

BULLETIN
 DE L'ASSOCIATION INTERNATIONALE DU
CONGRÈS DES CHEMINS DE FER

[691 (.495) & 721 .9 (.495)]

**Note sur la fabrication de pièces moulées
 en béton armé,**

à la Société Nationale des Chemins de fer belges, ⁽¹⁾

par M. C. LEMAIRE,

Ingénieur principal de la Voie,
 à la Société Nationale des Chemins de fer belges,

et M. J. SCHOTTE,

Ingénieur de la Voie,
 à la Société Nationale des Chemins de fer belges.

Fig. 1 à 13, p. 850 à 865.

La Société Nationale des Chemins de fer belges a commencé, en 1927, ses premières fabrications en régie, de pièces en béton armé, par suite de la nécessité de renouveler un certain nombre d'installations en bois, atteintes de vétusté, telles que : clôtures, bordures de quai, chevalets et par l'existence d'un important dépôt de matières premières.

Les avantages de ces pièces en béton armé sur les pièces similaires en d'autres matériaux, au point de vue durabilité, aspect, coût de fabrication et d'entretien, sont connus; aussi le chantier créé à Roulers par la Société Nationale a-t-il pris de plus en plus d'extension; ce chantier occupa une moyenne d'une centaine d'ouvriers en 1929 et en 1930 et

cent et trente en 1931. Il ne poursuit nullement d'ailleurs un but de concurrence vis-à-vis des nombreuses firmes belges s'occupant de la confection de pièces moulées en béton. Le programme du chantier de Roulers se limite à un certain nombre de pièces dont la fabrication peut être urgente, d'une surveillance difficile, onéreuse ou d'un type spécial. Il ne se justifierait pas en d'autres points du réseau où la main-d'œuvre fait plus ou moins défaut, ni, si son but était de fabriquer, par exemple, des dalles en béton comprimé de 30 × 30 cm., des tuyaux normaux, des châssis de fenêtres, etc.

Un réseau de chemin de fer possède une abondante série de petites installa-

(1) Développement du rapport présenté au premier Congrès international du béton et du béton armé, à Liège, en septembre 1930.

tions où le béton armé ou non armé peut être employé avec succès :

Les poteaux de clôture pour remplacer les vieilles traverses coûteuses et d'un aspect peu satisfaisant;

Les poteaux et lattis ouvragés en béton, pour remplacer les clôtures similaires en panneaux de bois;

Les clôtures pleines en béton;

Les poteaux de tous genres se trouvant le long des lignes, tels que : les poteaux kilométriques et hectométriques, les poteaux barrières et « attention », les poteaux de rampe et pente, les poteaux de courbe, les potelets de signalisation;

Les bornes-repères pour courbes et d'abornement pour terrains;

Les caniveaux servant de conduites aux fils et câbles de signalisation ou aux conduits de chauffage;

Les caniveaux pour fossés d'accotement en mauvais terrain;

Les tuyaux de type renforcé pour aqueducs sous voie;

Les éléments démontables de murs de soutènement de rampes de chargement, de parcs à charbon et à mitraille;

Les bordures démontables pour quai du type ordinaire et pour quai surélevé;

Les bacs à fleurs pour décoration florale des gares et les bordures plus ou moins ouvragées pour parterres de fleurs;

Les bacs démontables à grenaille pour l'entretien du ballast des voies, par soufflage;

Les barrières blanches pour signalisation par avertisseurs et pour la signalisation des passages à niveau;

Les différentes fondations pour les organes de signalisation.

Un certain nombre des objets énumérés ci-dessus, n'ont été fabriqués qu'à titre d'essai; nous estimons cependant qu'après avoir étudié suffisamment leur standardisation, on leur réservera un emploi de plus en plus large.

Un chantier de pièces standardisées en béton armé doit ses principaux avantages aux économies en main-d'œuvre et en matériaux que permet toute fabrication en série. Ces avantages sont en ordre principal :

1° La fabrication, sur chantier spécial, d'objets en béton armé est beaucoup plus soignée et beaucoup moins laborieuse que dans un chantier de travaux publics, vu que l'on y dispose des engins mécaniques de fabrication et de transport tels que bétonnière, wagonnets Decauville, grues, etc. et qu'on prélève facilement des cubes d'essai pour contrôler fréquemment la qualité du béton;

2° Les matières premières, telles que sable, gravier ou pierrailles, ciment, aciers, sont déchargées et les produits fabriqués sont chargés avec un minimum de frais, pourvu que le chantier soit raccordé au chemin de fer et équipé avec les engins mécaniques nécessaires;

3° Aucune perte de matières premières n'a lieu, à l'encontre de ce qui se passe souvent dans les chantiers des travaux publics ou dans les chantiers de fortune établis le long d'une voie de chemin de fer;

4° Une distribution d'eau facilite la fabrication du béton par le dosage automatique d'eau à la bétonnière et réduit la main-d'œuvre;

5° Les dépenses en bois de coffrages et en main-d'œuvre de charpenterie sont incomparablement moins grandes que dans les travaux publics ou dans les chantiers de ligne et on peut estimer que des coffrages en bois, pour pièces en série, supportent 400 bétonnages et décoffrages successifs avant d'être mis définitivement hors service;

6° Le rendement des ouvriers est beaucoup plus grand sur le chantier de

pièces en béton et cela, d'une part, à cause de la division du travail qui donne à l'ouvrier une habileté particulière et lui évite toute perte de temps, d'autre part, à cause de la possibilité du contrôle suivi du rendement; celui-ci pouvant d'ailleurs être stimulé par un système de primes.

* * *

Un chantier systématiquement organisé doit comporter les installations suivantes:

Une certaine surface d'abris légers pour permettre de poursuivre le travail pendant les intempéries; une charpenterie pour confection et réparation des coffrages; un atelier de ferrailage; un magasin de ciment; un raccordement au chemin de fer; un réseau de voies Decauville pour le transport des matières premières et du béton fabriqué, une distribution d'eau, de larges cours à air libre où sont établis les coffrages, et servant au stockage.

Comme outillage: une bétonnière (le chantier de Roulers en possède deux) avec chargeur-élévateur et doseur; une petite forge; les différents outils du ferrailleur et du bétonneur, tels que pinces, tenailles, brouettes, pelles, dames, etc.; les appareils de moulage pour cubes d'essai, et de mesure de la fluidité du béton; une petite grue automobile à mouvements rapides ou des monorails pour le chargement des pièces et pour le stockage.

Muni de toutes ces installations, on peut dire que le coût du béton armé au chantier de fabrication de pièces en série, est de moitié moindre qu'au chantier de travaux publics ou de ligne.

* * *

Dans ce qui suit, nous décrivons spécialement l'organisation du chantier de Roulers dont nous avons la direction;

quoique orienté vers des fabrications spécialement utiles au chemin de fer, il ne nous paraît pas dépourvu d'intérêt à un point de vue général. Nous avons joint à la présente note, les plans d'objets fabriqués, d'armatures et de coffrages les plus intéressants et plusieurs photos montrant l'aspect des installations réalisées au moyen de pièces de béton. (Nous tenons à signaler ici la collaboration éclairée autant qu'ingénieuse des deux chefs de section de nos services, MM. Vandavelde et Van Hee, qui ont successivement géré ce chantier.)

Les opérations qui se font au chantier, sont les suivantes:

- 1) Déchargement des matières premières;
- 2) Confection et réparation des coffrages;
- 3) Confection des armatures;
- 4) Fabrication, transport et mise en œuvre du béton, décoffrage et stockage;
- 5) Chargement;
- 6) Comptabilité, service des commandes et essais.

Nous les décrirons successivement.

Qualités et spécification des matières premières.

Toutes les matières premières nous sont fournies après appel à la concurrence ou par adjudication publique, suivant les conditions ordinaires de la Société Nationale des Chemins de fer belges. Les prix des soumissionnaires doivent être faits franco, gare Roulers. Pour toute adjudication publique, il est dressé un cahier spécial des charges.

Les matières suivantes sont employées:

- 1) *Ciments*. — Ciment Portland artificiel normal répondant aux clauses des cahiers des charges de la Société Nationale des Chemins de fer belges.

2) *Le ciment Portland à durcissement rapide* est employé pendant l'hiver dès que la température descend aux environs de $+ 5^{\circ}$ C. (Nous envisageons le bétonnage pendant les gelées en mélangeant du chlorure de calcium dans la proportion de 4 % du poids de l'eau.)

Sables. — Le sable du Rhin peut être fourni à Roulers à un prix aussi avantageux que celui des sables de carrière sur lesquels il l'emporte souvent par la qualité. La distance relativement faible du port de Gand où le sable du Rhin est manutentionné mécaniquement, est cause de ces prix avantageux.

Nous n'avons employé, en vue d'économies, que le sable tout-venant, sa qualité est très bonne au point de vue pureté et grosseur des grains. Il satisfait amplement au module de finesse imposé par les prescriptions de l'A. B. S. ⁽¹⁾ concernant les ouvrages en béton.

Nous avons employé aussi du sable de carrière d'origine brabançonne; son module de finesse n'est que 1.75, ce qui nuit à la résistance du béton (voir Résultats des essais). Les sables de carrière du Limbourg qui sont souvent de très bonne qualité, ne nous ont jamais été offerts malgré les appels à la concurrence. Le poussier de porphyre n'a été employé que rarement en remplacement du sable; il semble coller moins bien et ne pas permettre un décoffrage aussi rapide que l'on voudrait.

Plaquettes de porphyre 5/20 mm. — *Grenailles de porphyre 2/5 mm.* — La qualité 2/5 mm. est employée pour les produits fins, la qualité 5/20 mm. pour les produits ordinaires; chacun de ces produits donne au béton une très bonne résistance (voir Essais). La propreté et

(1) A. B. S.: Association belge de Standardisation.

la grosseur uniforme sont d'ailleurs des qualités connues de ce produit.

