

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 vidés 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 waggons.

Lorsque les terres des massifs latéraux à la cunette sont transportées dans les waggons 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 waggons que les brouettes françaises.

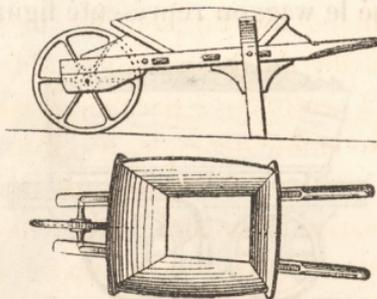


Fig. 15. — Brouettes.

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 waggons de terrassement peuvent se résumer de la manière suivante :

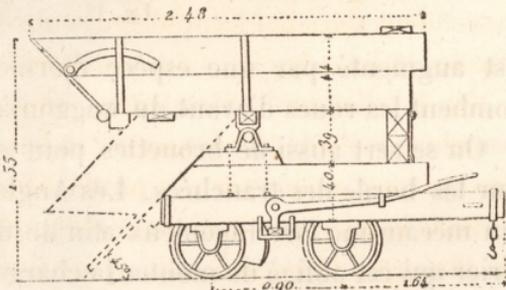


Fig. 16. — Waggon de terrassement.

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

1^m,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

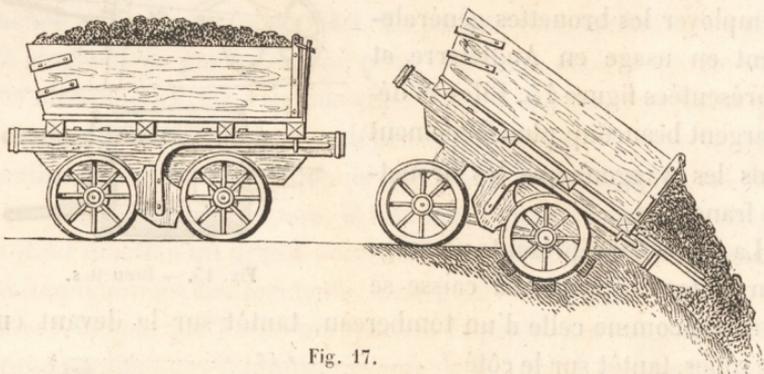


Fig. 17.

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.

