

Les grands travaux exécutés à la Division des Hauts Fourneaux de la Société Anonyme d'Ougrée-Marihaye, à Ougrée.

17 juillet 1923 - 26 janvier 1926 (30 mois).

PAR MAURICE DERCLAYE, INGÉNIEUR A. I. LG. (1)

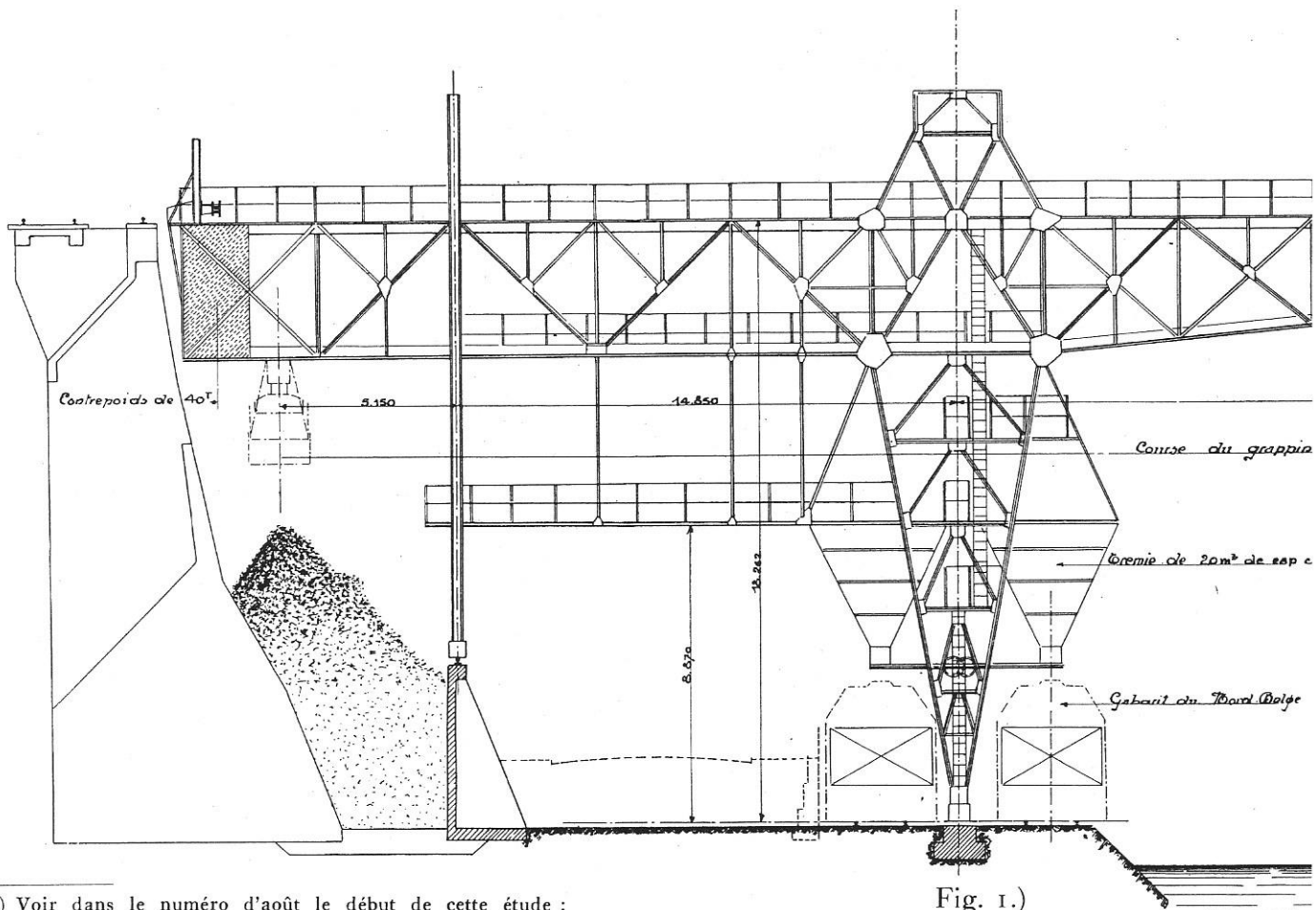


Fig. 1.)

(1) Voir dans le numéro d'août le début de cette étude :
Exposé du problème à résoudre.



TROISIÈME PARTIE.

Réalisation du projet adopté.

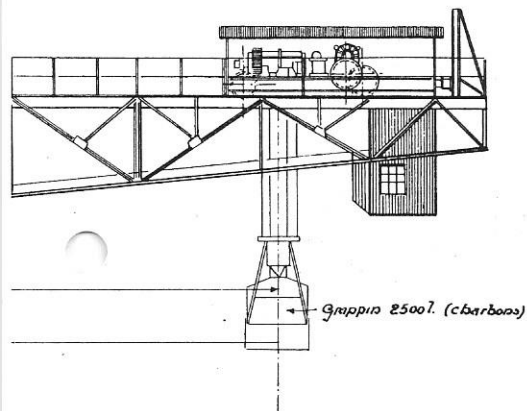
A. — Portique transbordeur Brown-Hoist.

Nous commencerons par la description du portique transbordeur Brown dont l'ampleur et la conception tout américaines sont de nature à mieux faire ressortir les détails de la construction en béton armé des silos à minerais sur le dessus desquels circule ce portique gigantesque, destiné à la reprise rapide des minerais en vrac.

A) L'appareil est pourvu d'un chariot avec

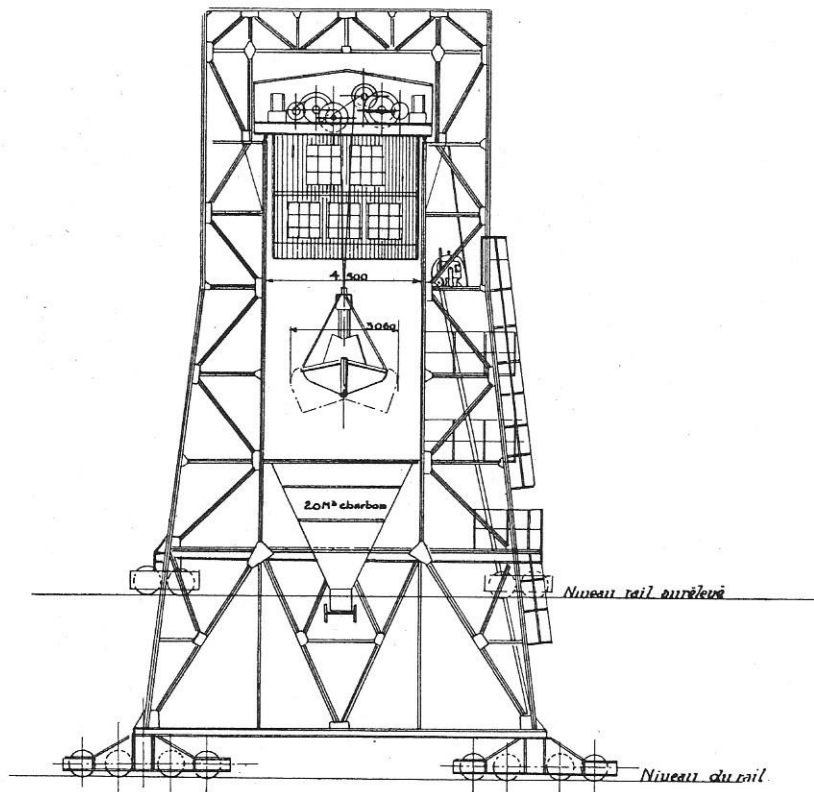
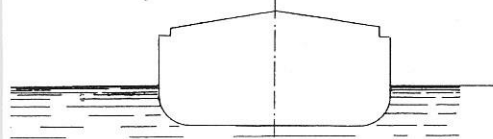
cabine pour le conducteur (fig. 1), auquel est suspendue une benne preneuse Brown-Hoist. Le chariot se déplace d'une extrémité à l'autre de la poutre de roulement; le portique se déplace au-dessus des silos. L'opérateur monté sur le chariot contrôle le déplacement du portique, les manœuvres de la benne preneuse et le déplacement du chariot.

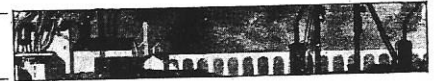
La benne preneuse peut travailler dans toute espèce de minerai de fer, de castine et de charbon. Pour nous rendre compte de son fonctionnement



Capacité de 5 tonnes pour le déchargement des charbons à la Noeise

Échelle 1/100e.





dans le minerai de Briey et de Suède, nous nous sommes rendus à Rotterdam à la Coal Trading Association, qui utilise un portique semblable pour transiter les minerais de Suède vers l'Allemagne. Nous avons pu constater que la benne Brown, de par sa forme et sa masse, était apte à décharger près de 500 tonnes de minerai de Suède à l'heure hors des navires et à les arrimer sur les chalands du Rhin. Les Américains ont prévu que dans le minerai de Briey, à fort pourcentage de gros minerai, la benne preneuse aurait un travail plus dur à effectuer et que, de ce fait, la capacité de

production de la grue ne dépasserait pas 250 t. dans ce minerai.

A la suite de notre visite à Rotterdam, nous avons été convaincus de l'efficacité de la grue Brown et nous avons pris la décision d'en faire l'acquisition. Nous donnons (fig. 8) le plan de la benne preneuse. (Voir fig. 10 et 11.)

Pour éviter la surcharge de la benne preneuse lorsqu'on travaille dans du minerai de fer, l'arrière du grappin est laissé ouvert, ce qui permet à la matière en excès de déborder avant le levage de la benne.

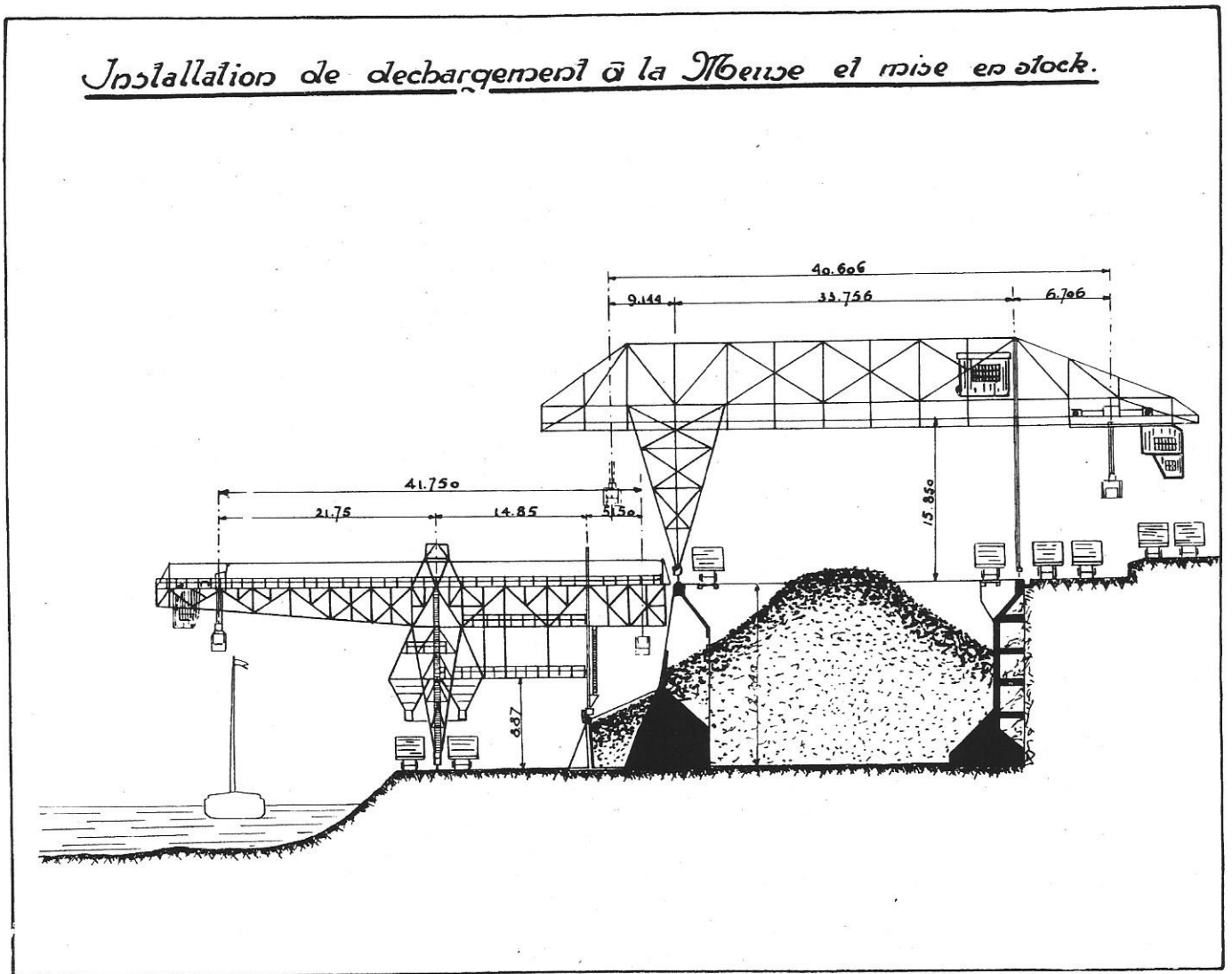


Fig. 2.



