

Construction des murs-digues du canal Albert.

(Voir texte en regard).



Fig. 1.

Au premier plan, battage d'un rideau de palplanches métalliques inclinées. A l'arrière, deux sonnettes exécutant des pieux Franki inclinés.

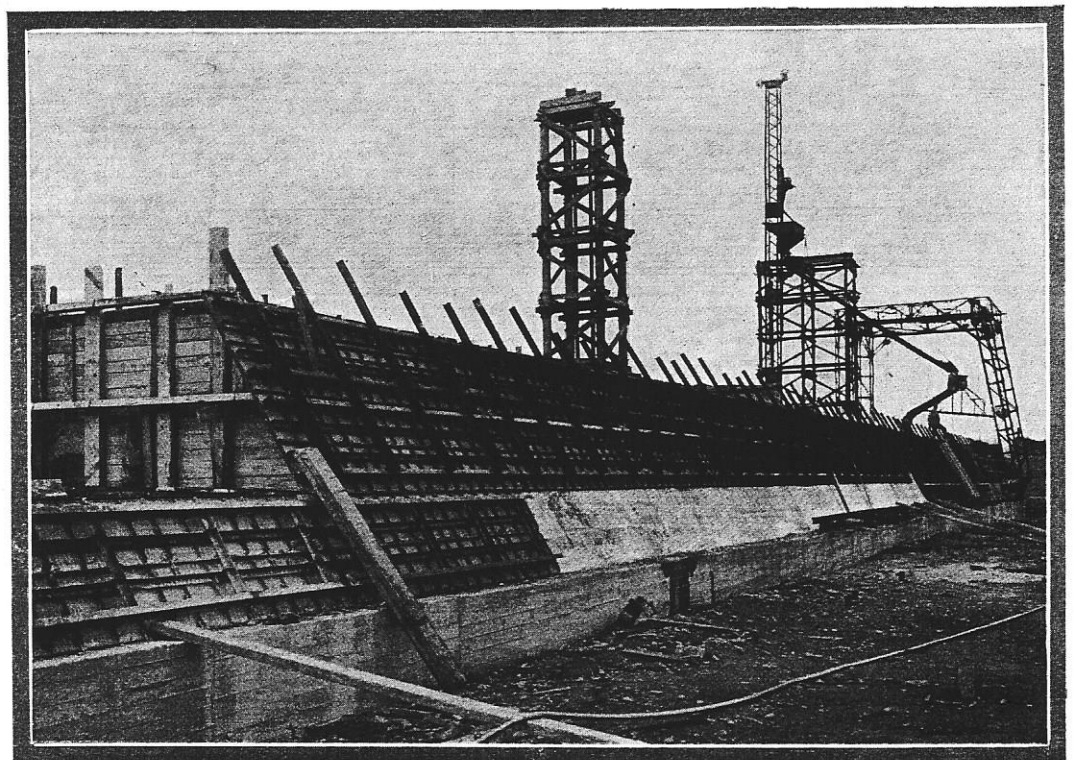


Fig. 2.

Exécution des murs-digues. Vue des coffrages métalliques d'un tronçon de mur-digue.

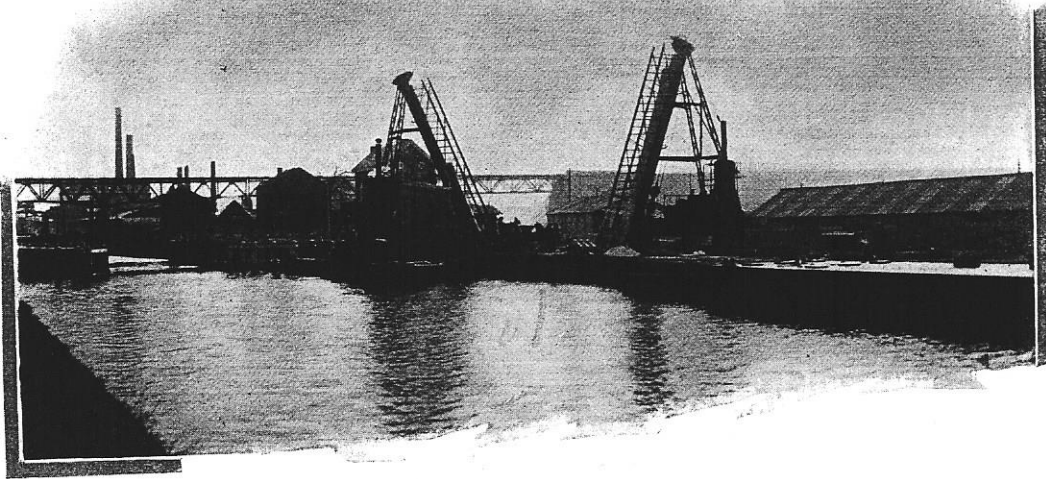


Fig. 3.

*Battage de
pieux Franki
inclinés.*

Construction des murs-digues du canal Albert dans la traversée de Haccourt- Lixhe près de Visé (Belgique).

Par LOUIS HOEBEKE,

INGÉNIEUR A. I. G.

DIRECTEUR DE TRAVAUX A LA SOCIÉTÉ DES PIEUX FRANKI.

UNE des caractéristiques du futur Canal Albert est de maintenir sur un parcours de plus de 30 kilomètres le niveau de flottaison à la cote 60, commandée par le barrage Monsin en aval de Liège.

Les travaux du Canal Albert sont exécutés sous la direction générale de M. Lambermont, Ingénieur en Chef, Directeur des Ponts et Chaussées, et de M. Santilman, Ingénieur Principal des Ponts et Chaussées.

Nous décrivons ici les dispositions spéciales du tronçon au droit de Haccourt et de Lixhe.

Le tracé du Canal Albert emprunte, dans cette région, le parcours du canal Liège-Maestricht.

Le canal actuel a une largeur de 25 m.

La circulation y est intense et le cahier des charges prescrit que le trafic doit être maintenu pendant l'exécution des travaux.

Le niveau de flottaison est actuellement à la cote 52,75.

Lors de la mise en service du Canal Albert, les eaux seront relevées de 7 m. à 7^m50 au-dessus de leur niveau actuel. On a donc prévu la construction de digues en terre.

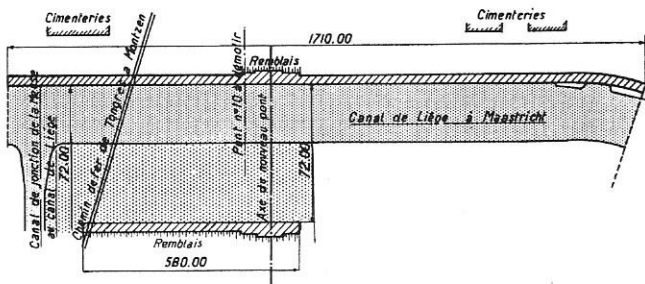


Fig. 4. — Plan des murs, rive gauche et rive droite, du canal élargi.

Cependant, sur le territoire de Haccourt et de Lixhe, la présence de trois cimenteries importantes sur la rive gauche du canal excluait cette solution. L'expropriation des trois cimenteries : Les Ciments Portland Liégeois sur le territoire de Haccourt, les Cimenteries de Visé et de Loën sur le territoire de Lixhe, aurait nécessité une dépense hors de proportion avec le but poursuivi.

Ces usines sont installées en moyenne à une dizaine de mètres de la berge actuelle. Etant donné ce faible espace disponible, l'Administration des Ponts et Chaussées a décidé la construction de murs-digues. La figure 5 donne une coupe de l'ouvrage.

A priori, rien n'empêchait sur la rive droite la réalisation de digues par un apport de terres, mais l'Administration a décidé de construire des murs de soutènement. L'établissement d'un pont fixe en remplacement du pont tournant actuel, la création des rampes d'accès, le raccordement sous le pont de chemin de fer Tongres-Visé aux travaux de l'écluse du canal de jonction, la création tout indiquée d'une gare d'eau au droit des industries de la rive gauche, sont autant de raisons qui imposent les dispositions prises.

En résumé, dans la traversée de Haccourt-Lixhe, les travaux consistent en la création, sur la rive droite, d'un mur de soutènement d'environ 600 m. de longueur et sur la rive gauche, d'un mur-digue d'environ 1.800 m. de longueur.

La présence des cimenteries nécessitait des dispositions spéciales en ce qui concerne l'étanchéité du mur-digue, qui doit être absolue.

D'autre part, vu le relèvement appréciable du niveau de flottaison, et l'augmentation de la pression hydrostatique qui en résultera, l'Administration a prévu, indépendamment d'un rideau de palplanches formant parafoille, une consolidation du sous-sol par injection, consolidation poussée jusqu'à la cote 45,60.

