

Institut Royal Colonial Belge

SECTION
DES SCIENCES TECHNIQUES

Mémoires. — Collection in-8°.
Tome IV, fasc. 1.

Koninklijk Belgisch Koloniaal Instituut

AFDEELING
DER TECHNISCHE WETENSCHAPPEN

Verhandelingen. — Verzameling
in-8°. — T. IV, afl. 1.

LE
BÉTON PRÉCONTRAIN
AUX COLONIES

PRÉSENTATION D'UN PROJET DE PONT DÉMONTABLE
EN ÉLÉMENTS DE SÉRIE PRÉFABRIQUÉS

PAR

E.-J. DEVROEY

Ingénieur en Chef honoraire de la Colonie,
Ancien chef du Service des Travaux publics du Gouvernement Général,
Conseiller technique au Ministère des Colonies,
Membre associé de l'Institut Royal Colonial Belge.

BRUXELLES

Librairie Falk fils,
GEORGES VAN CAMPENHOUT, Successeur,
22, rue des Paroissiens, 22.

BRUSSEL

Boekhandel Falk zoon,
GEORGES VAN CAMPENHOUT, Opvolger,
22, Parochianenstraat, 22.

1944

LISTE DES MÉMOIRES PUBLIÉS

COLLECTION IN-8°

SECTION DES SCIENCES MORALES ET POLITIQUES

Tome I.

- PAGÈS, le R. P., *Au Ruanda, sur les bords du lac Kivu (Congo Belge). Un royaume hamite au centre de l'Afrique* (703 pages, 29 planches, 1 carte, 1933) . . . fr. 125 »

Tome II.

- LAMAN, K.-E., *Dictionnaire kikongo-français* (XCIV-1183 pages, 1 carte, 1935) . . . fr. 300 »

Tome III.

1. PLANQUAERT, le R. P. M., *Les Jaga et les Bayaka du Kwango* (184 pages, 18 planches, 1 carte, 1932) . . . fr. 45 »
 2. LOUWERS, O., *Le problème financier et le problème économique au Congo Belge en 1932* (69 pages, 1933) . . . fr. 12 »
 3. MOTTOULLE, le Dr L., *Contribution à l'étude du déterminisme fonctionnel de l'industrie dans l'éducation de l'indigène congolais* (48 pages, 16 planches, 1934) . . . fr. 30 »

Tome IV.

- MERTENS, le R. P. J., *Les Ba dzing de la Kamtsha :*
 1. Première partie: *Ethnographie* (381 pages, 3 cartes, 42 figures, 16 planches, 1935) . . . fr. 60 »
 2. Deuxième partie: *Grammaire de l'Idzing de la Kamtsha* (XXXI-388 pages, 1938) . . . fr. 115 »
 3. Troisième partie: *Dictionnaire Idzing-Français suivi d'un aide-mémoire Français-Idzing* (240 pages, 1 carte, 1939) . . . fr. 70 »

Tome V.

1. VAN REETH, de E. P., *De Rol van den moedertijken oom in de inlandsche familie* (Verhandeling bekrond in den jaarlijkschen Wedstrijd voor 1935) (35 bl., 1935) . . . fr. 5 »
 2. LOUWERS, O., *Le problème colonial du point de vue international* (130 pages, 1936) . . . fr. 20 »
 3. BITTREMIEUX, le R. P. L., *La Société secrète des Bakhimba au Mayombe* (327 pages, 1 carte, 8 planches, 1936) . . . fr. 55 »

Tome VI.

- MOELLER, A., *Les grandes lignes des migrations des Bantous de la Province Orientale du Congo belge* (578 pages, 2 cartes, 6 planches, 1936) . . . fr. 100 »

Tome VII.

1. STRUYF, le R. P. I., *Les Bakongo dans leurs légendes* (280 pages, 1936) . . . fr. 55 »
 2. LOTAR, le R. P. L., *La grande chronique de l'Ubangi* (99 pages, 1 figure, 1937) . . . fr. 15 »
 3. VAN CAENEGHEM, de E. P. R., *Studie over de gewoontelijke strafbepalingen tegen het overspel bij de Baluba en Ba Lulua van Kasai* (Verhandeling welke in den Jaarlijkschen Wedstrijd voor 1937, den tweeden prijs bekomen heeft) (56 bl., 1938) . . . fr. 10 »
 4. HULSTAERT, le R. P. G., *Les sanctions coutumières contre l'adultère chez les Nkundó* (Mémoire couronné au Concours annuel de 1937) (53 pages, 1938) . . . fr. 10 »

Tome VIII.

- HULSTAERT, le R. P. G., *Le mariage des Nkundó* (520 pages, 1 carte, 1938) . . . fr. 100 »

Tome IX.

1. VAN WING, le R. P. J., *Etudes Bakongo. — II. Religion et Magie* (301 pages, 2 figures, 1 carte, 8 planches, 1938) . . . fr. 60 »
 2. TIARKO FOURCHE, J. A. et MORLIGHEM, H., *Les communications des indigènes du Kasai avec les âmes des morts* (78 pages, 1939) . . . fr. 12 »
 3. LOTAR, le R. P. L., *La grande Chronique du Bonu* (163 pages, 3 cartes, 1940) . . . fr. 30 »
 4. GELDERS, V., *Quelques aspects de l'évolution des Colonies en 1938* (82 pages, 1941) . . . fr. 16 »



LE
BÉTON PRÉCONTRAIT
AUX COLONIES

PRÉSENTATION D'UN PROJET DE PONT DÉMONTABLE
EN ÉLÉMENTS DE SÉRIE PRÉFABRIQUÉS

PAR

E.-J. DEVROEY

Ingénieur en Chef honoraire de la Colonie,
Ancien chef du Service des Travaux publics du Gouvernement Général,
Conseiller technique au Ministère des Colonies,
Membre associé de l'Institut Royal Colonial Belge.

Mémoire présenté à la séance du 28 juillet 1944.

LE
BÉTON PRÉCONTRAIN
AUX COLONIES

PRÉSENTATION D'UN PROJET DE PONT DÉMONTABLE
EN ÉLÉMENTS DE SÉRIE PRÉFABRIQUÉS

GENERALITES

C'est en 1926 qu'un ingénieur français, M. Eugène Freyssinet, entama ses recherches en vue d'une meilleure connaissance des matériaux. Elles l'amènèrent tout d'abord à découvrir des propriétés fort simples mais qui auparavant, avaient passé totalement inaperçues, et qui devaient, par la suite, le conduire à la mise au point des principes tout à fait nouveaux du béton précontraint. Déjà avant cette invention géniale qui n'allait pas tarder à apporter une véritable révolution dans l'art de construire, M. Freyssinet était loin d'être un inconnu pour tous ceux s'occupant de génie civil, car il avait à son actif des réalisations techniques qui avaient attiré sur lui l'attention de tous les constructeurs. Qu'il nous suffise de citer le hangar d'aviation d'Orly (80 m. de portée) et le pont de Plougastel sur l'Elorn (800 m. de longueur, dont 3 arches de 186 m.), qui constituèrent pendant longtemps des records du monde de portée dans le domaine du béton armé.

Depuis, d'autres modes de précontrainte ont vu le jour, notamment, en Allemagne, le système Dischinger par tirants libres à précontrainte réglable et le « Stahlsaiten-

beton » ou béton armé de cordes de piano préconisé par Hoyer, basé sur l'adhérence, et, en France, le système Lossier, qui réalise la mise en traction automatique ou auto-contrainte en tous sens des armatures, en utilisant l'énergie développée par des ciments expansifs, à intensité et durée de gonflement réglables.

Le champ d'application du béton précontraint se révèle de jour en jour plus fertile et, comme on se propose de le montrer au cours de cette étude, son introduction dans les travaux coloniaux semble tout indiquée.

Voyons d'abord quel en est le principe.

On sait que le béton armé est un matériau hétérogène, formé de béton, résistant bien à la compression et mal à la traction, et d'acier, résistant bien à la traction. Dans une construction en béton armé convenablement étudiée, on placera donc des armatures dans les zones qui sont le siège de tensions de traction.

Par exemple, on réalisera une poutre fléchie posée sur deux appuis simples à ses extrémités, en plaçant des armatures à sa partie inférieure, endroit où se développent les tensions de traction (fig. 1).

Il se fait malheureusement que l'allongement de rupture du béton n'est que de l'ordre de 0,15 mm. par mètre, alors que l'acier doux, au taux de travail généralement admis de 1.200 kg./cm², possède un allongement élastique dont la valeur est quatre fois plus grande. Du fait de l'adhérence entre les deux matériaux, le béton enrobant les armatures est obligé de suivre les allongements de l'acier.

On comprend dès lors pourquoi tant d'ouvrages en béton armé présentent des fissures aux abords des barres tendues et ce sans qu'on ait même dû atteindre la charge de service.

C'est là le principal inconvénient du béton armé. La précontrainte a été imaginée pour y remédier.

Les fissures dues à l'effort tranchant et les armatures nécessaires pour les éviter sont un autre inconvénient du béton armé, qui est également supprimé par la précontrainte.

Pour l'information des ingénieurs coloniaux, nous reproduisons les particularités fondamentales concernant ce nouveau mode de construire, d'après un article récent de l'ingénieur P. Moenaert ⁽¹⁾.

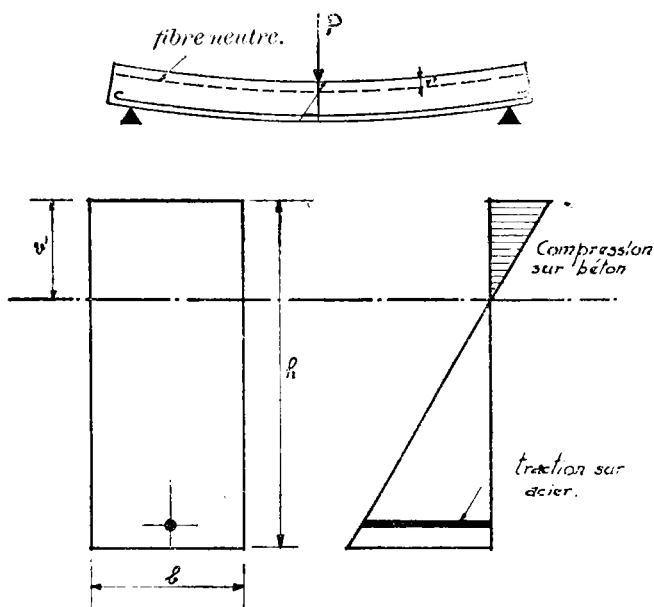


FIG. 1. — Flexion simple d'une poutre en béton armé appuyée à ses deux extrémités.

Dans le béton armé, on admet que tout l'effort de traction est repris par l'acier et que, dans les conditions normales de travail, le béton suit la déformation de celui-ci. Le diagramme des tensions devient alors celui

(1) PAUL MOENAERT, Le Béton précontraint, dans la revue *L'Art de bâtir*, n° 7, juillet 1943.

de la figure 1 : au-dessus de la fibre neutre, nous avons des tensions de compression sur béton allant de zéro à un maximum; au-dessous de la fibre neutre, les tensions de traction sont reprises par l'acier seul, le béton étant supposé ne pas travailler à la traction.

Le béton armé, grâce à son inaltérabilité relative, a joui dès son apparition d'une grande faveur auprès des constructeurs. Ce matériau complexe présente cependant un très grave défaut : c'est, comme nous l'avons déjà dit, celui de la fissuration. En effet, le béton enrobant l'acier doit suivre, à cause de l'adhérence entre les deux matériaux, la déformation de l'armature, et comme le béton est relativement peu déformable, il doit nécessairement se fissurer. Étant donné que l'on néglige dans le calcul les tensions de traction du béton, la résistance de l'élément en béton armé n'est en aucune façon diminuée par la fissuration du béton tendu et la sécurité reste entière. L'inaltérabilité du béton peut cependant être compromise par les fissures si elles sont suffisamment larges pour que l'humidité puisse atteindre l'armature et provoquer la rouille de celle-ci. Il est toutefois avéré que le danger que les fissures peuvent faire courir à la bonne tenue du béton armé n'est guère à craindre aussi longtemps qu'on se limite, pour le béton et l'acier, aux tensions habituellement admises. Dans ce cas, en effet, le danger de fissuration est faible et quand les fissures se produisent, elles restent capillaires et n'exposent pas les armatures à la corrosion.

Il n'en est plus de même si l'on emploie des aciers à haute résistance, car, dès lors, les tensions plus grandes que l'on doit faire intervenir avec ces aciers pour que leur emploi soit intéressant provoquent des allongements notables que le béton est incapable de suivre, ce qui produit des fissures qui, cette fois, ne sont plus capillaires et deviennent dangereuses pour la bonne conservation du béton armé.

