

rails, ou de 1<sup>m</sup>,44 à 1<sup>m</sup>,46 seulement, si on la mesure de la face intérieure des rails.

Au chemin de Londres à Yarmouth, dit *Eastern-Counties-Railway*, la voie a été établie avec 1<sup>m</sup>,52 de largeur; sur les chemins de Dundee à Arbroath, et d'Arbroath à Forfar, cette largeur est de 1<sup>m</sup>,68. Sur les chemins d'Irlande, et sur celui de Saint-Petersbourg à Paulosk, on l'a portée à 1<sup>m</sup>,85; sur ceux de Hollande, à 1<sup>m</sup>,95; enfin, sur le chemin de Bristol, M. Brunel a adopté une voie large de 2<sup>m</sup>,13 de dedans en dedans, ou moitié en sus de la distance usitée de 1<sup>m</sup>,44. En Espagne, on a adopté la largeur de 1<sup>m</sup>,70.

Le tableau suivant indique la longueur des chemins à voies étroites et à voies larges construits en Angleterre, en 1853, ainsi que celle des chemins de fer sur lesquels on a posé trois files de rails, afin de pouvoir marcher sur des voies de deux largeurs différentes.

**Chemins de fer anglais exploités au 31 décembre 1853.**

	VOIE ÉTROITE (1 <sup>m</sup> ,44).	VOIE D'IRLANDE (1 <sup>m</sup> ,70).	VOIE LARGE (2 <sup>m</sup> ,13).	VOIE MIXTE.	TOTAL.
Angleterre. . . . .	8,252 <sup>k</sup>	»	1,007 <sup>k</sup>	153 <sup>k</sup>	9,412 <sup>k</sup>
Écosse. . . . .	1,600	»	»	»	1,600
Irlande. . . . .	15	1,548 <sup>k</sup>	»	»	1,561
TOTAUX. . . . .	9,865 <sup>k</sup>	1,548 <sup>k</sup>	1,007 <sup>k</sup>	153 <sup>k</sup>	12,573 <sup>k</sup>

Le but que l'on s'est proposé principalement en agrandissant l'espace entre les rails est de se ménager la possibilité de construire des machines locomotives plus larges avec des roues d'un plus grand diamètre, munies de chaudières plus puissantes, et, par suite, capables de marcher à des vitesses supérieures.

Quelques fabricants de machines ont aussi demandé que la voie fût élargie, afin, disaient-ils, que, les pièces du mécanisme placées

entre les roues occupant un plus grand espace, il en résultât plus de facilité dans la construction et l'entretien.

La controverse sur la question de savoir quelle était la largeur de voie la plus convenable a été très-vive, surtout entre les ingénieurs anglais. Une commission a été nommée par le gouvernement anglais pour l'examiner. Voici quelles ont été les conclusions du rapport qu'elle a publié :

1° L'élargissement de la voie ne présente aucun avantage en ce qui concerne la sûreté et le confort des voyageurs.

2° On peut, avec de larges voies, atteindre de plus grandes vitesses qu'avec les voies ordinaires ; mais il y aurait du danger à dépasser le maximum de vitesse obtenu sur les voies ordinaires avec des chemins construits comme le sont les chemins actuels. (Cette vitesse, avec les nouvelles machines de Crampton, peut atteindre de 100 à 110 kilomètres par heure.)

3° La voie ordinaire est préférable pour le transport des marchandises, elle est mieux appropriée aux exigences du commerce.

4° L'usage des larges voies nécessite de plus grandes dépenses d'établissement, et la réduction qui en résulterait dans les frais d'entretien et de locomotion ne paraît pas être de nature à compenser l'accroissement des premiers frais.

5° Il est très-important que, dans un même pays, la largeur de la voie soit uniforme. On éprouve de grands inconvénients des différences de largeur des voies du chemin de Bristol et du chemin de Gloucester, et on a dépensé une somme considérable pour ramener, sans interrompre l'exploitation, la voie du North-Eastern-Railway à la dimension ordinaire (1<sup>m</sup>,44).