Les grands modèles de grappins sont en acier au manganèse, capables de résister au dur travail auquel ils sont soumis et peuvent être rapidement remplacés en cas d'usure. La benne est entièrement renforcée et les organes de commande sont convenablement protégés.

Par ailleurs, la benne est de construction fort simple : elle comprend deux grappins, quatre bras pour grappins, le corps proprement dit, la traverse qui agit à l'intérieur du corps et la tête. Les grappins sont construits de telle sorte que les tranchants peuvent facilement être remplacés après usure.

La première et la plus indispensable des qualités que doit présenter une benne est qu'elle puisse se remplir d'elle-même de la matière à maintenir; c'est le cas de la benne Brown, construite

suivant des données scientifiques pour la préhension; contrairement à ce qui se passe pour les autres systèmes de bennes, il n'est pas nécessaire de la laisser choir sur la matière pour en assurer efficacement le remplissage. Cela permet d'employer la benne dans les navires, gros chalands, wagons et camions sans crainte de les endommager, en évitant l'usure prématurée de la benne-même.

Nous avons pu nous rendre compte de ces qualités en assistant au déchargement d'un navire de 8000 tonnes et au transbordement dans des chalands du Rhin de 2000 tonnes de minerai de Suède. Nous avons fait exécuter l'opération inverse, opération qui s'est passée normalement sans le moindre risque pour le chaland.

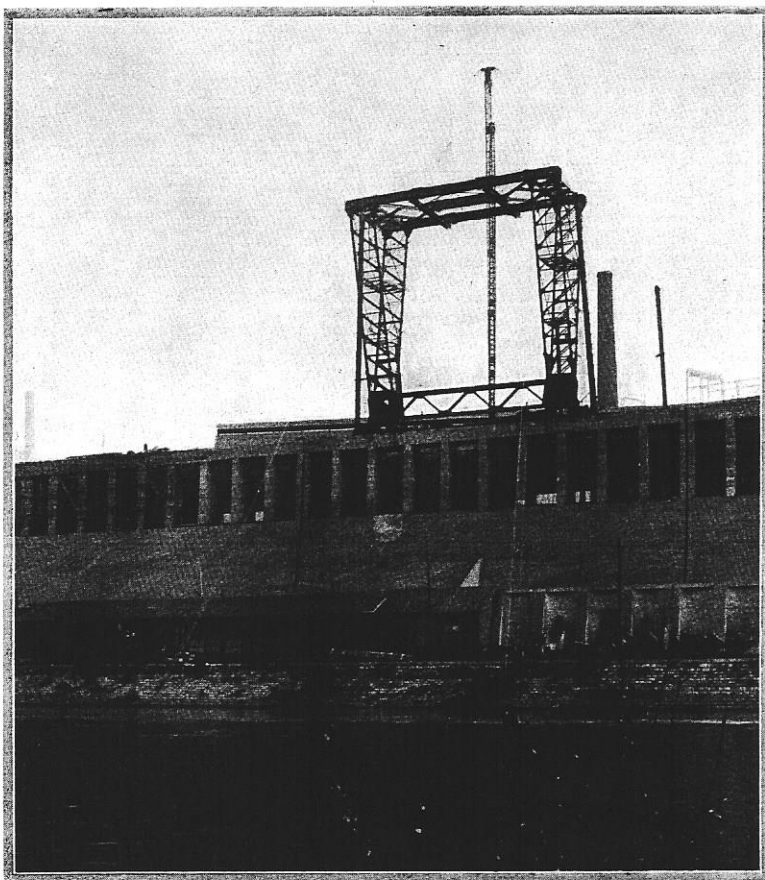


Fig. 3. — Grue Brown.
Montage du pylône.



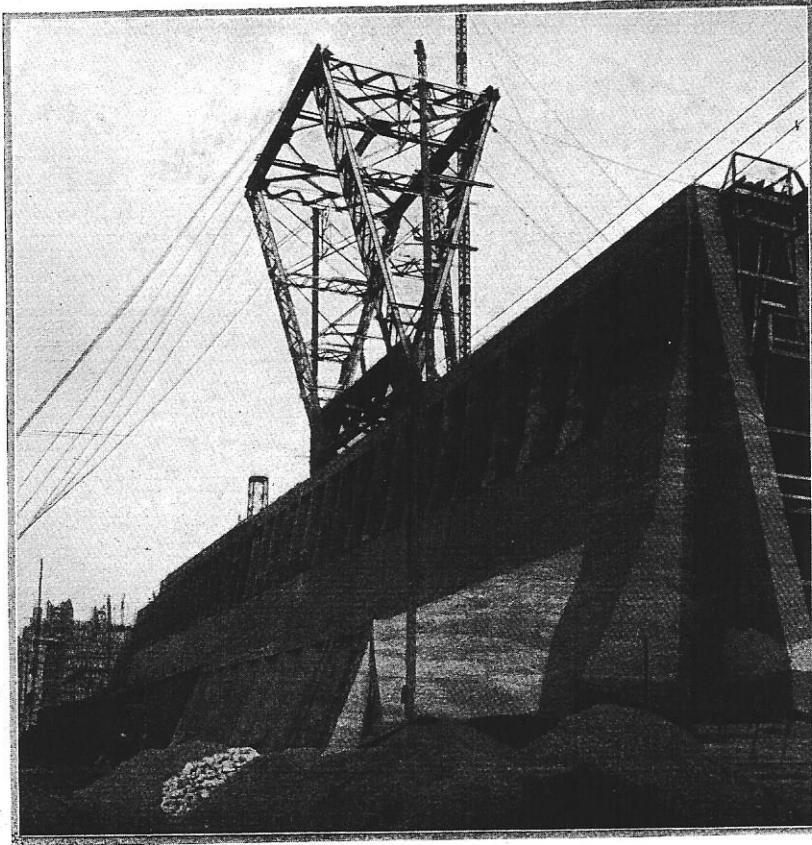
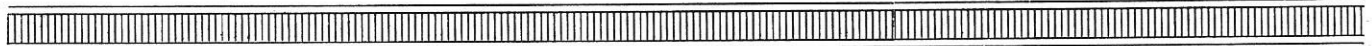
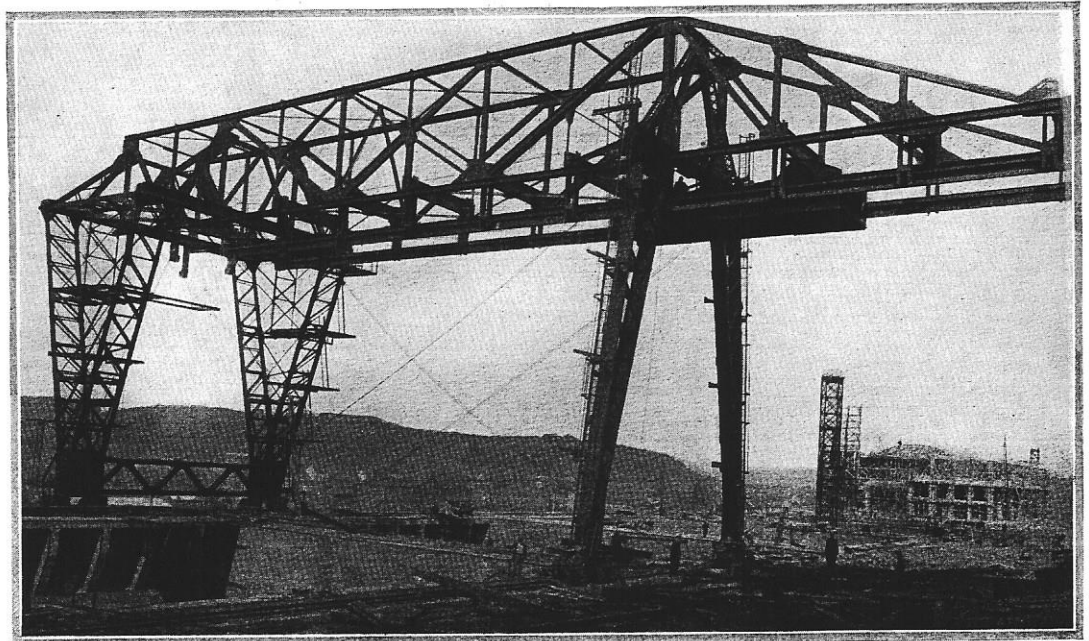


Fig. 4. — *Grue Brown.*
Montage du pylône.



Fig. 5.
Grue Brown. Mon-
tage de la charpente.



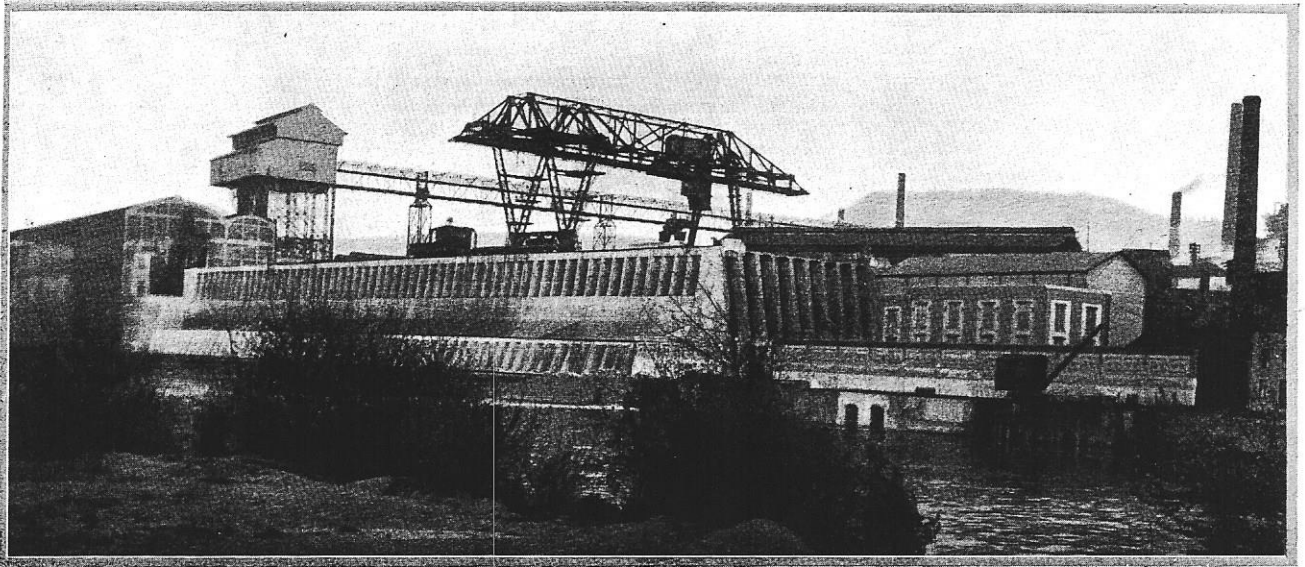


Fig. 6. — *Grue Brown. Vue de la grue montée.*

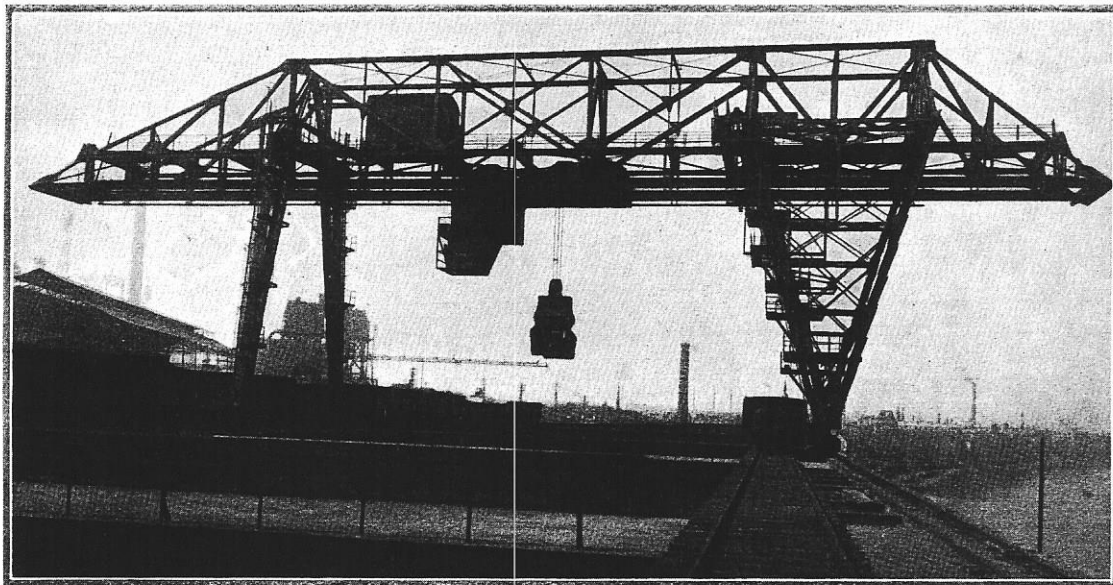
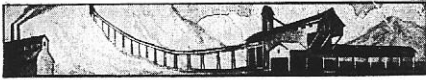


Fig. 7.
*Grue Brown.
Aspect général.*





Encombrement du grappin de la grue
portique pour accumulateurs
à minerais

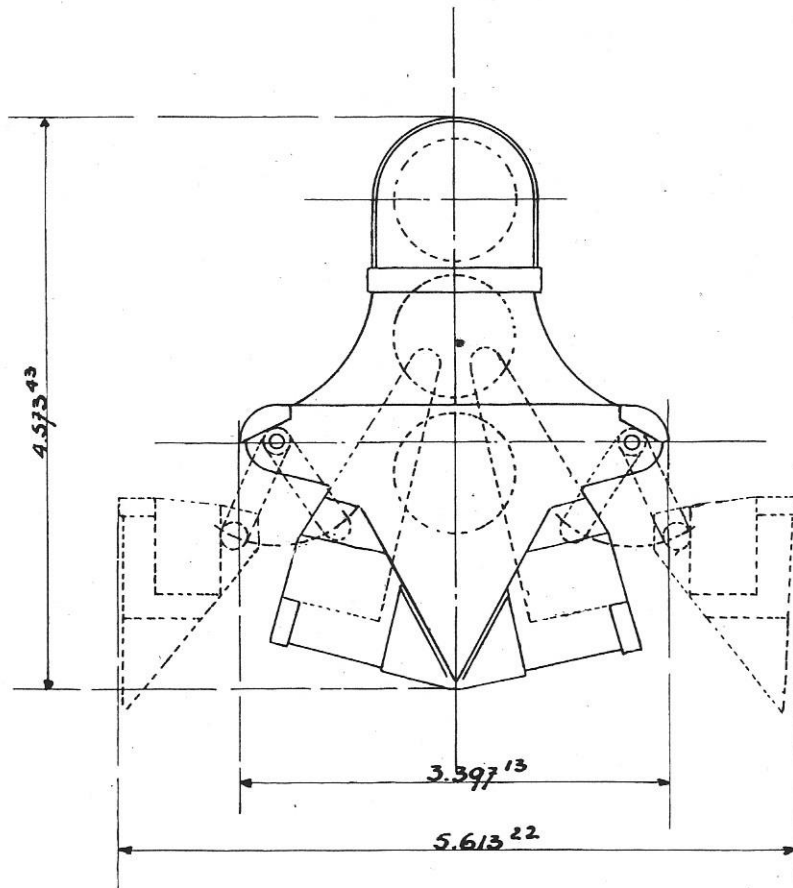


Fig. 8.