La fissuration est donc le défaut majeur du béton armé, en ce sens qu'il limite le progrès dans le recours aux tensions élevées puisqu'il ne permet aux aciers de donner tous leurs effets qu'après la ruine du béton.

De nombreux chercheurs ont essayé d'obvier à ce défaut. L'un des remèdes utilisés à cet effet est la précontrainte du béton, dont la vogue ne cesse de s'affermir et qui connaît depuis quelques années la grande faveur des constructeurs.

Le principe consiste à superposer aux tensions dues à la flexion celles provoquées par une compression longitudinale de l'élément de béton armé considéré. Nous verrons par après comment cette compression préalable et parasitaire, dite précontrainte, peut être réalisée. Pour le moment, considérons-la théoriquement et examinons quels en sont les effets.

On sait que quand on soumet une poutre de section rectangulaire à une compression longitudinale, on crée dans cette poutre des tensions dont le diagramme peut se présenter sous quatre formes fondamentales, suivant que la compression est centrée, se trouve dans le tiers central de la poutre, au bord du tiers central, ou en dehors du tiers central (fig. 2).

Quand la force est centrée, les tensions sont égales dans toute l'étendue de la poutre et le diagramme des tensions est rectangulaire. Si la force de compression agit à l'intérieur du tiers central mais n'est pas centrée, nous aurons encore des tensions de compression dans toute l'étendue de la section, mais elles ne seront plus uniformes, et le diagramme présentera l'allure d'un trapèze. Quand F se trouve au bord du tiers central, ce trapèze devient un triangle, les tensions s'annulant au bord de la section. Enfin, quand la force F agit en dehors du tiers central, nous n'aurons plus uniquement des compressions, et des

tractions apparaîtront au côté opposé à celui où agit la force F .

Si l'on applique maintenant à un élément de béton une compression ou précontrainte centrée, celle-ci provoquera dans cet élément des tensions de compression égales dans toute l'étendue de la pièce. Le diagramme de ces compressions sera une parallèle à la ligne de repère, à

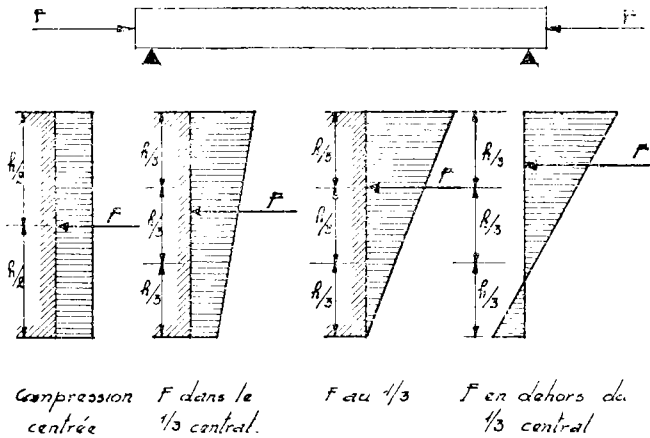


FIG. 2. — Compression longitudinale.

une distance représentative de la tension de compression (fig. 3). On donnera à la précontrainte une valeur telle que cette tension de compression soit égale à la tension maximum due à la flexion.

En superposant le diagramme ainsi trouvé à celui dû à la flexion, nous obtiendrons le diagramme triangulaire de la figure 3, ne présentant plus de tension de traction. Le but de la précontrainte est atteint. Comme les tensions de traction ont été annulées, le danger de fissuration est totalement supprimé. Cependant, les tensions de compression seront devenues doubles de celles que l'on devait envisager précédemment. Cette sujétion n'est pas très grave, étant donné que le béton résiste très bien à la com-

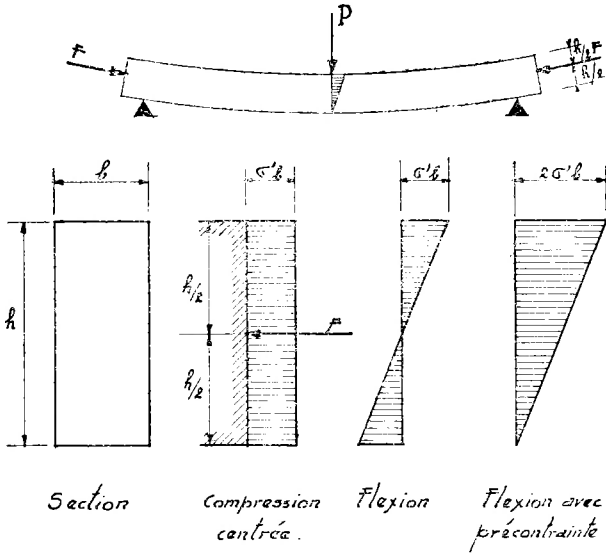


FIG. 3. — Précontrainte axée.

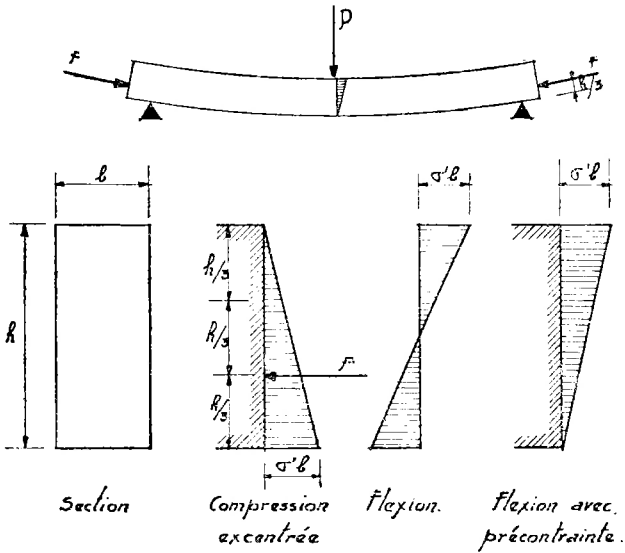


FIG. 4. — Précontrainte au tiers de la hauteur.

pression et que la science moderne fournit des bétons d'une résistance toujours plus grande.

On peut cependant éviter cet inconvénient dans le cas où la flexion de l'élément ne peut se produire que dans un sens. Il suffit alors d'appliquer une précontrainte agissant au bord du tiers central, ce qui donne une répartition triangulaire des tensions de compression (fig. 4). On choisit la précontrainte de telle façon que la tension de compression maximum soit égale aux tensions maximales dues à la flexion. En superposant les diagrammes des tensions dues à la précontrainte et à la flexion, on obtient un diagramme triangulaire des tensions de compression dont le maximum n'est pas supérieur à la tension de compression due à la flexion (fig. 4). La précontrainte appliquée de la sorte est très intéressante, puisqu'elle élimine les tensions de traction et, par conséquent, les fissures, et que les tensions de compression produites ne sont pas supérieures à celles que provoquerait normalement la flexion.

On peut se représenter facilement comment les choses se passent par une analogie faisant image que citait, il y a quelques mois, M. le Prof^r Magnel, dans une de ses conférences sur le béton précontraint. Une rangée de livres comme ceux qui se trouvent sur les rayons d'une bibliothèque forme par excellence un ensemble résistant à la compression mais incapable de supporter des efforts de traction puisque les livres n'offrent aucune cohésion entre eux, n'adhérant pas les uns aux autres. Nous avons tous cependant transformé une rangée de livres en une poutre capable de résister à la flexion, tout au moins sous son propre poids, en la saisissant entre nos mains et en serrant ainsi les livres les uns contre les autres. Comme M. Jourdain, nous avons fait de la précontrainte sans le savoir chaque fois que nous avons transporté une rangée de livres de cette manière. C'est par la pression longitu-

dinale que ces livres tiennent ensemble, car si nous relâchons la précontrainte que nous leur appliquons, ils s'empresseront de s'éparpiller.

Le principe étant posé, il s'agit maintenant d'en concrétiser l'application, c'est-à-dire de réaliser une compression longitudinale.

Dans certains cas, la nature fournit un moyen facile d'obtenir la précontrainte. Ce fut notamment le cas au barrage des Portes de Fer sur l'Oued Fodda, en Algérie, où M. Freyssinet a pu effectuer la précontrainte en serrant le béton par des vérins contre les parois rocheuses de la vallée.

Néanmoins, dans la plupart des cas, on devra avoir recours à des aciers tendus avant ou après le bétonnage pour réaliser la précontrainte. Voyons les différentes façons d'arriver à ce résultat.

La première méthode employée par M. Freyssinet consista à tendre les aciers sur les coffrages, ceux-ci étant ensuite remplis de béton enrobant les armatures. Quand le béton avait suffisamment fait prise, la tension des aciers était reportée au béton, soit directement par adhérence quand il s'agissait d'aciers de très petit diamètre, soit par des ancrages spéciaux qui étaient noyés dans le béton. L'élasticité des armatures, qui tendent à reprendre leur longueur initiale, assure la précontrainte du béton.

La grande difficulté consistait à retenir les ancrages quand l'adhérence seule ne suffisait pas. Il ne pouvait être question à cette fin d'entailler les fils, qui sont en acier dur et fragile, car cette pratique aurait créé des points de moindre résistance; les écrous et boulons étaient donc exclus. Seul l'ancrage par frottement était possible et M. Freyssinet imagina un ancrage conique en béton fretté, noyé dans le béton (fig. 5). Les fils passent à travers le cône femelle et quand ils sont tirés à la tension voulue, un cône mâle vient bloquer l'ancrage. On emploie aussi

des ancrages métalliques par clavettes, ces ancrages s'appuyant sur le béton (fig. 6 et 7).

Dans une seconde façon de faire, on prend appui sur le béton déjà durci pour réaliser la tension des aciers. Ceux-ci ne peuvent, dans ce cas, adhérer au ciment et pour cela ils sont placés dans des gaines noyées dans le béton (fig. 8). Quand le béton a fait sa prise, on fixe une des extrémités des aciers par un moyen d'attache appro-

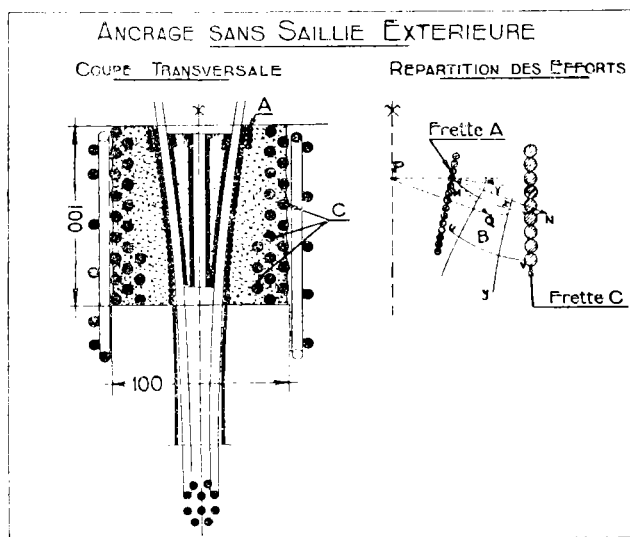


FIG. 5. — Coupe transversale de l'ancrage Freyssinet en béton fretté noyé dans le béton.

prié et l'on exerce sur l'autre la traction requise au moyen de vérins prenant appui sur le béton. Cette extrémité est alors également fixée au béton, après quoi l'on peut dégager les vérins (fig. 9 et 10). Les aciers sont ensuite protégés contre la rouille par une injection de ciment dans la gaine.