6° Le mécanisme des nouvelles machines étant beaucoup plus simple que celui des anciennes et étant placé en grande partie, ainsi que les cylindres, en dehors des roues, l'objection des fabricants qui réclamaient une plus grande largeur de voie, afin de le loger plus facilement, est devenue sans valeur.

7° La commission ne voit donc aucune raison pour opérer un changement dans la largeur de la voie (1<sup>m</sup>,44 intérieurement).

Nous avons exprimé, dans la première édition de cet ouvrage, une opinion semblable à celle de la commission anglaise ; mais



nous nous rangeons à l'opinion de M. Polonceau, qui a une plus grande expérience que nous de la construction des machines, et qui est d'un avis contraire.

L'agrandissement de la voie est, du reste, impossible dans des pays comme la France, la Belgique, l'Allemagne, etc., où de grands réseaux sont déjà livrés à l'exploitation, et où il serait très-fâcheux d'introduire de nouvelles lignes avec une voie différente. Mais il y aurait sans doute des avantages à adopter une voie plus large dans certains pays comme la Russie ou l'Espagne, qui ne possèdent encore qu'un très-petit nombre de chemins de fer. En Russie, surtout, où le terrain est peu coûteux, et où les ouvrages d'art, les grandes tranchées et les grands remblais sont peu nombreux, la voie large semble devoir obtenir la préférence.

En France, sur plusieurs lignes récemment construites, on a augmenté la largeur entre les faces intérieures des rails d'environ 4 centimètres, afin de faciliter le mouvement oscillatoire des roues connu sous le nom de lacet. Une différence aussi légère entre les nouvelles et les anciennes voies n'oblige en aucune manière à employer des machines différentes.

La largeur de l'entre-voie (espace entre les deux voies parallèles), sur la plupart des chemins de fer de France et de Belgique, est de 1<sup>m</sup>,80; sur le chemin de Lyon, elle est de 2<sup>m</sup>,20; sur le chemin de Londres à Birmingham, de 1<sup>m</sup>,92; sur le chemin de Bristol, de 1<sup>m</sup>,87; sur le chemin de Bruxelles à Mons, de 2<sup>m</sup>,50.

On détermine la largeur de l'entre-voie de manière que, deux convois qui marchent en sens contraire venant à se croiser, il reste entre les caisses des voitures un espace libre assez grand pour que les marchepieds ne puissent se choquer et que les voyageurs ne puissent se blesser en sortant la tête par la portière.

La largeur de l'entre-voie sur le chemin de Lyon nous paraît la plus convenable. Nous ne verrions même que des avantages à l'augmenter de quelques centimètres. On pourrait alors donner un peu plus de largeur aux caisses des voitures et établir au dehors des galeries qui seraient d'une grande utilité.

Sur le chemin de Saint-Étienne à Lyon, l'entre-voie n'étant que de 1 mètre, on s'est trouvé fort gêné pour la construction des voi-

tures, et on a été obligé de leur donner une grande longueur en faisant porter la caisse sur deux trains séparés.

Sur le chemin de Liverpool à Manchester, construit vers la même époque que celui de Saint-Étienne à Lyon, l'entre-voie est plus grande; elle est de  $1^m,55$ .

Si le matériel du chemin de Paris à Mulhouse n'eût pas dû circuler sur toutes les autres lignes du réseau de l'Est, on eût certainement donné  $2^m,20$  au moins de largeur à l'entre-voie de ce chemin; mais, eu égard à cette circonstance, on s'est borné à adopter la largeur de 2 mètres, qui est de 20 centimètres plus grande que celle du chemin de Paris à Strasbourg, uniquement parce qu'il a été reconnu que, avec la largeur de  $1^m,80$  et le matériel ordinaire, le service était souvent dangereux. On a aussi adopté cette largeur de 2 mètres pour les nouvelles lignes du réseau du Nord.

Pour les chemins du Midi, l'entre-voie sera de  $1^m,86$ .