La forme de la benne est telle que, lorsqu'elle est placée sur la matière à manutentionner, prête au remplissage, son poids total repose sur les tranchants des grappins, les plaques arrière de ces grappins formant toujours un certain angle au moment de la pénétration, ce qui empêche le glissement sur les morceaux qu'ils peuvent rencontrer lors de la fermeture.

Les plaques arrière sont verticales lorsque la benne est ouverte et, dès que les grappins commencent à se rapprocher, ces plaques arrière s'inclinent de telle sorte que la matière ramassée augmente par son poids la pénétration de la benne.

Une autre caractéristique de la benne preneuse Brown consiste dans le grand écartement de ses

grappins lorsqu'elle est ouverte; dans la position d'ouverture, elle couvre une très grande surface, ce qui lui donne une plus grande puissance de préhension que celle d'une benne qui aurait la même capacité, mais dont les grappins auraient un écartement moindre.

Pour peu qu'il y ait du menu dans le minerai, malgré une grosseur même exagérée de ce dernier, comme cela arrive dans le minerai de Suède, la puissance de pénétration est considérable, car les grappins cherchent leur place dans le menu. Dans le Briey, il y a peu de menu, et les grappins ont plus de difficulté à saisir les morceaux; il en résulte une capacité moindre de préhension.

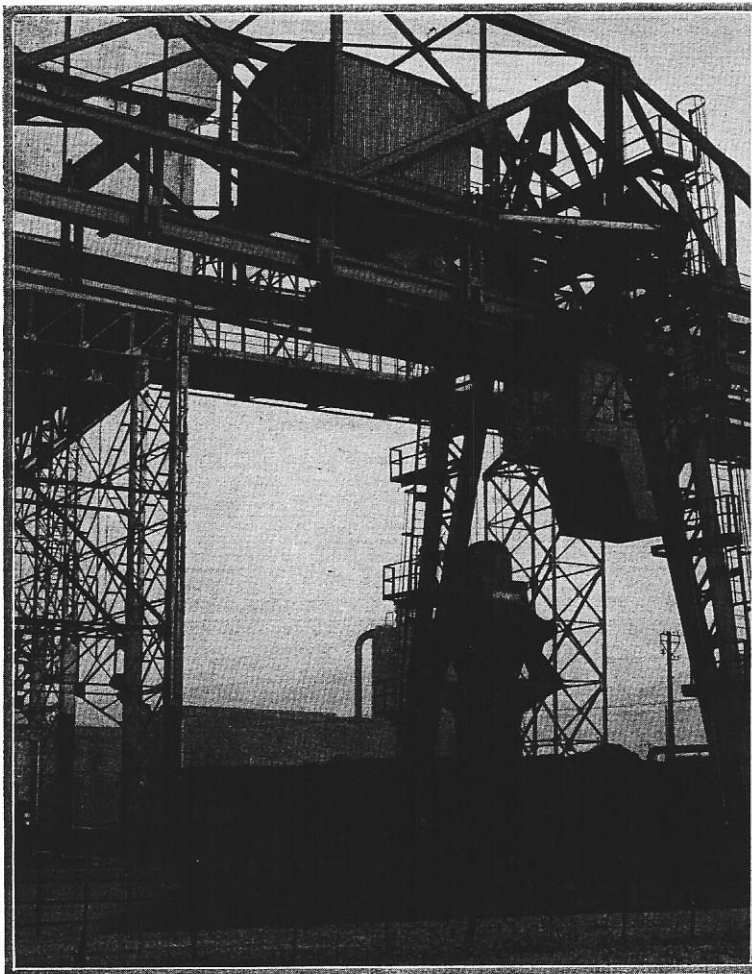


Fig. 9. — Grue Brown.
Déversement de la benne.





Tout minéral, aussi gros et aussi dur soit-il, qui resterait dans les mâchoires au moment de la fermeture est fatalement cisailé.

Un avantage qui accroît la puissance de préhension de la benne provient de la présence de son socle central, qui s'enfonce dans le tas de minerais et ne se déplace plus pendant le travail de fermeture des grappins, lequel s'effectue en se rapprochant du socle et en ramenant la matière au centre du grappin.

Il y a deux types principaux de bennes preneuses Brown, à deux ou à un seul câble; le nôtre est à deux câbles. Le mécanisme à deux câbles comprend un groupe de trois poulies fixées dans la tête de la benne et un second groupe dans la traverse. Les poulies de tête et les deux poulies extérieures de la traverse sont disposées obliquement, de façon à donner au câble la direction voulue. Les poulies sont munies de godets graisseurs à compression. La traverse est pourvue de pièces de guidage en acier moulé qui s'adaptent à des rails-guides, rivés à l'intérieur du corps et sur les-

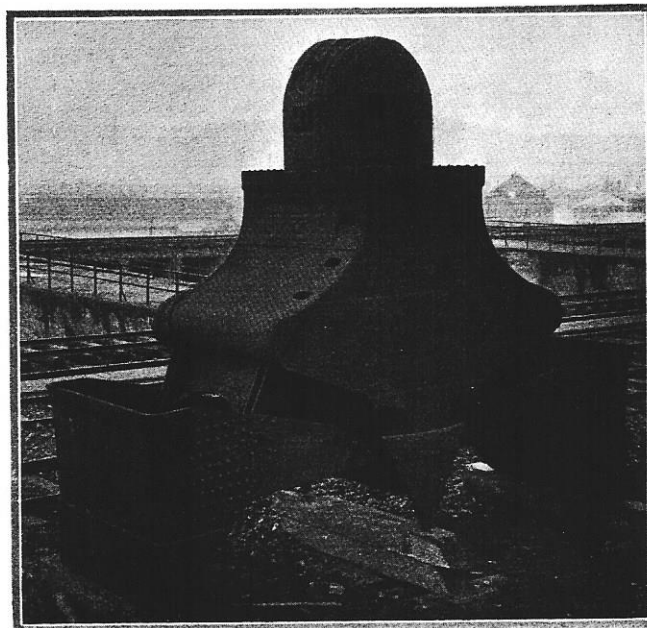


Fig. 10. — Grue Brown. Vue de la benne preneuse dans la position ouverte.

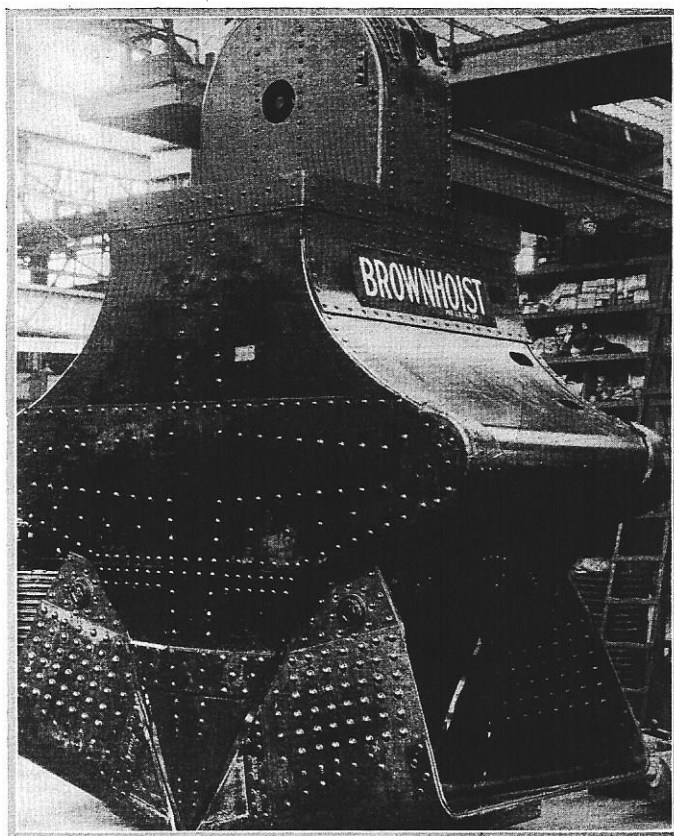


Fig. 11. — Grue Brown. Benne preneuse dans la position fermée.





quels la traverse se meut verticalement. Les bras des grappins sont réunis à la traverse par des tourillons et la traverse ferme et ouvre les grappins, suivant qu'elle se déplace vers le haut ou vers le bas.

Il y a donc deux câbles : le câble de retenue et celui de fermeture. La benne ne descend pas lorsqu'on laisse choir la charge, à moins qu'on ne le désire, ce qui permet de l'employer dans les espaces limités en hauteur.

L'écartement des câbles de commande de la benne est tel que la tendance de la benne à tourner sur elle-même est faible, à la montée comme à la descente.

Un point très important dans le cas des bennes preneuses est l'usure des câbles. Dans le cas de la benne Brown, les câbles, lorsqu'ils sont tendus, n'ont d'autre contact que celui des poulies dans les gorges usinées. La tête de la benne est munie de guide-câbles en bronze de sorte que, lorsque les câbles appuient sur les guides, ce sont ces derniers qui subissent l'usure.

La traverse est munie de guides en fonte que les câbles touchent seulement lorsqu'ils sont lâches. L'usure du câble est aussi réduite, du fait que toutes les poulies et les câbles eux-mêmes sont bien protégés du contact des matières manutentionnées.

Capacité. — La capacité du grappin est de 3 m³ 68, correspondant environ à 10-11 tonnes de minerai de Suède. Le chariot peut porter une charge totale de 21,33 tonnes. L'envergure du grappin est de 5^m61, sa largeur de 1^m95. (Voir fig. 8.)

Dans le minerai de Suède, le constructeur garantit un tonnage horaire de 500 tonnes pour la reprise hors silos et la mise sur wagons. Dans le Briey, plus léger et plus rocheux, la garantie est de 250 tonnes-heure; dans le charbon, elle est de 600 tonnes-heure. Dans ce cas, les grappins doivent être munis de haussettes pour en augmenter la capacité, tout en conservant le poids maximum de matières pour lequel les moteurs et les appareils sont calculés.

Vitesses. — Le mécanisme de levage est capable de lever la charge complète à la vitesse de 0^m94/seconde. La vitesse de translation du chariot est de 3 m./seconde; la vitesse de translation du pont portique varie entre 0^m30 à 0^m40/seconde.

Equipement électrique. — L'équipement électrique est conçu pour du courant continu 500 volts et comprend :

Un moteur de 105 CV. pour le mouvement du pont;

Deux moteurs de 175 CV. pour le levage;

Deux moteurs de 105 CV. pour le déplacement du chariot;

Un moteur de 5 CV. pour l'orientation du grappin.

Tous ces moteurs ont été fournis par la Général Electric Company (Géco).

Le démarrage des moteurs de levage se fait par un controller à contracteurs semi-automatiques, arrangés pour le freinage électrique. Le démarrage des moteurs de translation du chariot se fait par controller à contracteurs semi-automatiques arrangés pour le freinage électrique. Idem pour le moteur de translation du portique, mais sans freinage électrique.

Tous ces appareils sont également de la Géco. Chacun est muni d'un frein magnétique sur l'arbre d'armature. Le moteur de rotation du grappin est contrôlé par un controller à main.

Freins de sûreté. — Le mécanisme de translation du pont est pourvu d'un frein solénoïde disposé de telle sorte que ce frein sera serré lorsqu'il ne passera pas de courant à travers le moteur. Chaque moteur de levage est muni d'un frein semblable, calé sur l'arbre de l'armature, à côté du frein automatique.