Un mode nouveau et ingénieux de réalisation de poutres en béton précontraint consiste à construire la poutre par

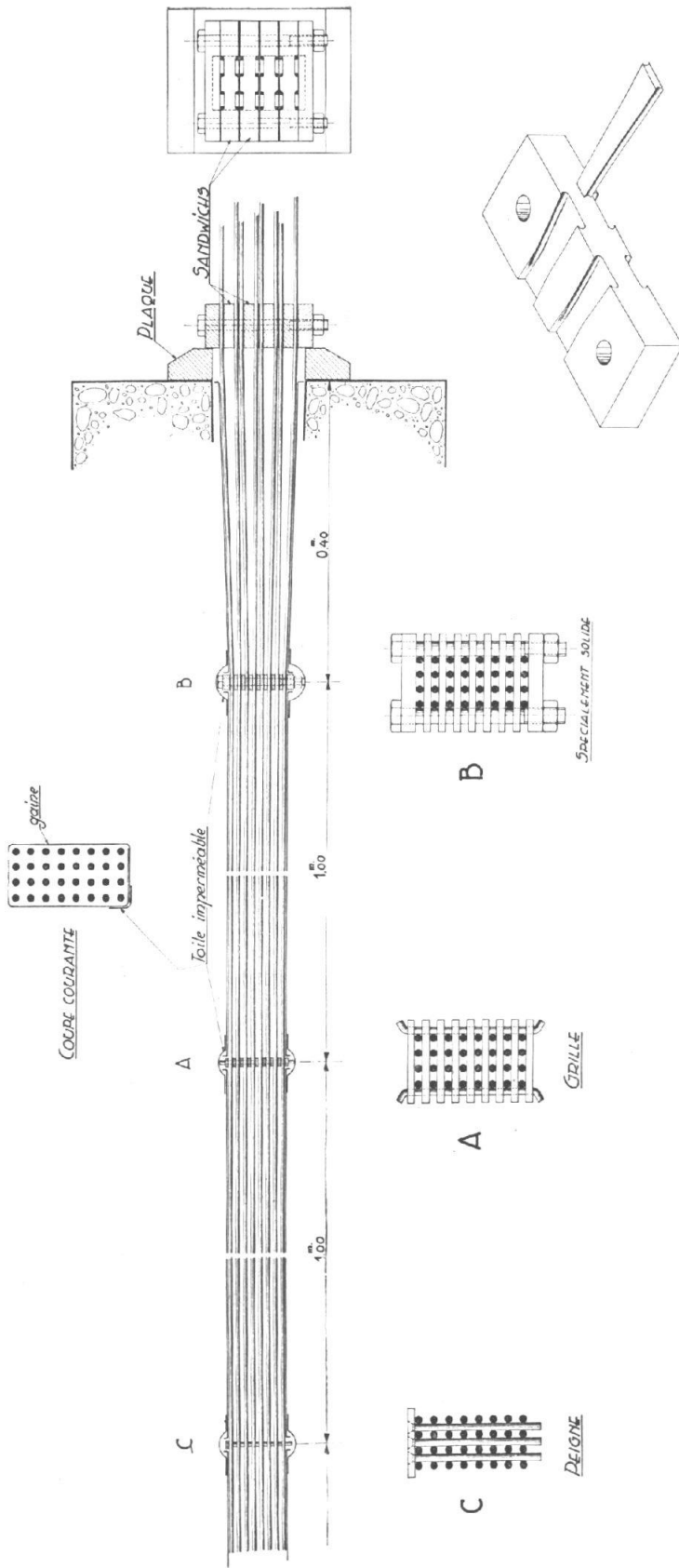


FIG. 6. — Détails d'un câble-sandwich et de l'ancrage par clavettes.

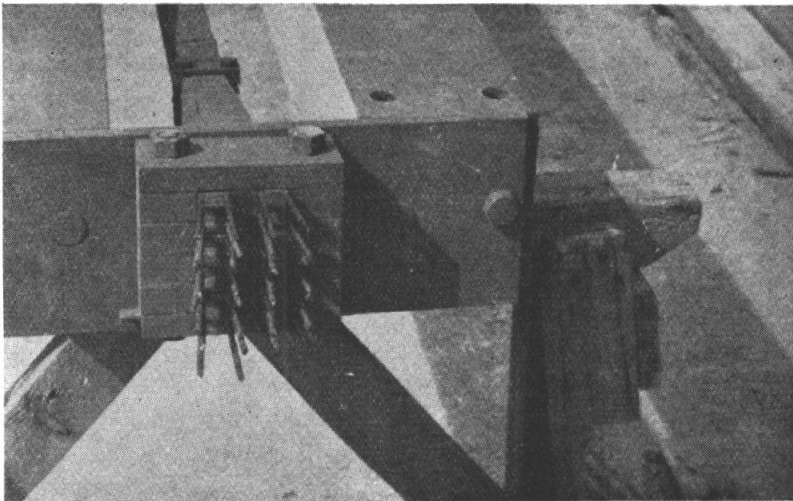


FIG. 7. — Tête d'un câble-sandwich à 32 brins.
Ancrage par clavettes.

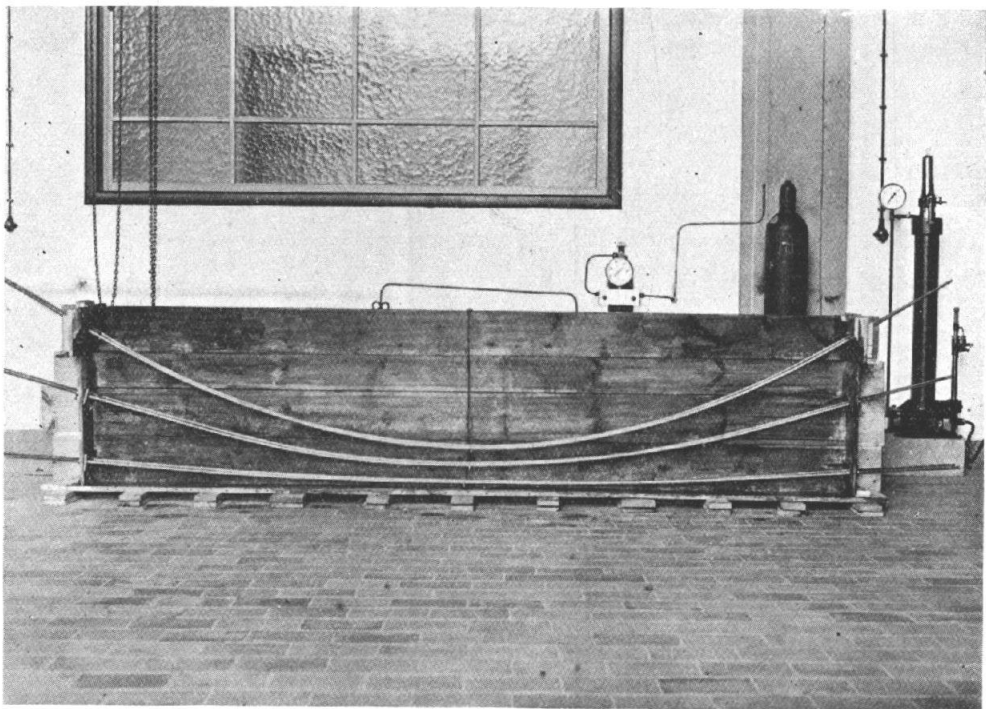


FIG. 8. — Coffrage ouvert montrant les armatures dans les tubes.

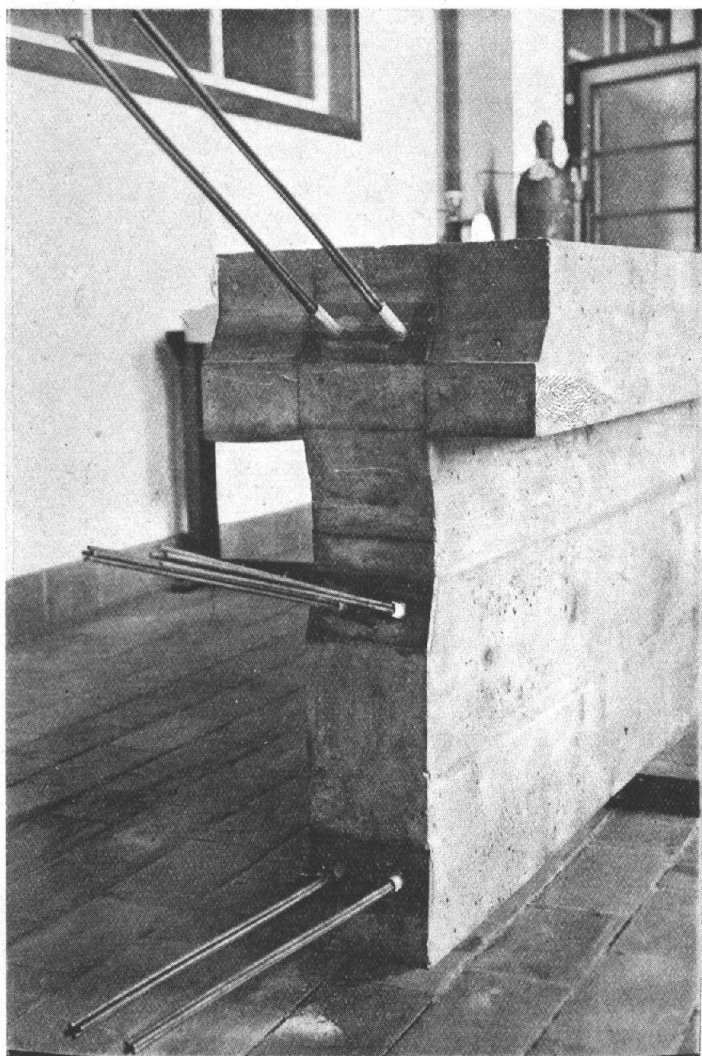


FIG. 9. — About d'une poutre en béton précontraint avant ancrage des armatures.

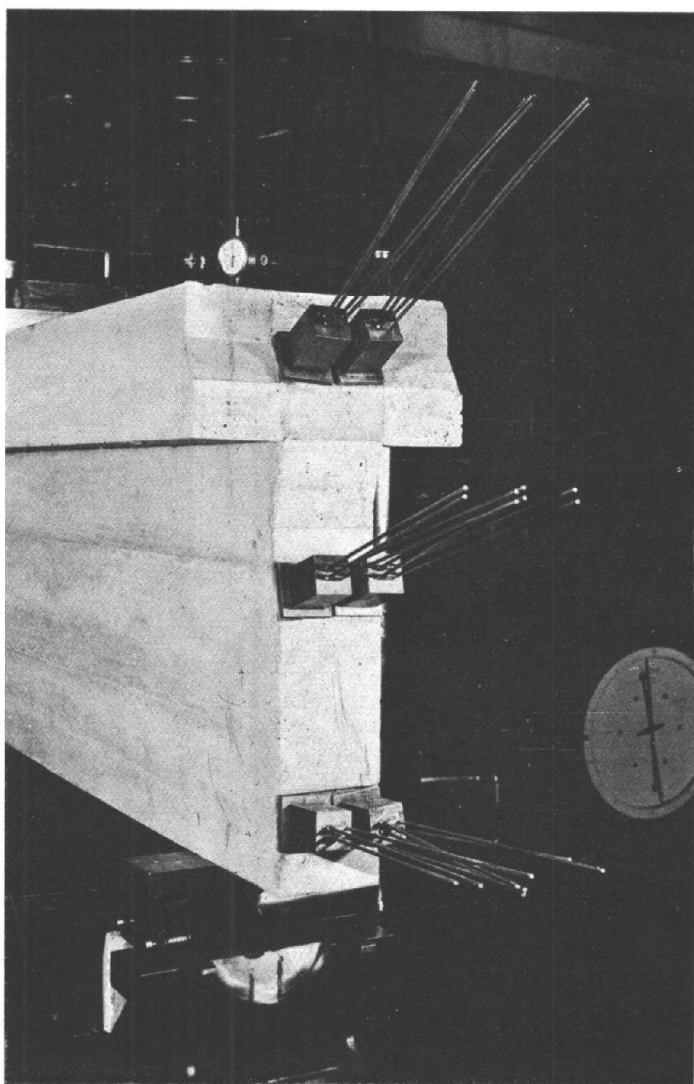


FIG. 10. — About de la poutre de la figure 9
après ancrage des armatures précontraintes.

tronçons, tronçons dans lesquels on ménage des trous disposés de telle façon qu'après juxtaposition des différents tronçons, ces trous forment des conduits dans lesquels on pourra passer les armatures de précontrainte. Cette dernière est obtenue de la même façon qu'avec des aciers passant dans des gaines (fig. 11 et 12).

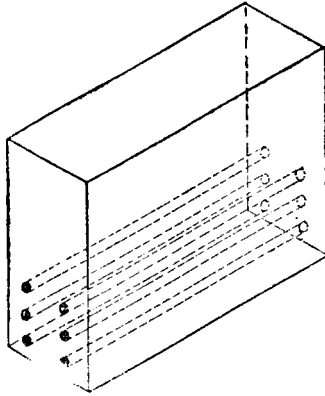


FIG. 11. — Élément ou bloc préfabriqué sur table vibrante.

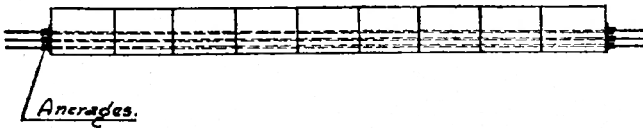


FIG. 12. — Poutre en béton précontraint réalisée par éléments préfabriqués.

Les différents tronçons forment des blocs que l'on pourra couler dans un atelier spécialement conçu pour leur exécution, et qui pourront être obtenus dans les meilleures conditions sur des tables vibrantes, avec dosages particulièrement soignés. Ils auront donc la compacité maximum, c'est-à-dire une déformabilité et un retrait aussi réduits que possible.

On pourra les mettre en place sur un échafaudage ou mieux par suspension à un câble (fig. 13). Il suffira alors

de faire passer par les trous ménagés dans les blocs les armatures de précontrainte qui seront tendues et ensuite protégées contre la rouille comme dans le procédé précédent.

