

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 500 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 INDIQUÉES.

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 waggons 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 waggons 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 waggons 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 waggons 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 :

$$\left[\left(\frac{L + 8}{M} \times 900 \right) + 0,25 + 0,045 D \pm DI \right]$$

Formule pour les ateliers où les voies servent pour la seconde fois :

$$\left[\left(\frac{L + 8}{M} \times 250 \right) + 0,25 + 0,045 \pm DI \right]$$

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 waggons, 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

$$X = \frac{15D + 2,000}{M} 0,00051 D + 0,40 (C).$$

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 3 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 nos 7, 8 et 9.

(5) *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 provisoire⁴, 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 500,000 mètres, et pour des distances de 500 à 5,000 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 traînés 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.

⁴ Pour des cubes d'une certaine importance, elle peut être appliquée au cas où les voies provisoires seront formées avec le matériel définitif.

A. TABLEAU DES PRIX POUR TRANSPORT D'UN MÈTRE CUBE DE DÉBLAI OU DE BALLAST AVEC WAGGONS DE TERRASSEMENT ORDINAIRES TRAINÉS PAR DES CHEVAUX SUR DES VOIES PROVISOIRES.

DISTANCE des TRANSPORTS.	INDICATION DES VOLUMES ET DU PRIX DES TRANSPORTS.							OBSERVATIONS.
	25000	50000	75000	100000	150000	200000	300000	
1° D'après les formules de M. Duvignaud avec wagons et voies provisoires servant pour la première fois								M. Volume à transporter exprimé en mètres cubes. D. Distance des transports exprimée en hectomètres. L. Distance entre les extrémités des déblais et des remblais exprimée en hectomètres. I. Déclivité.
	$\left[\left(\frac{L+8}{M} + 900 \right) + 0,25 \pm 0,045 \text{ D I.} \right]$							
500	1,231	0,853	0,727	0,664	0,601	0,570	0,538	
1000	1,636	1,168	1,012	0,934	0,856	0,817	0,778	
1500	1,041	1,483	1,297	1,204	1,111	1,065	1,018	
2000	2,446	1,798	1,582	1,474	1,366	1,312	1,258	
2500	2,851	2,113	1,867	1,744	1,621	1,560	1,498	
3000	3,256	2,418	2,152	2,014	1,876	1,807	1,738	
2° D'après une formule employée au chemin du Nord avec wagons de terrassement et voies provisoires terminées avec les rails définitifs sur la presque totalité de la distance à parcourir.								M. Volume exprimé en mètres cubes. D. Distance de transport exprimée en mètres courant.
	$\left[\frac{15 D + 2000}{M} - 0,00031 D + 0,40. \right]$							
500	0,935	0,745	0,682	0,650	0,618	0,603	0,587	
1000	1,390	1,050	0,937	0,880	0,823	0,795	0,767	
1500	1,845	1,355	1,192	1,110	1,028	0,988	0,947	
2000	2,300	1,660	1,447	1,340	1,233	1,180	1,127	
2500	2,755	1,965	1,702	1,570	1,438	1,373	1,307	
3000	3,210	2,270	1,957	1,800	1,643	1,565	1,487	
3° D'après une formule de M. Brabant faite dans le but d'estimer les prix de transport des déblais au wagon à faire dans la tranchée de Lille à Dunkerque avec wagons neufs et voies provisoires, ces voies étant supposées horizontales et le poids des déblais être de 1600 kilogrammes.								M. Volume à transporter exprimé en milliers de mètres D. Distance des transports en hectomètres.
	$\left(\frac{D+20}{M} \times 0,50 \right) + 0,40 + 0,04 D.$							
500	1,100	0,850	0,767	0,725	0,683	0,663	0,642	
1000	1,400	1,100	1,000	0,950	0,900	0,875	0,850	
1500	1,700	1,350	1,233	1,175	1,116	1,088	1,058	
2000	2,000	1,600	1,467	1,400	1,333	1,300	1,267	
2500	2,300	1,850	1,700	1,625	1,550	1,513	1,475	
3000	2,600	2,100	1,933	1,850	1,766	1,725	1,683	
Les différences que l'on remarque dans les prix tiennent à plusieurs causes dont les principales me paraissent être les suivantes :								
1° La manière de voir les choses qui est bien rarement la même dans des appréciations de cette espèce.								
2° Les circonstances différentes dans lesquelles on se trouvait sur les lignes pour lesquelles ces formules ont été dressées.								

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.

