auteuil.	176
— de Dublin à Kingstown.	180
— de Londres à Birmingham.	182
— de Midland-Counties-Railway.	184
— de Great-North-Railway.	185
— de North-Midland-Railway.	185
— de Londres à Bristol.	186
— de Versailles.	188
— du Nord en Autriche.	190
— de Vienne à Gloggnitz.	190
— de Munich à Augsbourg.	191
— Badois.	191
Chemins à pentes moyennes.	193
Chemin de Rouen au Havre.	193
— de Paris à Lyon.	196
— de Paris à Orléans.	206
— de Paris à Strasbourg.	209
— de ceinture.	216
— de Londres à Brighton.	218
— de Londres à Douvres (South-Eastern-Railway).	219
— de Liverpool à Manchester.	219
— de Manchester à Leeds.	221
— de Newcastle à Carlisle.	221

Chemin de Malines à Cologne.	222
Tableau des inclinaisons et des longueurs correspondantes du chemin de Malines à Cologne.	226
Tableau comparatif des courbes par leurs rayons, leur nombre et leur développement moyen.	227
Chemin de l'Ouest (Suisse).	228
Chemins à fortes pentes.	230
Chemin de Birmingham à Gloucester.	230
— de Hetton.	231
— de Darlington à Stockton.	232
— de Cromford à Peakforest.	234
— de Saint-Étienne à Audrezieux et à Roanne.	234
— de Saint-Étienne à Roanne.	237
— d'Alais à Beaucaire.	238
— de Vienne à Tricast.	241
— Saxo-Bavarois (section de Neuenmarkt à Marktschorgast).	244
— de Brunswick à Harzbourg.	249
— de Stuttgart à Ulm.	250
— Central Suisse.	251
— du Nord-Est suisse.	255
— du Sud-Est suisse.	256
— du Jura industriel.	258
— de Turin à Gènes.	258

CHAPITRE V. — FRAIS DE CONSTRUCTION DES CHEMINS ÉTABLIS ET RÉDACTION DES DEVIS POUR LES CHEMINS À CONSTRUIRE.

Prix de construction des chemins établis.	266
Chemins anglais.	267
— français.	274
— allemands.	276
— belges.	284
— américains.	286
Classification des dépenses.	289
Chemins anglais (tableau).	293
— français —	295
— belges —	296
— allemands —	295
Des devis estimatifs des lignes à établir.	307
Tableau comparatif du coût présumé et des dépenses réelles de construction des chemins de fer.	307
Frais généraux.	309
Frais d'études.	309

DES MATIÈRES.	735
Terrains.	311
Travaux d'art.	313
Clôtures et maisons de gardes.	316
Bâtiments des stations.	317
Établissement de la voie.	318
Accessoires de la voie.	320
Ateliers.	322
Matériel roulant.	324
Locomotives.	326
Parcours des machines locomotives, y compris le parcours des réserves à vide et le mouvement des gares.	328
Parcours des machines du chemin du Nord pendant 1853.	327
Wagons.	331
Parcours moyen des véhicules de différentes espèces.	333
Composition moyenne d'un convoi.	335
Tableau des places offertes et des places occupées par convoi.	337
Tableau du nombre de locomotives et de véhicules sur différents chemins.	338
Approvisionnements.	339
Contentieux.	339
Frais imprévus.	339
Des marchés à passer pour l'exécution des chemins de fer.	339
Marchés à forfait.	339
Marchés sur séries de prix.	344
Des moyennes du prix de construction des chemins de fer.	347

II

CHAPITRE VI. — DES TRAVAUX DE TERRASSEMENT ET DES TRAVAUX D'ART.