La largeur des accotements varie ainsi que l'inclinaison des talus avec la nature des terrains. Elle doit être d'autant plus grande que le sol sur lequel repose la voie est plus mauvais. Ainsi, sur les remblais en terrains ordinaires, elle est de  $0^m,50$  plus grande que dans les tranchées. Lorsque le terrain est marécageux, c'est au contraire dans les tranchées qu'elle est la plus grande. Dans certains terrains de ce genre, elle est de 3 mètres en tranchée et de  $1^m,50$  à 2 mètres en remblai.

Cette largeur est nécessaire pour que l'ébranlement produit lors du passage des convois ne puisse déterminer facilement des éboulements et pour que, dans le cas où des éboulements auraient lieu, les voies ne puissent pas être entraînées ou couvertes facilement.

On proportionne aussi la largeur de l'accotement à la résistance que présente le ballast au déplacement latéral des traverses. Plus le ballast est résistant, moins il est sujet à couler, plus est faible la largeur de l'accotement.

Sur le chemin de Bristol, en terrain ordinaire, la distance de la face extérieure du rail à la crête du remblai ou à l'arête du fossé est de  $1^m,45$ ; sur le chemin de Liverpool à Manchester, de  $1^m,52$ ; sur celui de Londres à Birmingham, de  $2^m,20$ ; sur les nouveaux chemins belges, elle est de  $1^m,75$ .



Sur les chemins de fer français récemment construits, elle doit être, aux termes du cahier des charges, en bon terrain, de 1 mètre en déblai et de 1<sup>m</sup>,50 en remblai.

Dans les souterrains, et quelquefois sur les ouvrages d'art, on diminue la largeur de l'accotement afin de réduire la dépense. Les eaux s'écoulent alors par un fossé ou par un aqueduc placé au milieu. Il ne faut pas oublier qu'une trop grande réduction de la largeur de l'accotement dans les souterrains peut exposer à de graves accidents.

La largeur des fossés creusés le long de la chaussée dans la tranchée et le long des talus des tranchées ou des remblais, et, en général, toutes leurs dimensions, doivent être en rapport avec le maximum de la quantité d'eau qu'ils sont destinés à recevoir.

Au chemin de Strasbourg, dans une partie du chemin voisine de Nancy, les fossés étant de dimensions insuffisantes pour donner écoulement aux eaux au moment d'une grande crue, la chaussée a été inondée, le ballast a été enlevé, et la voie dérangée à tel point, qu'il en est résulté le déraillement d'un convoi, accident qui aurait pu avoir les plus graves conséquences.

*Il est donc de la plus haute importance de préserver aussi bien que possible, par des moyens quelconques, tous les ouvrages d'un chemin de fer, et notamment la voie, du contact des eaux, soit souterraines, soit pluviales. On ne doit rien épargner pour atteindre ce but.*

Les règles qui servent à déterminer l'inclinaison des talus des tranchées ou des remblais pour les routes ou pour les canaux s'appliquent aussi aux chemins de fer. Nous devons néanmoins faire observer que, sur un chemin de fer, les conséquences d'un éboulement sont bien autrement graves que sur une route ordinaire, bien plus difficiles à réparer, et que les dépenses pour modifier les talus d'une tranchée, une fois le chemin en activité, sont bien plus considérables.

*Il est donc essentiel, sur un chemin de fer, de déterminer l'inclinaison des talus avec assez d'exactitude pour qu'il ne devienne pas nécessaire de les retoucher après l'ouverture du chemin.*

Sur le chemin d'Alais à Beaucaire, l'éboulement du talus d'une

tranchée a occasionné, en barrant la voie, la rupture d'une locomotive et de plusieurs waggons chargés de charbon. Sur celui de Londres à Bristol, un accident du même genre a eu pour conséquence la mort de plusieurs voyageurs. Sur le chemin de Versailles (rive gauche), dans la grande tranchée de Clamart, la rectification d'une partie des talus, après l'ouverture du chemin, a exigé une dépense double de celle qui eût été nécessaire pour le même travail s'il eût été fait de prime abord.