La qualité 0/20 mm. nous a semblé moins intéressante parce qu'elle contient une proportion de fin beaucoup trop forte et non uniforme d'ailleurs.

Graviers du Rhin ou de Meuse. —

Les graviers de Meuse et du Rhin se ressemblent en qualité et en prix. Nous avons employé la qualité 5/30 tout-venant en cailloux roulés, cela, à défaut de plaquettes de porphyre ou de gravier concassé, celui-ci d'ailleurs n'est produit que par très peu de firmes. Les essais montrent clairement que les bétons faits avec des graviers roulés ont une résistance sensiblement inférieure à ceux faits avec les pierrailles concassées. Ce défaut de résistance serait plus apparent, pensons-nous, pour les pièces minces où les gros cailloux risquent de produire des solutions de continuité ou des « nids » dans la masse du béton. Depuis quelque temps, toutefois, on fournit aussi des graviers de dimension 3/8 mm.; ce module de finesse conviendrait mieux pour les parois minces; nous en ferons l'essai et pensons obtenir de bons résultats. La plupart des éléments que l'on fabrique sur les chantiers de pièces moulées en béton armé, ne devraient pas avoir une bien grande résistance propre s'ils ne subissaient pas des chocs pendant le transport et même pendant la manipulation. Nous croyons donc, eu égard à la différence bien minime en prix, qu'il est toujours préférable d'employer les pierrailles concassées et le bon sable dont le module de finesse est supérieur à 2.

Qualités granulométriques des matières inertes.

Un chantier, d'une production annuelle de plusieurs milliers de mètres cubes de béton, doit avantagement se préoccu-

per des qualités granulométriques des matières inertes à mettre en œuvre.

Les pièces en béton armé, utilisées aux chemins de fer, sont souvent sollicitées à la compression, à la flexion simple ou composée, ou même au choc. Ainsi que l'a montré M. R. Dutron ⁽¹⁾ dans l'intéressant rapport qu'il a présenté, en septembre 1930, au premier Congrès international du béton et du béton armé, à Liège, la composition la mieux appropriée du béton peut varier suivant le mode de sollicitation. Au point de vue de la *résistance à la compression*, les galets roulés et sables du Rhin ou de Meuse sont, en moyenne, de qualité à peu près équivalente. Les diagrammes publiés par M. R. Dutron montrent que pour les bétons à richesse égale en ciment et quelle que soit cette richesse, le poussier de porphyre, de laitier ou de grès, ajouté à la plaquette de porphyre, de laitier ou de grès 5/20 mm., donne toujours des

résistances à la *compression*, très réduites par rapport aux résistances des bétons en matériaux de rivière. Mais, le remplacement de ce poussier par du sable du Rhin fournit un béton de résistance sensiblement égale (notamment à trois mois) à celle des bétons composés de gravier et de sable du Rhin ou de Meuse. Les bétons à base de laitier de hauts fourneaux, avec poussier, ou de grès avec poussier, donnent des résultats nettement inférieurs à ceux composés de porphyre ou de galets roulés, avec sable de Meuse ou du Rhin. Au contraire, avec un bon sable grossier, il est à peu près indifférent d'employer du galet du Rhin et de Meuse, ou de la pierraille concassée de bonne dureté (porphyre, laitier de haut fourneau ou galets de Meuse concassés). Les résistances obtenues sont sensiblement équivalentes, quoique légèrement supérieures encore, pour les matériaux arrondis.

Résultats d'essais à la compression.

Spécification.	Age, jours.	Ciment, kilogrammes.	Sable du Rhin.	Sable brabançon.	Plaquettes de porphyre 5/20.	Plaquettes de porphyre 2/5.	Gravier du Rhin roulé 5/30 mm.	(Moyenne de 2 essais) Résistance en Kgr./cm ²
			←——— Litres ———→					
Béton 1 . . .	63	350	400				800	163
Béton 2 . . .	61	350		400			800	146
Béton 3 . . .	59	350	400		800			270
Béton 4 . . .	57	350		400	800			174
Béton 5 . . .	54	350	400			800		235
Béton 6 . . .	51	350		400		800		146

(1) Voir R. DUTRON: « Les matières inertes et les propriétés mécaniques des bétons » (Editions de la *Technique des Travaux*, 196, rue Grétry, Liège). Mémoire publié par le Congrès international du béton armé, 1930, à Liège.

Nous concluons de ces essais que :

1° Eu égard à la faible différence de prix du sable du Rhin ou d'un autre sable, dont le module de finesse est supérieur à 2, avec les sables plus fins, il y a un avantage à employer les premiers.

2° Il y a avantage à employer les pierrailles concassées et bien calibrées, si les prix ne sont pas trop élevés.

3° Le béton fait avec les pierrailles très fines de la grosseur $2/3$ mm. peut donner une très bonne résistance; donc, on peut donner aux éléments très fins une grande solidité en employant ce matériau au lieu d'employer du mortier seul comme on le fait souvent, et en soignant bien la fabrication et le damage du béton.

Résistances à l'extension, à la flexion et au choc. — Les résistances à l'extension, à la flexion et au choc, qui varient dans le même sens, nous intéressent autant que les résistances à la compression, eu égard aux manipulations, transports et mise en place que nos produits ont à subir.

Les résultats des essais effectués par M. Dutron, montrent que ces résistances sont meilleures pour les bétons de pierrailles concassées, que pour les bétons de cailloux roulés. Les bétons faits avec du sable fin ou du poussier donnent des résistances équivalentes ou même supérieures à ceux avec du sable du Rhin (gros sable).

Nous croyons pouvoir en conclure que pour avoir un béton qui, tout en ayant une bonne résistance à la compression, soit très résistant à l'extension, au choc et à la flexion, il faut employer des pierrailles concassées; de plus, le sable du Rhin ($0/3$ mm.) est à conseiller parce qu'il donne une grande résistance à la compression, mais on pourrait le remplacer en partie par du sable fin, sans

nuire à la résistance à l'extension; on le fera si l'économie en matières est appréciable.

Aciers. — Nous avons employé des ronds en acier doux du commerce; leur résistance est d'au moins 37 kgr. par millimètre carré à la rupture par traction, avec un allongement minimum de 20 % mesuré entre repères distants de dix fois le diamètre de la barre. Mais, nous avons utilisé, le plus souvent, le vieux fil, en acier semi-dur, de 4 mm. et provenant des installations de signalisation, lequel était autrefois jeté à la mitraille. Ce fil est enroulé et demande une certaine main-d'œuvre de dressage; en revanche, sa qualité d'acier dur permet d'obtenir des armatures particulièrement rigides, même pour les plus petites pièces, lesquelles ne se déforment pas au transport et au damage.

Déchargement et manipulation des matières premières.

Le chantier est établi en longueur; il est desservi latéralement, d'un côté par une voie de raccordement à écartement normal et, de l'autre, par un réseau de voies Decauville, avec plaques tournantes et quelques embranchements transversaux vers les ateliers et les dépôts. Le déchargement des matières premières s'est fait, jusque maintenant, à la main. Les sables, gravier et pierrailles sont mis en tas le long de la voie de desserte, de façon à éviter ultérieurement tout transport par brouette ou par Decauville. Les deux bétonnières utilisées au chantier sont mises en action à côté des stocks des matières premières du béton; on les déplace légèrement au fur et à mesure des nécessités de la fabrication. Une partie des manipulations des matières premières comme des produits finis se fera ultérieurement, en partie, au moyen d'engins mécaniques.

Confection et réparation des coffrages.

La plupart des coffrages employés à Roulers sont en bois. Ces coffrages se détériorent plus rapidement que ceux en tôle mais coûtent beaucoup moins cher. Nous estimons que les coffrages les plus délicats et les plus employés, tels que, ceux pour bordures de quai, par exemple, durent quatre années avant d'être mis hors d'usage.

Pendant l'hiver, on procède à leur revision, car le bois se déforme par l'humidité et gonfle; les pièces se disjoignent, se détériorent et pourrissent localement là où on les a clouées.

Travaillant avec un effectif d'une centaine d'ouvriers, nous avons employé en permanence cinq ou six charpentiers pour confectionner et refectionner les coffrages. Ces charpentiers travaillent sous les ordres d'un chef-ouvrier à qui il suffit de remettre les croquis cotés des coffrages à exécuter ou à modifier. La charpenterie est notamment outillée d'une machine universelle et d'une scie à ruban mue par moteur; les travaux spéciaux tels que rabotage, chanfreinage, etc., sont exécutés mécaniquement.

Le nombre de charpentiers nécessaires pour un chantier dépend de la plus ou moins grande variété des pièces à fabriquer; il pourra être réduit après standardisation des pièces.

Les pièces à section constante s'exécutent dans des moules très simples; les faces internes des moules en bois sont rabotées pour faciliter le démoulage et pour améliorer l'aspect des pièces; on les huile au besoin. Pour éviter les arêtes vives, on coupe les angles en disposant, dans les coins des moules, des baguettes triangulaires.