Ce mode de construction par blocs donne lieu à une comparaison intuitive que nous empruntons à nouveau à la rangée de livres d'une bibliothèque. Si nous imaginons que chacun de ces livres est percé d'un coup de poinçon de part en part, nous pourrions faire passer par les trous ainsi formés une corde sur laquelle les volumes viendront s'enfiler les uns à la suite des autres comme les grains d'un chapelet. Si maintenant nous comprimons cette pile de livres le plus que nous pourrions au moyen

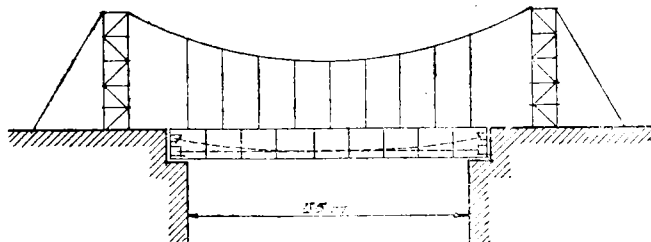


FIG. 13. — Mise en place par câble de service d'un pont en éléments préfabriqués.

de la corde dont les deux bouts libres auront été par après solidement fixés à l'entrée du premier livre et à la sortie du dernier, nous obtiendrons un ensemble suffisamment rigide et cohérent pour pouvoir se supporter si nous l'abandonnons simplement sur des appuis à ses deux extrémités. Cette fois encore, comme M. Jourdain, nous aurons réalisé une poutre en blocs assemblés par précontrainte.

Les premiers expérimentateurs qui ont tenté d'aborder la précontrainte du béton au moyen d'aciers tendus se sont heurtés à une difficulté qui n'a été mise en lumière que par les travaux de M. Freyssinet.

Pour que la précontrainte soit efficace, il faut évidemment que celle-ci continue à produire ses effets quand le béton aura subi toutes les déformations que son durcissement et sa sollicitation comportent.

Supposons que nous tendions des aciers sur des coffrages suffisamment résistants, qu'on bétonne la poutre autour de ces armatures et que, quand le béton a fait prise, on transmette la tension des armatures au béton, soit par adhérence, soit par ancrages. A ce moment, le béton sera précontraint. Seulement, au cours de son durcissement, le béton subira un retrait; les aciers se raccourciront en même temps que le béton, et leur tension et la précontrainte diminueront progressivement.

Ce phénomène du retrait était connu depuis longtemps, mais il est venu s'en ajouter un autre qui agit dans le même sens : c'est le fluage du béton, c'est-à-dire sa déformation sous charge persistante. M. Freyssinet, par des expériences actuellement classiques, a démontré, en 1926, que le béton se déformait lentement sous charge constante d'une façon très appréciable et ce d'autant plus que les tensions sont plus élevées.

Le fluage affecte d'ailleurs toute construction en béton, et même en pierre ou en métal. Il consiste en un raccourcissement lent et continu des parties soumises à compression. Ce phénomène provoque le tassement de tout ouvrage en béton dès sa mise en service; il continue à manifester ses effets pendant un temps très long. C'est ainsi, par exemple, que les colonnes d'un bâtiment se raccourcissent sous la charge qu'elles supportent. On a constaté, par ailleurs, que le phénomène du fluage se produit aussi bien à la traction qu'à la compression.

Les observations de M. Freyssinet ont été confirmées par une série d'essais entrepris au laboratoire du Groupement professionnel des Ciments dirigé par M. l'ingénieur Dutron, et c'est à ces essais que nous empruntons les résultats suivants :

**Déformation sous charge permanente de compression d'un béton
de plaquettes à 350 kilos de ciment par mètre cube.**

Tension appliquée.	Durée d'application de la tension.			
	150 jours.	300 jours.	600 jours.	900 jours.
30 kg/cm ² .	0,34	0,43	0,49	0,51
60 kg/cm ² .	0,71	0,86	0,97	1,00
Retrait	0,64	0,67	0,69	0,70

Les déformations sont exprimées en millimètres par mètre.

On constate que le fluage du béton, pour des tensions assez élevées, est plus important que le retrait et que l'addition des deux phénomènes peut amener dans les aciers une chute de tension considérable que, dans le cas du retrait et du fluage combinés à 900 jours sous une charge de 60 kg./cm², on peut évaluer à

$$\frac{(0,70 + 1,00) \times 2.400.000}{1.000} = 3.500 \text{ kg./cm}^2.$$

Si donc on avait réalisé une précontrainte de 60 kg./cm² en tendant des aciers à 3.500 kg./cm², au bout de 900 jours cette précontrainte aurait entièrement disparu. On voit aussi que la précontrainte est impossible avec les armatures en acier doux employées ordinairement, car la tension maximum que l'on peut leur donner n'est que de 2.400 kg./cm², tension qui serait absorbée en totalité par les déformations du béton.

Ainsi que M. Freyssinet l'a mis en évidence, la précontrainte n'est pratiquement possible qu'avec des tensions sur acier de plus de 4.000 kg./cm² et, par conséquent, avec des aciers pouvant résister avec sécurité à des tensions encore plus fortes. Pour réaliser ces précontraintes élevées, il n'existe actuellement sur le marché que des aciers de petit diamètre (jusqu'à 7 mm.), améliorés par tréfilage et dont la limite d'élasticité est de 10.000 à 11.000 kg./cm².

Nous ne pouvons quitter ces considérations sur le retrait et le fluage des bétons sans mentionner les observations toutes récentes de M. le Prof^r Magnel sur le fluage des fils d'acier sous tensions élevées.

Dans un article en date du 17 mars 1944 ⁽¹⁾, M. Magnel constate que des fils d'acier dont il se sert pour le béton précontraint, étirés sous des poids constants jusqu'à 85 kg./mm², prennent une déformation instantanée de 8,605 mm. sur 1^m80, qui augmente avec le temps d'environ 12 %, ce à quoi correspond en béton précontraint une perte de tension. Cette perte sera plus petite que 12 % dans la pratique, parce que la tension des fils s'atténue à mesure que le fluage progresse, alors qu'au laboratoire la tension reste constante.

On peut diminuer la perte en tendant les fils à 92 ou 93 kg./mm² au moment de précontrainte et en les maintenant deux minutes sous cette tension; on revient ensuite à 85 kg./mm² avant de bloquer les fils. On réduit ainsi la perte de précontrainte due au fluage de l'acier à environ 6 %.

En conclusion, M. Magnel estime que toutes causes réunies — fluage acier et béton, retrait béton — font perdre au maximum 15 % de précontrainte dans un travail bien exécuté.

On voit, par la même occasion, qu'il y aura intérêt à employer un béton dont le retrait et le fluage seront aussi faibles que possible pour éviter de devoir appliquer une précontrainte trop forte en pure perte, puisqu'elle se résorbe lors du retrait et du fluage. C'est pour cette raison que l'on mettra en œuvre des bétons de compacité maximum, et notamment des bétons vibrés. Disons en passant, qu'en améliorant la compacité du béton, on aug-

(1) G. MAGNEL, Les applications du Béton précontraint en Belgique, dans *Science et Technique*, n° 5 de 1944.

mente à la fois son module élastique et sa résistance à la compression.

On doit faire remarquer ici qu'au moment de la précontrainte, le béton et les aciers seront soumis à des efforts maxima qui ne feront plus que diminuer au fur et à mesure que le retrait et le fluage produiront leurs effets.

On en déduit que dans les constructions en béton précontraint, la sécurité est très supérieure à celle des constructions ordinaires. En effet, dans les poutres en béton armé, les tensions n'atteignent leur maximum que quand la construction est mise en service ou, plus exactement, quand les surcharges appliquées à la construction sont maxima. Dans le béton précontraint, au contraire, c'est au moment de la précontrainte que les tensions sont maxima, car c'est alors que les armatures sont soumises à une tension qui, du fait du retrait et du fluage, ira en diminuant avec le temps et cette diminution est si importante qu'à aucune époque de la mise en service, la tension de précontrainte ne sera plus jamais atteinte.

Les accroissements de tensions dues aux surcharges sont d'ailleurs négligeables par rapport à la précontrainte, puisqu'elles ne sont que de l'ordre de 2 à 3 % de celle-ci.

En effet, prenons, par exemple, le cas d'une poutre en béton précontraint de 20 m. de portée, dont les fils auront dû subir, comme nous le verrons plus loin, un allongement d'une dizaine de centimètres, lors de la précontrainte. A la mise en service de cette poutre, les surcharges auront simplement pour effet de décompresser les fibres inférieures du béton et l'allongement qu'elles prennent de ce fait ne dépasse pas 3 mm. sur 20 m. Il en résulte que la tension des fils ne varie approximativement que dans le rapport de 3 mm. à 10 cm., soit 3 %. De plus, comme au moment de l'exécution, les armatures et, par conséquent, aussi le béton sont soumis à des tensions

largement supérieures aux tensions de service, la précontrainte constitue en fait une épreuve des plus sévères de la construction, qui est une garantie pour sa tenue ultérieure. Enfin, du fait de la faible variation des tensions, les effets des mises en charges répétées sont pratiquement supprimées.

Dans ce qui précède, nous avons examiné le principe du béton précontraint et la manière dont ce mode de construction peut être réalisé.

Nous en analyserons maintenant les avantages.

D'abord et avant tout, comme nous l'avons vu, le danger de fissuration est radicalement éliminé puisqu'il n'y a plus de tension de traction possible dans le béton. On peut, par conséquent, employer des aciers à haute résistance et nous avons vu, au surplus, que ce n'est qu'avec de tels aciers que la précontrainte est réalisable. On peut également exploiter au maximum la résistance toujours accrue des bétons que la technique moderne nous permet d'obtenir et dont la charge de rupture à la compression dépasse actuellement 1.000 kg. par cm^2 . Le résultat en sera qu'une dalle en béton précontraint sera trois fois plus résistante qu'une dalle armée de même épaisseur. Ou bien que, pour une même surcharge, les dalles et poutres en béton précontraint pourront avoir une épaisseur sensiblement moindre qu'en béton armé ordinaire. Cette réduction des dimensions, et par conséquent de poids mort, pourra, dans l'avenir, s'accroître au fur et à mesure des progrès réalisés dans la qualité des matériaux employés, et M. Freyssinet estime qu'on arrivera à des dalles d'une portée égale à 50 fois leur épaisseur.

Un autre avantage du béton précontraint réside dans une meilleure résistance à l'effort tranchant. On sait que dans une poutre en béton armé il se produit au niveau de la fibre neutre, où n'existe aucune tension longitudi-

nale, un état de cisaillement simple auquel le béton résiste très mal, car il provoque des tensions principales de traction obliques. Ces tensions de traction tendent à produire les fissures à 45° , caractéristiques de l'insuffisance de la poutre à l'effort tranchant, qui sont bien connues des constructeurs, et auxquelles on remédie par l'emploi d'étriers et l'inclinaison des barres principales. Dans le béton précontraint, un état de cisaillement simple ne peut pas se produire, car à aucun niveau de la poutre on ne pourra trouver d'endroit sans tension longitudinale. Au contraire, nous savons que sur toute la hauteur de la poutre nous aurons créé des tensions de compression. Cet état de cisaillement simple, particulièrement dangereux, ne peut donc exister et le danger de fissuration est radicalement écarté.

Le béton précontraint supprimant tout risque de fissure, il en résulte que ce procédé convient particulièrement en cas d'efforts répétés. En effet, la répétition des efforts aggrave dans une large mesure le danger de fissuration et c'est précisément aux endroits où les fissures apparaissent que le béton finit par se désagréger à la suite de la répétition des efforts. M. Freyssinet a soumis à des efforts alternés identiques, égaux à une fois et demie la charge de service, des poteaux de transport de force en béton précontraint et en béton armé ordinaire; le résultat a été que le poteau en béton armé ordinaire a été fissuré presque immédiatement et démoli au bout de quelques milliers d'alternances, tandis que le poteau en béton précontraint a résisté au contraire sans aucune altération à des centaines de milliers d'alternances.

Enfin, un dernier avantage du béton précontraint est fourni par l'auto-réparation des fissures qui pourraient se produire si la grandeur de la surcharge dépassait très sensiblement celle prévue dans les calculs. Dans ce cas, évidemment, le béton précontraint finirait par se fissurer,

mais ces fissures n'auraient aucune importance, puisque la tension dont l'acier est le siège les refermerait dès que la surcharge serait redevenue normale.

La pratique des constructions en béton précontraint a fait apparaître deux modes de réalisation dont l'emploi s'est généralisé.

Dans le premier mode, les armatures de précontrainte sont placées dans des gaines et les aciers sont mis en tension après durcissement du béton et en prenant appui sur ce dernier.

Le second mode de construction prévoit que la poutre ou l'élément à réaliser sont constitués de blocs dans lesquels sont ménagées des cavités. Quand on aligne les blocs les uns à la suite des autres, ces cavités forment des gaines dans lesquelles passeront les aciers de précontrainte.