L'angle sous lequel se soutiennent les talus des tranchées varie suivant la nature du terrain. On trouvera de précieuses indications à cet égard dans l'ouvrage de M. Minard *sur les ouvrages qui établissent la navigation des rivières et des canaux*, et dans l'ouvrage anglais de Brees, traduit en français sous le nom de *Science pratique des chemins de fer*.

Quel que soit cet angle, il ne faut pas oublier que tel terrain qui résistera avec un talus d'une grande inclinaison avant d'être exposé aux intempéries de l'air pourra s'ébouler sous le même angle lorsqu'il en aura subi l'influence. Certains schistes, surtout, s'attendrissent en peu de temps au contact de l'air.

Lorsque le terrain est très-coulant, les talus ne se soutiennent sous aucun angle, et il faut dans ce cas employer différents moyens que nous indiquerons au chapitre des terrassements.

Anciennement, on était dans l'usage de ménager, sur les talus des grandes tranchées, à une petite hauteur au-dessus du fossé, une

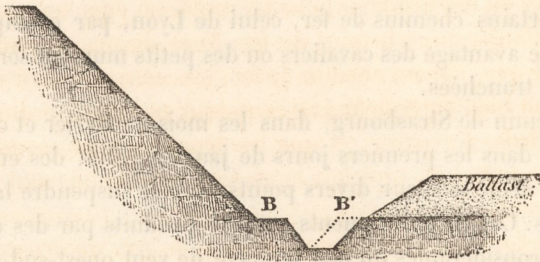


Fig. 8. — Banquettes.

banquette d'environ  $0^m,30$  de largeur, sensiblement inclinée contre les talus. Cette banquette avait pour but d'empêcher les petites



pierres qui se détachent des talus, surtout par l'action de la gelée et du dégel, de descendre dans le fossé et de l'obstruer. Elle recevait aussi, comme lieu de dépôt momentané, des boues dépendant du nettoyage des fossés. Aujourd'hui on supprime la banquette B (fig. 7), et on remplace le profil en ligne pleine au bas du talus par le profil en ligne ponctuée. La banquette se trouve alors transportée en B' le long de la chaussée, et elle sert en même temps au dépôt momentané des boues et à la circulation des cantonniers.

Quant aux pierres détachées des talus, elles descendent dans le fossé, d'où on les retire en le nettoyant.

Quelques ingénieurs, cependant, ayant remarqué que les boues déposées sur la banquette qui longe la voie nuisaient à l'écoulement des eaux qui traversent la chaussée et gênaient pour la circulation, ont maintenu la banquette sur le talus.

On a aussi ménagé des banquettes ou construit des cavaliers du côté des vents dominants et planté des arbres.

Souvent encore on a établi d'autres banquettes espacées de quatre mètres en quatre mètres ; elles divisent les lignes de plus grandes pentes de talus en plusieurs parties sur lesquelles les eaux pluviales ne peuvent pas acquérir une vitesse capable de les raviner. Néanmoins l'expérience a démontré que ces banquettes étaient plutôt nuisibles qu'utiles si on ne les disposait pas en forme de fossés dans toute leur longueur. Dans ce cas, on donne écoulement aux eaux de ces fossés au moyen de rigoles en maçonnerie établies de distance en distance sur la surface des talus.

Sur certains chemins de fer, celui de Lyon, par exemple, on a placé avec avantage des cavaliers ou des petits murs au sommet des talus des tranchées.

Au chemin de Strasbourg, dans les mois de février et décembre 1853, et dans les premiers jours de janvier 1854, des encombrements de neige ont, sur divers points, forcé à suspendre la marche des trains. Ces encombrements ont été produits par des quantités de neige considérables qu'une tempête de vent ouest-sud-ouest balayait dans la plaine et chassait dans les tranchées. Ce sont surtout les tranchées peu profondes qui ont été comblées; les grandes tranchées ont été épargnées, les neiges se sont accumulées dans le haut

des talus, mais sans s'étendre sur la voie de fer. Dans les parties boisées, les tranchées peu profondes ont été préservées des neiges aussi bien que celles d'une grande profondeur.

Pour se préserver autant que possible de ces envahissements de la neige, les clôtures sèches ont été remplacées par des écrans en planches. Ces écrans ont produit un assez bon effet; et nous en avons fait usage fréquemment depuis lors.