Creusement des tranchées.	355
Différents modes de déchargement.	356
Déchargement à l'anglaise.	356
Pont de décharge.	358
Suite du creusement.	359
Transport des terres.	362
Dépense pour le transport d'un mètre cube de terre ou de ballast, pesant environ 1,600 kil.	369
Tranchée de Clamart.	371
Tranchée de Pont-sur-Yonne.	372
Tranchée du Dockemberg.	374
Tranchée de Charmoille.	375
Inclinaison des talus.	375
Assèchement des tranchées.	376

Pierrée en amont.	376
Mur en pierres sèches.	377
Méthode Sazilly.	378
Méthode des collecteurs.	380
Méthode Lalanne.	382
Consolidation du Steinberg.	382
Détermination des bancs de suintement.	385
Caniveaux d'assainissement.	388
Assèchement d'un terrain sablonneux.	390
Revêtement des talus.	392
Banquettes.	392
Cuvettes.	392
Assèchement de la tranchée de Soultz.	393
Description du système de consolidation de M. Daigremont.	395
Creusement des tranchées de drainage.	396
Pose des tuyaux de drainage.	397
Comblement de la tranchée de drainage.	398
Fossés supérieurs.	398
Précautions à prendre contre l'engorgement des tuyaux.	399
Établissement de drains transversaux.	399
Drainage de la plate-forme.	400
Couche aquifère sous la plate-forme.	402
Inclinaison des talus des tranchées.	403
Comparaison des différents procédés.	405
Reconstruction des talus éboulés dans les tranchées.	408
Construction des remblais.	414
Reconstruction des remblais éboulés.	418
Causes des éboulements de remblais.	418
Ouvrages d'art.	421
Ponts ou viaducs de différentes natures.	421
Combinaisons diverses.	425
Ponts ou viaducs en bois.	425
Ponts ou viaducs en pierre.	437
Ponts en fonte.	430
Ponts ou viaducs en tôle ou en fer forgé.	431
Ponts en fer et fonte.	441
Ponts suspendus.	442
Procédé de fondation tubulaire.	445
Fondation avec pieux à vis.	445
Fondation avec pieux et palplanches en fonte.	446
Fondations à l'aide du vide.	446
Fondation à l'aide de l'air comprimé.	447
Ponts tournants.	454

DES MATIÈRES.

735

Souterrains.	455
Construction de la chaussée.	465

CHAPITRE VII. — ÉTABLISSEMENT DE LA VOIE.

Description.	465
Rails et accessoires.	465
Nature du bois pour traverses.	468
Forme des traverses.	469
Nature du métal pour les rails.	469
Forme des rails.	471
Rails à champignons.	472
Dimensions et poids des rails.	481
Dispositions des joints.	482
Assemblage du rail et du coussinet.	483
Assemblage des coussinets et de la traverse.	485
Assemblage des rails à patin et des traverses.	485
Éclisses.	485
Rails en bois et fer.	488
Rail Brunel.	489
Rails employés aux États-Unis.	491
Différentes variétés de coussinets.	495
Préparation des bois.	495
Durée des rails.	500
Réserve pour réfection de la voie.	501
Nouveaux systèmes de voies.	505
Systèmes de plateaux-coussinets.	505
Système des cloches en fonte.	507
Autres systèmes variés.	507
Rail Barlow.	508
Système Pouillet.	511
Système Barberot.	514
Cahier des charges.	517
Rails. — Cahier des charges actuel.	518
Rails. — Observations critiques.	522
Coussinets.	527
Chevilletes.	528
Coins.	529
Traverses.	529
Ballast.	531
Conditions générales.	533

Pose et réception de la voie.	535
Passages à niveau, barrières, clôtures et contre-rails.	537
Passages à niveau.	537
Barrières.	539
Clôtures.	540
Contre-rails.	541

CHAPITRE VIII. — ACCESSOIRES DE LA VOIE.

Changements et croisements de voies, plaques tournantes, chariots de service, grues hydrauliques et signaux fixes.	543
Changements de voie.	543
Croisements de voies.	560
Traversées de voie.	565
Plaques tournantes.	567
Chariots de service.	587
Grues hydrauliques.	594
Signaux fixes.	596

DOCUMENTS.