L'exécution d'un ouvrage suivant ce nouveau mode de bâtir consiste donc en la fabrication sur chantier ou en usine d'éléments dont l'assemblage par précontrainte formera la poutre désirée. Ceci est particulièrement intéressant lorsqu'il s'agit d'obtenir des poutres constituées d'éléments semblables et dont la fabrication peut se répéter en série. Les éléments ou blocs sont fabriqués dans un moule métallique sur une table vibrante, ce qui assure un damage ou, comme on dit, un serrage soigné, et l'obtention d'un béton à haute résistance.

La mise sous tension des câbles de précontrainte est obtenue par des vérins prenant appui sur les éléments assemblés.

Les poutres formées de pareils éléments standardisés en béton à haute résistance, fabriqués en atelier et assemblés sur place, constituent une innovation intéressante, par suite de leur légèreté et de la suppression des coffrages. Ce procédé a permis de construire des hourdis, des poutres, des pieux de fondations, etc. Plusieurs brevets ont été pris dans ce sens et ont d'ores et déjà été mis en exploitation.

Les poutres en béton précontraint peuvent se mettre en place comme de simples poutrelles métalliques, avec lesquelles elles peuvent rivaliser efficacement, ainsi qu'on peut s'en rendre compte par l'examen de la figure 14, donnant la section de trois poutres de même résistance, respectivement en bois, en acier et en béton précontraint.

La poutre en béton précontraint pèse 88 kilos et contient 2,1 kg. d'acier par mètre courant; elle peut remplacer une poutrelle normale PN 26 pesant 42 kg. par mètre courant, ou une pièce de bois équarrie de 40 cm. de hauteur sur 30 cm. de largeur, pesant, comme la poutre précontrainte, 88 kg. par mètre courant. Fabriquée dans des conditions économiques, la poutre en béton précontraint reviendra certainement beaucoup moins cher que les deux autres pièces et elle présentera, au surplus, un caractère d'inaltérabilité auquel les deux précédentes ne peuvent prétendre.

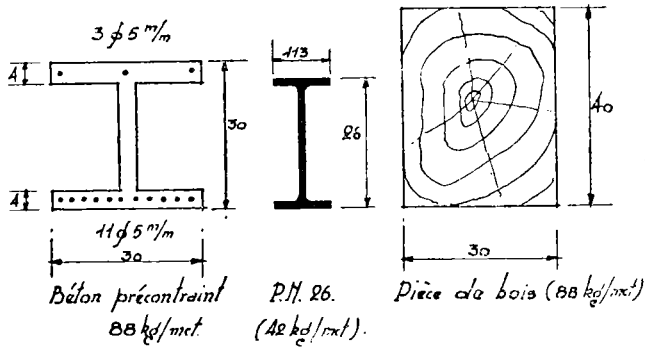


FIG. 14. — Trois profils offrant la même résistance à la flexion simple.

*
**

Après avoir suivi de près la question du béton précontraint depuis plusieurs années, il nous est apparu que ce nouveau mode de construction trouverait un champ d'application spécialement approprié dans notre colonie.

On a vu qu'un des principaux intérêts du béton pré-

contraint consiste à n'employer que des matériaux de haute qualité et à les faire travailler à des tensions élevées. C'est ainsi seulement qu'on exploite à fond toutes les possibilités du procédé.

En premier lieu, pour ce qui concerne le béton, il faut que celui-ci puisse supporter avec sécurité des tensions de l'ordre de 150 kg./cm^2 , ce qui correspond à une charge de rupture de 450 kg. à 28 jours. Grâce aux progrès réalisés en ces dernières années, cette exigence ne souffre plus guère de difficulté. En effet, la qualité des ciments a augmenté dans de notables proportions et nous fabriquons au Congo des ciments dont les spécifications ne le cèdent en rien aux meilleures productions de la métropole. Les ciments congolais répondent d'ailleurs en tous points aux stipulations des cahiers des charges de l'État belge et aux prescriptions de l'Association belge de Standardisation, dont les normes ont purement et simplement été reproduites par le *Cahier général des charges, clauses et conditions* imposées aux entreprises de travaux effectuées pour compte du Gouvernement de la Colonie et du Ruanda-Urundi.

D'autre part, l'étude très poussée des constituants du béton et notamment de leur granulométrie a permis de fixer des compositions de mélanges ciment-sable-gravier bien meilleures qu'auparavant.

A l'intention des techniciens coloniaux, il ne sera sans doute pas inutile de rappeler quelques notions fondamentales qui les aideront à doser les matières inertes (sables et graviers) dont ils pourront disposer sur place, de manière à obtenir les meilleurs bétons, c'est-à-dire ceux qui, pour une dépense donnée en ciment et une fluidité donnée, procureront la plus haute résistance à l'écrasement à un âge donné.

Nous avons déjà dit qu'un béton est d'autant plus résistant qu'il sera plus compact; en d'autres termes, que le

pourcentage de vides du mélange ciment-sable-pierraille sera moindre. On comprend facilement que si le mélange était composé de grains ayant uniformément la même grandeur, le pourcentage de vides serait important, puisqu'un espace rempli de sphères de même rayon présente 47 % de vides.

Il faut donc qu'entre les plus gros grains du mélange viennent se loger des grains plus fins; les interstices de ceux-ci devront être remplis par des grains encore plus fins, et ainsi de suite.

Afin de se rendre compte de la valeur d'un béton, d'après sa composition, on en trace la courbe granulométrique. A cet effet, on se sert d'une série de tamis. L'Association belge de Standardisation (A.B.S.) recommande la série américaine « Tyler Standard », composée de dix tamis dont voici les caractéristiques :

N° du tamis (série Tyler).	Ouvertures des jours en mm.
100	0,147
50	0,295
30	0,590
16	1,170
8	2,360
4	4,700
3/8 pouce	9,420
2 1/4 pouce	18,850
1 1/2 pouce	38,100
3 pouces	76,200

Néanmoins, si l'on ne dispose pas de cette série de tamis, on peut opérer avec la série que l'on possède et obtenir par interpolation les chiffres correspondant à la série Tyler. Il est souhaitable cependant d'employer des tamis à mailles carrées.

On procède de la façon suivante :

On pèse une quantité donnée de matière dont on veut tracer la courbe granulométrique. On choisit le tamis dont les trous sont assez grands pour laisser passer les plus gros

éléments. On s'en assure et l'on prend le tamis suivant de la série, sur lequel on tamise l'ensemble; on verse le refus sur le plateau d'une balance et on le pèse. On tamise alors ce qui a passé sur un troisième tamis et l'on ajoute le refus au refus précédent. On note de nouveau le poids, et ainsi de suite jusqu'au tamis qui ne laisse plus rien passer ou jusqu'au dernier tamis.

On porte alors les résultats trouvés sur un graphique donnant en ordonnées les pourcentages de ce qui a passé à travers chacun des tamis et en abscisses la dimension des ouvertures du tamis correspondant.

Pour la facilité de lecture de ces courbes, on adopte généralement une échelle logarithmique pour l'axe des abscisses.

Si l'agglomérat se compose de plusieurs agrégats, comme du sable et du gravier, par exemple, on tracera séparément les courbes granulométriques de chacun des constituants. On considérera au surplus la courbe granulométrique du ciment, pour laquelle on prendra simplement une horizontale d'ordonnée 100 %, étant donné qu'à partir du tamis n° 100 de la série Tyler, le refus du ciment est nul.

Pour obtenir la courbe granulométrique résultante du béton considéré, on combine les courbes des trois constituants de la façon suivante, et l'on tracera cette courbe par points.

Représentons par c , g et s les poids de ciment, gravier et sable entrant dans la composition d'un mètre cube de béton et, pour un tamis donné, soient p_c , p_g et p_s les pourcentages en poids de ce qui a passé à travers le tamis, comme ciment, gravier et sable.

L'ordonnée de la courbe granulométrique du béton sera alors,

$$p = \frac{p_c \times c + p_g \times g + p_s \times s}{c + g + s}.$$

On comparera cette courbe résultante à une courbe

idéale, soit celle de Fuller, soit celle de Bolomey. Cette dernière courbe a pour équation

$$y = A + (100 - A) \sqrt{\frac{d}{D}},$$

où l'on a :

y = l'ordonnée de la courbe, ou le pourcentage, en poids, d'éléments qui traversent un tamis donné.

d = l'abscisse de la courbe, ou la dimension des trous du tamis donné,

D = la dimension du plus gros élément du mélange,

A = constante (12 pour le béton de gravier, 14 pour le béton de plaquettes et 0 pour un mortier de ciment sans gravier).

D'après l'auteur cité, la courbe idéale est représentative du mélange nécessitant moins d'eau que tout autre pour une fluidité donnée et offrant la plus forte résistance à la compression à un âge donné.

La courbe de Bolomey que nous représentons sur la figure 15 correspond à un béton de gravier dont les plus gros éléments ont 40 mm. ($D=40$ mm. et $A=12$).

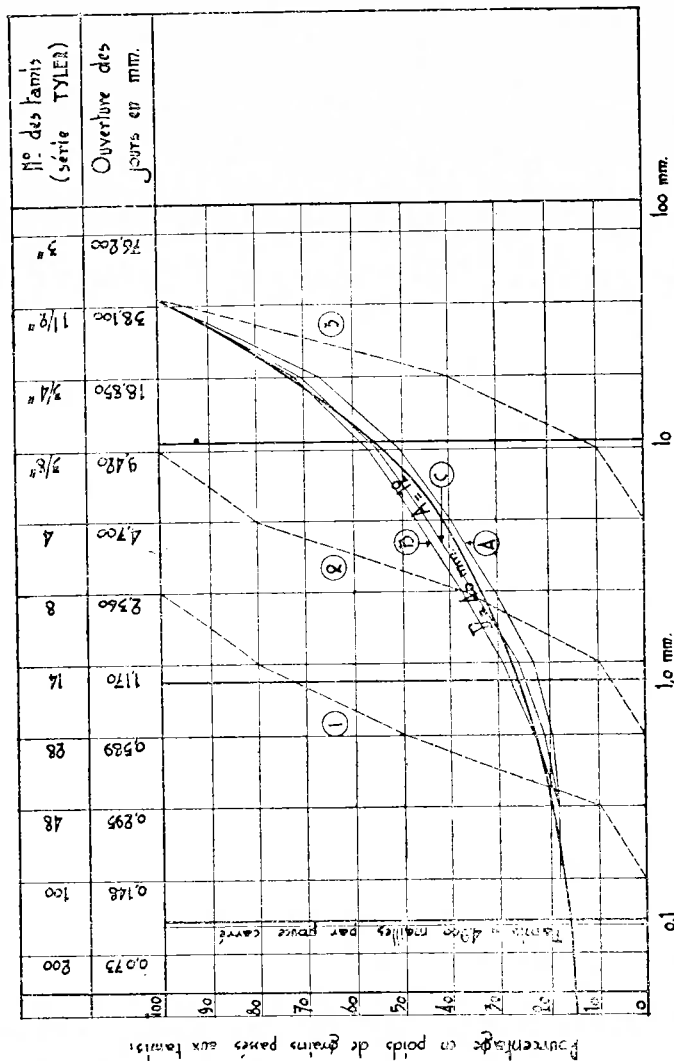
Si la courbe granulométrique résultante du béton que l'on se propose de mettre en œuvre ne se superpose pas à la courbe idéale, on devra améliorer le mélange en modifiant les proportions de ses éléments constitutifs. Après quelques essais, on adoptera le mélange dont la courbe résultante se rapproche le plus de la courbe idéale, en notant qu'il est préférable de s'en rapprocher du côté des éléments fins (sable) que des gros (pierraille).

Supposons, par exemple, que l'on dispose de sable 0/2,5, de gravillon 0/10 et de gravier 5/40 mm., et que l'on veuille utiliser ces éléments pour confectionner un béton à 400 kg. de ciment par mètre cube.

Nous portons sur la figure 15, respectivement en 1, 2 et 3, les courbes granulométriques de ces constituants.

(COURBE DE BOLOMEY.

$$y = A + (100 - A) \sqrt{\frac{x}{D}}$$



Dimension des grains = d.

Fig. 15. — Courbes de compositions granulométriques.

On essaie tout d'abord le mélange dont la courbe granulométrique résultante est figurée en A, à savoir :

Ciment	400 kilos.
Sable	50 litres.
Gravillon.	350 litres.
Gravier	900 litres.

La courbe A se trouvant entièrement au-dessous de la courbe idéale de Bolomey, on fera un second essai avec la composition suivante :

Ciment	400 kilos.
Sable	150 litres.
Gravillon.	350 litres.
Gravier	840 litres.

La courbe relative à cet agrégat est donnée en B. Comme elle se situe au-dessus de la courbe idéale, on choisira un dosage intermédiaire dont la courbe granulométrique se rapprochera davantage de la courbe de Bolomey :

Ciment	400 kilos.
Sable	100 litres.
Gravillon.	400 litres.
Gravier	840 litres.