La figure 4 montre en plan les murs de la rive gauche et de la rive droite.

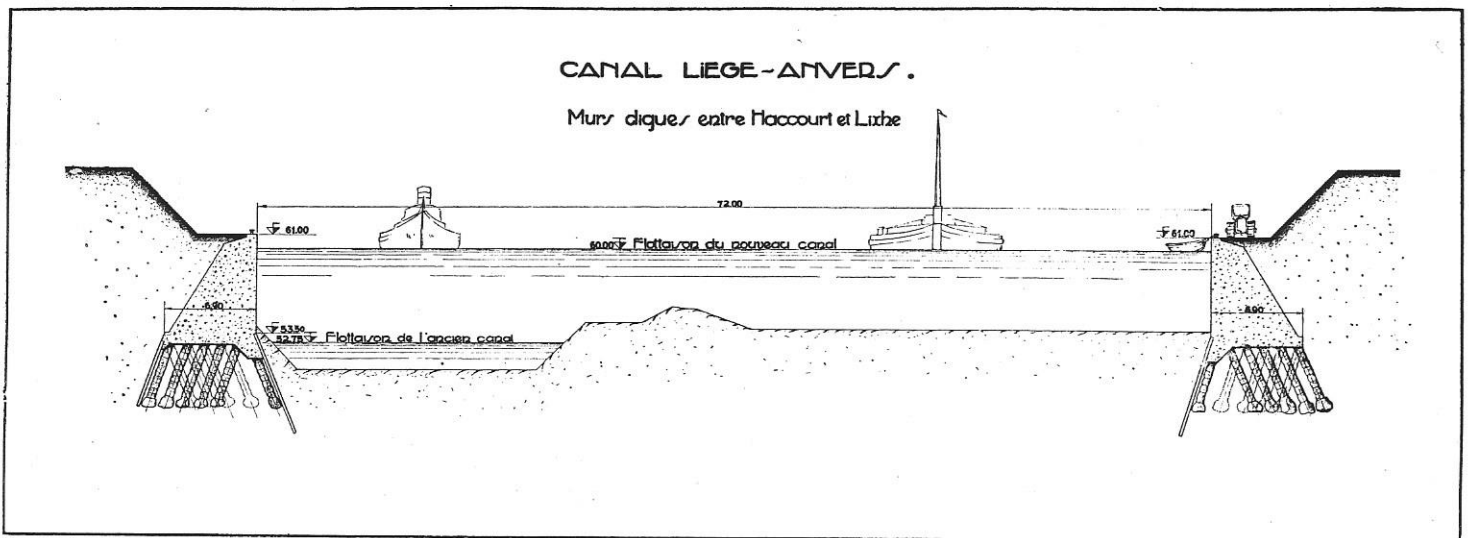
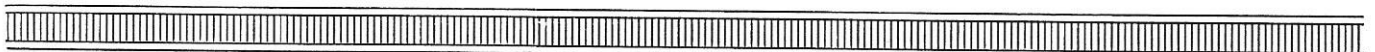


Fig. 5. — Coupe de l'ouvrage à réaliser.



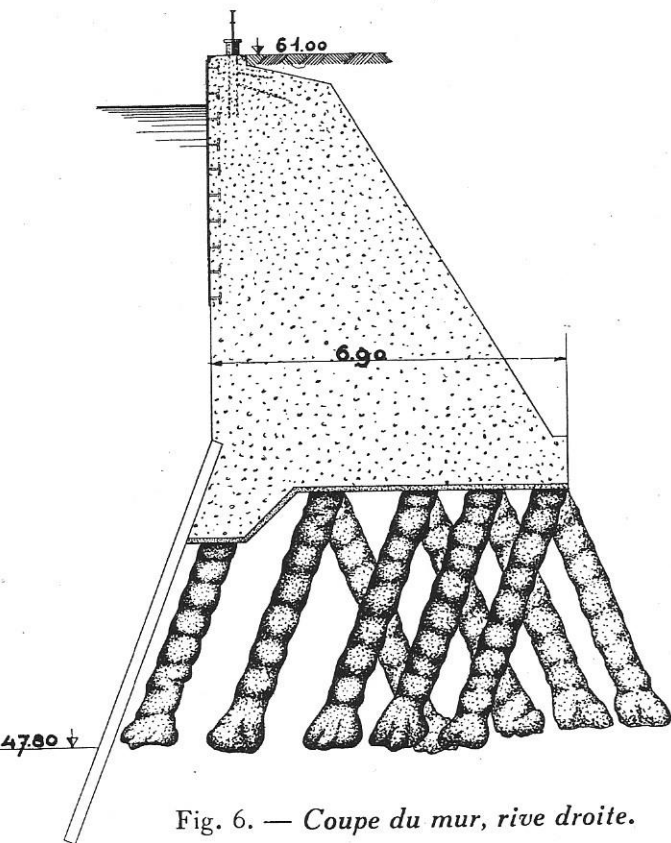


Fig. 6. — Coupe du mur, rive droite.

Les murs de la rive droite constituent donc des murs de soutènement, tandis que ceux de la rive gauche sont des murs-digues, sauf dans les sections au droit du pont fixe. A cause des rampes d'accès les murs sont, dans ces sections, du même type que ceux de la rive droite.

Une coupe dans les deux types de murs de la rive gauche est donnée par les figures 7 et 8.

La figure 6 donne la coupe du mur de la rive droite.

On remarquera les précautions spéciales prises sur la rive gauche : double rideau de palplanches, consolidation du sous-sol, béton spécial en parement, membrane d'étanchéité, toutes ces dispositions ayant été dictées par la présence des cimenteries.

Nous passons successivement en revue les principaux travaux requis pour la réalisation de l'ouvrage et qui sont exécutés par la Société des Pieux Franki à Liège.

1° Battage des pieux Franki.

L'entreprise comporte le battage d'environ 4.000 pieux Franki inclinés et 300 pieux Franki verticaux.

Les pieux inclinés ont une inclinaison de 20° et 25° sur la verticale, suivant les sections. Tous les pieux sont armés de corbeilles en fers ronds de 15 à 20 mm. de diamètre, ligaturés par des ronds de 5 mm. de diamètre. La figure 7 montre l'implantation des pieux sous un des tronçons du mur. La charge en service varie, pour les pieux comprimés, de 70 à 95 T. et pour les pieux tirés, de 15 à 20 T. Le cahier des charges prévoit que les pieux seront essayés sous une charge double de la charge de service.

ESSAI DE COMPRESSION.

Copie du procès-verbal de l'essai de charge sur deux pieux Franki inclinés (fig. 10).

L'axe longitudinal des pieux est incliné à 25° sur la verticale. Les deux axes longitudinaux se trouvent dans le même plan vertical. La charge est transmise aux pieux par l'intermédiaire d'une dalle qui affecte la forme du croquis de la figure 8.

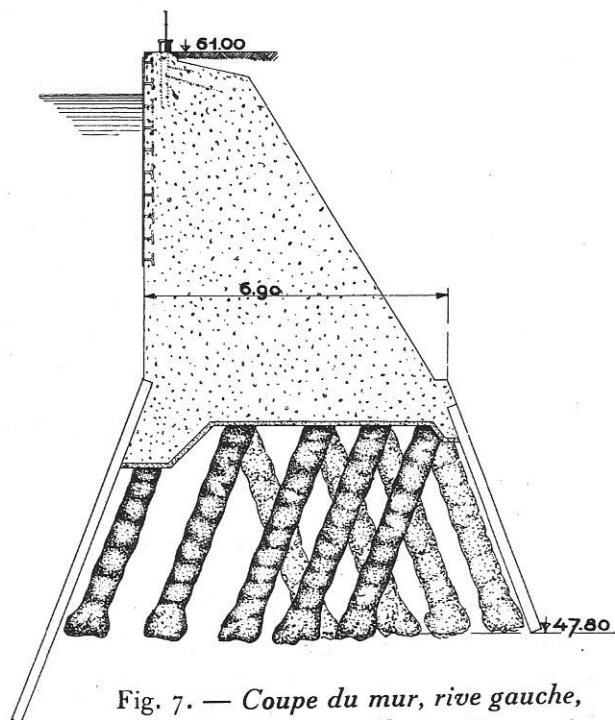


Fig. 7. — Coupe du mur, rive gauche, constituant mur de soutènement.