Note sur les frais de transport de terrassement et de ballast, par M. Brabant, ingénieur, chef d'arrondissement aux chemins de fer de l'Est.	611
Limite des volumes.	611
Limite de distance.	612
Cas exceptionnels où l'on descend pour les volumes à transporter et pour les distances de transports au-dessous des limites indiquées.	612
Formules.	612
A. Tableau des prix pour transport d'un mètre cube de déblai ou de ballast, avec waggon de terrassement ordinaires, trainés par des chevaux sur des voies provisoires.	616
B. Tableau comparatif des prix moyens pour le transport sur voies horizontales d'un mètre cube de terre ou de ballast du poids moyen de 1,600 kilogrammes.	617
Bases adoptées dans les calculs du tableau B.	618
Influence du poids des matières à transporter.	618
Modifications résultant des rampes et des pentes.	618
Influence du volume à transporter.	618
Comparaison entre les prix du tableau B.	619

OBSERVATIONS DIVERSES. — De la comparaison qui peut être faite entre les prix portés aux tableaux A et B qui précèdent et ceux portés dans un tableau dressé par M. Brabant en 1838, à la suite d'une note pour le transport en wagon de terrassement et de ballast, publiée vers 1842 dans le <i>Portefeuille de l'ingénieur des chemins de fer</i> , par MM. Perdonnet et Polonceau.	620
OBSERVATIONS sur les prix de la moins-value des rails définitifs employés dans les voies provisoires.	621
Des appréciations faites par MM. Thiollier et de Mondésir.	621
Expertise constatant la moins-value des rails définitifs employés dans les voies provisoires pour l'exécution des travaux du chemin de fer d'Orléans à Bordeaux.	622
Extrait d'un mémoire inséré dans le 6 ^e cahier des <i>Annales des ponts et chaussées</i> en 1847, sur les transports de terrassement au wagon sur voies provisoires, par M. Piarron de Mondésir, ingénieur des ponts et chaussées.	623
Extrait d'un mémoire inséré dans le 5 ^e cahier des <i>Annales des ponts et chaussées</i> de 1849, sur le transport au wagon des déblais d'un chemin de fer, en employant les matériaux des voies définitives, par M. Thiollier, ingénieur des ponts et chaussées.	625
§ 4. Fourniture et entretien des voies provisoires.	625
Moins-value des voies provisoires.	625
Extrait du procès-verbal constatant la dépréciation subie par les rails et coussinets prêtés à l'État par la Compagnie.	626
Prix de revient des travaux de consolidation extraits de la note de M. Sazilly (<i>Annales des ponts et chaussées</i>).	631
Dépenses faites pour l'assèchement des talus dans deux tranchées glaiseuses du chemin de Vissembourg.	635
Prix de revient des travaux de drainage des tranchées. — Extraits d'un rapport de M. Daigremont, ingénieur des ponts et chaussées, sur les travaux de terrassement exécutés sous sa direction au chemin de fer de l'Est.	637
Tranchée de Petit-Croix.	637
— n° 2.	638
— du cimetière de Dannemaric.	639
Remblai n° 15.	641
Tranchée n° 15.	641
— n° 16.	642
— du Dockenberg.	643
Prix de revient de travaux d'assainissement de tranchées asséchées par le procédé Sazilly, sur le chemin de fer de Mulhouse. (Extrait d'un mémoire de M. Masson, ingénieur.).	645
Prix élémentaire des journées et matériaux employés aux travaux d'assainissement qui s'exécutent en régie dans diverses tranchées de la Haute-Marne.	645
Prix d'un mètre courant de drainage avec tuiles creuses sur mortier hydraulique.	645
1 ^o Avec pierre cassée appartenant à la Compagnie.	645
2 ^o Avec pierre cassée fournie par l'Entreprise.	647
Prix d'un mètre courant de drainage avec tuiles creuses et corroi de glaise.	648