Telles sont les directives à suivre pour obtenir la meilleure granulométrie d'un béton ordinaire.

Lorsqu'il s'agit d'un mélange pour béton fortement armé, il conviendra cependant de remarquer qu'un béton très compact sera en même temps un béton très raide, c'est-à-dire difficile à mettre en place.

M. Faury a montré récemment qu'il fallait faire intervenir, en outre, la forme et la grosseur maximum des éléments, les moyens de transport et de serrage du béton, et surtout l'effet de paroi dû à la présence des armatures et des faces des coffrages, que l'on négligeait jusqu'à présent.

Les travaux de M. Faury ⁽¹⁾ apportent la solution tant attendue aux deux questions suivantes qui se posent au praticien :

1° Comment choisir, parmi les agrégats disponibles sur un chantier, ceux susceptibles de produire le meilleur béton ?

2° Les agrégats étant choisis, dans quelle proportion convient-il de les mélanger pour obtenir un béton compact et malléable ?

Il en résulte que pour un béton à placer dans des coffrages très serrés ou fortement ferrailés, le béton optimum n'est pas celui dont la granulométrie répond à la courbe de Bolomey, mais que le mélange doit être plus fluide, et ce d'autant plus que le rapport entre les surfaces en jeu (coffrages et armatures) et le volume du béton est plus grand.

Pour rendre un béton plus fluide, on augmente la proportion d'éléments fins.

Voici, à titre d'exemple, la composition du béton coulé sur place dans les parties fortement armées d'un pont en béton précontraint :

Sable des dunes	50 litres.
Sable de rivière 0,5	350 litres.
Gravier 5 25	850 litres.
Ciment Portland	400 kilos.
Eau de gâchage	180 litres.

Pour le béton à mettre en œuvre dans les régions à ancrages, on utilisera la même composition, sauf que la teneur en ciment est portée à 450 kg.

Pour la fabrication des éléments de poutres constituées de blocs réunis par précontrainte, le serrage du béton dans un moule, sur une table vibrante, procure rapidement de

(1) J. FAURY, *Le Béton*, Ed. Dunod, Paris, 1942.

très fortes résistances. On utilise, dans ce cas, des bétons plus secs.

Afin d'enlever toute appréhension aux techniciens coloniaux qui s'imagineraient que la pratique du béton précontraint implique le recours à un outillage compliqué et de prix élevé, nous rappellerons que la table vibrante est composée en principe d'un plateau dont la vibration est provoquée par un moteur excentré. Il existe des tables vibrantes de plusieurs grandeurs. Le plateau doit avoir des dimensions légèrement inférieures à celles du plus grand moule que l'on désire vibrer. Ce matériel de chantier n'est pas plus encombrant qu'une bétonnière, au contraire (fig. 16 et 17). Son emploi présente de réels avantages, car le serrage du béton s'effectue sans aucune difficulté, puisqu'il suffit de laisser glisser le béton dans le moule pendant la vibration de celui-ci.

Le béton mis en œuvre de cette façon doit être plus sec que le béton ordinaire; il acquiert immédiatement une résistance suffisante pour permettre son démoulage, ce qui permet la récupération du moule pour la fabrication de l'élément suivant.

Nous ajouterons que les tables vibrantes ont subi des perfectionnements notables par l'application de la vibrogiration, procédé qui consiste à soumettre les composants du béton à l'action énergétique de microvibrations unidirectionnelles dans le plan vertical, de force et fréquence réglables en fonction des caractéristiques des matériaux utilisés et de l'élément à fabriquer. Les vibrations dirigées, annulant la composante horizontale favorable de la ségrégation, permettent d'assurer une identité de résistance dans toute la masse du béton.

Un béton vibrogiré donne couramment des résistances à la compression de 700 à 850 kg. à 56 jours.

En ce qui concerne l'acier, nous avons vu qu'il doit pouvoir résister à de très fortes tensions. La qualité requise

est obtenue en tréfilant et en trempant un acier commercial couramment fourni par les aciéries de notre pays et contenant 0,7 % de carbone et 0,8 à 1,2 % de manganèse. Il est livré dès à présent par plusieurs tréfileries belges, en rouleaux de 1^m50 de diamètre, afin d'obtenir un redressage aisé.

Cet acier tréfilé et trempé présente les caractéristiques suivantes :

Limite élastique	415 kg/mm ² .
Tension de rupture	450 kg/mm ² .
Allongement de rupture sur 7,2 d.	6 %
Module d'élasticité à 85 kg/mm ²	1.800 t/cm ² .

On fait travailler cet acier à 85 kg./mm², de sorte que sur 20 m., il prend un allongement de l'ordre de 10 cm.

Cet acier ne se trouvant qu'en fils de 7 mm. de diamètre maximum, il faut donc de très multiples fils et il serait impossible de les loger individuellement dans des tubes pour les protéger contre l'adhérence; aussi fabrique-t-on des câbles comportant un grand nombre de fils parallèles et ces câbles sont placés dans des gaines pour empêcher l'adhérence (1).

La précontrainte des aciers ne nécessite aucune manœuvre délicate, les fils étant amarrés à la tête d'un petit vérin dont la puissance ne dépasse pas quelques tonnes (fig. 18). La tension à réaliser se déduit de l'allongement des fils, lequel peut se mesurer sans appareils spéciaux, car on sait que cet allongement est généralement de l'ordre de plusieurs centimètres. Comme nous l'avons déjà dit, le calage des fils s'obtient par l'enfoncement d'un coin ou d'une clavette.

Ce dernier mode de précontrainte vient de recevoir d'importants perfectionnements couverts par des brevets belges.

(1) G. MAGNEL, *op. cit.*

Le câble (fig. 6) est à fils classés et il est aéré : dans toutes les directions, les fils d'un même câble sont distants de 5 mm. les uns des autres. Ils sont placés par couches de

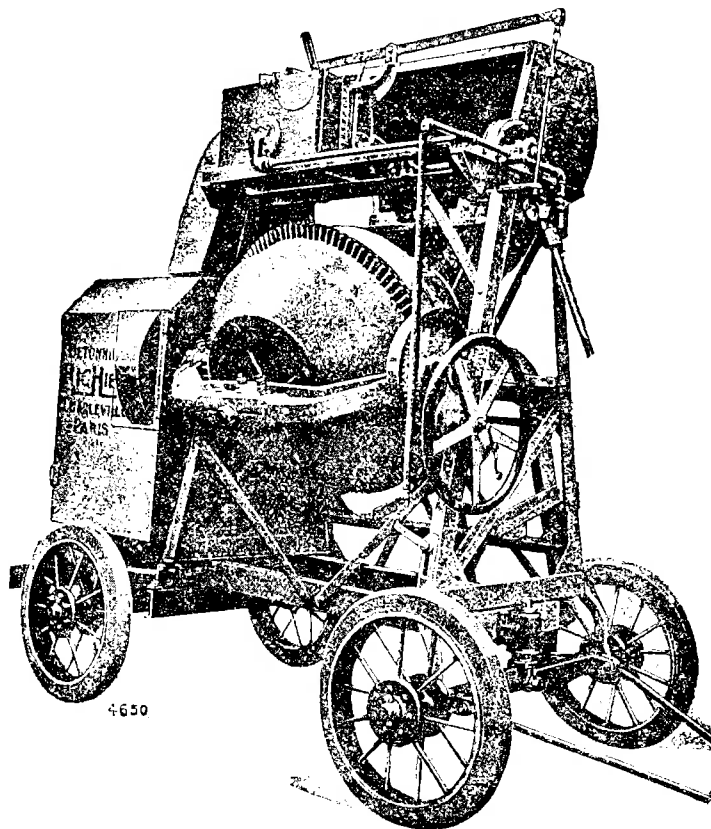


FIG. 16. — Bétonnière de fabrication belge, de 370 litres de capacité, nécessitant un moteur de 7 CV. et montée sur roues caoutchoutées.

quatre, le câble ayant simplement plus de couches si le nombre de fils augmente (fig. 7).

Comme appareils d'attache, on emploie des plaques d'acier à rainures et clavettes, une seule clavette fixant deux fils; sur une plaque, il y a quatre rainures (deux par face), de sorte qu'elle permet de fixer huit fils; plus le

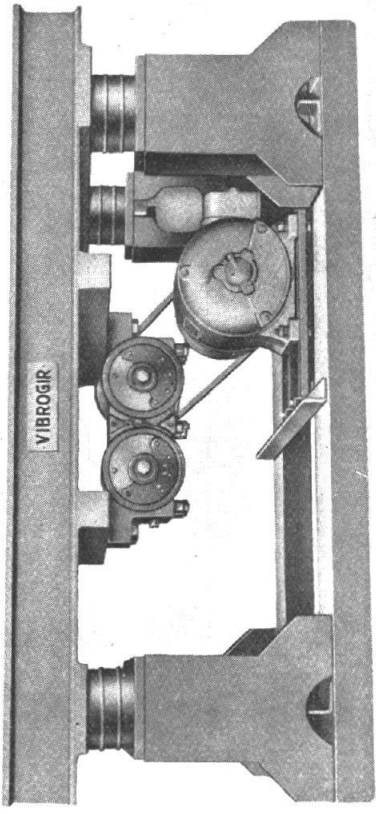
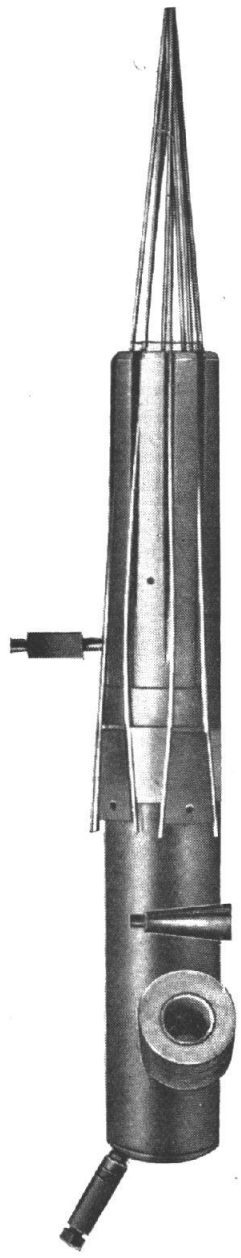


FIG. 17. — Table vibrante équipée d'un générateur de microvibrations unidirectionnelles. Moteur de 2 CV. Poids de la table complète : 385 kg. Cette table peut vibrer des pièces pesant jusque 800 kg.

(Cliché : *Laboratoire de Cinématique.*)



↑ Coin de calage.
 ↑ Calage provisoire par coin plau.
 Le coin comprimé est refoulé entre les fils par une tige poussée par les pistons du vérin.

FIG. 18. — Vérin Freyssinet de 30 tonnes pour la mise en précontrainte.

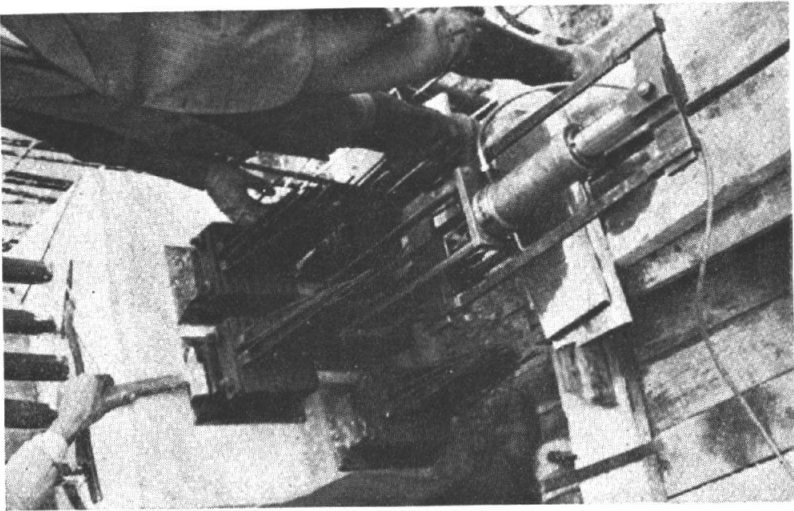


Fig. 19. — Appareil de précontrainte avec vérin de 4 tonnes pour câble-sandwich.