Portique. — Le portique est construit en acier Martin fondu à 45 kgs de résistance. On a pris un coefficient de sécurité égal à 4 pour le poids mort et la pression du vent, 5 pour le poids vif et 6 pour les membrures sujettes à prises directes. Les calculs sont faits pour une pression de vent de 146 kgs par m² pour les faces latérales et 73 kgs par m² lorsqu'il y a combinaison maxima des poids mort et vif.

Distance d'axe en axe des chemins	
de roulement du portique	= 33 ^m 75
Course du chariot.	= 49 ^m 60
Longueur totale du pont	= 65 ^m 25
*Hauteur maxima au-dessus des rails	
de roulement	= 15 ^m 85



L'une des extrémités du pont est supportée par un pylône disposé pour rouler sur une file de rails; l'autre extrémité est portée par un chevalet roulant sur une seconde file de rails. Le pylône renversé est monté sur deux trucks égalisateurs, chaque truck comprenant quatre roues de 0^m61 de diamètre, en acier et à simple bourrelet. Ces huit roues sont connectées au moyen d'engrenages et de transmission au moteur du mécanisme général de translation, logé dans la cabine du moteur au-dessus du support du pylône. Ce mécanisme est étudié pour pouvoir manœuvrer le pont contre une pression de vent de 48,8 kgs par m² et le maintenir immobile contre une pression de vent de 146,6 kgs par m². Ce pylône est ouvert dans la direction parallèle aux grands axes du portique pour permettre le passage du grappin ouvert au-dessus du porte-à-faux situé à l'aplomb des silos d'attente.

Ce chevalet est monté sur deux trucks équilibrés, supportés chacun par quatre roues à boudin double, en acier, de 0^m61 de diamètre, commandés, comme pour le pylône, par le mécanisme principal, à l'aide d'engrenages droits et cônes et de transmissions à la cardan.

Le moteur du mécanisme de translation attaque donc simultanément les 16 roues et les connexions mécaniques empêchent la torsion des jambes du portique.

Le chevalet est aussi ouvert dans la direction parallèle aux grands axes du pont pour livrer passage au grappin largement ouvert, sur le porte-à-faux placé à l'aplomb des wagons à charger, côté terril.

Le chevalet est attaché au longeron inférieur du pont à l'aide de deux pivots, ce qui tolère une variation dans l'écartement des voies de roulement sans risques pour la résistance générale.

Le pont est formé de deux poutres en treillis; les membrures en forme d'auge sont réunies par des montants verticaux en U, alternant avec des diagonales pour former un pan de charpente de forme invariable.

Tablier inférieur avec deux plans de contreventement au niveau des membrures supérieures et au niveau des membrures inférieures; contreventement vertical dans chacun des plans passant

par une pièce de pont. Appui sous les membrures inférieures.

Le contreventement dans le plan horizontal inférieur des membrures est constitué par des traverses en poutrelles doubles, appuyées et rivées au-dessus des membrures, auxquelles pendent des montants verticaux soutenant à l'aide de goussets de décalage les poutres et les rails de roulement du chariot qui se trouve ainsi suspendu sous le pont par l'intermédiaire de ses quatre galets.

Chariot. — Le chariot est composé d'une solide armature en acier, montée sur ressorts sur quatre roues de 0^m76 de diamètre, à simple bourrelet; cette armature est consolidée par une plate-forme servant de plancher, supportant le mécanisme de levage. Ce mécanisme consiste en deux tambours montés sur arbre; chaque tambour est commandé par engrenage par chacun des deux moteurs de levage; ces tambours peuvent travailler ensemble ou séparément pour effectuer le travail des grappins. Chaque moteur est monté sur un châssis en acier possédant deux points d'appui, un sur l'axe de suspension, l'autre sur l'armature principale.

Le chariot comprend une cabine à double pont; le pont supérieur renferme les principaux panneaux de contrôle, celui du dessous est celui de l'opérateur et des interrupteurs principaux.

Le chariot est pourvu d'une table tournante pour permettre au mécanicien d'orienter le grappin dans n'importe quelle direction. Le chariot porte les deux moteurs commandant les câbles de retenue et de fermeture des grappins, les deux moteurs de translation ainsi que le petit moteur de giration des câbles. Les deux trains de roues sont attachés chacun par un moteur; comme ils sont montés sur ressorts, l'engrènement rationnel sur le cercle de travail est assuré en rendant l'attache du moteur solidaire de l'arbre de translation.

La réduction du mouvement, comme du reste cela se fait pour tous les autres mouvements, se fait par engrenages droits, protégés dans des carters, à l'exclusion de roues hélicoïdales qui ne s'adaptent pas aux fortes pressions spécifiques du genre de celles réalisées dans cet engin.

Tous les mouvements du chariot, aussi bien translation que levage, sont graissés à l'aide d'un

graisseur central sous pression, consistant en une pompe à pistons multiples commandée par un arbre à cames. La pression d'huile est de 4 atmosphères; chaque palier des tambours de levage est graissé en deux points par une bifurcation de tuyaux. Ce système de graissage est un réel progrès au point de vue économie et fatigue des organes.

Des butoirs à double ressort, de fortes dimensions, limitent la course du chariot.

Freins. — Ils sont à sabots garnis de Ferado, à larges portées pour éviter l'usure des poulies. Les poulies sont calées sur les moteurs; les freins sont d'un fonctionnement absolument sûr; l'échauffement n'est pas exagéré; il est du reste annihilé par un système d'ailettes de fonte à l'intérieur de la poulie.

Mouvement du grappin (fig. 12). — Les conditions à réaliser pour les commandes de fermeture, de levage, de descente et d'ouverture des grappins peuvent d'une façon générale se résumer comme suit : La manœuvre (2) présente un danger en ce sens que le grappin étant ouvert et suspendu, si le câble R prend du mou, la chape étant livrée à elle-même, la distance A diminue et le grappin se ferme en descendant. Si, au contraire, le mou sur F est trop grand, les câbles se mélangent sur les poulies. De même, pour la manœuvre (4), si l'accélération est trop forte pour le câble (2), les câbles R se brouillent. Par contre, si (4) prédomine, (2) tend à prendre du mou, A augmente et la benne s'ouvre en s'élevant; (2) doit donc avoir une légère avance sur (4). Enfin pour la manœuvre (5), il se produit un mélange des câbles A si (3) est trop fort et l'ouverture de la benne si (1) est trop fort. Pour arriver à ces conditions optimales de vitesses relatives, graduées de façon précise, sans les dispositifs mécaniques que l'on rencontre habituellement sur tous les appareils similaires, on a recours ici à un système électrique d'une conception ingénieuse, employé aussi dans d'autres applications, mais qui dénote bien tout ce que l'on est en droit d'attendre de cette forme si subtile d'énergie. Le câble de retenue R ainsi que celui de fermeture F du grappin sont chacun sous la dépendance d'un moteur. Ces deux moteurs sont absolument identiques et interchangeables; la

seule différence réside dans la façon de coupler ces moteurs en levé et en descente de manière à faire varier le couple et la progression de vitesse dans le sens voulu.

Partie électrique. — Principe des différents couplages.

A) *Grappins.* — Pour les manœuvres (1) à (6) des grappins, les connexions sont les suivantes :

1° Descente : moteur entraîné par freinage rhéostatique;

2° Le câble F descend plus vite que le câble R et la benne reste ouverte en descente;

3° Moteur série pour la fermeture du grappin;

4° Moteurs séries pour R et F et dont on règle les résistances pour obtenir des vitesses relatives correspondant à la levée en grappin fermé;

5° Les deux moteurs sont en freinage rhéostatique au début, avec une vitesse plus grande pour F, de sorte que le grappin s'ouvre en descendant. Si, au contraire, la benne doit rester fermée, pendant une partie de la descente, on accélère la vitesse de R, et F assure la fermeture;

6° Seul F fonctionne en descente en frein rhéostatique si la benne est chargée et en moteur série à induit schunté si le grappin est vide.

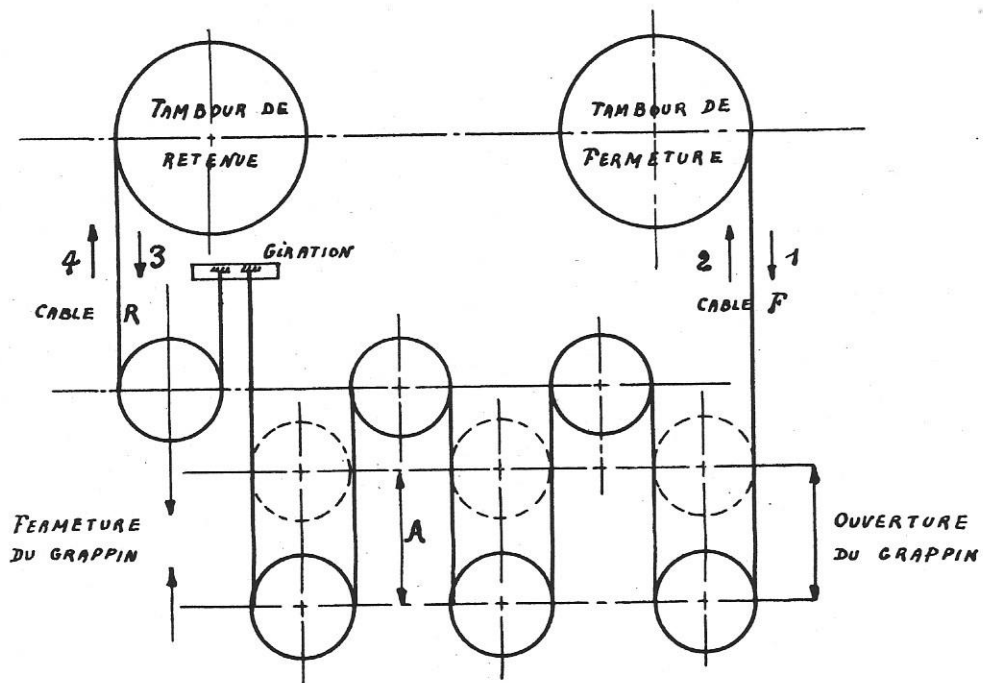
B) *Chariot.* — Les couplages sont symétriques dans les deux sens pour les deux moteurs qui, eux-mêmes, sont en parallèle. Ils sont d'abord couplés en moteurs schunts de manière à réaliser un très faible couple de démarrage et arriver ainsi à une mise sous tension progressive de la partie mécanique. Ils passent ensuite en moteurs séries et sont dans les conditions requises pour réaliser de grandes accélérations.

Notons la mise en parallèle des jonctions entre pôles auxiliaires d'excitation série des deux moteurs. Ce dispositif a pour but d'unifier les vitesses des moteurs et d'éviter ainsi le patinage des galets et augmenter l'adhérence.

C) *Pont.* — Le moteur est couplé série à induit schunté. Le couple de démarrage est suffisant, tout en évitant une mise sous tension trop rapide de la masse métallique du pont. Le démarreur ne possède que deux positions dans chaque sens, que le machiniste peut admettre sans s'occuper des à-coups. Ils sont limités par un système de relais

FONCTIONS DES MOTEURS DU GRAPPIN "BROWN"

MOTEURS	POSITION	LEVÉE	POSITION	DESCENTE
RETENUE CABLE R		BRIN 4		BRIN 3
	1	Moteur série avec grande résist ^{ce}	1	Moteur en court-circuit sur lui-même
	2	"	2	Potentiomètre
	3	"	3	V augmente ↓
	4	"	4	"
5	Moteur série direct	5	Potentiomètre	
FERMETURE CABLE F		BRIN 2		BRIN 1
	1	Moteur série avec grande résist ^{ce}	1	Moteur en court-circuit sur une résist ^{ce}
	2	"	2	" " " sur une plus gr ^{de} résistance
	3	V augmente ↓	3	V augmente ↓
	4	"	4	"
5	Moteur série direct	5	Moteur série avec armature schuntée	



MANŒUVRES A REALISER	CABLE TENDU	CABLE MOU
1 Ouverture du grappin	R	1 F
2 Descente du grappin ouvert	3 R	1 F
3 Fermeture du grappin	2 F	R
4 Levée du grappin fermé	2 F	4 R
5 Descente du grappin fermé	1 F	3 R
6 Ouverture du grappin fermé	R	1 F

Fig. 12.



qui ne s'enclenchent qu'au fur et à mesure de l'augmentation de vitesse.

Observations générales sur les appareillages.

Les cinq moteurs principaux sont du type M. D. S. à demi-culasse supérieure ouverte; ils permettent de pousser la puissance grâce à une ventilation énergique. Les moteurs à découvert sont protégés par des cabines appropriées de façon à empêcher l'accès de la pluie, la neige, le dépôt d'humidité et de poussières.

Controllers à relais. — Ils sont du dernier modèle sorti par la Géco avec relais de surcharge et relais de progression de démarrage.

Freins. — Ils sont en dérivation pour les levées du chariot et la translation-série pour la giration des câbles. L'action antagoniste de freinage est donnée par un ressort au lieu de contrepoids généralement admis.

En ce qui concerne le freinage électrique, le mouflage est équipé en freinage à auto-excitation, tandis que le moteur du câble de retenue est en potentiel.

L'application des freins à excitation schunt a pour avantage, dans le cas d'un moteur équipé en potentiomètre, de ne pas nécessiter une impulsion au moteur comme dans le cas d'un frein à excitation série. Il suffit de passer au 1^o plot de descente, le frein se soulève et le moteur est entraîné en freinage. Les moteurs du chariot sont aussi équipés en freinage dynamique.