Dans son rapport général sur « Les Pièces en béton moulées en série »

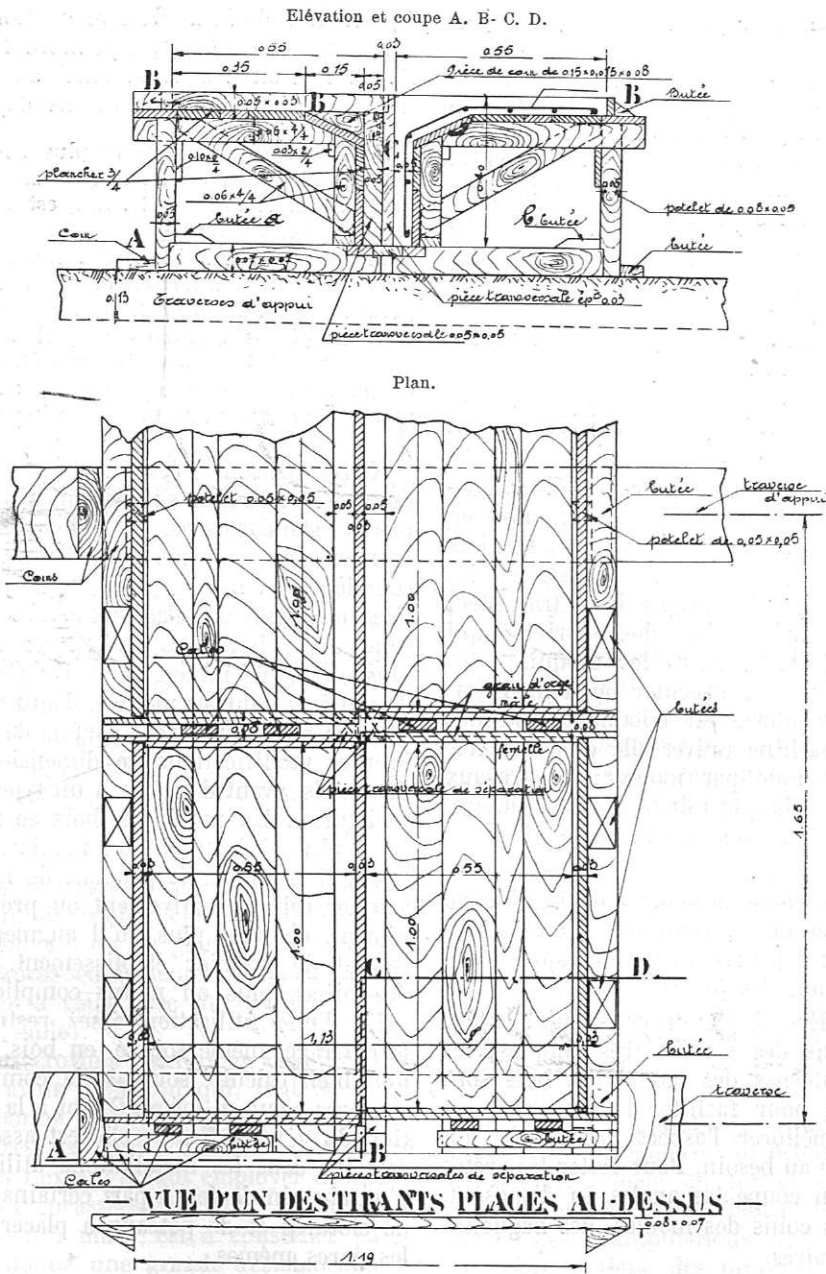
(question 7 de la 2^e Section du Congrès international de Liège, septembre 1930), M. R. Dutron s'exprime ainsi au sujet du rapport que nous y avons déposé :

Le moulage s'effectue le plus souvent dans des moules en bois, sur une table qui, pour la facilité du travail, est surélevée de 60 cm. par rapport au sol. Quoique d'un service assez long, ces moules en bois exigent un entretien et une revision périodiques. Pour une fabrication en série des pièces standardisées, il semble que cette solution ne doive pas être plus économique et qu'elle ne doive pas permettre de donner aux pièces un beau fini.

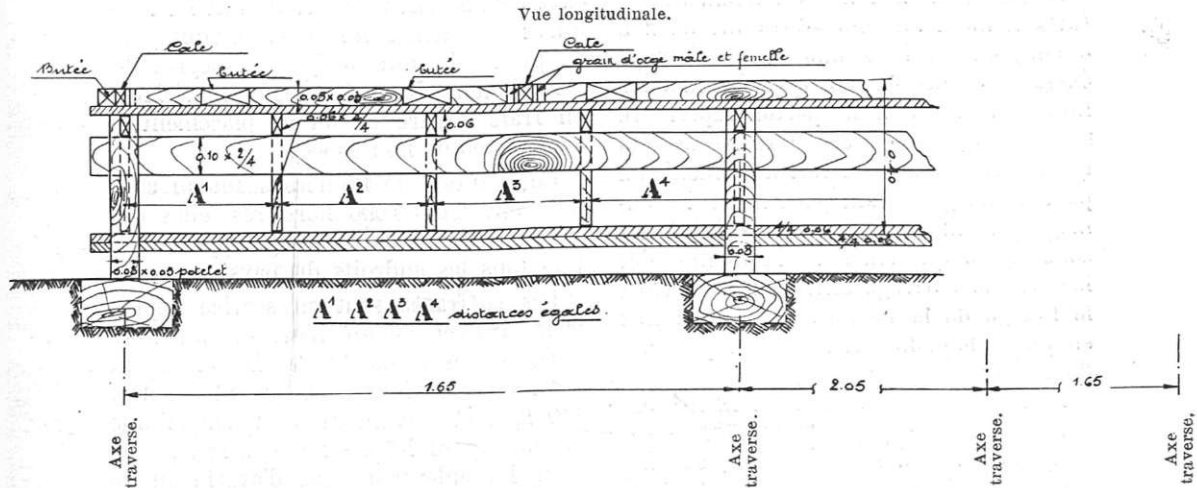
Nous pensons également que les moules métalliques s'indiquent pour les pièces standardisées, à fabriquer en grande série, ces moules pouvant être complètement métalliques (au moyen de tôles en fonte ou d'acier moulé), ou à squelette en bois avec revêtement en tôle plus ou moins mince. Mais, l'expérience de plusieurs années montre, d'autre part, que des pièces subissent parfois de nombreuses modifications de dimensions et de détails, avant d'arriver à un type « ne varietur ». Un moule en bois se modifiant plus aisément qu'un moule métallique, il nous paraît prudent de ne pas adopter celui-ci hâtivement ou prématurément, d'autant plus qu'il augmente le capital de premier établissement. Pour des pièces plus ou moins compliquées, mais d'une utilisation assez restreinte, le coffrage, même soigné, en bois, peut, tout bien calculé, soutenir la comparaison avec celui en métal. Quant à la question du « beau fini », elle est assez accessoire dans les installations utilitaires d'un chemin de fer, à part certains types de clôtures et de poteaux à placer dans les gares mêmes.

* * *

Fig. 1. — Coffrage pour la fabrication



fabrication de bordures de quai ordinaires.



Description des coffrages et des pièces fabriquées.

Tables de travail. — Pour les pièces droites telles que poteaux, planches, poutres, etc., nous avons constitué des tables de travail à une hauteur d'environ 0 m. 60 au-dessus du sol; ces tables sont posées sur des chevalets constitués par des poteaux en béton ou des rondins en bois, et n'y sont pas attachées; de cette façon, elles peuvent être enlevées sans avaries lors d'une réparation ou pendant l'hiver. Leur usure est presque nulle.

Le bétonnage sur tables est à préférer au bétonnage à terre ou sur pavage; dans celui-ci il faut, en effet, sabler l'aire ou la couvrir de papier, ce qui ne donne pas de belles parois et, d'autre part, le rendement de l'ouvrier en souffre.

Les tables de travail en bois ne sont pas plus coûteuses qu'un dallage. Très fréquemment ces tables sont huilées, et si l'on désire une face inférieure bien lisse, on les rabote ou on les complète

par un revêtement en tôle mince, ou en asbeste-ciment.

Bordures pour quais ordinaires. — Les coffrages sont constitués pour la confection simultanée de dix pièces. Le chantier de Roulers est équipé pour une production journalière de 150 pièces, soit une production annuelle de 30 000 pièces.

Le démoulage se fait après trois jours, en bonne saison; il existe donc 45 moules de 10 pièces.

Pour bétonner, on établit d'abord le coffrage huilé assez fréquemment avec du déchet d'huile, très peu coûteux et on met l'armature en place. Cette armature est constituée par un quadrillage formé de vieux fils de signalisation, en acier demi-dur de 4 mm., lequel ne se déforme pas sous le damage. L'armature se pose très près de la paroi intérieure, qui est la paroi étendue, et n'affleure jamais à cause de crochets extrêmes des armatures de répartition et de sa rigidité propre.

Le béton est mélangé relativement sec (affaissement au cône d'Abrams de 2 à 3 cm.) et on le soumet à un damage énergétique jusqu'à ce que le mortier liquide affleure à la partie supérieure horizontale; celle-ci est alors lissée à la truelle. Le damage se fait à la main, on peut envisager avantageusement le damage pneumatique ou par tables à secousses, ce qui améliore la qualité des bétons. Le coffrage ainsi conçu, permet le lissage de la face vue de l'objet mis en place, laquelle est la face supérieure du moule.

Le béton fait prise normalement pendant trois jours; pendant ce laps de temps, on prend la précaution, s'il fait chaud, de l'arroser fréquemment et de le protéger contre le soleil; sinon, à cause des parois minces une dessiccation prématurée et une mauvaise prise du béton seraient à craindre. Celle-ci serait aussi évitée si, après décoffrage, on plongeait les objets dans les cuves d'immersion pour compléter leur prise; nous n'en disposons pas jusqu'à présent.

Après trois jours, on procède au démoulage. A cet effet les coins A sont enlevés (fig. 1) et la pièce *a* est retirée le long des traverses, la pièce transversale C est enlevée, de même que les butées B, B' et D; l'ouvrier a soin de taper sur le moule pour détruire toute adhérence et finalement bascule la bordure sur un brancard qu'on transporte vers l'endroit de stockage. La bordure y séjourne environ un mois avant expédition au lieu d'utilisation.