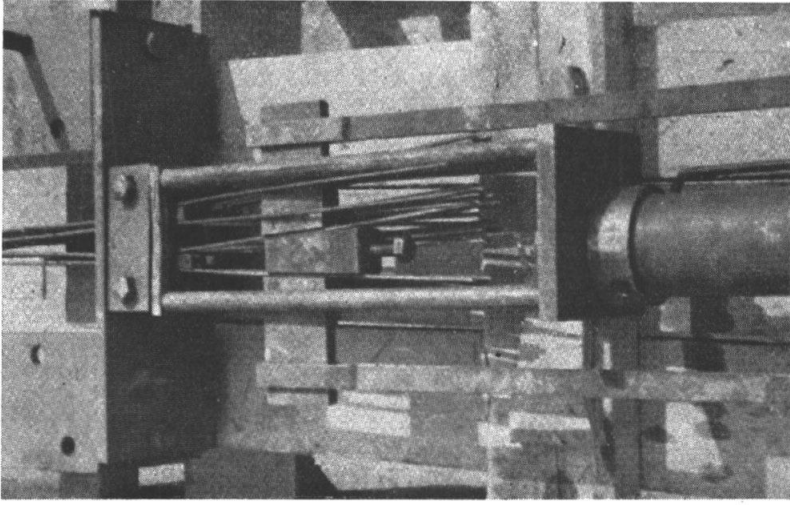


Fig. 20. — Mise sous tension, par deux brins à la fois, de câbles-sandwich ancrés par clavettes.

câble compte de fils, plus on superpose de plaques de fixation, qu'on appelle pour cette raison des plaques sandwich.

Le câble est placé dans une gaine en tôle raidie et rendue étanche par des bandes collantes.

La précontrainte est effectuée en tirant sur deux fils seulement à la fois, par un petit vérin de 4 tonnes agissant sur un appareil de traction fort simple qui reste le même quel que soit le nombre de fils à précontraindre (fig. 19 et 20).

Quand la précontrainte est établie, on injecte de la pâte de ciment dans les gaines afin de protéger les câbles contre la rouille; cette protection est parfaite, grâce aux distances d'au moins 5 mm. séparant les fils des câbles les uns des autres ⁽¹⁾.

Par ce qui précède, on a pu constater que les poutres en béton précontraint par assemblage d'éléments préfabriqués présentent de grands avantages pour les travaux coloniaux. Nous pouvons les résumer comme suit :

1° Suppression de la main-d'œuvre expérimentée nécessaire pour l'établissement des coffrages et des ferrailages;

2° Construction et mise en place de la poutre par une suite d'opérations simples;

3° Compacité et résistance du béton assurées grâce à la vibration;

4° Grande économie de matériaux, d'où transports très réduits, notamment en ce qui concerne les matériaux en provenance de la métropole.

Ce sont ces avantages qui ont amené deux spécialistes en la matière, MM. les ingénieurs J. Verdeyen et P. Moenaert, à préconiser l'emploi du béton précontraint pour la construction de ponts coloniaux. Ces techniciens sont bien connus de tous ceux qui s'occupent de construction

(1) G. MAGNEL, *op. cit.*

et de génie civil, non seulement par les importantes et nombreuses réalisations de la société d'études qu'ils dirigent, mais également par leurs études, conférences et publications sur des points particuliers du domaine dans lequel ils se sont spécialisés. Ils font tous deux partie du corps professoral de l'Université de Bruxelles. Par suite d'un accord intervenu avec le représentant général pour la Belgique et le Congo des procédés Freyssinet, ils ont pu s'associer aux études des éléments en béton précontraint fabriqués en usine, qui se font sous la direction de M. le professeur Baes.

A ce propos, il convient de dire qu'afin d'éviter tout aléa dans la mise en œuvre correcte des armatures du béton précontraint, il a été créé un *Office belge Freyssinet de contrôle des matériaux* qui guide de ses conseils les réalisateurs. Aucune licence n'est accordée que sous réserve de contrôle des plans et de l'exécution. De plus, l'exploitation des brevets Freyssinet en Belgique et dans la Colonie, dont la représentation générale est assurée par M. Goditia-bois ⁽¹⁾, a été divisée en deux branches bien distinctes. A chacune d'elles est attachée une personnalité de tout premier plan, comme ingénieur-conseil.

La branche A s'occupe des constructions en béton précontraint exécutées sur chantier; son ingénieur-conseil est M. Maguel, professeur à l'Université de Gand.

La branche B groupe les réalisations en béton précontraint constituées d'éléments préfabriqués en usine; son ingénieur-conseil est M. Baes, professeur à l'Université de Bruxelles.

A noter également que les méthodes de calcul du béton précontraint sont devenues classiques; M. Magnel les a introduites depuis deux ans dans le tome IV de son *Cours pratique du calcul du béton armé*. Enfin, la nouvelle

(1) M. A. Goditiabois est directeur du *Laboratoire de Cinématique* pour l'étude et les applications des phénomènes vibratoires à l'industrie.

édition des *Instructions sur le béton armé de l'Association belge de Standardisation* comprend des prescriptions sur le béton précontraint.

Le but de la présente communication est de montrer comment MM. Verdeyen et Moenaert envisagent l'application du béton précontraint aux ponts coloniaux.

APPLICATION DU BÉTON PRÉCONTRAIT AUX PONTS COLONIAUX.

La construction des ponts coloniaux pose aux ingénieurs qui en sont chargés des problèmes qui les obligent à recourir à des solutions s'écartant parfois notablement de celles qui seraient normalement adoptées dans des pays plus industrialisés. Un des principaux obstacles réside dans le manque de main-d'œuvre qualifiée. Seuls des ponts pouvant être édifiés par un ou deux contremaîtres européens aidés de manœuvres indigènes, sous la direction d'un ingénieur, peuvent entrer en compétition.

Parmi les solutions répondant à ce critère, la préférence ira naturellement à celle nécessitant le minimum de transport des matériaux locaux et l'amenée d'Europe d'un aussi faible tonnage que possible.

Enfin, le choix sera également largement influencé par le caractère de plus ou moins grande durabilité de l'ouvrage et notamment par la résistance propre de ses diverses parties constitutives aux agents destructeurs qui, comme on le sait, sont particulièrement nombreux et actifs sous le climat chaud et humide de notre Congo : corrosion, pourriture, termites, etc. Sous ce rapport, l'emploi du béton, armé ou non, l'emporte nettement sur les solutions mettant en œuvre le bois ou le métal. Si l'on n'y a pas eu recours plus souvent, la faute en est à la pénurie de main-d'œuvre spécialisée. Mais, et nous l'avons souligné au cours de la présente étude, cette difficulté peut être élégamment tournée par l'emploi du béton précontraint et, plus spécialement, en constituant les ponts coloniaux par des poutres formées d'éléments moulés d'avance.

Le bétonnage des éléments dans des moules expédiés

d'Europe, leur assemblage et leur mise en place ne posent aucun problème qui ne puisse être résolu par le personnel dont on dispose couramment dans la Colonie. D'autre part, la plupart des matériaux : gravier, sable, ciment sont d'origine locale; seuls les aciers de précontrainte doivent être amenés d'Europe.

Dans le projet type que nous présentons ici pour montrer comment le béton précontraint peut servir à la réalisation des ponts coloniaux, on s'est arrêté à un programme de ponts de portée variable, obtenus par assemblage d'un nombre plus ou moins grand d'éléments de série. Le pont étudié et décrit est un ouvrage démontable de 24 m. de longueur. Avec les mêmes éléments, on peut réaliser des portées variant de 50 en 50 cm. entre 15 et 25 m. Des travées plus grandes ou plus petites pourront être créées suivant les mêmes principes, avec des éléments de dimensions appropriées.

Le pont proprement dit est composé d'une série d'éléments ou blocs ayant la forme d'un caisson. Ces blocs sont mis les uns derrière les autres et réunis par précontrainte pour former une poutre-caisson de la longueur voulue. Deux de ces poutres-caisson sont placées symétriquement l'une à côté de l'autre pour former tablier. A chaque extrémité de la poutre est prévue une pièce d'about pleine, sur laquelle viennent prendre appui les dispositifs d'ancrage des armatures de précontrainte.

Un seul moule métallique suffit pour fabriquer tous les éléments en caisson et il en faut un autre pour les pièces pleines d'about.

Les différents ponts d'une même gamme pourront donc être réalisés avec deux moules seulement.

Le bétonnage s'effectue soit à l'usine, les éléments étant ensuite transportés à l'emplacement du pont, soit sur le chantier lui-même.

Afin de supprimer toutes difficultés de manutention

des éléments, on a limité leur poids unitaire à 650 kg. en leur donnant une longueur de 50 cm.

Les éléments peuvent être montés soit directement à

VUE SUIVANT .AD.

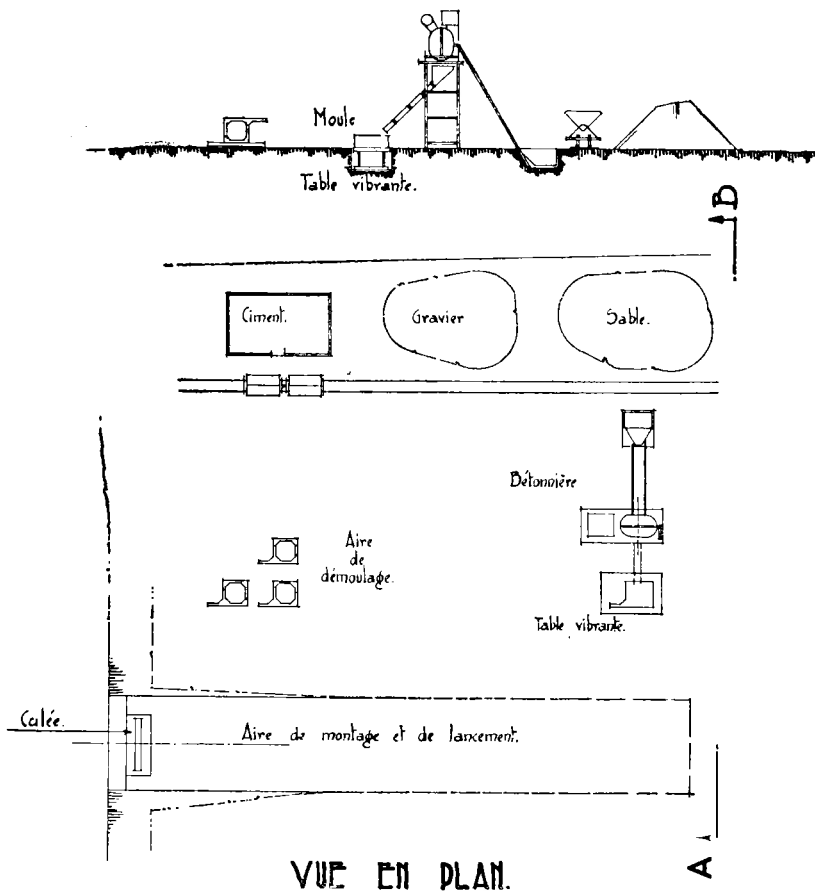


FIG. 21. — Disposition type d'un chantier de moulage de blocs à proximité de l'emplacement du pont à construire.

l'aide d'un échafaudage, soit sur une aire d'assemblage à rive, et lancés ensuite.

Des câbles de précontrainte passés dans des gaines pré-

vues à cet effet dans les blocs assurent la cohésion de l'ensemble. Afin de pouvoir résister aux tensions dues au calage des armatures, les pièces d'about sont conçues en béton fretté. La précontrainte est réalisée par des vérins spéciaux permettant de tendre et de caler en une fois 10 armatures de 5 mm. de diamètre. Chacune des gaines livre passage à un câble composé de 10 armatures. Afin de garantir la protection des aciers contre la corrosion, des trous sont ménagés dans les blocs, par lesquels on pourra injecter du ciment dans les gaines.

Le lancement peut s'effectuer dès que la poutre est assemblée, à l'aide d'un avant-bec constitué par une poutrelle métallique de 16 m. de longueur, qui servira indifféremment pour tous les ponts de la gamme de 15 à 25 m. de portée. Il est à noter que pour résister aux efforts mis en jeu au cours du lancement, une précontrainte spéciale et temporaire doit être appliquée à la poutre. Le poids à mouvoir lors du lancement est d'environ 33 tonnes pour une demi-poutre de 24 m.

Les diverses opérations nécessaires pour établir un pont colonial en béton précontraint peuvent se schématiser de la façon suivante :

1° Installation du chantier comportant une aire plane dans le prolongement de l'axe du pont (fig. 21).

2° Bétonnage des éléments ou blocs sur la table vibrante, dans des moules métalliques, et leur ripage sur l'aire de montage.

3° Assemblage des éléments par précontrainte des fils au moyen du vérin. La tension des fils tiendra compte des efforts dus au lancement. Mise en place de l'avant-bec.

4° Pendant les opérations précédentes, les culées auront été construites jusqu'au niveau des appuis.

5° Lancement de la poutre. Cette manœuvre sera facilitée par l'emploi du vérin de précontrainte.

6° Quand la poutre est en place, complément et réglage de la précontrainte.

7° Injection du ciment dans les gaines pour protéger les fils contre la corrosion.

8° Achèvement des culées.