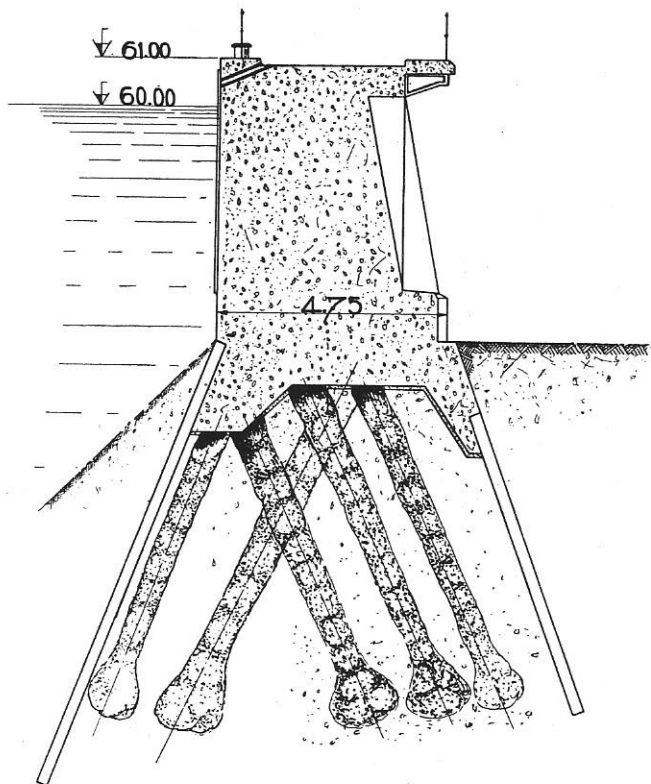


Fig. 8. — Coupe du mur, rive gauche.

Afin d'assurer une sollicitation suivant l'axe des pieux, on a pris les précautions suivantes :

a) On a interposé, entre les pieux et la semelle, une feuille de plomb de deux millimètres d'épaisseur ;

b) La mise en charge a été effectuée en veillant à maintenir le centre de gravité de la charge sur la verticale passant par la rencontre des axes des pieux.

Composition du béton des pieux au m³ :

Ciment de laitier spécial . . . 300 kgs.
Gravier de Meuse 0/50. . . 1.200 litres.

Age des pieux : l'un des pieux avait 67 jours, l'autre 35 jours.

Longueur du fût :

5^m50 pour l'un ;
5^m80 pour l'autre.

DESCRIPTION DE L'ESSAI.

A. *Constitution de la charge.* — La tête de chaque pieu est terminée par une frette en béton de 60 × 60 × 40 cm. de hauteur. Une dalle en béton armé présentant à la partie inférieure deux surfaces planes perpendiculaires à l'axe longitudinal de chacun des pieux est posée sur les pieux par l'intermédiaire de deux plats entre lesquels se trouve une feuille de plomb de deux millimètres d'épaisseur ; des poutrelles de 6 à 7 m. de longueur sont posées en deux lits perpendiculaires sur la dalle, pour recevoir une charge de gueuses en fonte de 344 T.

B. *Dispositifs de lecture.* — Pour éviter toute erreur, on a pris deux modes de lecture :

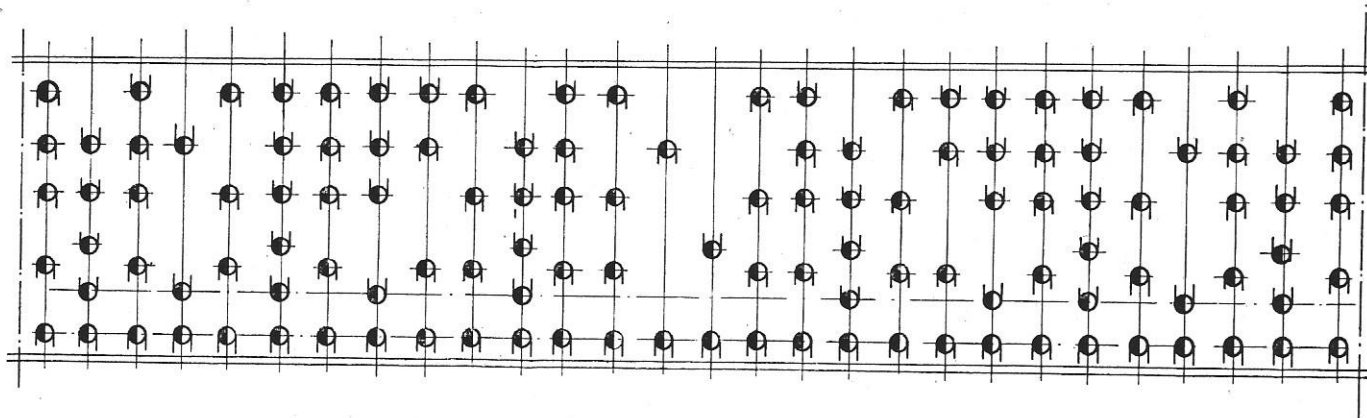
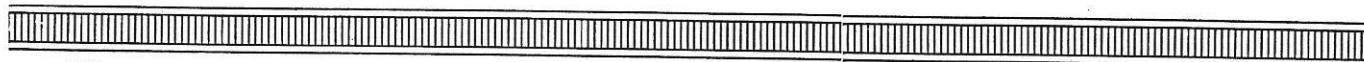


Fig. 9. — Plan des fondations du mur-digue.





1° Le premier consiste en :

a) Une tige métallique fixée au centre de la dalle en béton et se dégageant au-dessus de celle-ci ;

b) Un fil d'acier mis presque en contact avec la tige centrale dans laquelle on a fait une encoche avant de commencer le chargement. Le fil d'acier passe sur deux poulies fixées à des poteaux et est tendu au moyen de deux poids.

La différence des lectures faites avant et après la mise en charge donne l'affaissement.

2° Un second dispositif est réalisé comme suit :

a) Deux poutrelles A et B scellées à leurs extrémités dans des massifs en béton C et D et C' et D' constituent les repères fixes ;

b) Deux cornières E et F scellées dans les têtes des pieux et perpendiculairement aux poutrelles A et B ;

c) Aux extrémités de ces cornières sont fixées des pointes en acier ; ces pointes effleurent les plats inférieurs des poutrelles A et B ;

d) L'affaissement des pieux a pour conséquence d'écarter les cornières des poutrelles et ceci parallèlement à l'axe longitudinal de chaque pieu.

Cet écartement, qui reproduit donc exactement la valeur de l'affaissement, est mesuré entre le plat inférieur de chaque poutrelle et la pointe d'acier de chaque cornière au moyen d'un jeu de lames d'épaisseur variant chacune de un dixième de millimètre.