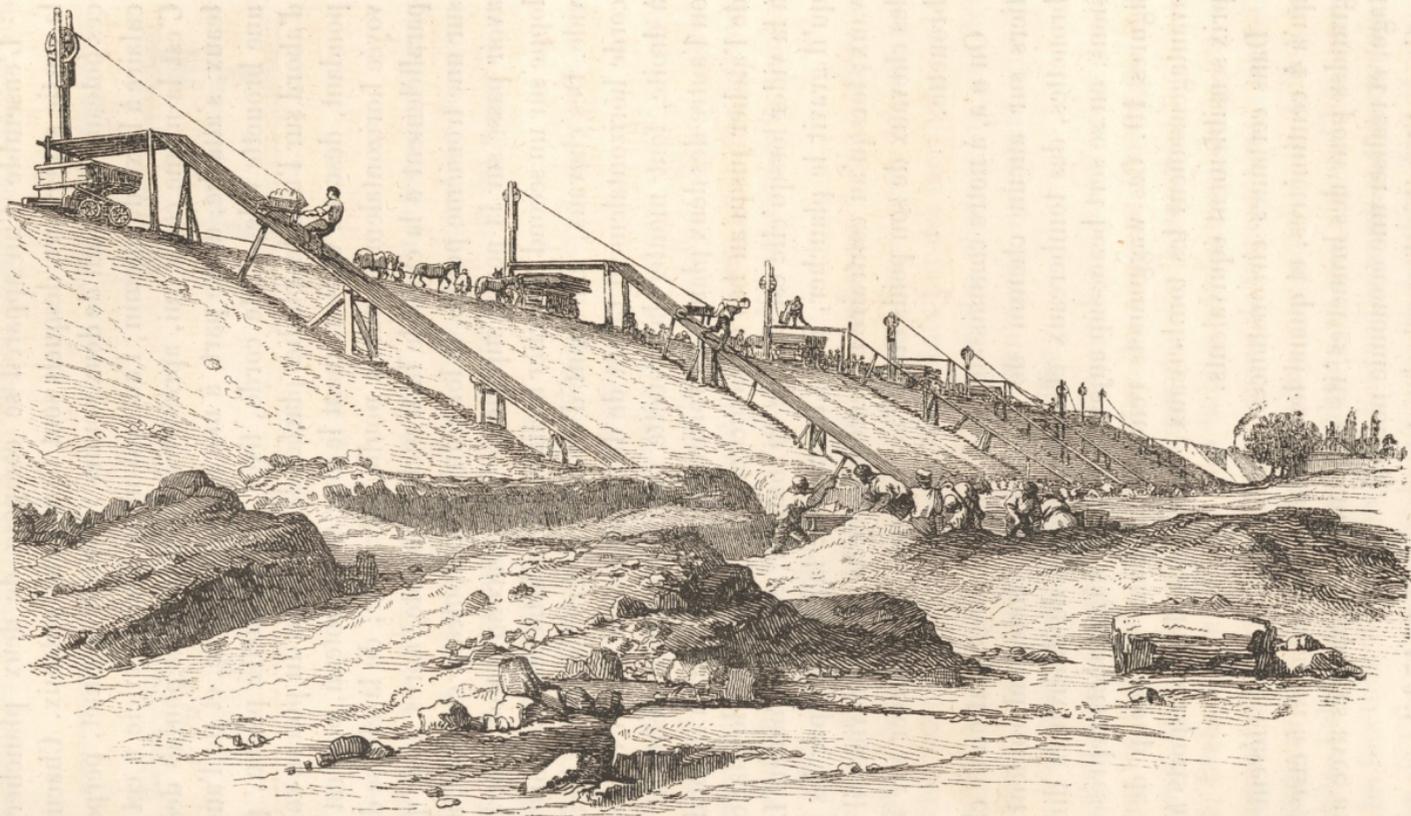


Fig. 18. — Chantiers de terrassements anglais.

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, avantagement 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

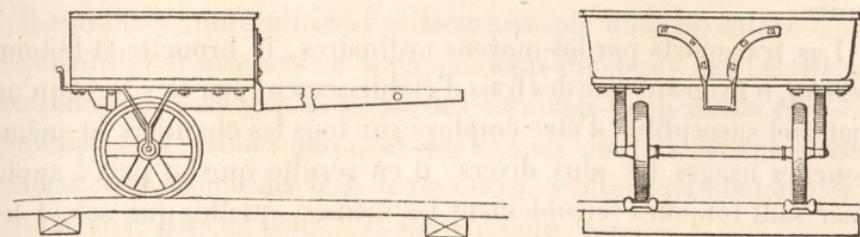


Fig. 19.

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 traînés par des chevaux ; puis enfin les waggons traînés 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 traînés par des chevaux, et enfin les waggons traînés 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 tombeau, 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 tombeau.

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 tombeau 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.	
		au CAMION	au TOMBERFEU	AU WAGON		CUBE DE 20 000 ^m au wagon trainé 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.
		m.					
50	0,225	0,225	»	»	»	»	»
100	0,450	0,350	0,420	0,545	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	1,260	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 traîné 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 traînés par des chevaux deviennent préférables aux camions traînés 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 500 mètres, le cube à enlever étant d'au moins 10,000 mètres, l'usage des waggons traînés 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 50,000 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 goulet A en retroussant les terres, on a enlevé les terres en B et C sur une

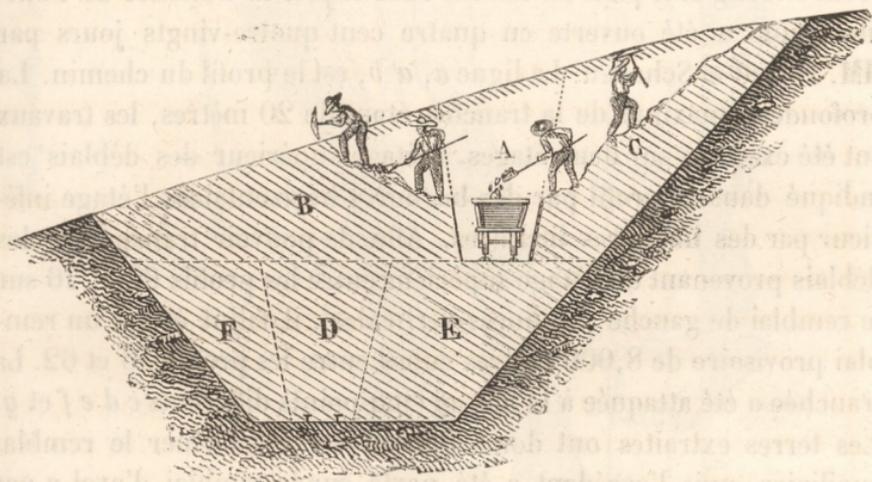


Fig. 20.

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