Prix d'un mètre courant de drainage avec tuyaux de 0,05 et manchons de 0,00.	648
1 ^o Avec pierre cassée appartenant à la Compagnie.	648
2 ^o Avec pierre cassée fournie par l'Entreprise.	649
Prix de réparation d'éboulements.	649
1 ^o Tranchée de Beaulieu.	650
2 ^o Tranchée de Chiffard.	651
Éléments nécessaires à la détermination du prix de revient des travaux d'assainissement et de consolidation des talus. (Extrait d'un mémoire de M. Bruère, chef de section aux chemins de l'Est, sur les assainissements des talus de tranchées et de remblais, publié dans le <i>Nouveau Portefeuille de l'ingénieur</i>).	652
TRANCHÉES. — Caniveaux. — 1 ^o Matériaux.	652
Briques.	652
Mortier.	652
Pierre cassée.	652
Gazon.	652
2 ^o Main-d'œuvre.	653
Fouille.	653
Maçonnerie.	653
Transport.	654
REVÊTEMENTS.	654
BANQUETTES.	656
CUVETTES.	656
SEMS.	656
REMBLAIS.	658
Précautions prises ou à prendre contre les amoncellements de neige. (Extrait d'une note de M. Goschler sur son voyage en Allemagne.).	659
Bavière. — Exploitation en hiver.	659
Chemins saxo-bavarois.	660
— de Wurtemberg.	660
— de Prusse.	661
Tableau des opérations à faire et des pièces à produire dans la rédaction des projets définitifs des chemins de fer.	662
Prix de revient d'un mètre courant de chemin de fer à simple voie.	664
Prix de revient des plaques tournantes en fonte et en tôle de différents diamètres.	666
Devis des changements de voie du système Wild.	670
Rapport de l'ingénieur principal de la première division des chemins de fer de l'Est relatif aux changements et croisements de voie en acier.	671
Prix du mètre carré des bâtiments de plusieurs chemins de fer.	674
Note sur les prix de revient de divers bâtiments, halles couvertes de voyageurs, halles de marchandises, etc.	675
Prix des différents travaux d'art exécutés sur la ligne de Paris à Strasbourg.	679
Extrait des séries de prix de la première section du chemin de fer de Paris à Strasbourg.	680
Devis estimatif d'un disque signal placé à 1,000 mètres.	681
Tableau synoptique des prix approximatifs d'établissement par mètre carré des stations de la Compagnie des chemins de fer du Nord.	682

Dépense approximative et durée de la construction de quelques tunnels. (Extrait de l'ouvrage de M. Tony Fontenay, <i>Construction des tunnels</i>)	684
Tableau indicatif des dépenses faites pour l'établissement de divers souterrains des chemins de fer français.	686
Tableau synoptique des principales conditions d'établissement de divers souterrains des chemins de fer français. (Années 1837 à 1853.)	688
Souterrains. — Particularités d'exécution.	690
Prix moyens approximatifs des différents matériaux et main-d'œuvre applicables aux travaux d'art des chemins suisses.	693
Tableau des dimensions principales et des dépenses pour la construction des ponts et passages de vallées des chemins de fer suisses (par Elzel).	694
Tableau indicatif du prix de revient des viaducs construits sur les chemins de l'Est.	696
Conditions d'établissement et prix de revient de différents ponts construits sur les chemins de fer wurtembergeois.	698
Notes relatives aux fondations de piles en rivières à l'aide d'appareils à air comprimé.	699
Maison de gardien de passage à niveau, type n° 1. — Avant mètre.	701
— — — — — Détail estimatif.	709
Bâtiments pour réservoir. Devis estimatif des travaux à exécuter et des dépenses à faire pour la construction d'un bâtiment pour réservoir.	712
Récapitulation du montant des dépenses.	720
Établissement de la ligne télégraphique. Prix de revient par kilomètre de double fil.	720
Télégraphie. Prix des appareils et accessoires.	721
Mètre d'un pont de 15 ^m ,20 d'ouverture en arc de cercle avec murs en retour (ligne d'Orléans).	722
Détail estimatif du pont entier.	724
Projet de marquises pour couvertures de trottoirs (chemin de fer de l'Est).	725