Résistances. — Elles sont à grilles en fonte et pressées sur un axe isolé.

Câblage. — Il est réalisé en bouées placées dans des canalisations en tubes d'acier sans revêtement. Dans les réseaux de grande étendue, ce système peut donner lieu à de fréquentes pertes à la masse. La protection mécanique est efficace, mais la localisation d'un défaut ou le remplacement d'un câble avarié sont de nature à présenter de grandes difficultés.

Trolleys. — Ceux du chariot sont en fer, cornières avec cuiller de glissement.

Eclairage. — L'éclairage de la charpente est assuré par des lampes intensives, montées sur ressorts de manière à les soustraire aux trépidations.

Calage du portique. — Le calage est assuré par pincement des bourrelets des rails de roulement aux quatre coins des longerons, mais nous avons ajouté un dispositif à broches s'intercalant dans une pièce fixe et dans l'axe des rails.

Poids. — Le poids total du portique complètement équipé est de 431 tonnes se décomposant comme suit :

Poids de la partie méc., élect. et du	
grappin	154 »
Poids de la charpente	277 »

Ce bel outil que constitue la grue Brown-Hoist a été construit en Amérique par la Brown-Hoisting Machinery Co à Cleveland, en ce qui concerne la partie mécanique. La partie électrique a été fournie par la Géco et la charpente exécutée par la firme Finet, de Jambes (Namur). Le montage a été confié à la maison Hacha, de Flémalle (Liège). Ces trois constructeurs hors pair ont exécuté une œuvre irréprochable à tous les points de vue.

La mise au point a été faite par les services mécanique et électrique de la division des Hauts Fourneaux d'Ougrée sans l'intervention d'aucun agent de montage ou de garantie américaine.

Dès sa mise en service, le pont a fonctionné admirablement et depuis lors sans la moindre interruption.

B. — Grue pour le déchargement des bateaux.

La grue est représentée fig. 1, p. 420. Le poids de la charpente est de 147 tonnes; les deux chemins de roulement sont écartés de 14^m85 d'axe en axe; l'un est établi le long de la berge de la Meuse sur pieux Franki, le second est construit sur la crête nord de l'accumulateur d'attente.

Le portique est conçu de façon à livrer passage à la route de 12 mètres de largeur prévue par les Ponts et Chaussées, à la suite des travaux d'endiguement de la Meuse; cette route aura son assiette à 2 m. au-dessus de la berge actuelle pour la soustraire aux inondations.

Du plan d'eau normal du fleuve en dessous de la charpente il y a une hauteur de 18 m., de façon à ne pas gêner le passage des mâts des bateaux.



Du niveau du quai à la passerelle de protection, on cote actuellement 9 m.; cette cote sera réduite par la suite à 7 m. lors de la construction de la route.

Des trémies placées à droite et à gauche du pylône nord pourront éventuellement servir au chargement direct sur wagons passant par le port de Renory en cas de panne au portique transbordeur américain Brown situé au-dessus des accumulateurs à minerai et qui doit évacuer les charbons déchargés dans les accumulateurs d'attente.

La grue doit normalement approvisionner ces silos qui constituent une première réserve de 4000 tonnes environ.

La grue a été construite au Titan Anversois suivant nos indications, car nous avons exigé des mécanismes de levage, de fermeture et d'ouverture des grappins, de déplacement du chariot et du portique, absolument analogues à ceux réalisés sur la grue Brown.

C'est ainsi que le mécanisme de déplacement du portique par arbres et trains d'engrenages avec moteur unique placé au milieu de la charpente, a été réalisé.

Les mécanismes de levage et ceux d'ouverture et de fermeture des grappins sont commandés par des moteurs séparés travaillant dans des conditions identiques à celles réalisées dans la grue américaine. Aussi les moteurs électriques et tout l'appareillage ont été commandés à la Géco. Le grappin a une capacité de $2\frac{1}{2}$ m³ et est à 4 câbles. La capacité de la grue est de 100 tonnes-heure avec un mécanicien non expérimenté et de 135 t. avec un mécanicien exercé dans des bateaux en fer de 460 tonnes.

Les vitesses des différents mouvements sont :

Levage	1	mètre/sec.
Translation du chariot	3	»
Translation du portique.	0,20	»

Les moteurs sont du type M. D. S. et répondent aux caractéristiques suivantes :

Levage : câble de corps, type M. D. S. :

107 A — 105 HP — 535 tpm.

Levage : câble de fermeture, type M. D. S. :

107 A — 105 HP — 535 tpm.

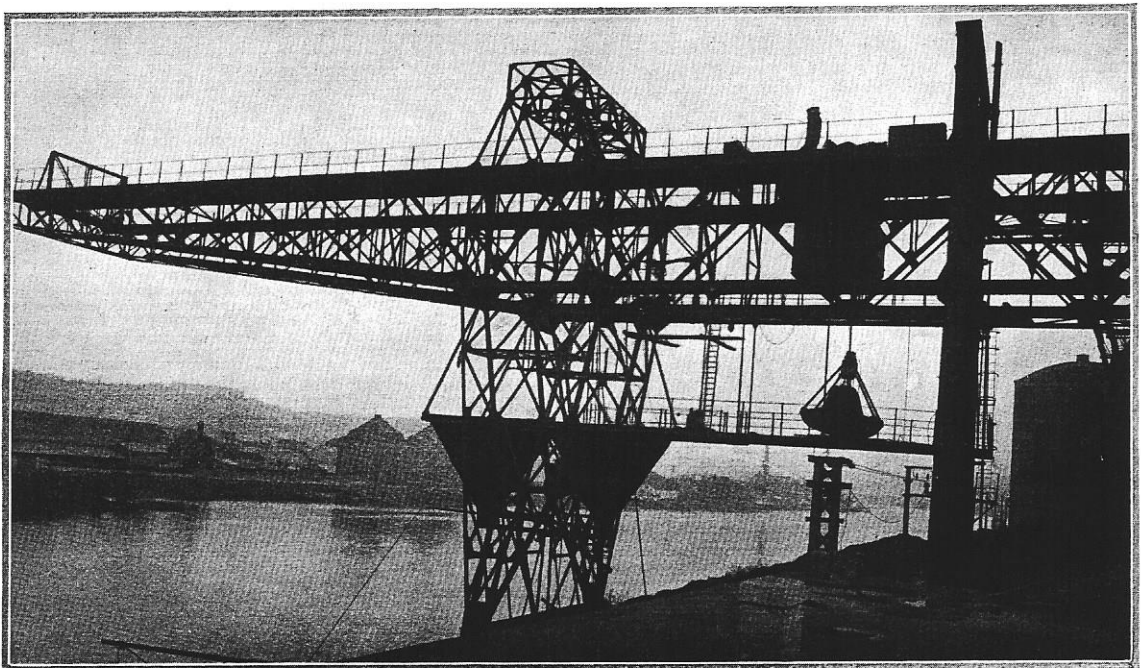
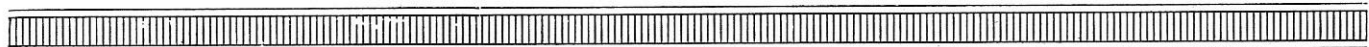


Fig. 13. — Grue Titan pour le déchargement des bateaux de charbon.





Translation du chariot, type M. D. S. :
105 A — 40 HP — 485 tpm.

Translation de la grue, type M. D. S. :
105 A — 40 HP — 485 tpm.

Ce sont des moteurs interchangeables avec ceux de la grue Brown.

La charpente a été construite par la maison Finet de Jambes (Namur) suivant plans établis par le Titan Anversois. Le montage a été confié aux soins de la maison Hacha, de Flémalle (Liège); c'est dire que la construction a été confiée à trois maisons de premier ordre.

C. — Construction des accus à minerais.

La construction des accus à minerais revient à la construction de deux murs parallèles de 180 m. de long, de 18 m. de hauteur, distants l'un de l'autre au sommet de 33^m756, distance entre les files de rails de roulement du portique américain; ces deux murs sont réunis par deux murs d'about et cinq murs de refend de façon à constituer six cases semblables, capables de contenir chacune 25.000 à 30.000 tonnes de minerais.

Le mur de soutènement côté Meuse doit pouvoir résister à la poussée des minerais accumulés derrière lui, à la réaction verticale produite par le pylône à 8 roues du portique américain circulant à la crête et à la charge roulante constituée par un train de wagons automatiques de 40 tonnes utiles.

Le mur de soutènement côté terril doit pouvoir résister à la poussée des terres lorsque l'accu est vide, au surcroît de poussée des trains complets automatiques, 40 tonnes en stationnement sur le terrain en question, à la réaction produite par les 8 roues du chevalet du portique américain qui roule sur la crête et à une charge roulante constituée par un train complet de wagons automatiques, 40 tonnes en déchargement.

Les murs de refend servent d'entretoises et doivent résister à la poussée des minerais d'une case à minerais, la voisine étant supposée vide. Les calculs doivent aussi être établis en supposant les cases pleines de minerais et surchargées suivant le talus naturel de ceux-ci, soit à 45°; le poids du minerai le plus lourd étant de 3000 kgs par m³.

Au pied des grandes cases, côté Meuse, se trouvent les cases d'attente, formées par un petit mur de 5 m. de hauteur, de 180 m. de longueur, entretoisé de quelques murs transversaux pour former quatre cases capables de supporter 4000 tonnes de minerais.

* * *

Pour asseoir une construction de cette importance, nous nous sommes au préalable rendu compte de la nature du terrain.

Huit premiers sondages furent au début exécutés en ligne droite sur une distance de 160 m., le long de l'ancienne clôture de l'usine en bordure de la Meuse, ligne correspondant approximativement au nord de l'accumulateur projeté. Ces sondages ont rencontré le gravier à une profondeur variant de 3^m60 à l'amont à 6^m80 à l'aval. Le gravier a donc, à cet endroit, un pendage de 3^m20, sur une longueur de 160 m., soit 2 % parallèlement à la Meuse vers l'Est. Ces sondages préalables n'ont pénétré que de 0^m20 à 0^m30 dans la couche de gravier, sur l'épaisseur et la formation de laquelle il importait d'avoir de plus amples renseignements. (Fig. 14 et 15.)

De nouveaux sondages furent entrepris pour connaître :

1° Si la couche de gravier, outre son pendage vers l'aval, ne possédait pas un pendage vers le fleuve;

2° Si la couche de gravier reconnue constitue un bon sol sur lequel on puisse s'appuyer.

Quatre nouveaux sondages furent exécutés; en voici les caractéristiques: (Voir le tableau p. 438.)

Le stéréogramme (figure 16) montre que :

1° Les couches formant le sous-sol de l'accumulateur à minerais proviennent d'un alluvionnement irrégulier, ainsi que le prouvent les exemples suivants : Une couche de tourbe épaisse de 1 m. (sondage I) disparaît à 15 m. de distance (sondage II). Une couche d'argile limoneuse, épaisse de 1^m80 (sondage VI) se coince sur 25 m. (sondage V).

2° Par suite de cet alluvionnement irrégulier, la surface du gravier n'est pas plane, mais semble être formée d'une succession de terrains dont le pendage général n'est pas dirigé vers la Meuse,

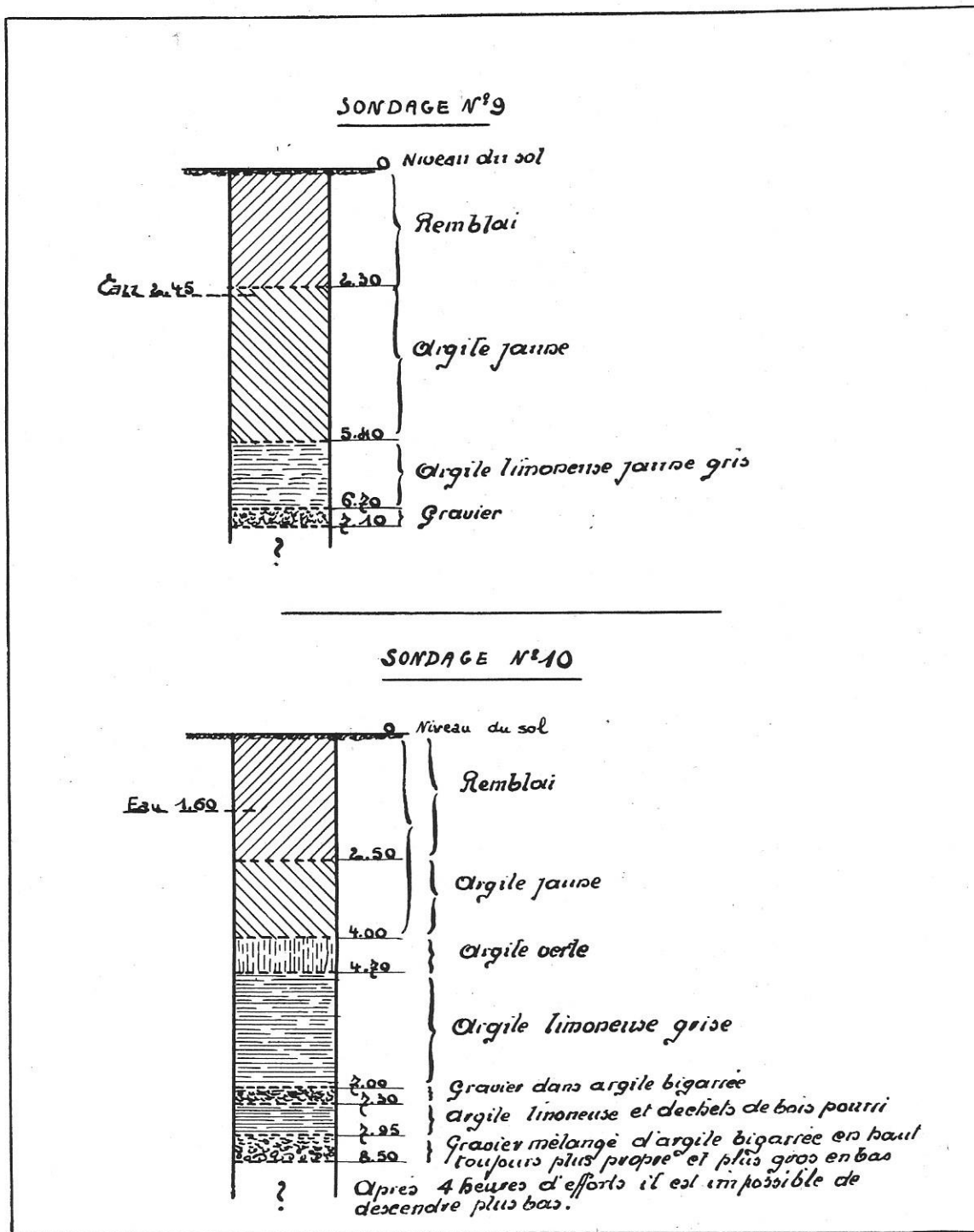
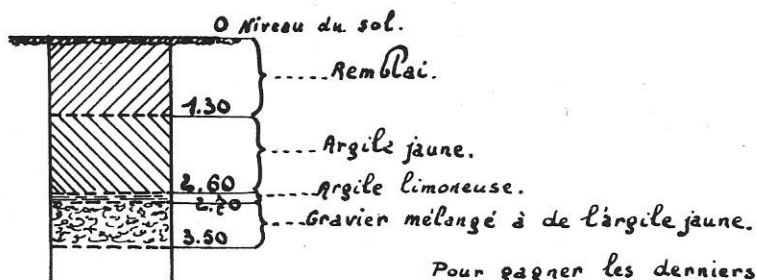