« Les accumulations de neige, dit M. Muntz, ont lieu principalement du côté des vents dominants, dans les tranchées, dans les passages des remblais aux déblais, et sur les points où une barrière ou un passage par-dessus forme un obstacle qui arrête l'action des vents.

« Le moyen le plus efficace qu'on emploie pour garantir les points les plus exposés consiste dans l'élargissement de la tranchée par la création d'une banquette de 2<sup>m</sup>,50 à 4<sup>m</sup>,00 de largeur, établie du côté des vents dominants; de plus, dans la construction d'un cavalier de 1<sup>m</sup>,20 à 1<sup>m</sup>,50 de hauteur et élevé à une certaine distance de la crête du talus.

« Ces deux précautions réunies suffisent pour forcer les neiges à se déposer sur les banquettes et à n'envahir que faiblement la voie proprement dite. L'élargissement de la tranchée présente encore l'avantage de faciliter le passage de la grande charrue à neige, qui, sans cette précaution, comprimerait tellement la masse, qu'elle pourrait difficilement la traverser quand les hauteurs de neige atteignent de 1<sup>m</sup>,00 à 1<sup>m</sup>,20.

« En Bavière, on se contente quelquefois, au lieu de former une banquette, de donner au talus des tranchées exposées aux neiges mouvantes une inclinaison de 5 de base pour 1 de hauteur, pour conserver aux vents la possibilité de chasser la neige, qui se dépose sans cette précaution. »

« Sur les points où il n'existe ni cavaliers ni banquettes, et où les encombrements se produisent sous l'action des vents forts et continus, on remplace les cavaliers par des clôtures en planches de 1<sup>m</sup>,50 à 2 mètres de hauteur, placées de 7 à 10 mètres en arrière de la crête des talus, ou par des haies vives et des plantations d'épi-céas et d'autres arbustes d'une croissance rapide. Ces plantations



sont établies sur trois rangs parallèles si elles ne se font pas en massif.

« Les plantations essayées sur une vaste échelle ont rendu de très-bons services dès qu'elles avaient atteint une hauteur de 2 mètres, et les effets obtenus par ces moyens combinés ont été tellement favorables, que la circulation n'a dû être interrompue, même dans les points les plus exposés, que pendant quelques heures, et à des époques éloignées de plus d'une année.

« Sur le Fichtelberg, on s'est contenté de former des haies avec des branches de pins et de sapins dont on pouvait disposer dans la localité, en attendant que les plantations eussent acquis la hauteur nécessaire pour servir d'abri. »

L'inclinaison du talus des remblais est ordinairement de 1,5 sur 1. Elle est plus faible lorsque la nature du terrain oblige à donner de l'empatement au remblai.

Il est nécessaire aussi d'intercepter, au moyen de cavaliers ou de fossés, les eaux qui coulent à la surface, et qui pourraient endommager les grands talus. La bande de terrain nécessaire pour loger les cavaliers, les fossés, les treillages, les haies et les sentiers qui bordent les grandes tranchées doit avoir de 4<sup>m</sup>,50 à 5 mètres de largeur, suivant les circonstances. On creuse également un fossé au pied des remblais quand l'inclinaison générale du terrain amène vers leur pied les eaux pluviales.

Les figures 9 et 10 représentent les coupes adoptées comme types pour la voie sur les nouvelles lignes du réseau de l'Est.

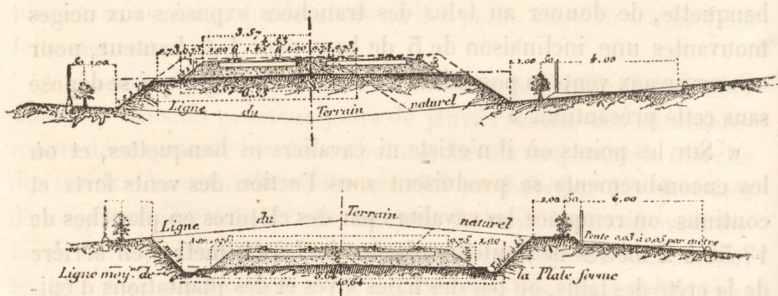


Fig. 9 et 10 — Profils en travers des chemins de l'Est.