Ces manutentions sont faites avec grandes précautions et on parvient à les effectuer sans avaries quelconques au béton.

Les bordures servent de soutènement aux quais d'embarquement des voyageurs dans les gares du réseau de la Société Nationale des Chemins de fer belges;

elles remplacent progressivement les bordures en vieilles billes, en briques, ou en pierre de taille qui, à des degrés divers, étaient plus coûteuses en matériaux, en frais d'entretien ou de placement et avaient moins bon aspect.

Le chantier de Roulers a fourni à ce jour environ 80 000 bordures, elles ont été expédiées, sans dommage appréciable, vers tous les endroits du pays.

Les coffrages sont en service depuis trois ans et aucun n'est encore hors d'usage. Les éléments des bordures ont un mètre de longueur, pèsent environ 140 kgr. et présentent un tenon et une mortaise pour les assembler à la pose ou pour les enlever en cas d'avarie ou de modification des quais.

Bordures de quais surélevés. — Le coffrage est analogue à celui des bordures de quai ordinaires, le décoffrage se fait de la même façon. Ces pièces ont été employées, pour la première fois, en Belgique, en 1930. Les éléments n'ont qu'une longueur de 0 m. 50 afin d'assurer une manipulation plus aisée. Elles pèsent 250 kgr. la pièce (fig. 2).

Poteaux ordinaires pour clôtures en fil de fer barbelé et à treillis métalliques (fig. 7).

Ces poteaux se bétonnent sur une table de travail que forme la face inférieure du moule; les parois latérales sont garnies de moulures qui forment les évidements des poteaux. Les trous sont réalisés par des tringles qu'on retire après bétonnage. Sur une largeur de table on peut placer cinq à six poteaux. Les armatures sont constituées par quatre fils de 4 mm.; pendant le bétonnage on pose transversalement, et tous les 20 cm. environ, des bouts de fil de 4 mm. for-

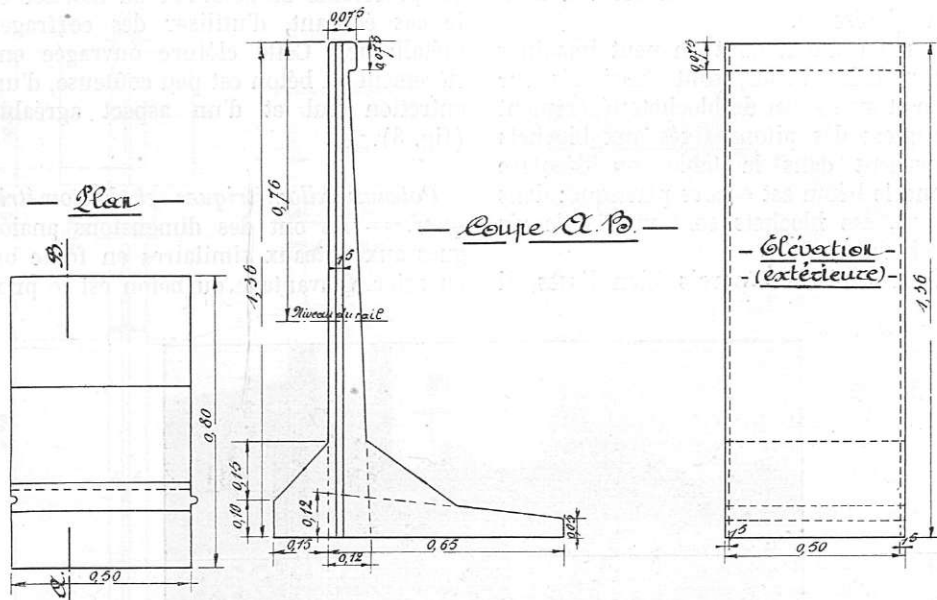


Fig. 2. — Bordures pour quais surélevés.

mant étriers et empêchant la fissuration longitudinale du poteau.

Dans les poteaux à section rectangulaire ou carrée, les étriers sont inutiles, sauf pour la mise en place des armatures.

Nous avons fabriqué pour les différents genres de clôture des poteaux d'angles et d'about, constitués par un montant avec une contrefiche venue d'une pièce.

Poteau pour clôture « type Charleroi ».

— Cette clôture est constituée par des poteaux en béton et des panneaux de lattis en bois. Ces panneaux sont fixés par boulons à des fers méplats noyés dans les poteaux.

Les poteaux en béton sont donc substitués aux poteaux en bois de chêne employés naguère, dont le prix était plus élevé, la durée moins longue et l'entretien plus onéreux.

Les lattis en bois sont faits, en grande série, à la menuiserie mécanique de la Société Nationale des Chemins de fer belges à Charleroi. Lors du placement, on peint les poteaux et lattes horizontales en couleur claire : vert clair par exemple, les lattes verticales en blanc, l'aspect est très coquet. Il y a deux types de clôture de hauteur différente.

Le moule du poteau comprend des butées séparées, clouées sur la table, on y pose les fers méplats, et après bétonnage, on décoffre sans difficulté.

Ces clôtures sont moins avantageuses que les clôtures décoratives entièrement en béton dont nous parlons ci-dessous.

Poteau et clôture en lattis de béton.

— Le moule du poteau contient des coins qui forment les ouvertures servant à loger les panneaux. Des poteaux spéciaux sont faits pour des clôtures à établir en

penne; les ouvertures sont alors à hauteur différente.

Les panneaux, dont on peut imaginer des modèles variés, sont fabriqués sur table et au moyen de blochets légèrement coniques; des pitons fixés aux blochets s'engagent dans la table, on décoffre quand le béton est encore plastique; dans ce but, ces blochets sont munis de vis à œillets.

Pour avoir des parois bien lisses, il

est préférable de bétonner au mortier et le cas échéant, d'utiliser des coffrages métalliques. Cette clôture ouvragée entièrement en béton est peu coûteuse, d'un entretien nul et d'un aspect agréable (fig. 3).

Poteaux kilométriques et hectométriques. — Ils ont des dimensions analogues aux poteaux similaires en fonte ou en acier. L'avantage du béton est le prix

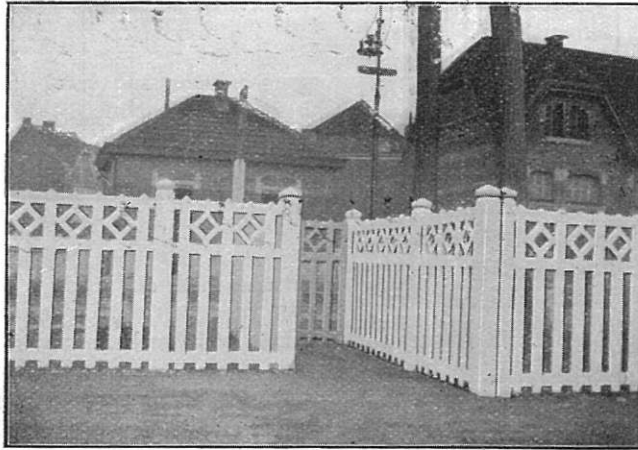


Fig. 3. — Clôture décorative.

de revient et l'entretien moins élevés (fig. 4).

Plaques diverses. — Elles sont bétonnées sur les tables; les moules sont des cadres retenus par cales et coins; l'armature est constituée par un quadrillage de barres d'acier mises en place par l'ouvrier bétonneur lui-même (fig. 5).

Caniveaux. — Ils servent de couverture aux conduites de chauffage ou de signalisation. Il en existe trois types de largeur différente: 0 m. 30, 0 m. 50 et 0 m. 90. Certains caniveaux sont munis

de fers plats pour y attacher les poulies guide-fil de signalisation.

Le moule se comprend aisément: il est composé de cloisons intérieures et extérieures retenues par un système de cales, celles-ci sont enlevées lors du démoulage. La partie intérieure est ouverte au milieu; quand le béton n'est pas trop liquide, il n'a aucune tendance à remonter par cette ouverture lors du damage. Les moules sont faits pour la fabrication d'une série de dix caniveaux, les parois en bois sont d'une pièce; armature: quadrillage de barres de 4 mm. tous les 10 cm. (fig. 6).

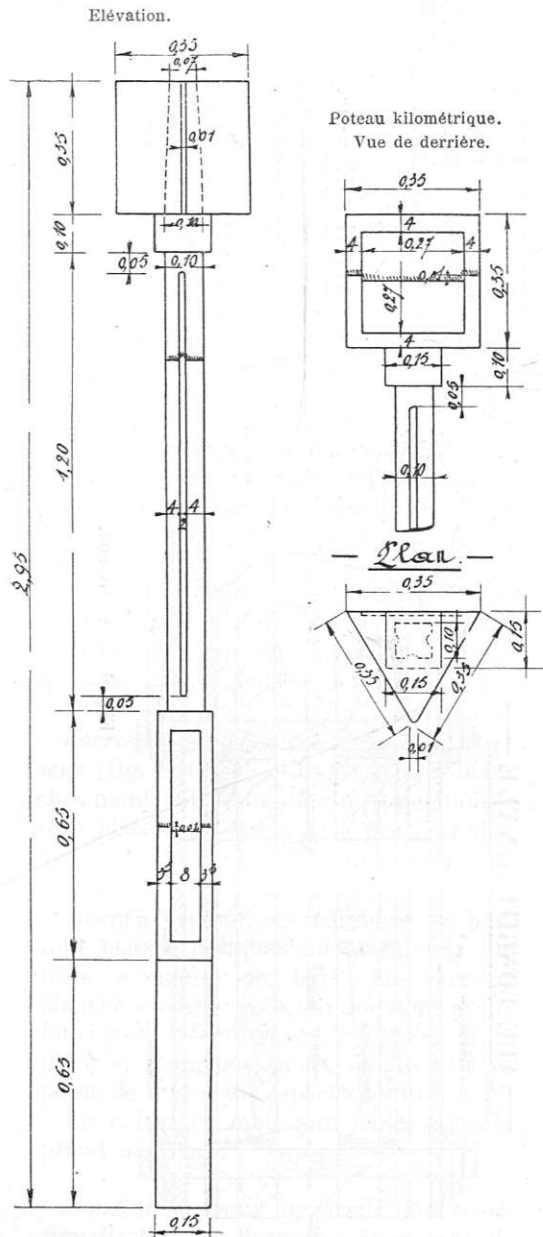


Fig. 5. — Plaques diverses.