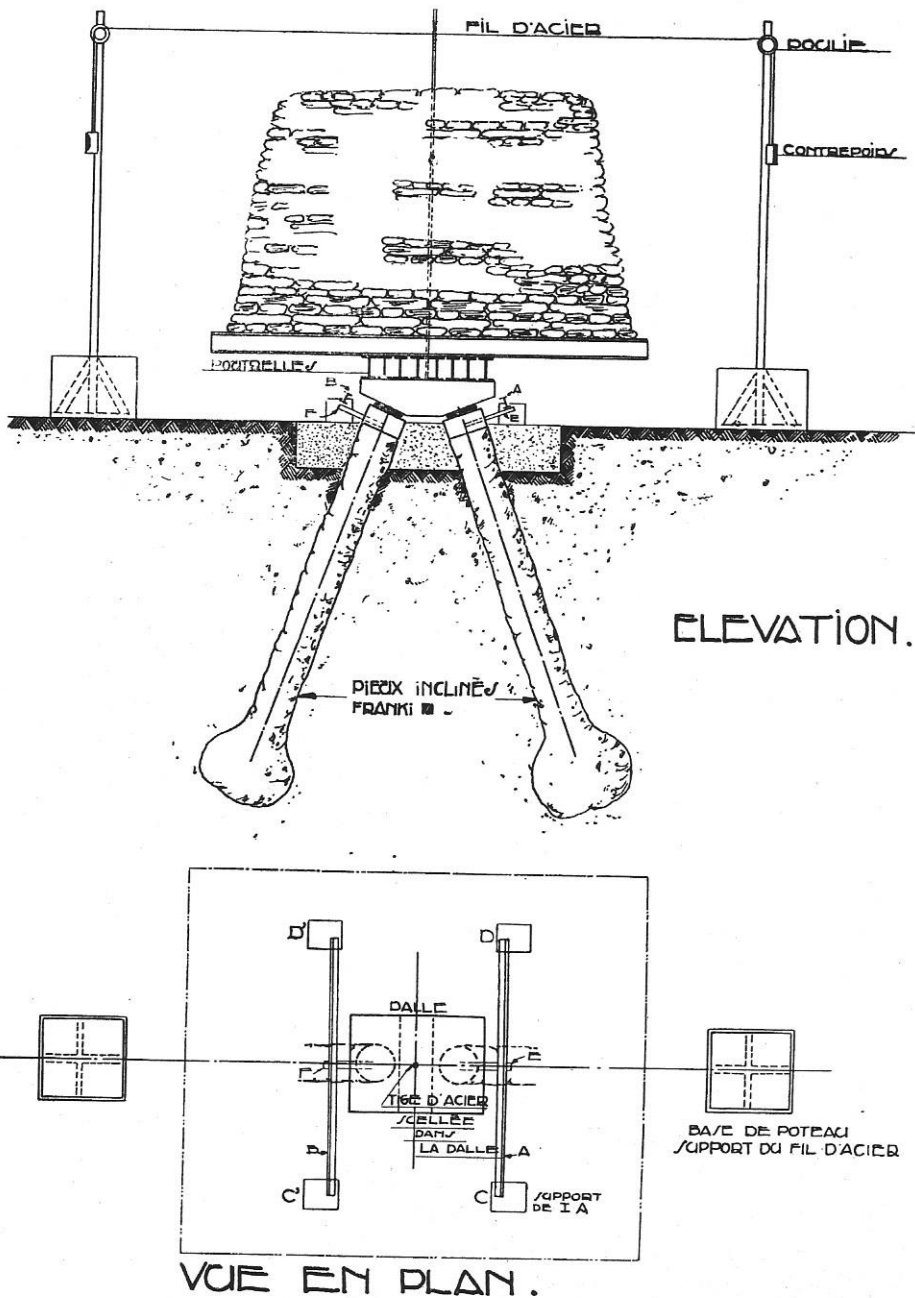


Fig. 10. — Coupe et plan du dispositif d'essai.
344 tonnes sur 2 pieux Franki inclinés.

Ci-après, les résultats de l'essai.

La mise en charge a commencé le 18 mai. Le 21 mai, à 15 heures, le chargement était complet, soit 344 T.

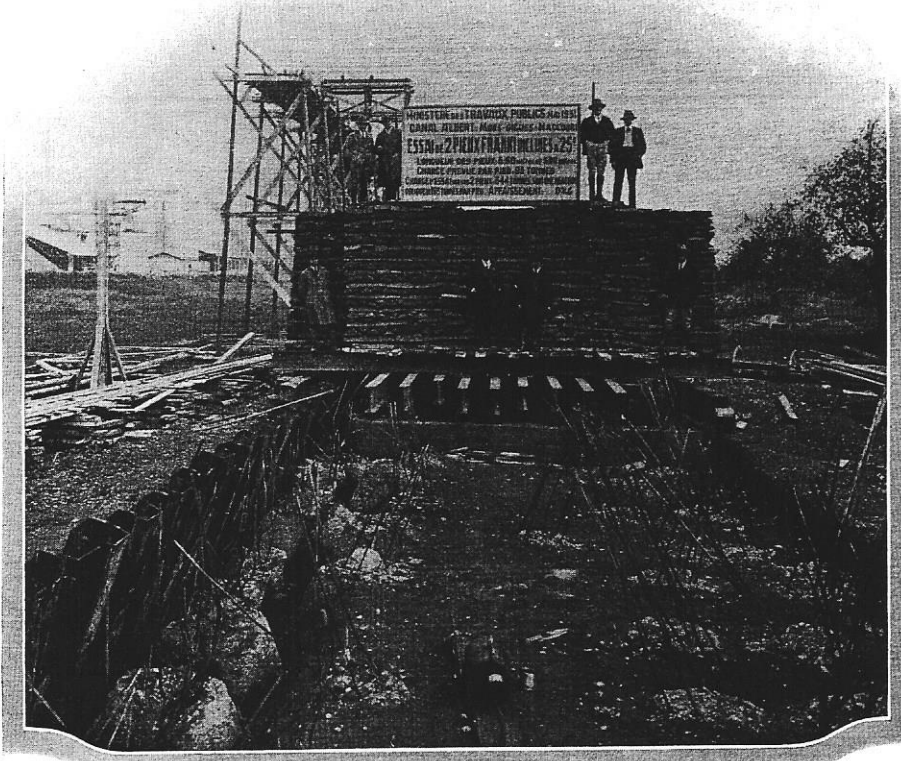


Fig. 11.

Essai de charge de deux pieux Franki inclinés à 25°. — 344 T. soit une réaction oblique de 190 T. par pieu. Affaissement : 0,6 mm. Charge utile par pieu : 95 T.



Ci-dessous, les observations faites sur les deux pieux.

| | | | | |
|-----------------|-----------|---------------------|-----------|--------------------|
| 18 mai | pieu n° 1 | 0 ^{mm} 00, | pieu n° 2 | 0 ^{mm} 00 |
| 19 » | pieu n° 1 | 0 ^{mm} 00, | pieu n° 2 | 0 ^{mm} 00 |
| 20 » | pieu n° 1 | 0 ^{mm} 00, | pieu n° 2 | 0 ^{mm} 00 |
| 21 » à 8 h. 30 | pieu n° 1 | 0 ^{mm} 55, | pieu n° 2 | 0 ^{mm} 15 |
| 21 » à 17 h. 30 | pieu n° 1 | 0 ^{mm} 65, | pieu n° 2 | 0 ^{mm} 15 |
| 22 » à 8 h. | pieu n° 1 | 0 ^{mm} 75, | pieu n° 2 | 0 ^{mm} 35 |
| 22 » à 12 h. | pieu n° 1 | 0 ^{mm} 75, | pieu n° 2 | 0 ^{mm} 35 |
| 22 » à 17 h. 30 | pieu n° 1 | 0 ^{mm} 75, | pieu n° 2 | 0 ^{mm} 35 |
| 26 » | pieu n° 1 | 0 ^{mm} 90, | pieu n° 2 | 0 ^{mm} 35 |

Après le déchargement des pieux, les mesures ont donné :

| | | |
|--------------|-----------|---------------------|
| Au pieu n° 1 | | 0 ^{mm} 60. |
| Au pieu n° 2 | | 0 ^{mm} 25. |

Le 26 mai, la moyenne des maxima était donc de 0^{mm}6.

ESSAI DE TRACTION.

Voici la disposition adoptée pour cet essai.

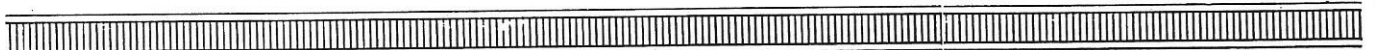
Soit en A (fig. 12) le pieu à essayer à la traction. On choisit de part et d'autre et dans le même alignement, deux pieux voisins.

Le pieu B sert de point d'appui à un levier. Le pieu C sert de point d'appui à un vérin hydraulique. Le levier est constitué par une poutrelle Grey de 300. Le pieu à essayer est amarré à la poutrelle par ses armatures. Il est essentiel que la disposition soit telle que la traction se fasse rigoureusement suivant l'axe du pieu.

Le vérin employé pour les divers essais a une surface de piston de 255 cm². L'effort au vérin pour des pressions respectives de 30 kgs et 50 kgs au manomètre est de 7,650 T. et 12,750 T.

Le rapport des bras de levier est pour cet essai de $\frac{3,65}{1,05}$.

Un repère est scellé dans le pieu à essayer et est relevé à la lunette par rapport à un repère de nivellement par quatre lectures compensatrices.



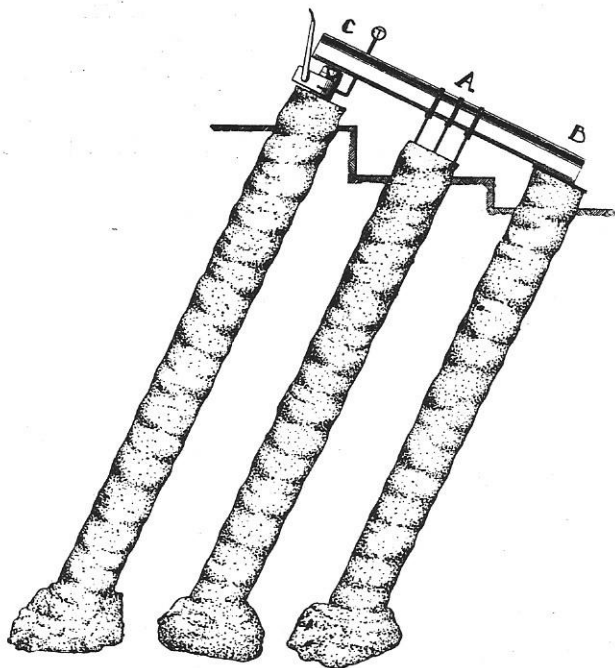


Fig. 12. — Dispositif d'essai de traction des pieux inclinés.