INDICATION DES MODES DE TRANSPORT

DISTANCE DES TRANSPORTS.	à la brouette.		au camion traîné par des hommes.		à dos de mule.		au tombereau traîné par des chevaux.		Pour un volume de 100000 mètres transportés sur voies provisoires avec wagons ordinaires de terrassement.		Pour un volume de 20 000 mètres remorqués sur voies définitives par des locomotives à une vitesse de 25 kilom. à l'heure.		Sur des cours d'eau non compris les frais de chargement et de déchargement et ceux de transport du lieu d'extraction au bateau et du bateau au lieu d'emploi.	
	For- mules.	0,450D	0,10 +	0,20 +	0,30 +	0,50 +	0,56 +	0,45 +	0,45 +	0,20 +	0,24 +	0,08 +	En grand bateau (30 ^m cubes).	En petit bateau (2 ^m cubes).
		0,25D	0,25D	0,12D	0,045D	0,036D	0,01D	0,005D	0,005D	0,004D	0,008D			
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	0,088			
120	0,540	0,400	0,500	0,444	0,554	0,603	0,462	0,456	0,206	0,245	0,090			
140	0,630	0,450	0,550	0,468	0,563	0,610	0,464	0,457	0,207	0,246	0,091			
160	0,720	0,500	0,600	0,492	0,572	0,618	0,466	0,458	0,208	0,246	0,093			
180	0,810	0,550	0,650	0,516	0,581	0,624	0,468	0,459	0,209	0,247	0,094			
200	0,900	0,600	0,700	0,540	0,590	0,632	0,470	0,460	0,210	0,248	0,096			
300	.	0,850	0,950	0,660	0,635	0,668	0,480	0,765	0,215	0,252	0,104			
400	.	1,100	1,200	0,780	0,680	0,704	0,490	0,470	0,220	0,256	0,112			
500	.	1,350	1,450	0,900	0,725	0,740	0,500	0,475	0,225	0,260	0,120			
600	.	1,600	1,700	1,020	0,770	0,776	0,510	0,480	0,230	0,264	0,128			
700	.	1,850	1,950	1,140	0,815	0,812	0,520	0,485	0,235	0,268	0,136			
800	.	2,100	2,200	1,260	0,860	0,848	0,530	0,490	0,240	0,272	0,144			
900	.	2,350	2,450	1,380	0,905	0,884	0,540	0,495	0,245	0,276	0,152			
1000	.	2,600	2,700	1,500	0,950	0,920	0,550	0,500	0,250	0,280	0,160			
1100	.	.	.	1,620	0,995	0,956	0,560	0,505	0,255	0,284	0,168			
1200	.	.	.	1,740	1,040	0,982	0,570	0,510	0,260	0,288	0,176			
1300	.	.	.	1,860	1,085	1,028	0,580	0,515	0,265	0,292	0,184			
1400	.	.	.	1,980	1,130	1,064	0,590	0,520	0,270	0,296	0,192			
1500	.	.	.	2,100	1,175	1,100	0,600	0,525	0,275	0,300	0,200			
1600	.	.	.	2,220	1,220	1,130	0,610	0,530	0,280	0,304	0,208			
1700	.	.	.	2,340	1,265	1,172	0,620	0,535	0,285	0,308	0,216			
1800	.	.	.	2,460	1,310	1,208	0,630	0,540	0,290	0,312	0,224			
1900	.	.	.	2,580	1,350	1,244	0,640	0,545	0,295	0,316	0,232			
2000	.	.	.	2,700	1,400	1,280	0,650	0,550	0,300	0,320	0,240			
2500	.	.	.	.	1,625	1,460	0,700	0,575	0,325	0,340	0,280		
3000	.	.	.	.	1,850	1,640	0,750	0,600	0,350	0,360	0,320		
4000	.	.	.	.	.	2,000	0,850	0,650	0,400	0,400	0,400		
5000	.	.	.	.	.	2,360	0,950	0,700	0,450	0,440	0,480		
10 000	.	.	.	.	.	4,160	1,450	0,950	0,700	0,640	0,880		
15 000	.	.	.	.	.	5,960	1,950	1,200	0,950	0,840	1,280		
20 000	.	.	.	.	.	.	2,450	1,450	1,200	1,040	1,680		
25 000	.	.	.	.	.	.	2,950	1,700	1,450	1,240	2,080		
50 000	.	.	.	.	.	.	5,450	2,950	2,700	2,240	4,080		

1. Voies de fer, wagons, remaniement des déblais, déchargement, etc., etc.