Tuyaux spéciaux. — Ces tuyaux, d'un type renforcé, sont destinés à servir d'aqueducs sous voie; les pièces fabriquées sont de 0 m. 80, 1 m. 20 et 2 m. 00 de diamètre. Dans le commerce, il existe des moules métalliques pour les tuyaux de diamètre et d'épaisseur courants; ces tuyaux sont trop faibles pour résister sous nos voies.

Nos moules ont des parois faites en tôle d'acier consolidée par des nervures en bois. Les deux parois sont maintenues à leur distance relative par un système de coins et de tirants; les tôles sont des demi-cylindres qui se recouvrent aux joints. Des moules métalliques seraient plus solides mais plus coûteux.

Bacs à fleurs. — Les parois très minces et l'aspect soigné qui sont exigés, obligent

Caniveaux.

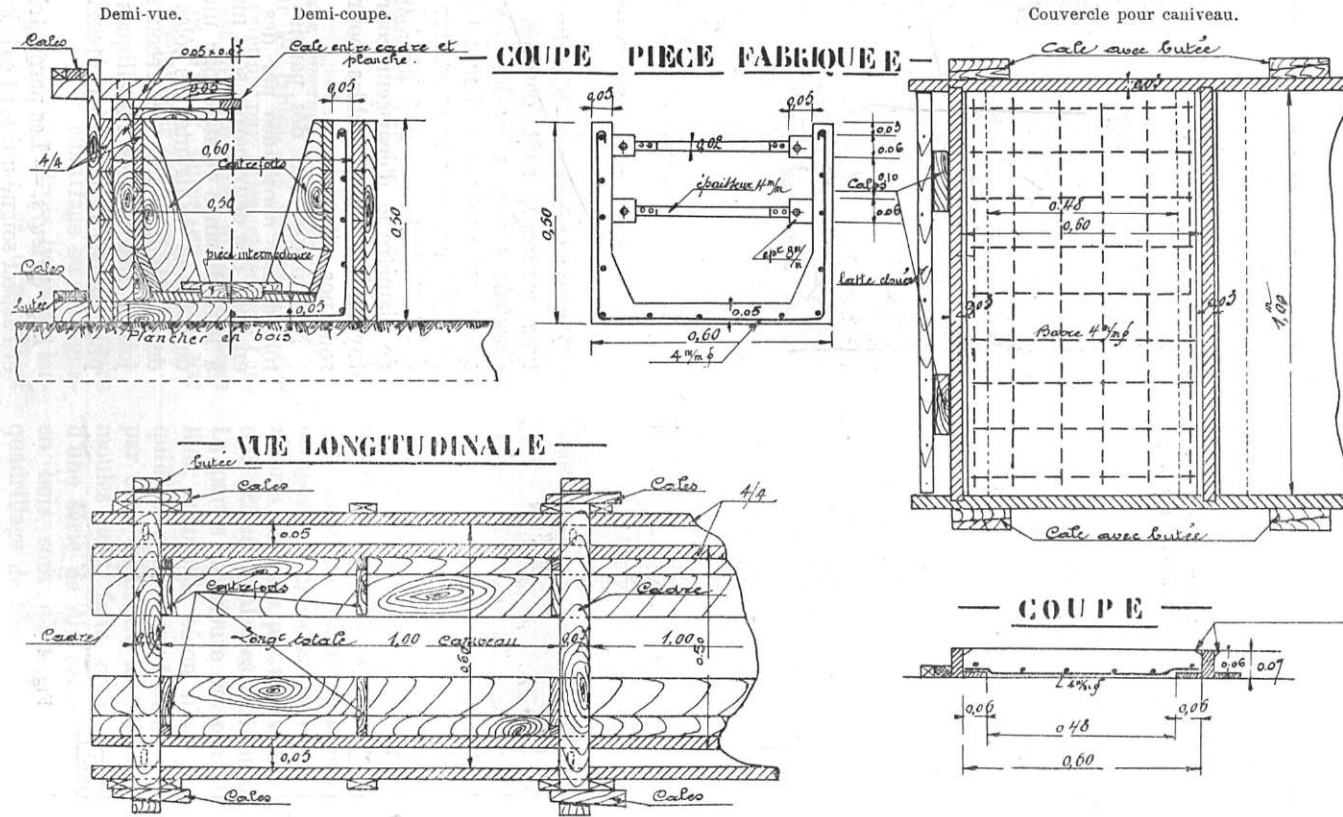


Fig. 6. — Caniveaux.

de bétonner au mortier. Le coffrage se compose de parois latérales auxquelles on suspend des formes en tôle.

On bétonne sur une table. La face avant du bac est moulurée. Le fond est percé de quelques trous. Nous avons réalisé des types en trois longueurs : 0 m. 40, 0 m. 70, 1 m. 00.

Bornes-repères pour courbes. — Ces bornes servent au repérage des courbes de chemin de fer tracées au moyen de raccordements paraboliques, un tirefond supérieur indique la position de la voie en plan et en niveau.

Le moule se compose de deux parties s'ouvrant suivant le plan diamétral; pendant le bétonnage, ces deux parties sont maintenues par un cadre en bois qu'on y serre fortement. Les armatures de la base sont introduites, pendant le bétonnage, à travers des trous pratiqués dans la paroi, les armatures longitudinales par le dessus; le décoffrage peut se faire aisément, un jour seulement après le bétonnage, à cause de la conicité de la pièce.

Barrières blanches pour signal avertisseur (fig. 7 et 8). — Cinq barrières blanches montrant de une à cinq raies noires sont placées en Belgique à des entredistances de 50 m. devant tout signal avertisseur.

Jusqu'à présent, ces barrières en bois sont placées obliquement et établies sur trois montants en bois. La barrière blanche verticale en béton que nous avons fabriquée, à titre d'essai, est d'une seule pièce et l'emporte, nous semble-t-il, au point de vue coût, aspect et entretien.

Le coffrage établi sur table se comprend aisément.

Fondations pour appareils divers de signalisation. — Beaucoup de réseaux de chemins de fer utilisent des fondations

en bois neuf ou de remploi pour les fondations des appareils de signalisation. Parfois, on utilise de petits massifs de béton non armé, coulé sur place. L'emploi du bois est aussi peu logique, que de faire une fondation en bois pour un bâtiment ou un pylone, vu que l'on emploie ainsi le matériau le moins durable pour l'élément le plus exposé.

Ajoutons à cela que le bois, même de remploi, est relativement cher et que le prix des fondations dépasse souvent le prix des appareils eux-mêmes.

La raison qui semble avoir empêché l'emploi systématique du béton, est la grande diversité des appareils de signalisation.

Après de multiples essais, nous avons réalisé des fondations en béton armé ou non, confectionnées sur chantier, se ramenant à dix types, et pouvant s'adapter à tous les appareils en usage à la Société Nationale des Chemins de fer belges. L'emploi du béton (d'un poids de 2 200 à 2 300 kgr. au mètre cube) donne des fondations très stables, économiques, exigeant peu d'entretien et de longue durée.

Chaque type peut être utilisé pour plusieurs appareils; à cet effet, il se compose essentiellement d'un cadre en béton, dont le plateau supérieur est percé des trous nécessaires à la fixation des appareils par boulons (fig. 9 et 10).

On comprend aisément qu'il est possible de prévoir sur ce plateau un nombre suffisamment grand de trous repérés et disposés judicieusement, pour permettre d'y fixer plusieurs appareils de types différents.

La face supérieure du plateau est arasée un peu au-dessus du sol et permet de tout temps la vérification et le serrage éventuel des boulons de fixation. Le plateau inférieur constitue la base; il s'enfonce dans le sol de 0 m. 40 à 0 m. 50;

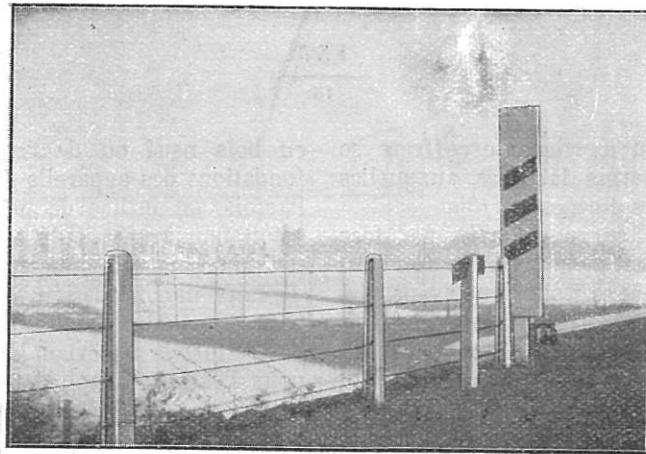


Fig. 7. — Barrière blanche pour signal avertisseur, poteau de pente et rampe, clôture avec poteaux en béton.