Voici les lectures au cours de l'essai :

Avant la mise en charge :

| | | |
|-------|---|---------|
| 1.879 | } | = 1,881 |
| 1.878 | | |
| 1.882 | | |
| 1.885 | | |

Le manomètre étant bloqué à 30 kgs, soit une traction de 26,600 T., les lectures ont donné :

| | | |
|-------|---|---------------------------------|
| 1.882 | } | = 1.880 soit 0 ^{mm} 1. |
| 1.880 | | |
| 1.876 | | |
| 1.882 | | |

Le manomètre étant bloqué à 50 kgs, soit une traction de 44,320 T., les lectures ont donné :

| | | |
|-------|---|---------------------------------|
| 1.879 | } | = 1.879 soit 0 ^{mm} 2. |
| 1.874 | | |
| 1.879 | | |
| 1.885 | | |

La figure 13 montre l'essai en cours.

Tous les essais de traction ont donné des résultats analogues. A titre documentaire, un essai a été poussé jusqu'à la traction de 66,300 T. Sous cet effort, la déformation a été d'environ un millimètre, mais dès que la pression a été relâchée, le pieu a repris sa position primitive.

De façon générale, les sondages effectués dans le terrain ont révélé une couche d'alluvion de 1^m50 à 2 m. d'épaisseur et immédiatement en dessous, le gravier de Meuse.

La pénétration dans un pareil terrain est extrêmement difficile. Or, en l'occurrence, puisque de nombreux pieux travaillent à la traction, il était indispensable de leur donner une longueur telle que leur ancrage dans le sol soit suffisant.

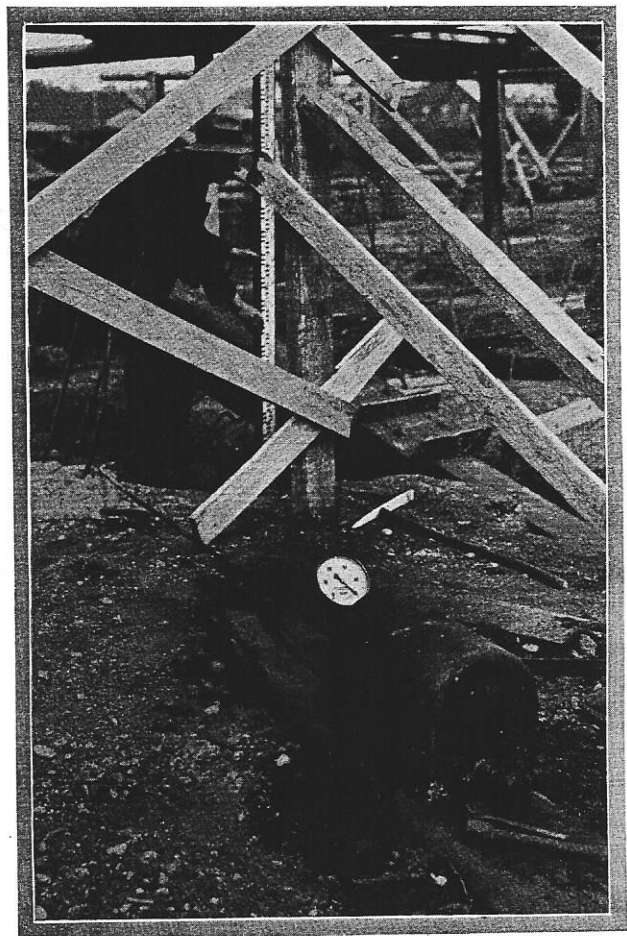


Fig. 13. — Essai de traction sur un pieu Franki. Le manomètre est bloqué à 50 kilogs.



Nous donnons, ci-après, les résultats d'une série d'expériences qui ont été effectuées sur le fonçage des tubes Franki en terrain qualifié dur.

On a tenu à exprimer par un chiffre la plus ou moins grande dureté du terrain. Un paramètre K, appelé paramètre de fonçage a été adopté.

On a relevé, pour une série de pieux, le diagramme de fonçage en portant en abscisse le nombre de coups de mouton et en ordonnée, les enfoncements correspondants.

De cette série de diagrammes, on a extrait ceux qui présentaient des caractéristiques intéressantes pour en déduire les observations ci-après:

1° Les courbes de fonçage ont été assimilées à des paraboles de deuxième degré d'expression $Y^2 = KX$, dont elles se rapprochent assez bien. Même dans le cas où la courbe de fonçage s'éloigne de la parabole, on considère la parabole enveloppe et on dénomme d'une façon générale: *Parabole de fonçage*, le graphique obtenu.

2° En considérant une parabole de fonçage d'expression $Y^2 = KX$, la valeur de K est obtenue de la façon suivante:

Dans le diagramme 1 de la figure 14, la hauteur foncée ou Y, valeur portée en ordonnée, égale 8m50 pour 360 coups de moutons de 2,800 T. et d'une hauteur de chute de 6m50.

Unités choisies = tonnes et centimètres.

$$Y^2 = 850^2 = 722.500.$$

Pour calculer X, on prend le nombre de coups de mouton, multiplié par la hauteur de chute en centimètres, multiplié par le poids du mouton en tonnes.

$$X = 360 \times 650 \times 2,8 = 655,200.$$

La parabole de fonçage a pour expression:

$$Y^2 = KX \text{ ou } K = \frac{Y^2}{X} = \frac{722,500}{655,200} = 1,1.$$

$K = 1,1 =$ paramètre de fonçage.

3° Nous présentons, ci-dessous, une série de diagrammes (1 à 4, figure 14, et 5 à 8, figure 15) allant du simple au complexe.

4° *Diagramme 1.*

Le paramètre de fonçage $K = 1,1$.

Le diagramme montre que la profondeur de 8m50 a été atteinte par le tube après 360 coups de mouton. Ce fonçage, normal, n'appelle aucune observation spéciale.

Refus sous une volée de 10 coups = 9 mm.

5° *Diagramme 2.*

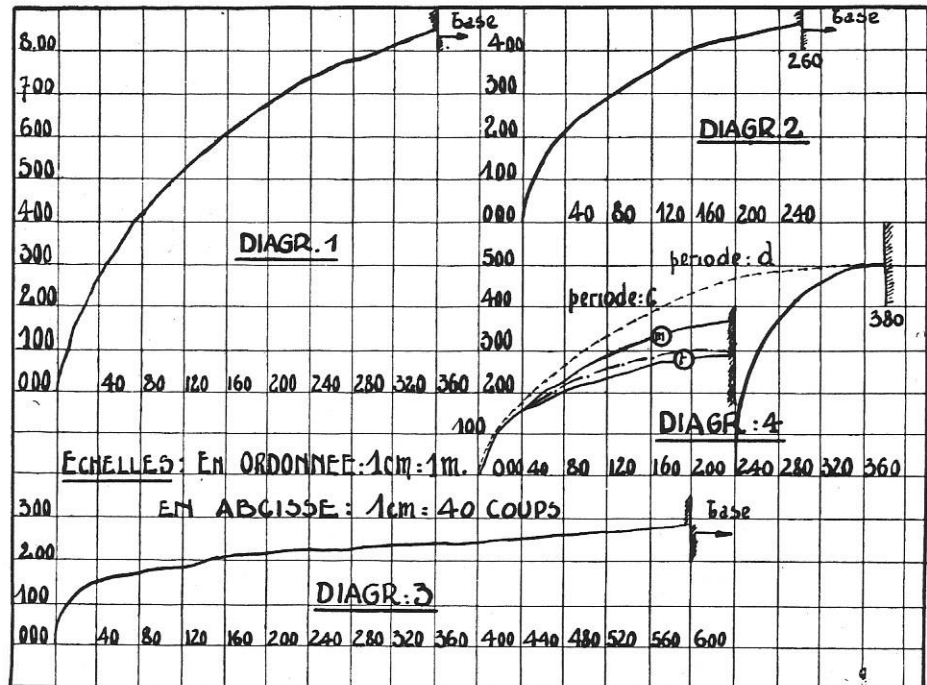
Le paramètre de fonçage $K = 0,51$.

Le diagramme montre que la profondeur de



Fig. 14.

Quelques diagrammes de fonçage.