Fig. 14.

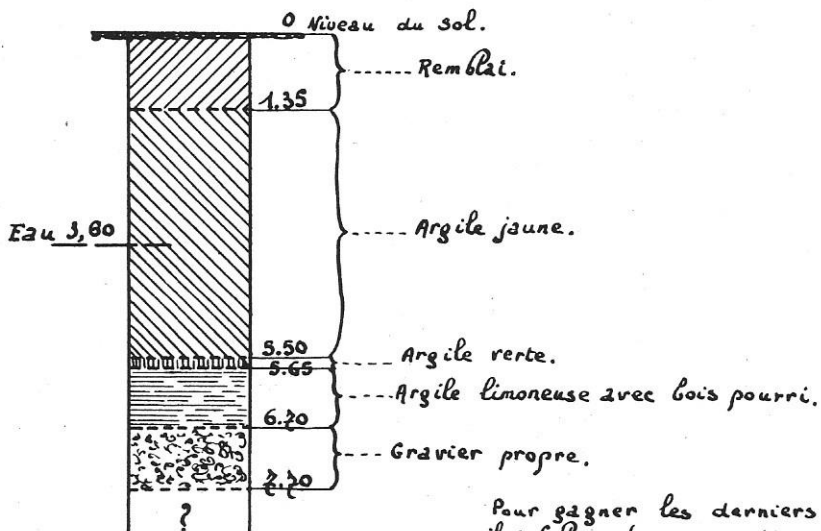


SONDAGE N° 11



Pour gagner les derniers 20 cm il a fallu 4½ heures de travail.

SONDAGE N° 12



Pour gagner les derniers 20 cm il a fallu 5 heures de travail. Au fond du sondage on a rencontré soit une grosse pierre, soit la roche en place.

Fig. 15.

mais au contraire à peu près à 45° de la direction de la Meuse, en s'éloignant de celle-ci vers l'aval.

3° La formation et la nature du gravier sont variables. En effet, sur une profondeur d'environ 1 mètre à partir de la surface du gravier, le sondage X a rencontré deux couches de gravier, séparées par un lit d'argile limoneuse, tandis que les sondages XI et XII n'en ont rencontré qu'une.

4° Le gravier est mélangé d'argile dans le sondage X; il est pur dans les sondages IX, XI, XII. Le niveau de la nappe d'eau souterraine varie; il atteint environ celui de la Meuse dans le sondage XII; il est probablement 1 m. plus haut dans les sondages IX et X.

Conclusions. — a) La couche de gravier, pourvu qu'on la pénètre d'environ 1 m., peut être considérée comme bon sol. La profondeur de ce sol varie de 2^m70 à 8 m. A 3 m. environ de profondeur, il y aura de l'eau dans les fouilles; en outre, une infiltration des eaux de la Meuse est à craindre;

b) Des fondations par fouilles, même établies jusqu'à 5 m. n'atteindraient donc pas partout le bon sol et il faudrait en outre lutter contre les venues d'eau importantes;

c) Il devient donc nécessaire de reposer les accus sur une fondation de pieux en béton;

d) Le pendage général s'éloignant de la Meuse vers l'Est et le Sud, un glissement de la construction vers celle-ci ne semble pas à craindre.

Nous avons eu recours à un battage de pieux verticaux Franki pour les parties de l'ouvrage devant résister aux charges verticales. Dans les

parties soumises à des poussées horizontales (murs de soutènement) nous avons eu recours à un système de fondation mixte comportant des pilots en béton, armés, préparés d'avance et battus dans une direction inclinée correspondant à la résultante des efforts et à des pieux verticaux Franki.

* * *

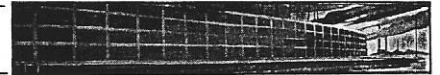
L'étude des accumulateurs à minerais revient à l'étude d'une série de murs de soutènement. On est arrivé à une solution économique en adaptant des profils spéciaux formés de contreforts placés tous les 2^m90, réunis par des dalles et des massifs de remplissage, ayant une forme telle que le minerai, en pénétrant à certains endroits dans l'espace compris entre les contreforts, contribue par son poids à la stabilisation du mur.

Les données adoptées pour les calculs de stabilité sont :

Poids des minerais	3 tonnes par m ³
Poids du béton maigre	1,5 »
Poids du béton riche	2,2 »
Talus naturel des minerais	45°
Frottement des mines sur béton	22°30'
Section des pilots inclinés	35 × 35 armés de 4 barres de 22 mm.
Inclinaison des pilotis sur la verticale	25°
Diamètre des pieux verticaux Franki	60 centimètres.

Les murs de soutènement comportent 5 profils différents :

Sondages n ^{os}	A m mètres en aval de l'égout de l'usine mètres	A m mètres du mur de clôture existant mètres	Niveau du sol bâti près de l'égout = 100 mètres	Surface du gravier à m mètres de profondeur mètres	Epaisseur de la couche de gravier traversée mètres
IX	86,00	11,00	99,35	6,70	0,40
X	86,00	23,00	99,25	7,00 / 7,95	0,30 / 0,55
XII	200,00	23,00	99,54	6,70	1,00
XI	40,00 en amont égout	34,00	99,00	2,70	0,80



Le profil I est celui des murs de refend des silos d'attente. (Fig. 17, p. 440.)

Le profil II est celui du mur longitudinal côté Meuse des grandes cases. (Fig. 18 et 19, p. 441.)

Le profil III est celui des murs de séparation des 6 cases. (Fig. 19.)

Le profil IV est celui des murs extrêmes d'about. (Fig. 22, p. 444.)

Le profil V se rapporte au mur longitudinal côté terril. (Fig. 22.)

Tous ces murs sont formés de contreforts disposés à 2^m90 d'axe en axe et réunis par des dalles (profil V, côté terril) ou par des massifs de remplissage (profils II, III et IV) ayant une forme telle que le minerai pénétrant dans les espaces compris entre les contreforts coopère par son poids à la stabilité générale.

Le mur principal profil II dont les contreforts

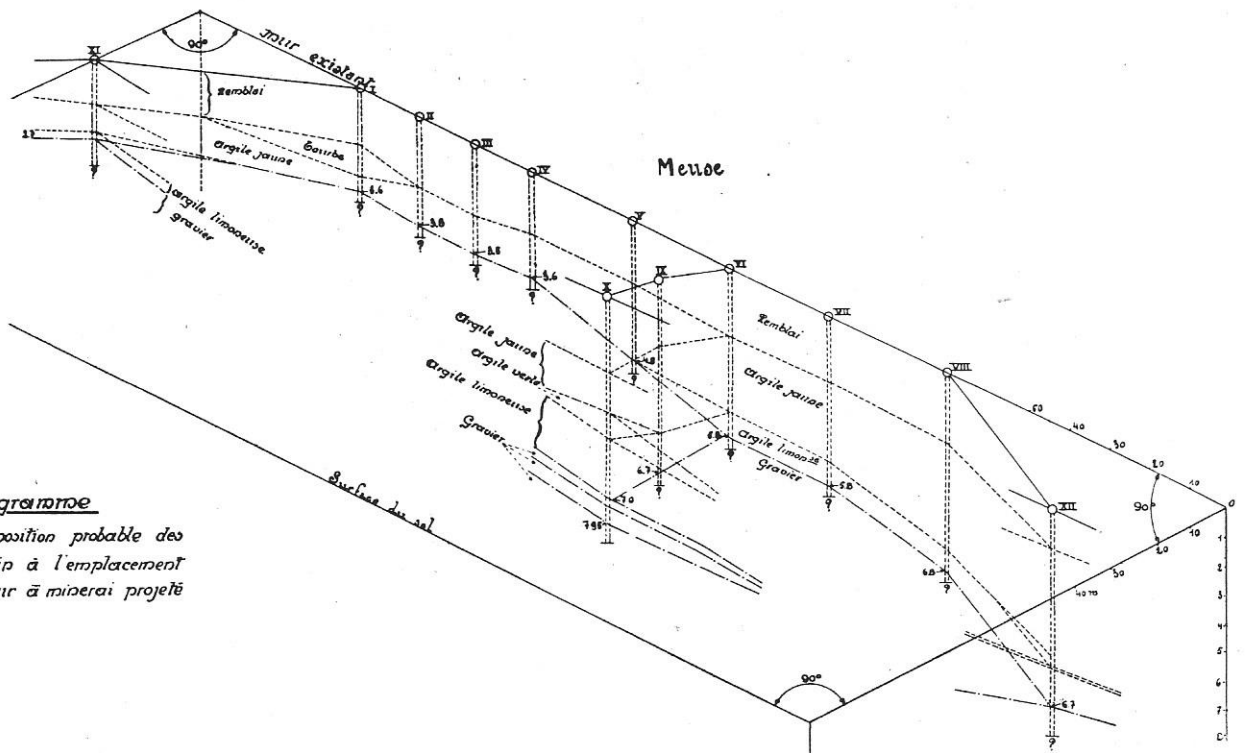
sont espacés de 2^m90, mesurent 8^m50 à la base et ont une épaisseur variant de 55 centimètres à la partie supérieure à 1 m. à la partie inférieure.

A la partie inférieure, les contreforts sont réunis par :

- 1° La poutre de roulement du portique américain donnant une force verticale de 176 tonnes;
- 2° Les deux poutres de roulement d'une voie normale de chemin de fer sur laquelle doivent circuler les trains complets formés de wagons automatiques à minerais de 75 tonnes net.
- 3° Un voile oblique, destiné à arrêter le minerai.

A la partie inférieure, les contreforts sont réunis par un gros massif de béton, composé extérieurement de béton riche et à l'intérieur de béton maigre de remplissage.

Accumulateur à minerai
 OUVRE



Stéréogramme

indiquant la position probable des coupes de terrain à l'emplacement de l'accumulateur à minerai projeté

Fig. 16.

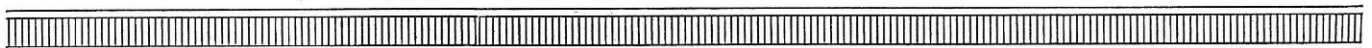




Fig. 17.