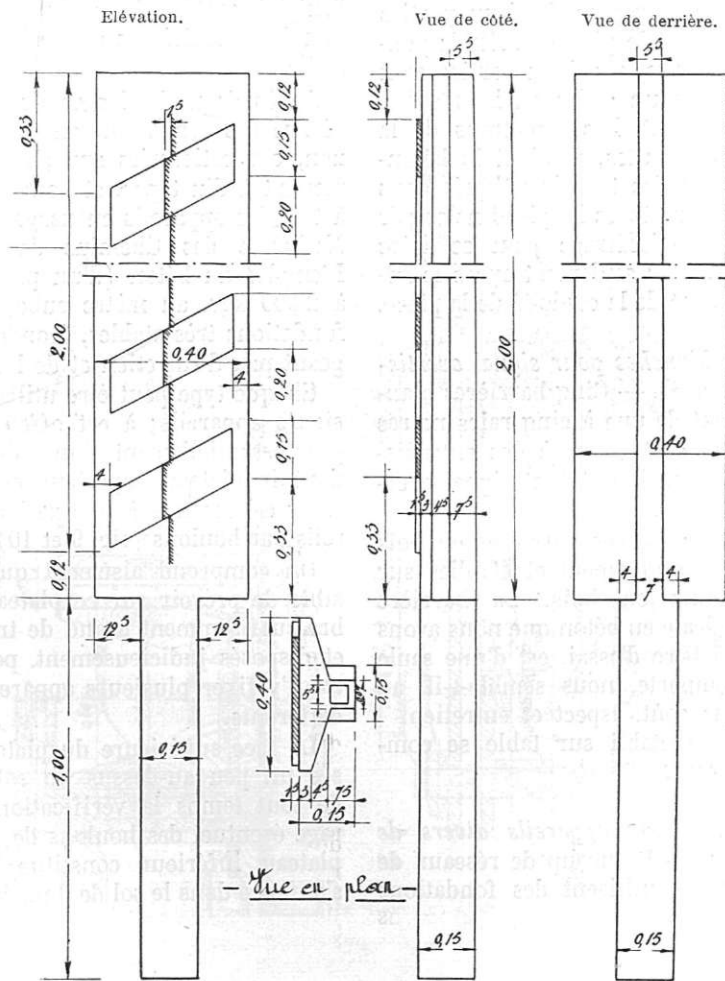


Fig. 8. — Barrières blanches pour signal avertisseur.

Ces barrières existent avec 1-2-3-4-5 raies.

si la résistance au déplacement dans le sol ainsi réalisée n'est pas assez grande on élargit la base, ou on prévoit des nervures verticales formant butée.

Les types d'appareils de signalisation diffèrent d'un réseau à l'autre; il est certain cependant que les types normalisés de fondation que nous avons réalisés, peuvent être envisagés avec avantage partout, en prévoyant l'attache par boulons des appareils.

Les fondations utilisées jusqu'ici à titre d'essai à la Société Nationale des Chemins de fer belges servent pour les appareils suivants :

- les signaux à fleur de sol;
- les signaux indicateurs de position d'aiguilles;
- les slots Cesar;
- les poulies de renvoi verticales et horizontales, et les châssis à poulies multiples;

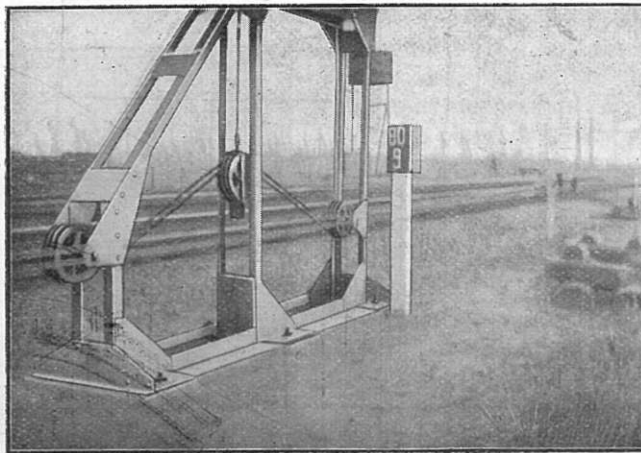


Fig. 9. — Compensateur aérien sur fondation en béton.

les poulies guide-tringles simples ou multiples;

les compensateurs aériens pour connexions par fils;

les compensateurs pour connexion par tringles;

les balanciers réducteurs de course;

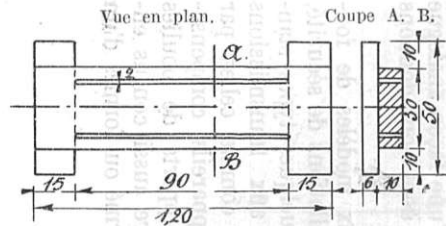
les diverses boîtes de distribution;

les tambours de relais, etc.

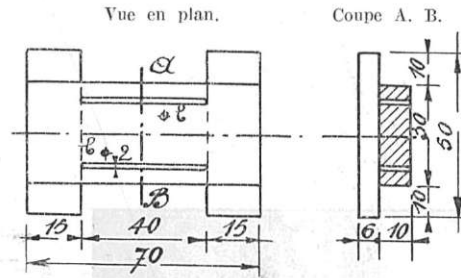
Nous donnons un plan de quelques fondations à titre d'exemple; ces pièces sont assez fortement armées par des barres de 10 mm. Les coffrages s'imagi-

nent aisément et sont constitués par séries de dix pièces d'une façon analogue à ceux des caniveaux dont nous donnons le plan.

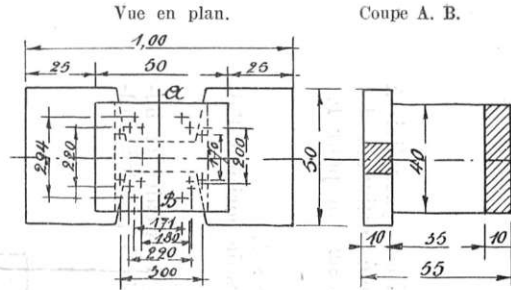
Les assez nombreux modèles de fondations pour les installations de sécurité, ont été ramenés à quelques types standardisés, convenant aux transmissions par tringles rigides comme celles par fils, ainsi qu'aux appareils compensateurs. Les potelets-supports de poulies guide-fils peuvent être aussi conçus entièrement en béton armé ou formés d'un



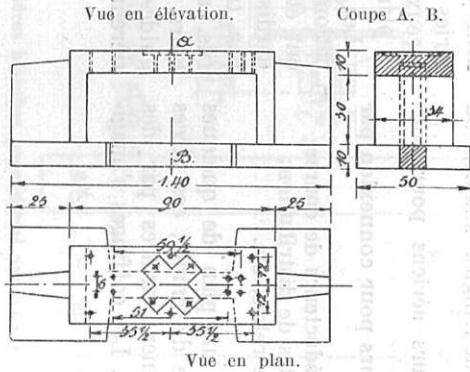
Fondation pour poulies guide-tringles
(6 à 10 tringles).



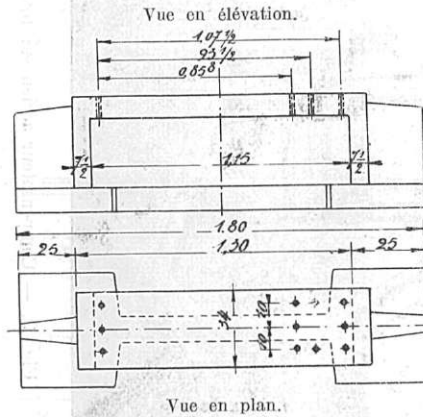
Fondation pour poulies guide-tringles (1 à 5 tringles).
Fondation pour poulies guide-tringles (1 tringle).



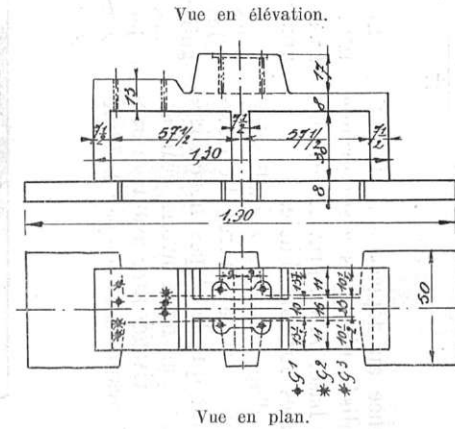
Fondation pour :
1° Balancier réducteur de course (171/294);
2° Signal indicateur de position d'aiguilles (220/220);
3° Slot Cesar rouge (300/170);
4° Tambour de relais (180/200).



Fondation pour :
1° Equerre simple ou double;
2° Châssis horizontal à 1 étage et 2 poulies (0.51 × 0.06);
3° Châssis horizontal à 2 étages et 4 poulies (0.59 1/2 × 0.06);
4° Signal à fleur de sol (35 1/2 × 35 1/2 × 24);
5° Equerre à bras coudé (2 équerres);
6° Equerre à bras coudé (3 équerres).



Fondation pour :
1° Châssis horizontal à 2 étages et 8 poulies (1.07 1/2 × 10/10);
2° Châssis horizontal à 4 étages et 8 poulies (0.93 1/2 × 20);
3° Châssis horizontal à 4 étages et 12 poulies (0.858 × 10/10);
4° Equerre à bras coudé (4 équerres);
5° Equerre à bras coudé (5 équerres).



Fondation :
1° pour compensateur (1 tringle) G¹;
2° pour compensateur (2 tringles) G²;
3° pour compensateur (3 tringles) G³.

Fig. 10. — Fondations pour appareils de signalisation.

fer profilé, trapu, enrobé de béton dans sa partie inférieure, avec base élargie pour mieux assurer leur stabilité.

*Parcs à charbon, à mitraille,
rampes de chargement, cuvelages*
(fig. 11, 12 et 13).