La largeur des fossés et de la bande de terrain qui bordent les tranchées et les remblais varie comme nous l'avons indiqué.

Quelquefois, lorsqu'il se trouve de grands arbres près de la voie, il peut être utile d'acheter le terrain qu'ils occupent, afin de les abattre. Leur voisinage n'est pas sans inconvénients et même sans danger. Ils entretiennent sur la voie une humidité qui rend la traction difficile. Ils sont assez souvent mis en feu par des étincelles échappées de la locomotive. Enfin leur chute sur le chemin peut occasionner des accidents.

Les renseignements suivants, empruntés aux *Documents statistiques*, publiés par le gouvernement en 1856, indiquent exactement l'espace moyen occupé par les différentes parties des chemins de fer construits en France à la fin de 1853.

L'ensemble des terrains acquis pour l'établissement des 4,063 kilomètres livrés à l'exploitation à la fin de l'année 1853 était d'environ 13,800 hectares, représentant 0,00027 de la surface de la France, et environ 34 hectares par myriamètre de chemin.

Cette moyenne, par myriamètre, varie d'une ligne à l'autre. Elle ne descend pas au-dessous de 16 hectares, et s'élève à 43 1/2 hectares pour le chemin de fer de Frouard à Forbach.

D'après un relevé fait sur un assez grand nombre de chemins, les 34 hectares par myriamètre se décomposeraient comme suit :

		Hectares.	
1° Voie ou largeur en couronne. . . . .	Superficie. . .	9	ou 26 0/0
2° Stations, ateliers, cours, voies d'évitement. . . . .	<i>Id.</i> . .	3	— 9
3° Talus, fossés, banquettes, perrés. . .	<i>Id.</i> . .	17	— 50
4° Déviations de chemins et cours (hors clôture). . . . .	<i>Id.</i> . .	4	— 12
5° Terrains pouvant être revendus. . .	<i>Id.</i> . .	1	— 3
Ensemble. . . . .	<i>Id.</i> . .	34	ou 100 0/0

Ainsi, de toute la superficie acquise pour l'établissement des chemins de fer, les 85 centièmes sont compris entre clôtures, dont 35 centièmes seulement occupés utilement par la ligne, la voie et les gares.

La largeur de la bande occupée est ainsi de 34 mètres en



moyenne. Celle des différents chemins de fer s'écarte plus ou moins de cette moyenne.

Ainsi elle a sur le chemin de Lyon. . . . .	34,03
De Strasbourg. . . . .	28,03
Du Nord. . . . .	33,05
D'Orléans. . . . .	42, »
D'Orléans à Bordeaux. . . . .	35,10
De Mulhouse. . . . .	35,00
Du Centre. . . . .	23,20
De Blesmes à Gray. . . . .	36,48
De Tours à Nantes. . . . .	37,50
De Frouard à Forbach. . . . .	43,60
De Creil à Saint-Quentin. . . . .	38,10
D'Amiens à Boulogne. . . . .	34,10

Nous avons présenté quelques considérations générales sur le tracé des chemins de fer, nous avons établi certaines règles pour le choix de la meilleure ligne à suivre; ce sera placer l'exemple à côté du précepte que de nous livrer à l'examen critique du tracé de quelques-uns des chemins de fer déjà exécutés.

#### **Du tracé de quelques chemins de fer remarquables.**

Les chemins de fer, au point de vue de leur tracé, peuvent se diviser en :

*Chemins à pentes faibles.*

*Chemins à pentes moyennes.*

*Chemins à fortes pentes.*

Nous appelons :

Chemins à pentes faibles ceux dont l'inclinaison, à quelques exceptions près, reste au-dessous de 8 à 10 millimètres;

Chemins à pentes moyennes ceux sur lesquels on rencontre, sur une partie notable du parcours, des pentes atteignant 8 à 10 millimètres;