Profil "I"

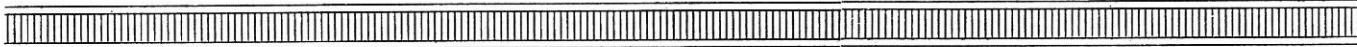
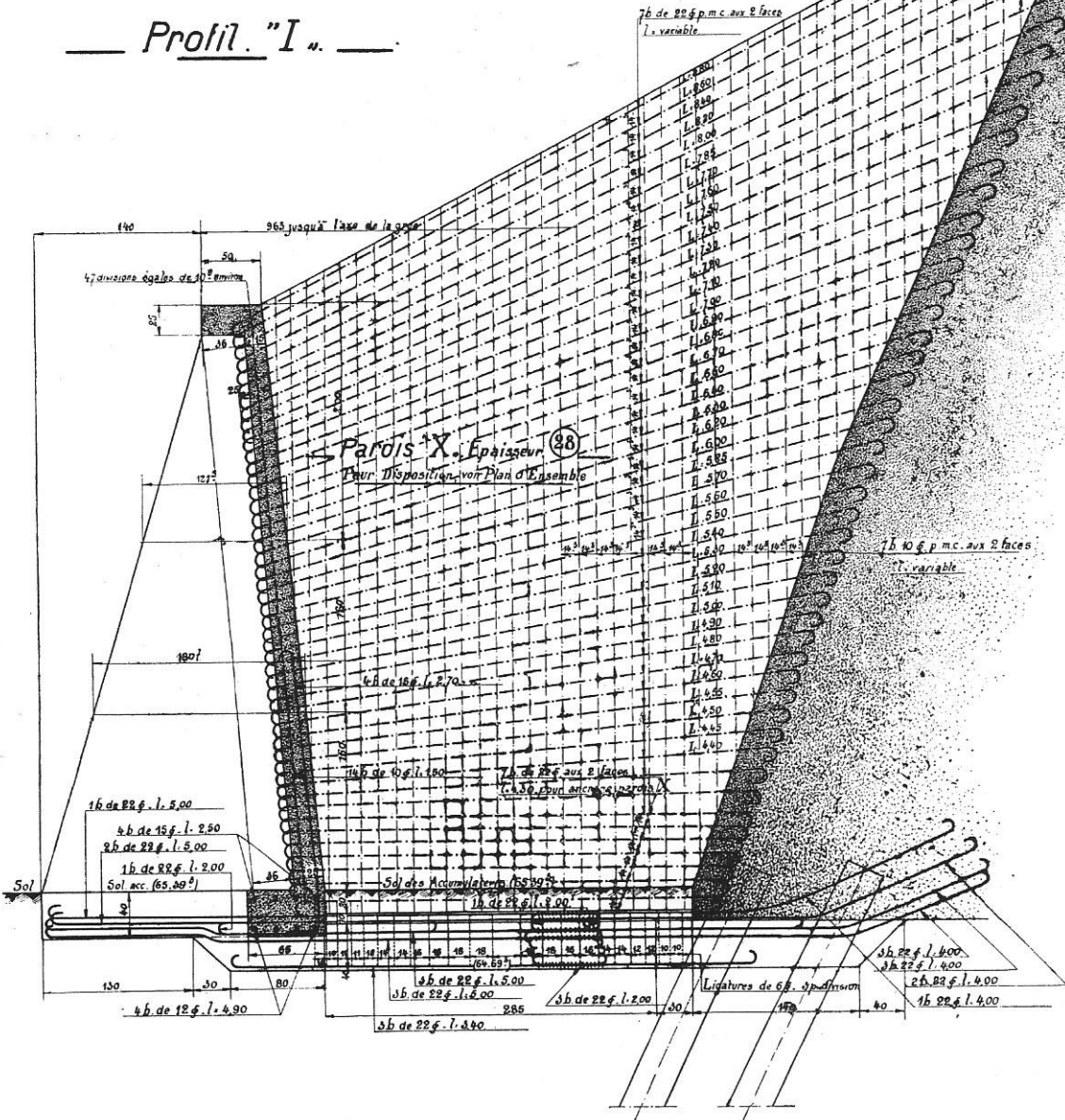
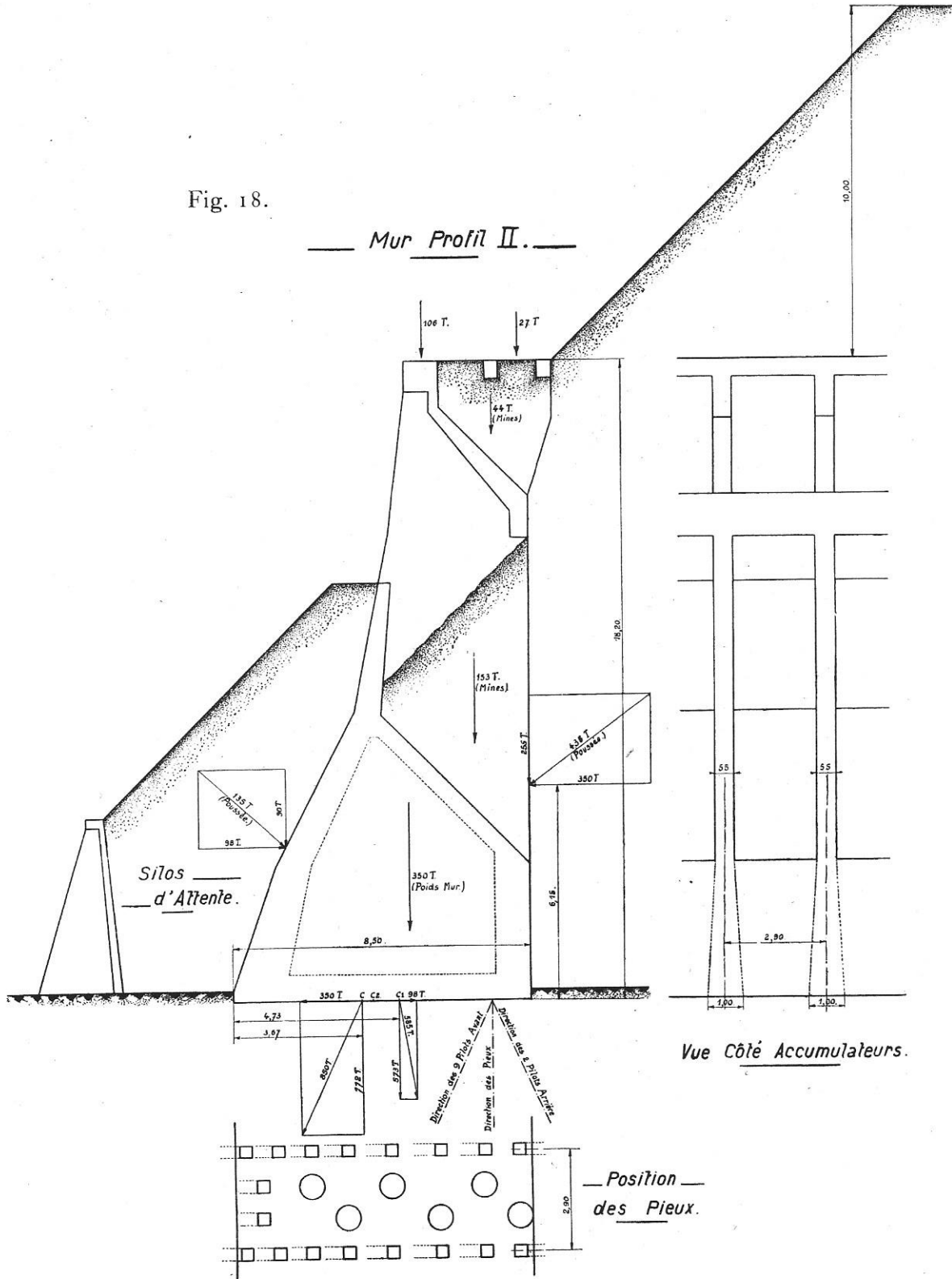




Fig. 18.

Mur Profil II.



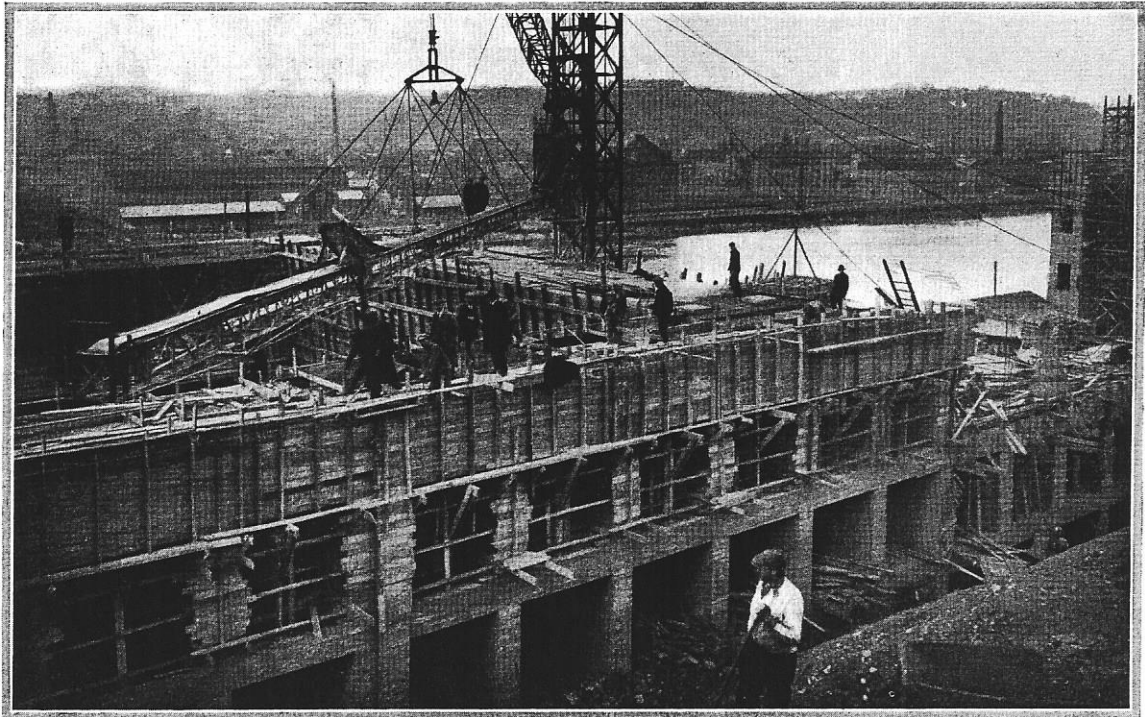


Fig. 20. — *Accumulateurs à minerais. Bétonnage du mur de soutènement.*

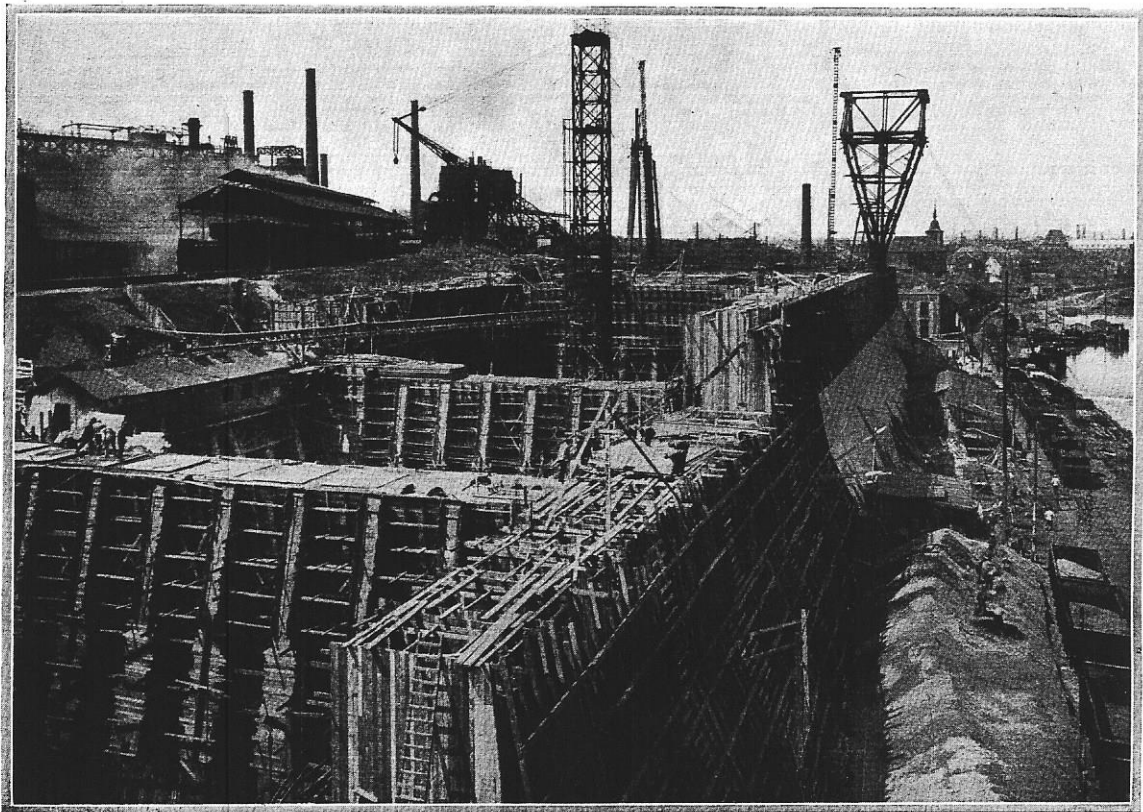


Fig. 21. — *Accumulateurs à minerais. Mur côté Meuse en construction.*



Le poids du volume de minerai compris entre nervures inférieures . 153 tonnes

Enfin, la poussée des mines côté accumulateurs se décomposant en :

Un effort vertical de 255 tonnes

Un effort horizontal de 350 »

et la poussée des mines côté accumulateur d'attente, comprenant :

Un effort vertical de 90 tonnes

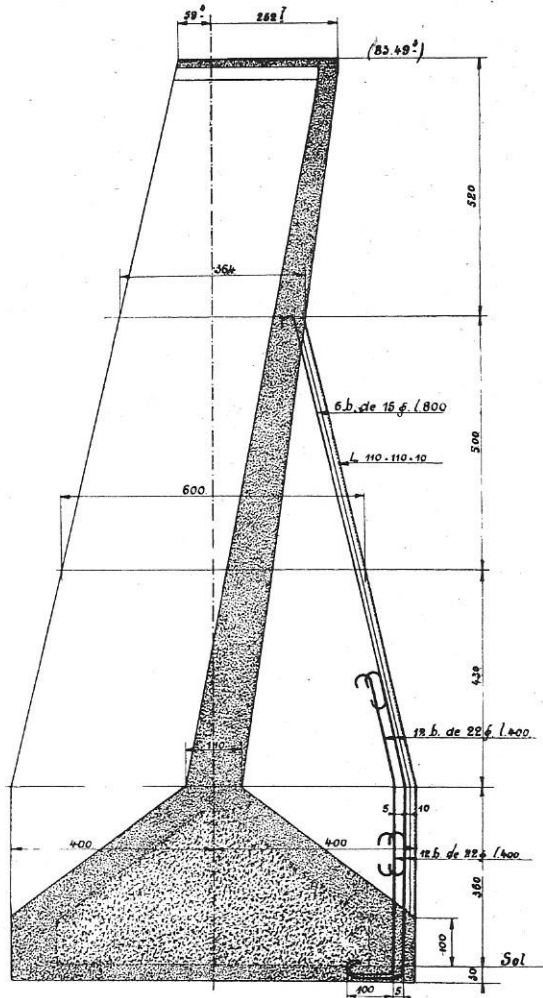
Un effort horizontal de 98 »

Remarquons que le petit mur formant la case d'attente est lié par un tirant, au niveau de la tête des pieux, au mur profil II, tirant qui est soumis à une traction de 57 tonnes. Cela réduit l'effort horizontal sur le grand mur (côté d'attente) à 41 tonnes (98 — 57) au lieu de 98 tonnes.