Le manque de place et le bon aspect des installations justifient souvent l'em-

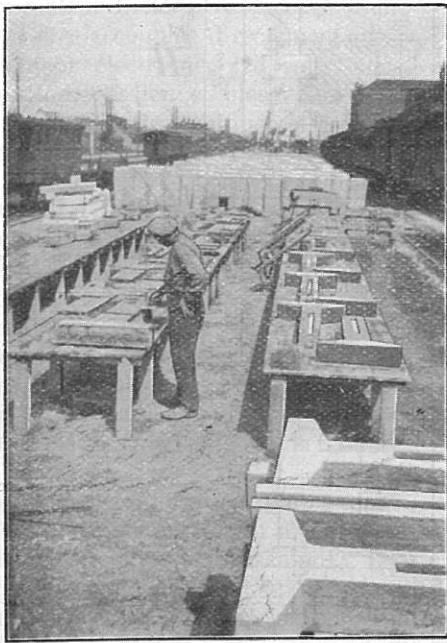


Fig. 11. — Poteaux à rainure et à base élargie.

ploi d'enceintes plus ou moins élevées (0 m. 80 à 2 m. 00) pour le stockage de la houille, le dépôt de mitrailles, de sables, etc. L'aménagement, les modifications ou les extensions des gares et des ateliers amènent, parfois après peu

de temps, le déplacement de ces dépôts divers. Des enceintes facilement démontables, robustes, sont donc ici tout indiquées; nous en avons fourni de nombreuses, constituées de poteaux à rainures, à base élargie, et de plaques. En cas d'avaries, une ou plusieurs pièces constitutives sont facilement remplacées. Les mêmes jeux standardisés de poteaux et de plaques permettent de constituer des petits parcs à détritits à monter dans un coin isolé des gares, des parois de bosses de triage pour les faisceaux des gares de formation; des abris économiques; des rampes de chargement avec heurtoir indépendant; des cuvelages pour ponts à peser, ponts de virage des locomotives, etc. Une normalisation bien étudiée ramène, d'ailleurs, à un minimum, le nombre des pièces différentes (poteaux et dalles).

Confection des armatures. — Le coupage du fil se fait avec une cisaille perfectionnée; des repères donnent automatiquement les longueurs désirées.

Les barres coupées sont ensuite placées sur gabarit et munies de crochets; des établis spéciaux permettent d'achever complètement l'armature. Un grand nombre de nos armatures étant constituées par le vieux fil de signaux, en acier dur et enroulé après coupage, il est nécessaire de les dresser au marteau mû électriquement ou pneumatiquement. Nous les munissons de crochets avec une plieuse pour ronds de petit diamètre, en acier dur, que nous avons étudiée spécialement. Ces armatures sont indéformables sous damage et particulièrement économiques. La rigidité des armatures permet aussi de réduire à un minimum les ligatures — par fil de fer fin et recuit — aux points de croisement des barres.

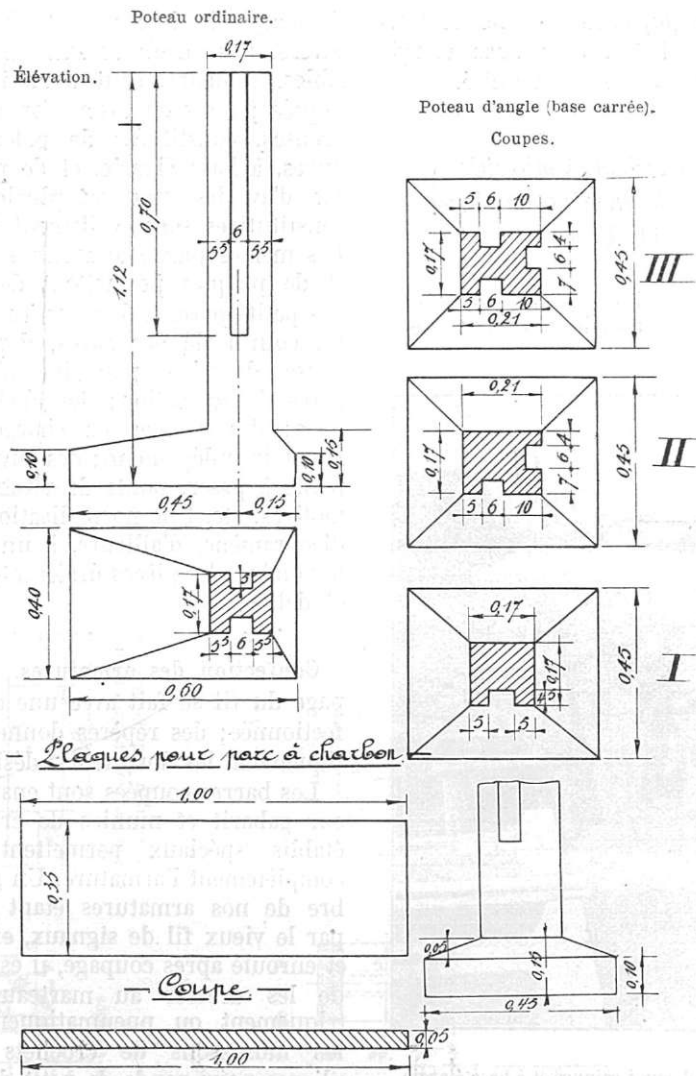


Fig. 12. — Poteau pour parc à charbon ou à mitrilles.

Les armatures constituées sont stockées par genres, en compartiments séparés, ce qui permet la vérification facile de la situation du magasin. La main-d'œuvre utilisée à la confection des armatures est d'ailleurs annotée et intervient pour

la détermination du prix de revient des pièces; ceci permet aussi de contrôler le rendement, qui varie du simple au double, suivant que l'on a une main-d'œuvre habile ou non.

Chaque matin, les chefs ouvriers du

bétonnage s'adressent au magasinier pour obtenir la délivrance des armatures dont ils ont besoin pendant la journée.

Fabrication, transport et mise en œuvre du béton.

Le chantier dispose de deux bétonnières mécaniques. Une de ces bétonnières est d'une capacité de 150 litres, montée sur roues, avec chargeur-élevateur automatique et réservoir d'eau à culbute automatique. Elle est équipée avec un moteur Lister à essence, de 3 ch. Elle peut être accouplée directement aussi à un moteur électrique, 220 volts, courant continu, en lieu et place d'un moteur à essence. Cette machine est capable d'un rendement de 3 à 4 m³ de béton fini à l'heure; dans de bonnes conditions de travail. Le fond du tambour de mélange, en forme d'hélice, donne à la masse à triturer, un mouvement de montée et de descente, en même temps que le béton est repris par des palettes. La cuve tourne lentement (seize tours par minute) sur un pivot à double collier à billes. Des roues à larges bandages d'acier permettent le déplacement facile de la bétonnière.

La seconde bétonnière est d'une capacité de 350 l. de matières non mélangées, avec tambour conique basculant, réservoir à eau basculant automatiquement, chargeur mécanique avec déclenchement automatique; moteur de 6 ch.; rendement atteignant 10 à 12 m³ par heure. Le tambour malaxeur est rotatif et basculant, avec méplats et palettes en chicanes, réalisant quatre brassages par tour. La vitesse de rotation est de 19 tours par minute; l'entraînement peut également se faire par moteur électrique. La benne élévatrice, en tôle d'acier, est commandée par un seul levier et articulée de façon à permettre une forte inclinaison et à assurer

une vidange complète et instantanée. Alimentation en eau, au moyen d'un réservoir à dosage automatique. La machine complète pèse environ 2 000 kgr.

Les deux bétonnières sont immobilisées à proximité des stocks de matières premières; le temps de gâchage est deux minutes; le béton frais est souvent essayé au cône d'Abrams (*slump-test*) pour apprécier sa fluidité, et de temps en temps on prélève des cubes de 20 × 20 cm. aux fins d'essais plus complets. Le béton est transporté, par wagonnets Decauville, aux lieux d'emploi; il est déversé, repris, le cas échéant, dans des seaux et le bétonnage se fait en remplissant les moules graduellement et en damant.

L'emplacement des bétonnières et des stocks de sable et de pierraille est à proximité du magasin de ciment; l'emplacement des endroits de fabrication est choisi de telle façon que les pièces les plus pondéreuses sont les plus rapprochées d'une des bétonnières, cela pour réduire les distances de transport.

Décoffrage, stockage et chargement.

En bonne saison, après trois jours de séchage, les objets sont manipulés avec soin et stockés en des endroits rapprochés de la voie de chargement. On indique sur les pièces le jour de fabrication pour fixer la date d'expédition. Celle-ci ne se fait pas avant un mois d'âge pour les pièces fabriquées au ciment ordinaire (P. A. N.) et quinze jours d'âge pour les pièces fabriquées au superciment (P. A. D. R.).

Certaines pièces détériorées ou brisées lors du démoulage, sont retouchées par un ouvrier habile qui s'occupe aussi d'enlever les bavures et d'achever la toilette; tout cela se fait facilement, vu que le béton n'est qu'au début de sa prise.