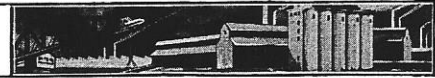
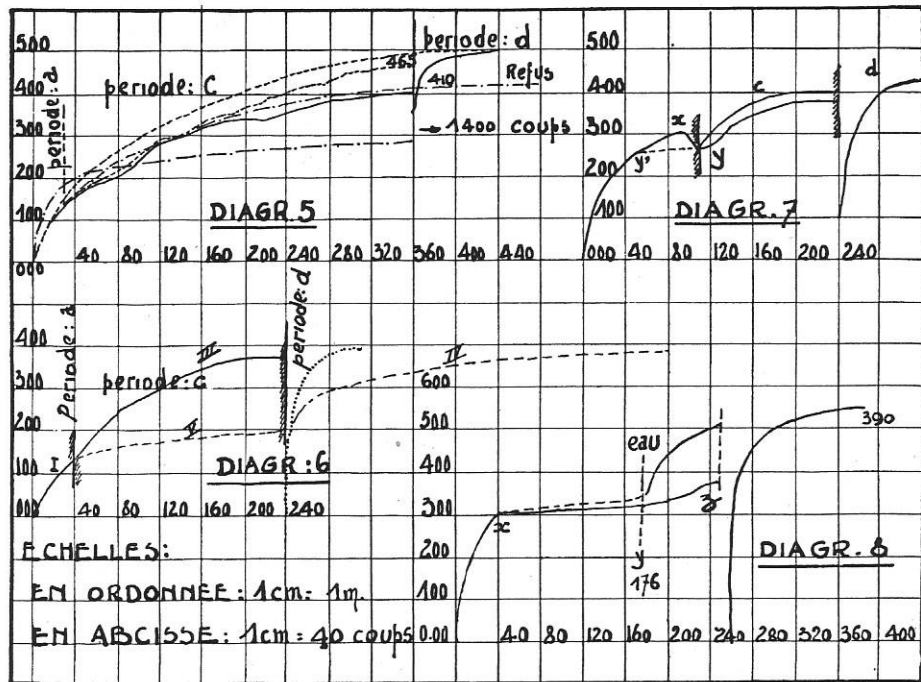


Fig. 15.

Quelques diagrammes de fonçage.



4^m70 a été atteinte au moyen de 260 coups de mouton.

Refus sous une volée de 10 coups = 6 mm.

Ce terrain est notablement plus dur que celui du diagramme 1.

6° Observation.

La dureté du terrain serait utilement exprimée par l'inverse de K, soit $\frac{1}{K}$.

7° Diagramme 3.

Le paramètre de fonçage $K = 0,1$.

Le diagramme montre que la profondeur de 2^m80 a été atteinte par 600 coups de mouton.

Refus sous une volée de 50 coups de mouton = 0 mm.

Le fonçage ordinaire du tube en pareil terrain aurait été extrêmement malaisé, sinon impossible.

Rappelons succinctement le mode de fonçage du tube pour l'exécution du pieu Franki.

Un tube en acier de 0^m50 de diamètre intérieur environ est posé sur le sol, soit verticalement, soit obliquement, suivant que le pieu à exécuter doit être vertical ou incliné.

On déverse dans le tube une certaine quantité de béton à peu près sec que l'on pilonne énergiquement au moyen du mouton.

Le béton ainsi damé est fortement comprimé contre les parois du tube et forme un *bouchon de béton*, qui entraîne le tube par frottement.

8° Diagramme 4.

Ce diagramme représente un battage combiné dont voici le processus:

a) On forme un bouchon de béton de faible épaisseur et on fonce le tube jusqu'à 1^m50 à 2 m. de profondeur.

C'est la période *a* du diagramme.

b) On expulse le bouchon hors du tube.

c) On fonce le tube sans bouchon. La dame s'enfonce dans le sol et le tube suit par gravité.

C'est la période *c* du diagramme.

Elle comprend deux courbes: l'une (lettre *m*) donne l'enfoncement du mouton, l'autre (lettre *t*) donne l'enfoncement du tube.

d) On retire le tube et le mouton. Après nettoyage du tube, on forme un bouchon dans le tube, au-dessus du sol, et on refonce le tube.

C'est la période *d* du diagramme.



La parabole enveloppe de l'ensemble est représentée en pointillé. Cette parabole enveloppe a pour paramètre $K = 0,43$.

D'après ce diagramme, on peut augurer que si le fonçage du tube avait été fait de la façon ordinaire, la parabole de fonçage aurait vraisemblablement affecté l'allure de la courbe représentée en trait mixte. Cette parabole a un paramètre $K = 0,15$.

Le procédé combiné a donc relevé la valeur de K de $0,15$ à $0,43$.

9° Diagramme 5.

Ce diagramme représente un battage combiné comme celui du diagramme 4, avec quelques observations complémentaires.

Les périodes a , c , et d sont limitées sur le diagramme. La parabole enveloppe du battage combiné est figurée en ponctué. Cette parabole a pour K une valeur de $0,35$.

A priori et par l'examen du diagramme on pourrait augurer que la parabole du fonçage normal aurait affecté l'allure de la courbe figurée en pointillé, parabole dont le paramètre $K = 0,24$.

En réalité, le paramètre serait resté notablement en dessous de cette valeur.

Le pieu voisin a été foncé de la façon ordinaire. Sa parabole de fonçage est figurée sur le même diagramme en trait mixte. Elle a pour paramètre $K = 0,05$. Pour 1.400 coups de mouton le tube a été foncé à 3^m33 de profondeur.

10° Remarque.

Dans le procédé combiné, le retrait du tube, le nettoyage et la confection du bouchon prennent 10 à 12 minutes.

11° Il nous paraît indiqué d'examiner, au point de vue critique, quelques diagrammes présentant des anomalies. Ceci pour montrer que le procédé graphique permet de déceler les défauts et d'y porter remède.

Examinons d'abord le diagramme 6.

Les périodes a et c de ce diagramme sont absolument normales. Voyons la période d . Alors que dans la période c le mouton est descendu à 3^m80 , pendant toute la période d le tube n'est descendu qu'à 3^m95 et il a fallu pour cela 380 coups de mouton. Une courbe normale en période d aurait affecté l'allure de la courbe ponctuée. La courbe

réelle, figurée en trait plein, indique clairement qu'à partir de la cote 2^m75 , il a dû se présenter dans le terrain une résistance anormale et en tout cas non indiquée par la période c .

Il en a bien été ainsi en réalité.

En effet, le fonçage a été exécuté comme suit :

Entre les périodes c et d , au lieu de retirer le tube et de former le bouchon au-dessus du sol, on a rempli, au moyen de béton, le trou formé par le mouton.

On a créé ainsi une résistance supplémentaire au fonçage, résistance indiquée au diagramme dans la période d .

12° L'examen du diagramme 7 conduit aux observations suivantes.

Dans la période a et dans la partie repérée x . y . la courbe présente une allure négative, c'est-à-dire que par un accroissement du nombre de coups, la profondeur diminue : le tube remonte.

Le bouchon a été expulsé de x à y , mais ce bouchon, trop important, a fait remonter le tube.

En outre, le diagramme économique amènerait le point y en y' , point où la période c aurait avantagusement commencé.

Ceci résulte également de la trop grande importance du bouchon. Si le fonçage du tube durant la période a avait été fait au moyen d'un bouchon plus faible expulsé au point y' de la courbe, la valeur de K serait montée de $0,234$ à $0,286$ et on aurait ainsi économisé 60 coups de mouton.

13° Dans le diagramme 8, la courbe représentant la période c est très suggestive.

Au point Y , c'est-à-dire au 176^e coup de mouton, on a commencé le fonçage du tube au moyen d'eau. La courbe de y à z est très avantageuse à l'encontre de la courbe de x à y , qui ne l'est pas du tout.

Il est clair que si l'on avait transposé le point y en x , on aurait économisé environ 140 coups de mouton et on aurait amélioré la valeur de K de $0,29$ à $0,45$ environ.

Le diagramme montre clairement qu'il y avait un intérêt primordial à supprimer la période x - y .

Ces observations faites, on pouvait se demander si la qualité des pieux répondait aux prévisions.

L'essai à la compression relaté plus haut est suffisamment éloquent à ce sujet.

D'autre part, les essais de traction ont été mul-



tipliés dans un but documentaire. Les résultats signalés plus haut sont édifiants à ce point de vue.

La figure 3 montre deux machines Franki au travail.

Une des machines est installée sur un ponton spécialement aménagé à cet effet.

La figure 11 montre une section de mur dans laquelle les têtes des pieux ont été dégagées. On va procéder à leur recépage et au redressage des barres déformées par les passages réitérés de la machine. Lors du décapage des pieux, on a pu constater que les armatures en corbeille sont bien enrobées de béton et n'ont pas été dérangées en cours de battage.

Les armatures seront ancrées dans le massif du mur. On remarque à droite le rideau de palplanches dont l'alignement est remarquable.

2° Etablissement des rideaux de palplanches.

L'ensemble du travail comporte le battage d'environ 28.000 m² de palplanches. Ce sont des

palplanches métalliques Ougrée-Marihaye du type 3 pour le rideau avant, du type 2 pour le rideau arrière.

La figure 21 donne la coupe de la palplanche Ougrée-Marihaye.

Afin de prévenir l'oxydation des palplanches, il a été prévu, indépendamment du fixolage à chaud, une addition de cuivre dans la proportion de 0,3 % en volume.

L'établissement des rideaux de palplanches présente certaines particularités intéressantes.