Au point de vue de la stabilité générale, on peut envisager 3 combinaisons de charges suivantes :

1° Les accus sont remplis, les cases d'attente sont vides, il n'y a ni grue ni train. La résultante

— Profil "IV" —



— Profil "V" —

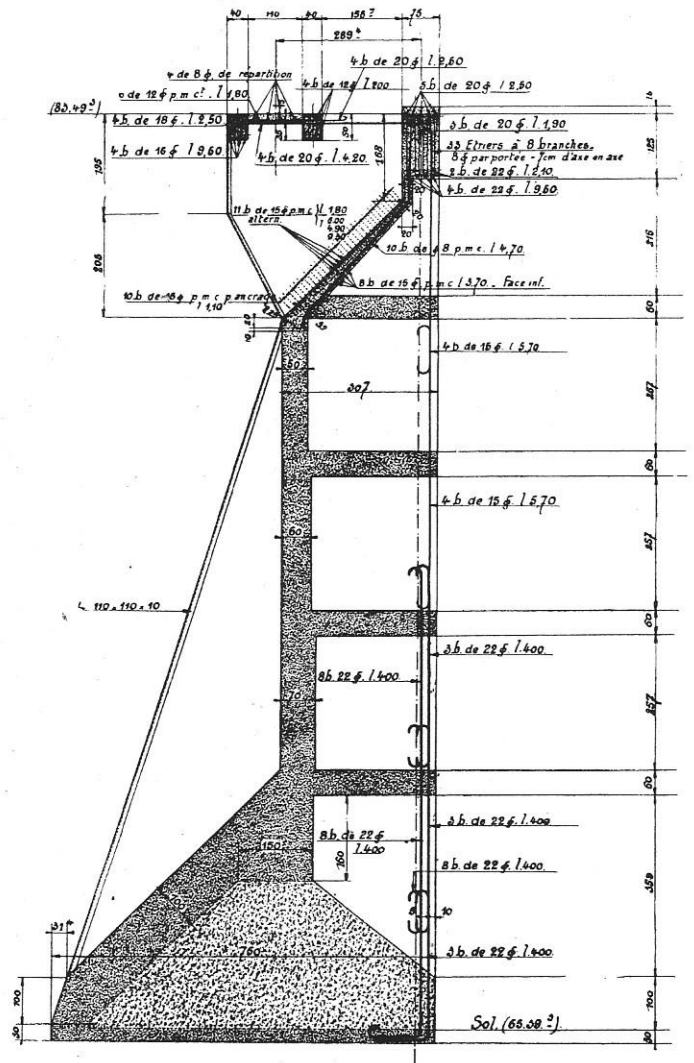
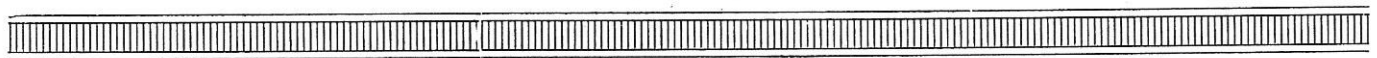


Fig. 22.





des efforts perce le plan de fondation en C. L'effort résultant se décompose en un effort vertical de 772 tonnes et un effort tranchant de 350 tonnes, donnant une résultante de 850 tonnes inclinée à 25° sur la verticale. C'est ce qui a fait choisir l'angle de 25° comme angle d'inclinaison des pilots. Comme C se trouve sensiblement au centre de gravité des 9 pilots inclinés vers la Meuse, l'effort sur chacun de ces pilots est de 93 tonnes. Ce chiffre, qui peut paraître élevé, sera expliqué plus loin. (Fig. 18.)

2° Mêmes charges en y ajoutant la grue et le train.

Centre de pression C_1 avec $N = 905$ tonnes et $T = 350$ tonnes, donnant une résultante de 970 tonnes inclinée à 21° . Elle donne 155 tonnes sur les pieux Franki et 823 tonnes sur les 9 pieux

inclinés, soit 26 tonnes par pieu Franki et 91 tonnes par pilot incliné.

3° Accumulateurs vides, cases d'attente remplies, en outre : grue et train.

Centre de poussée C_2 avec $N = 573$ tonnes et $T = 41$ tonnes; cela donne dans chaque pieu Franki 81 tonnes et dans le pilot incliné vers le terril 88 tonnes.

Ces charges paraissent élevées; il ne faut pas cependant oublier que nous les avons calculées dans des hypothèses qui ne se réaliseront pas en pratique. Ainsi dans le premier état de charge étudié, nous avons supposé que le remblai à 45° qui surmonte la crête des murs de 10 mètres, existe sur toute la longueur des murs; or cela est impossible à cause des murs transversaux divisant le grand accu en six cases. Sur les 30 mètres de

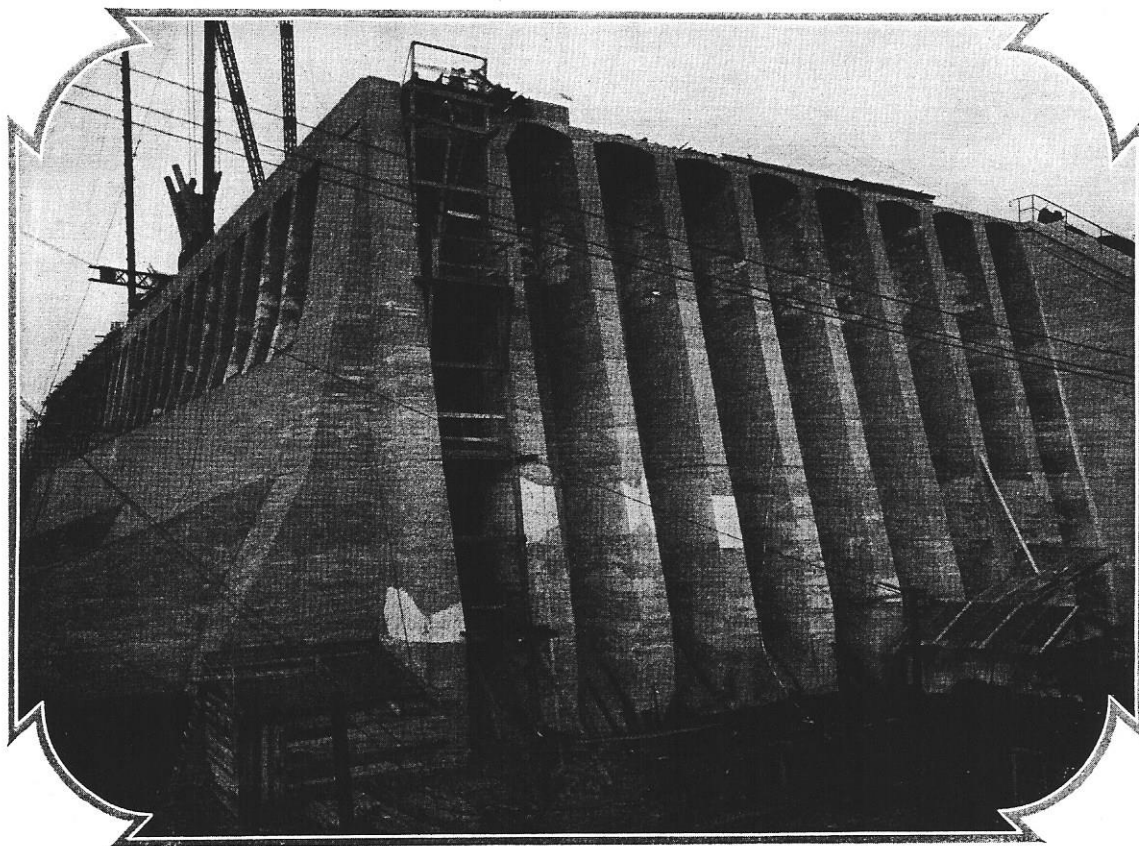


Fig. 23. — Accumulateurs à minerais exécutés entièrement à l'aide de ciment de laitier. — Entreprise générale : Société Pieux Franki.



longueur d'une case, le remblai maximum n'existe que sur 10 mètres, à partir desquels il diminue graduellement jusqu'à ne plus exister du tout près des murs transversaux.

En faisant l'hypothèse que ce remblai n'existe nulle part, on trouve que les pilots inclinés ne supportent plus que 58 tonnes, les Franki portant cette fois 33 tonnes. La charge maxima probable sur les pilots inclinés sera donc comprise entre 93 et 58 tonnes, soit environ 75 tonnes, ce qui est

tout à fait raisonnable pour des pilots de 35×35 battus au refus quasi absolu.

Une remarque semblable pourrait se faire pour la troisième combinaison de charges envisagée, de sorte que ni les pieux Franki ni les pilots inclinés ne travaillent à plus de 75 tonnes. Ils travaillent même à moins car nous n'avons tenu aucun compte de la stabilité supplémentaire résultant de ce que les murs transversaux servent d'ancrage aux murs longitudinaux.

(A suivre.)

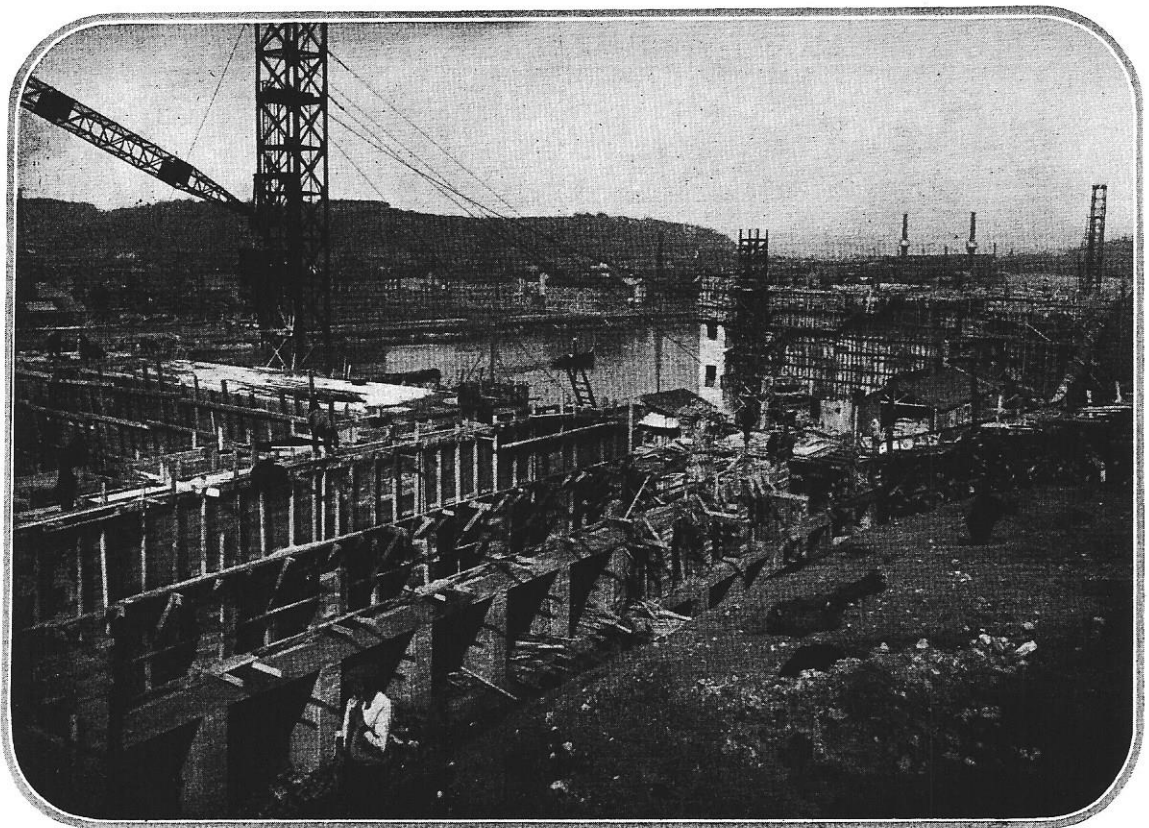


Fig. 24. — *Accumulateurs à minerais, côte Est. — Photo prise du remblai de scories de haut fourneau, en mars 1925.*