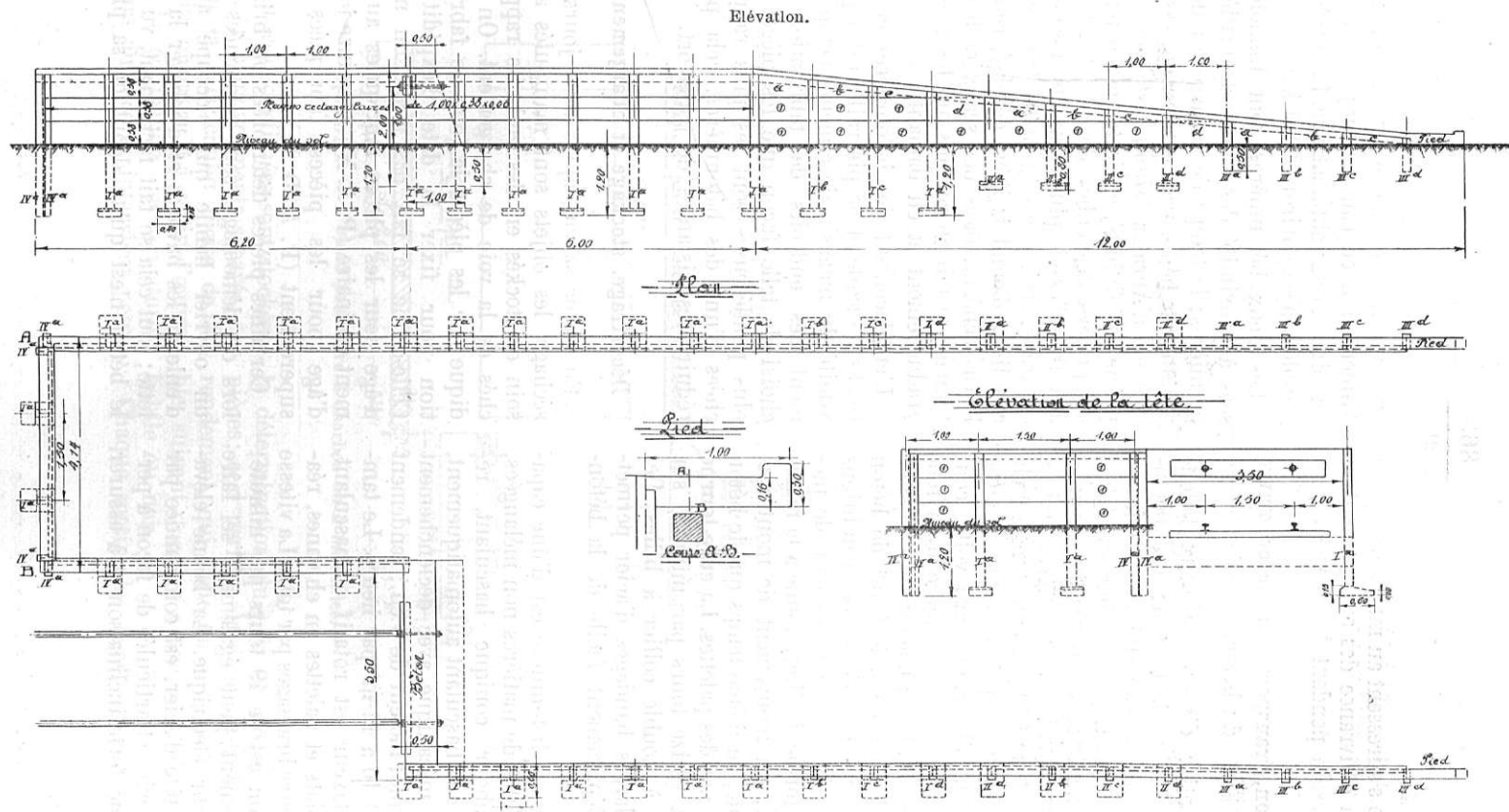


Fig. 13. — Rampe de chargement. — Petit modèle.

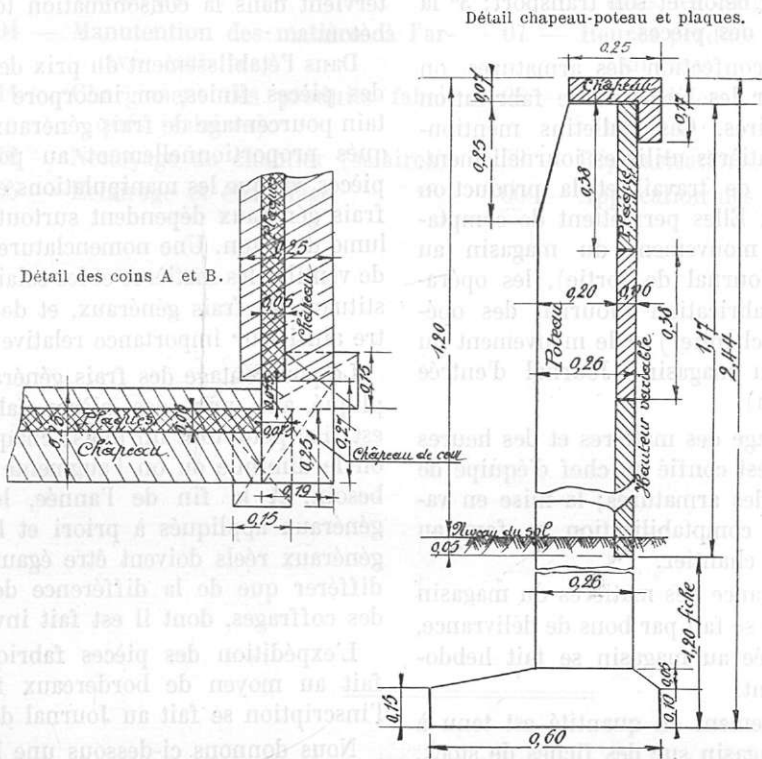


Fig. 13 (suite). — Rampe de chargement. — Petit modèle.

Le chargement se fait, autant que possible, par équipes spéciales, ce qui évite que les ouvriers ne soient soustraits de leur travail habituel. La plupart de nos pièces pèsent plus de 100 kgr. et doivent être manipulées par trois ouvriers. Nous croyons que l'avantage d'une auto-grue d'une force portante de 500-1 000 kgr. serait considérable et que les économies réalisées permettraient de l'amortir en peu de temps, puisque la main-d'œuvre de chargement s'élève à 1/10^e de la main-d'œuvre totale. Nous envisageons aussi l'installation d'un transporteur aérien économique, monorail et de transporteurs à rouleaux.

Comptabilité.

Faire une comptabilité précise est une des opérations les plus difficiles et les plus importantes sur un chantier. Elle concourt, aidée par une bonne organisation technique, à obtenir le meilleur rendement. Elle permet, en effet, par les diverses annotations, de se rendre compte de l'importance relative des opérations.

La comptabilité en usage, au chantier de Roulers, est basée sur le système de l'inventaire permanent.

La fabrication est divisée au point de vue comptable en trois phases :

- 1° La confection des armatures; 2° le

mélange du béton et son transport; 3° la fabrication des pièces.

Pour la confection des armatures, on tient à jour les bulletins de fabrication hebdomadaires. Ces bulletins mentionnent les matières utilisées journellement, les heures de travail et la production journalière. Elles permettent de comptabiliser le mouvement du magasin au chantier (Journal de sortie), les opérations de fabrication (Journal des opérations du chantier) et le mouvement du chantier au magasin (Journal d'entrée du magasin).

Le pointage des matières et des heures du travail est confié au chef d'équipe de la section des armatures; la mise en valeur et la comptabilisation se font au bureau du chantier.

La délivrance des matières du magasin au chantier se fait par bons de délivrance, et la rentrée au magasin se fait hebdomadairement.

Le mouvement en quantité est tenu à jour au magasin sur des fiches de stock.

Le même procédé est suivi pour la confection du béton et pour les pièces fabriquées.

Le pointage des matières pour la confection du béton se fait à la bétonnière uniquement, en annotant la quantité de ciment employée, vu que les quantités d'autres matières en dépendent, les mélanges étant rigoureusement uniformes. La quantité totale de béton est portée en compte à la fin de la journée aux différentes fabrications, ce qui se fait par une simple règle de trois : on connaît, en effet, le volume de chaque objet fabriqué et le nombre de pièces fabriquées pendant la journée; on sait donc dans quelle proportion chaque fabrication in-

tervient dans la consommation totale du béton.

Dans l'établissement du prix de revient des pièces finies, on incorpore un certain pourcentage de frais généraux, appliqués proportionnellement au poids des pièces, vu que les manipulations et autres frais généraux dépendent surtout du volume de béton. Une nomenclature permet de ventiler les matières et les salaires constituant les frais généraux, et de connaître ainsi leur importance relative.

Le pourcentage des frais généraux, appliqué aux prix des pièces fabriquées est fixé pour tout un mois; chaque mois on le diminue ou on l'augmente suivant besoin. A la fin de l'année, les frais généraux appliqués à priori et les frais généraux réels doivent être égaux ou ne différer que de la différence de valeur des coffrages, dont il est fait inventaire.

L'expédition des pièces fabriquées se fait au moyen de bordereaux factures, l'inscription se fait au Journal de sortie.

Nous donnons ci-dessous une liste des rubriques de frais généraux qui sont très importants, et qui peuvent atteindre de 30 à 40 % des dépenses totales en main-d'œuvre.

Classification des frais généraux.

- 01 — Administration (appointements).
- 03 — Surveillance (salaires).
- 031 — Entretien du matériel (salaires et matières).
- 032 — Consommation d'eau, d'essence, d'huile, pour moteur bétonnière.
- 033 — Charbon de forge (matières).
- 034 — Essais de fabrication (salaires et matières).

- 033 — Factures du service d'analyses et d'essais.
- 04 — Manutention des matières à l'arrivée (salaires).
- 041 — Chargement des produits fabriqués (salaires).
- 042 — Nettoyage du chantier (salaires).
- 05 — Eclairage et chauffage.
- 06 — Pertes, avaries et différences dans les magasins (matières).
- 07 — Heures perdues pour intempéries (salaires).
- 08 — Frais divers (salaires et matières).
- 09 — Régularisations.
- 00 — Application des frais généraux.