Dans la plupart des sections, l'inclinaison à 20° ou 25° des pieux Franki nécessitait, pour le rideau de palplanches, une inclinaison similaire, ceci dans le but de donner à l'infrastructure l'empiètement minimum compatible avec la superstructure.

Dans d'autres sections où le battage des pieux n'était pas prévu ou dans lesquelles la disposition des pieux n'impliquait pas le besoin d'incliner le rideau de palplanches, il était logique d'établir un rideau vertical. Il en résultait donc, au droit de ces changements des sections, la nécessité de battre un raccord gauche.

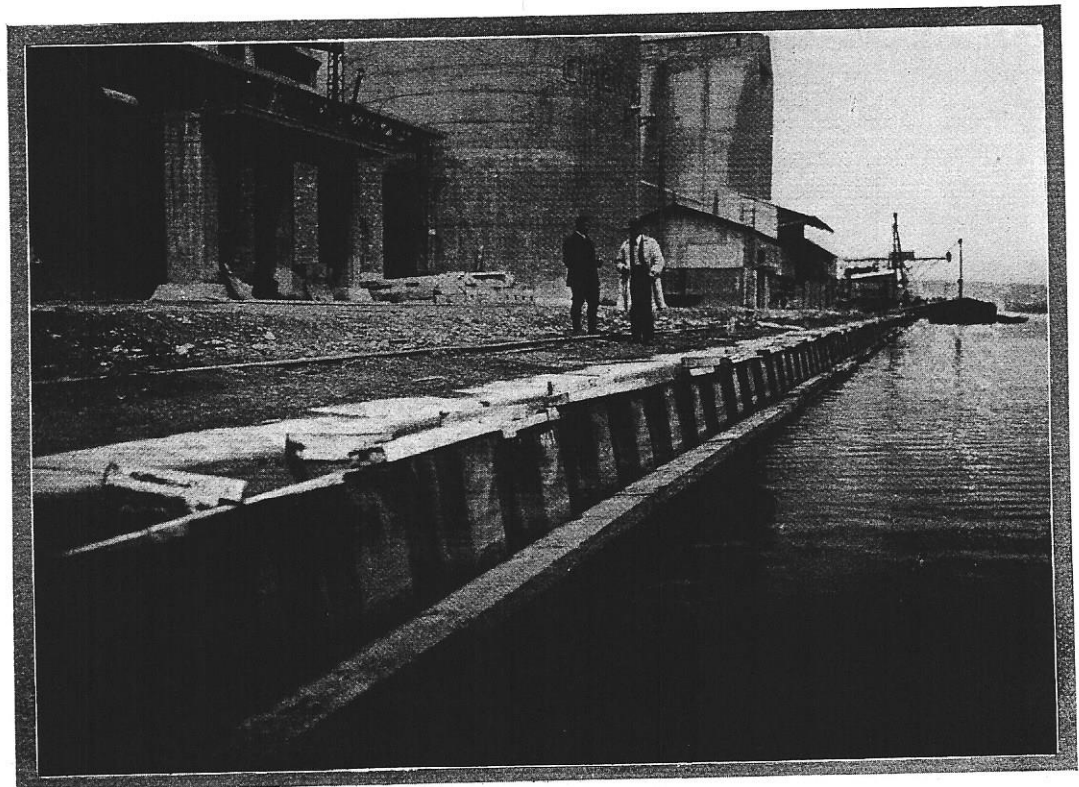


Fig. 16.

Vue du rideau de palplanches métalliques.

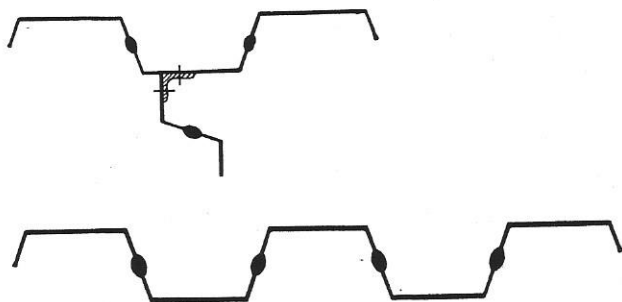


Fig. 17. — Coupe dans les palplanches Ougrée.

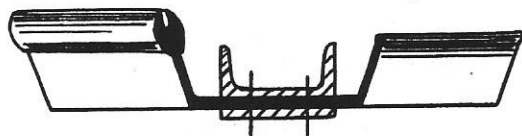


Fig. 18. — Coupe dans une palplanche rivée.

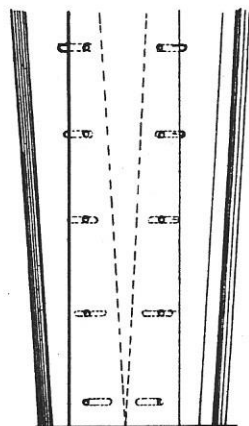


Fig. 19. — Coupe et élévation d'une palplanche de raccord.

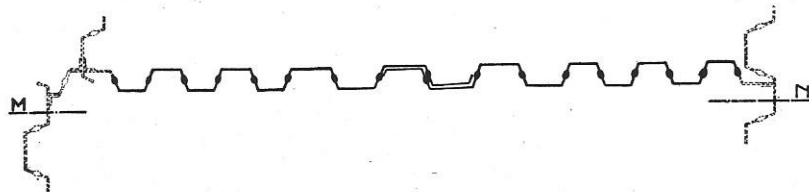
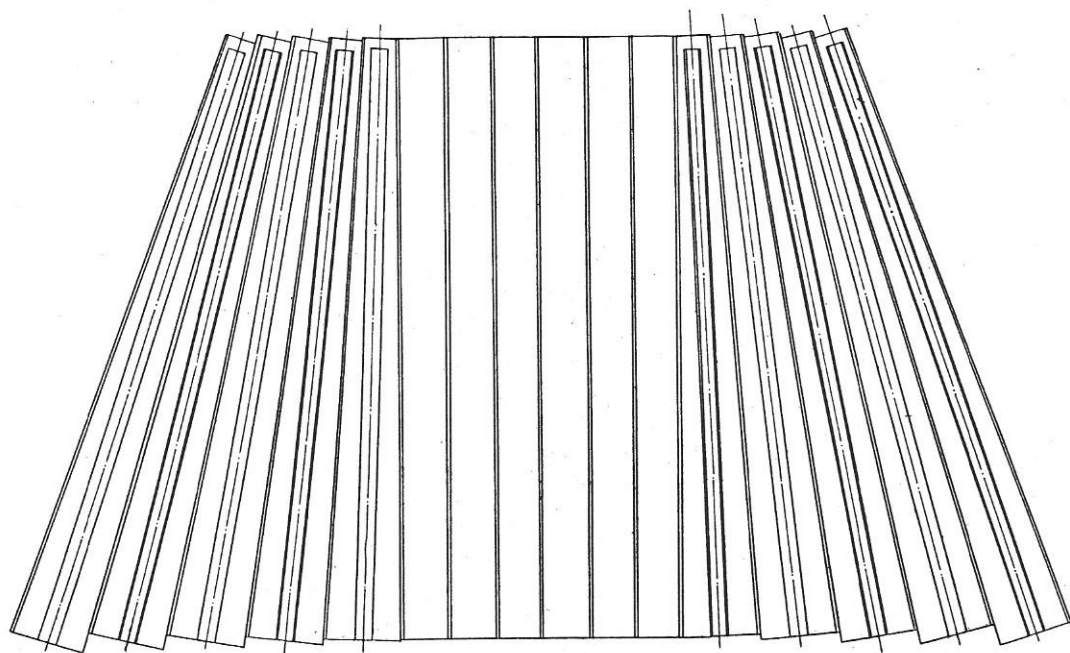


Fig. 20. — Réalisation d'un rideau transversal par palplanches rivées.



En principe, le problème a été résolu ainsi :

Pour passer d'une inclinaison déterminée à une autre inclinaison, on s'est servi de palplanches rivées, réalisant chacune une modification de l'angle de 2° . Il en résulte que pour passer de la verticale à 10° , par exemple, il a fallu utiliser 5 palplanches simples, dont la largeur égale 40 cm., soit donc une longueur de 2 m. de rideau.

En général, le battage des palplanches gauches est très pénible en raison de la tendance qu'ont ces éléments à dévier de l'alignement. En effet, l'enfoncement de ce plan gauche crée un effort de torsion qu'il est matériellement impossible d'éviter. Pour éliminer cet effet de façon absolue, on a annulé la partie de la palplanche intéressée au changement d'inclinaison (fig. 21).

Sur la rive gauche, le double rideau de palplanches est coupé par des rideaux transversaux situés à environ 150 m. de distance. Comme les

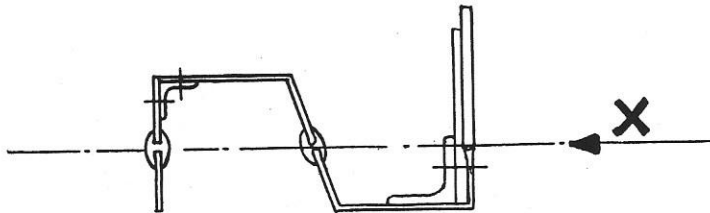


Fig. 21. — Coupe dans une palplanche réalisant un changement d'inclinaison de 2° .

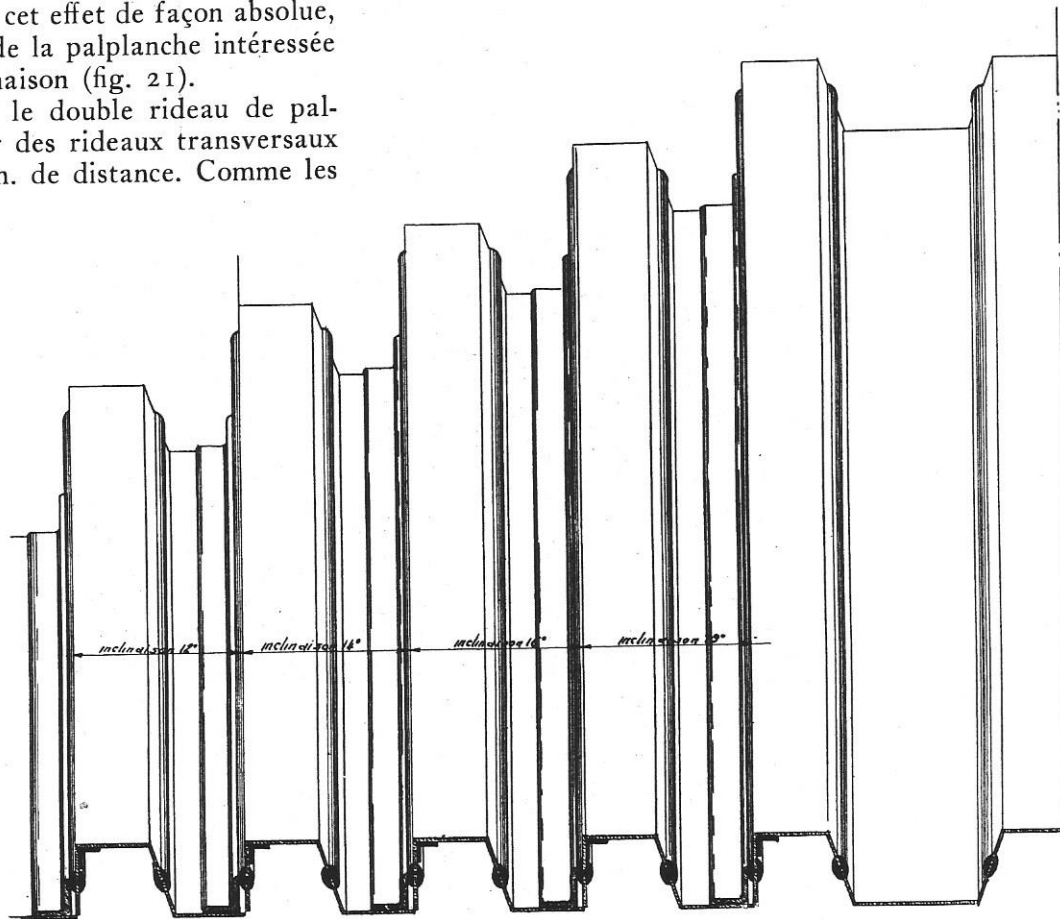


Fig. 22.

Vue en plan d'un changement d'inclinaison de 10° à 20° .

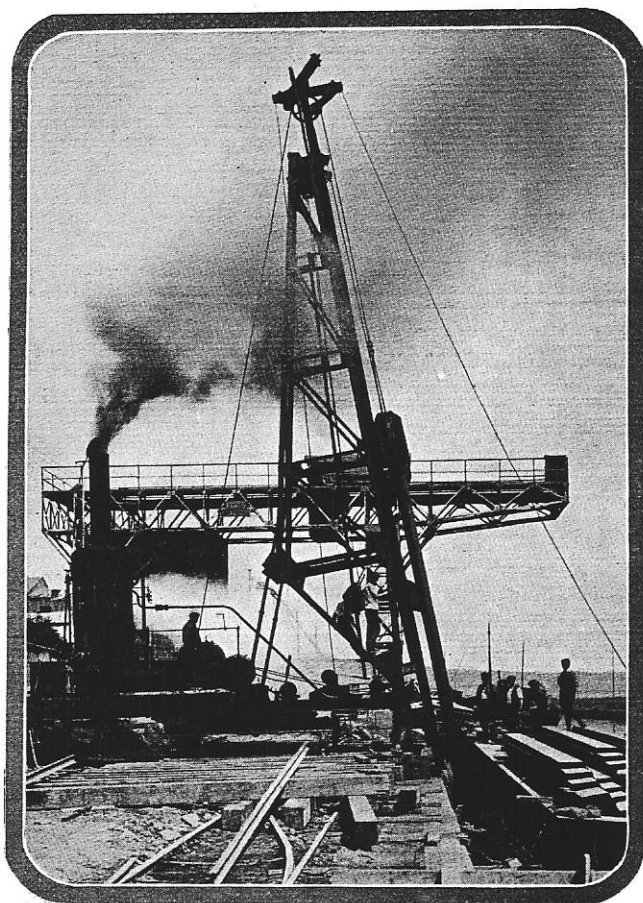


Fig. 23. — *Sonnette universelle Franki.*

deux rideaux longitudinaux présentent des inclinaisons divergentes vers le bas, les rideaux transversaux affectent la forme trapézoïdale. Ces rideaux sont composés d'une série de palplanches rivées, ainsi que le montre la figure 20.

Le battage des palplanches a été opéré au moyen d'une sonnette universelle, conçue entièrement par la Société des Pieux Franki (fig. 23).

La maniabilité de cette sonnette est remarquable. Elle a permis d'atteindre des rendements vraiment inégalés. En effet, malgré l'extrême dureté de fonçage (la valeur de K déterminée comme il est exposé plus haut variait d'une section à l'autre de $K = 4$ à $K = 10$), on a battu couramment en une journée normale 40, voire même 50 palplanches doubles de $0^m80 \times 7^m95$. Malgré le nombre élevé de coups de mouton

que nécessite un tel battage, la tête des palplanches s'est très bien comportée. La figure 16 montre un rideau battu sur la rive gauche.

Grâce à la possibilité de régler la machine de façon précise, l'axe de battage coïncide rigoureusement avec l'axe d'inertie de la palplanche. Celle-ci ne subit donc aucun effort excentrique et la seule déformation à craindre est celle consécutive à l'écrasement. La qualité de l'acier donne une grande marge à cet effet. Pour $K = 4$, il fallait approximativement 175 coups de mouton de 2,5 T. et de 4 m. de chute, pour fonder une palplanche de 8^m25 . Un battage aussi intensif provoquait un échauffement tel qu'à maintes reprises le bois introduit dans le casque pour amortir le coup de mouton, brûlait littéralement.

Par suite de l'organisation du chantier, il n'était pas possible de battre le rideau de palplanches de façon continue en partant d'un point extrême du chantier. Il était donc inévitable de se raccorder en certains points au rideau battu. Malgré toutes les précautions, le dernier intervalle ne peut correspondre à la largeur d'une palplanche. En outre, indépendamment de la considération de largeur, une palplanche a toujours une tendance à s'incliner vers le sens de battage; et si petite qu'elle soit, cette inclinaison est suffisante pour annuler le parallélisme entre les deux palplanches à raccorder.

La palplanche spéciale servant de raccord a été conçue comme suit: une palplanche est sciée suivant son sens longitudinal. Les deux éléments sont assemblés par un couvre-joint. Ce couvre-joint est assujéti sur les deux éléments de palplanches par des boulons. Les trous dans le couvre-joint sont circulaires et embrassent la tige du boulon, tandis que dans la palplanche les trous sont ovalisés et forment glissières. Les boulons sont serrés suffisamment pour assurer l'étanchéité du rideau, mais permettent un glissement éventuel des éléments de palplanches par rapport au couvre-joint (fig. 19).

Un second article sera consacré, dans notre prochain numéro, à la cimentation du terrain.

Ces travaux ainsi que ceux qui seront décrits dans l'article suivant, ont fait l'objet d'un film qui sera projeté, au cours de cet hiver, dans les principales villes de France, de Belgique et d'Afrique du Nord. Pour tous renseignements, s'adresser à la Direction de la Technique des Travaux.