Afin de pouvoir apprécier sur un exemple concret les avantages de ce nouveau procédé, nous avons demandé à MM. Verdeyen et Moenaert d'étudier le cas d'un pont colonial de 24 m. de portée, répondant à toutes les exigences de trafic en vigueur au Congo belge et au Ruanda-Urundi, au 10 mai 1940.

Nous rappellerons à ce propos que le *train de charges type convoi lourd de la Colonie* est composé d'un tracteur de 12 tonnes (4 tonnes + 8 tonnes), suivi d'une file ininterrompue de remorques de 10 tonnes (5 tonnes + 5 tonnes), les essieux étant uniformément espacés de 3 m. On considère, en outre, une surcharge uniformément répartie de 600 kg. par mètre carré, couvrant toute la largeur du pont, y compris les trottoirs, et étendue sur la moitié de la longueur du pont, sans que cette surcharge puisse être inférieure à 12 m. Cette surcharge a pour objet de tenir compte de la sujétion créée par le passage des troupeaux.

Les différentes parties des ponts doivent être calculées pour les sollicitations les plus défavorables, dues soit au train de charges, soit à la surcharge uniformément répartie.

L'effort de freinage doit intervenir à concurrence de 60 % du poids total du train de charges pouvant se trouver sur le pont.

Comme pour les ponts métalliques, on a adopté la largeur de 2^m50 pour la voie charretière. Par contre, on a prévu en plus deux trottoirs de 50 cm. de largeur utile, pour piétons, alors que pour les ponts métalliques, le trottoir n'est imposé que pour des travées de plus de 24 m.

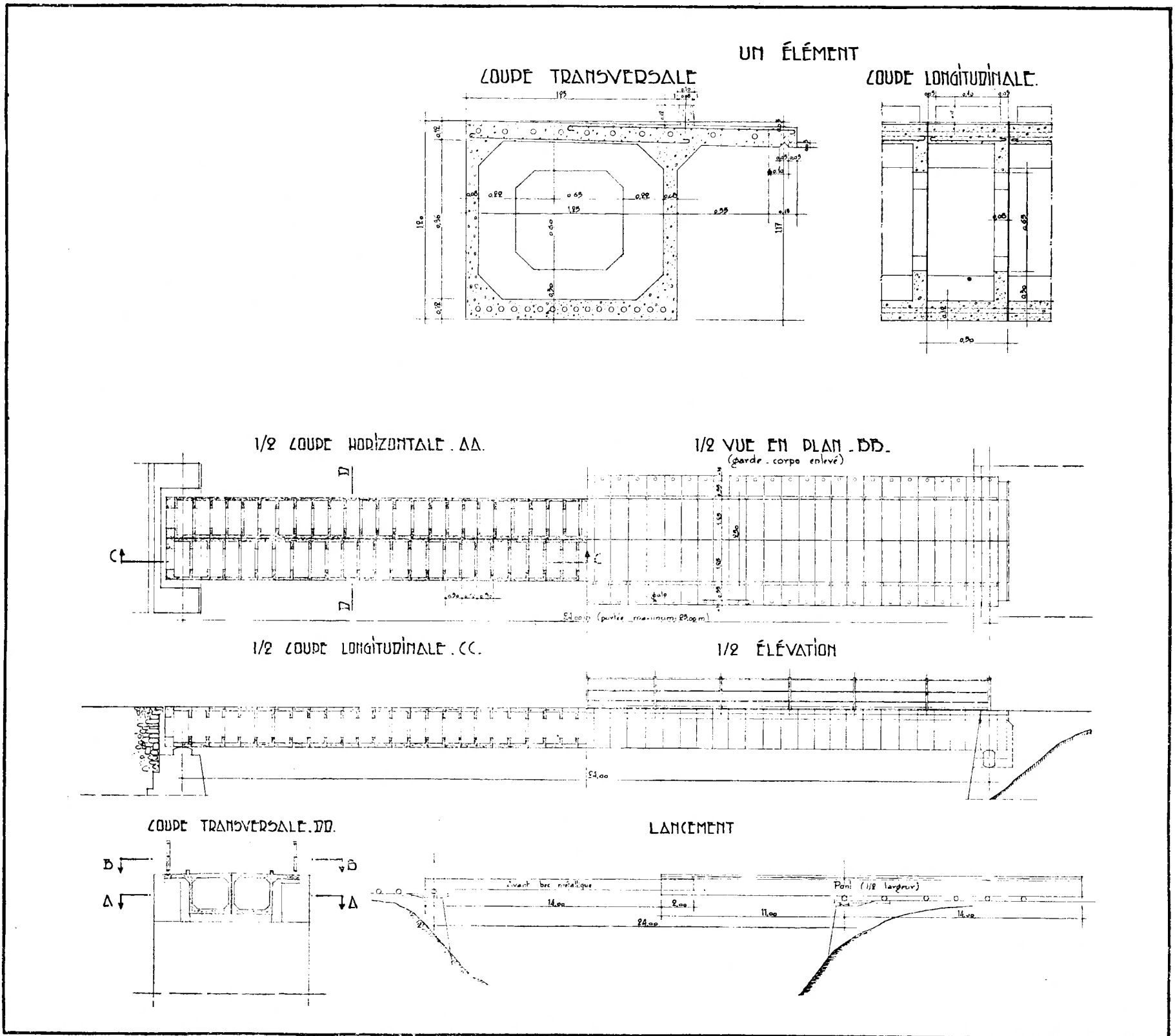


FIG. 22. — Plan d'un pont démontable en béton précontraint de 24 m. de portée.

Les dimensions du pont en béton précontraint satisfaisant à ces conditions sont mentionnées au plan de la figure 22.

Les caractéristiques de l'ouvrage sont les suivantes :

Largeur hors-œuvre du tablier	3,90 m.
Hauteur des caissons dans l'axe du pont.	1,20 m.
Épaisseur du platelage	0,12 m.

Ce pont nécessite la mise en œuvre de 30 m³ de béton comportant 12 tonnes de ciment, 1.500 kg. d'acier rond de 5 mm. de diamètre, écroué et trempé, pour la précontrainte, et 1.500 kg. d'acier doux.

A titre d'information, nous rappellerons que le dernier modèle de pont métallique étudié pour la Colonie en vue de livrer passage au train de charges précisé ci-avant nécessite pour une travée de 24 m. un poids de profilés en acier de plus de 22 tonnes à importer.

Nous ajouterons que le convoi type lourd de la Colonie peut donner une charge roulante maximum de 43 tonnes sur une travée de 24 m.

Le convoi type des Ponts et Chaussées belge est actuellement un convoi d'une longueur de 20 m. et d'un poids total de 32 tonnes, sur 5 essieux distants uniformément de 4 m. et pesant respectivement 4, 6, 12, 6 et 4 tonnes, avec deux variantes : 12, 6, 6, 4 et 4 tonnes et 6, 12, 6, 4 et 4 tonnes.

On considère de plus, devant et derrière les convois qui viennent d'être définis, une surcharge mobile uniformément répartie, indéfinie et indéfiniment divisible, de 400 kg. par mètre carré.

Le pont en béton précontraint proposé par MM. Verdeyen et Moenaert peut livrer passage à cette surcharge qui comprend, comme on le voit, un essieu de 12 tonnes.

Les calculs établissent, en outre, que ce pont permet également le passage du gros rouleau à vapeur de 24 ton-

nes, dont la roue avant pèse 10 tonnes et chacune des roues arrière 7 tonnes. L'essieu arrière de 14 tonnes est distant du premier de 3 m.

Dans l'éventualité où plusieurs ponts seraient à ériger dans la même région, il pourrait y avoir intérêt, comme nous l'avons déjà fait remarquer, à créer une usine de fabrication des éléments de pont, qui pourraient ensuite être amenés sur place par camion, puisque chaque élément ne dépasse pas le poids de 650 kg.

Pour le cas le plus fréquent cependant, où les matières inertes du béton (sable et gravier) se trouveraient dans le lit même du cours d'eau à franchir, et où l'on préférerait mouler les éléments à pied d'œuvre, nous avons représenté schématiquement sur la figure 21 la disposition du chantier à prévoir à proximité immédiate du pont à construire.

A côté des dépôts de sable et de gravier, et du petit hangar pour abriter le ciment, se trouvent installées la bétonnière (fig. 16) et la table vibrante (fig. 17). Ces machines seront actionnées toutes deux par une petite source d'énergie, qui pourra au besoin être le moteur de l'un des camions ayant servi au transport du personnel et du matériel. Pour la facilité des manutentions, la table vibrante devra être légèrement en contre-bas, de façon que la table proprement dite soit au niveau de l'aire de démoulage des blocs. Par ripage, ces derniers seront amenés sans peine à l'emplacement de l'aire de montage, pour y être assemblés par les câbles de précontrainte, en vue du lancement.

La figure 23 représente le pont au cours de cette dernière opération et la figure 24 donne une vue perspective de l'ouvrage terminé. On remarquera qu'il répond parfaitement à l'opinion qu'émettait récemment M. Freysinnet : « Dans tous les domaines, les constructions évo-

FIG. 23. — Lancement d'un pont démontable constitué par des éléments de série préfabriqués réunis par précontrainte.

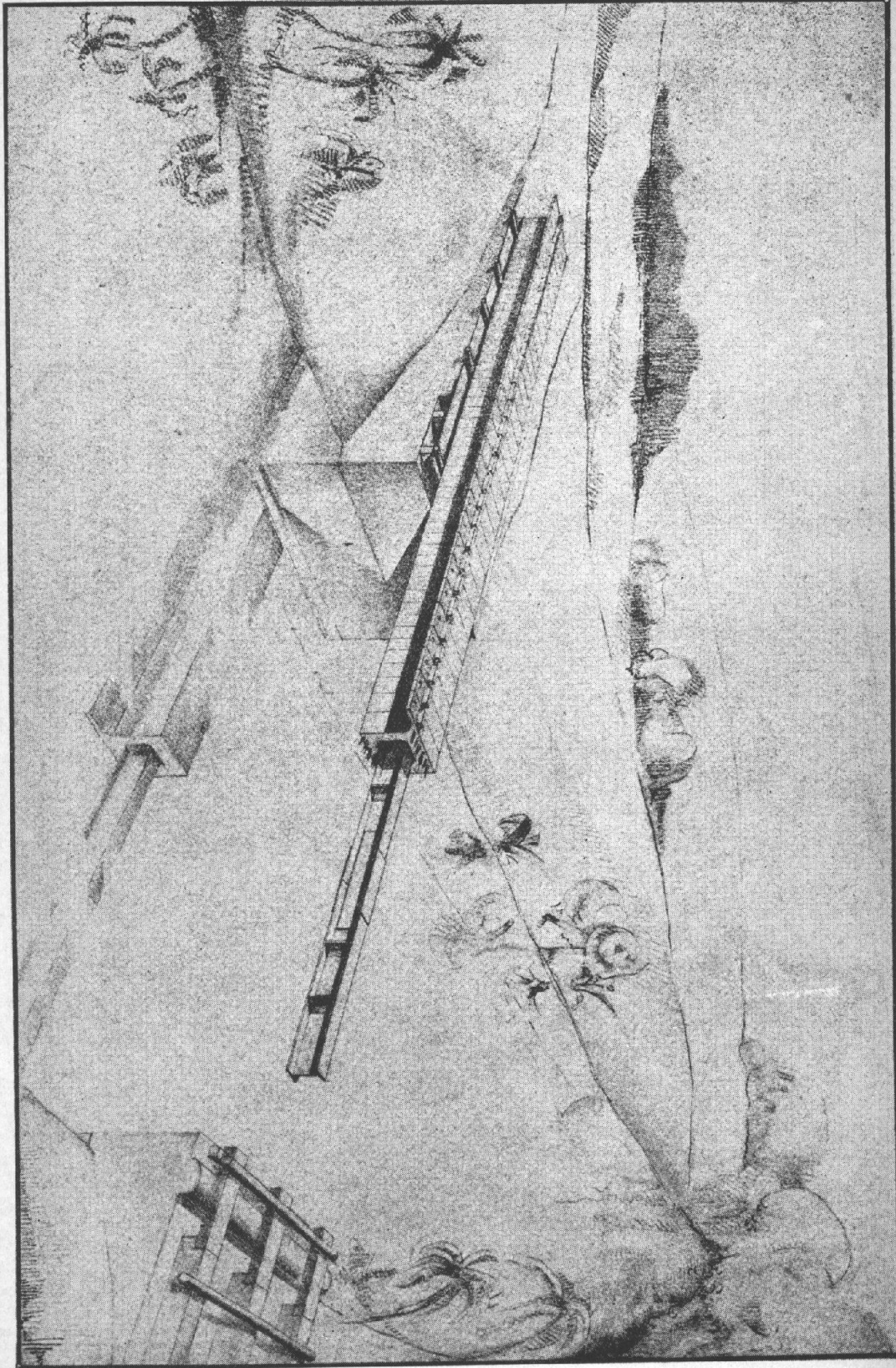
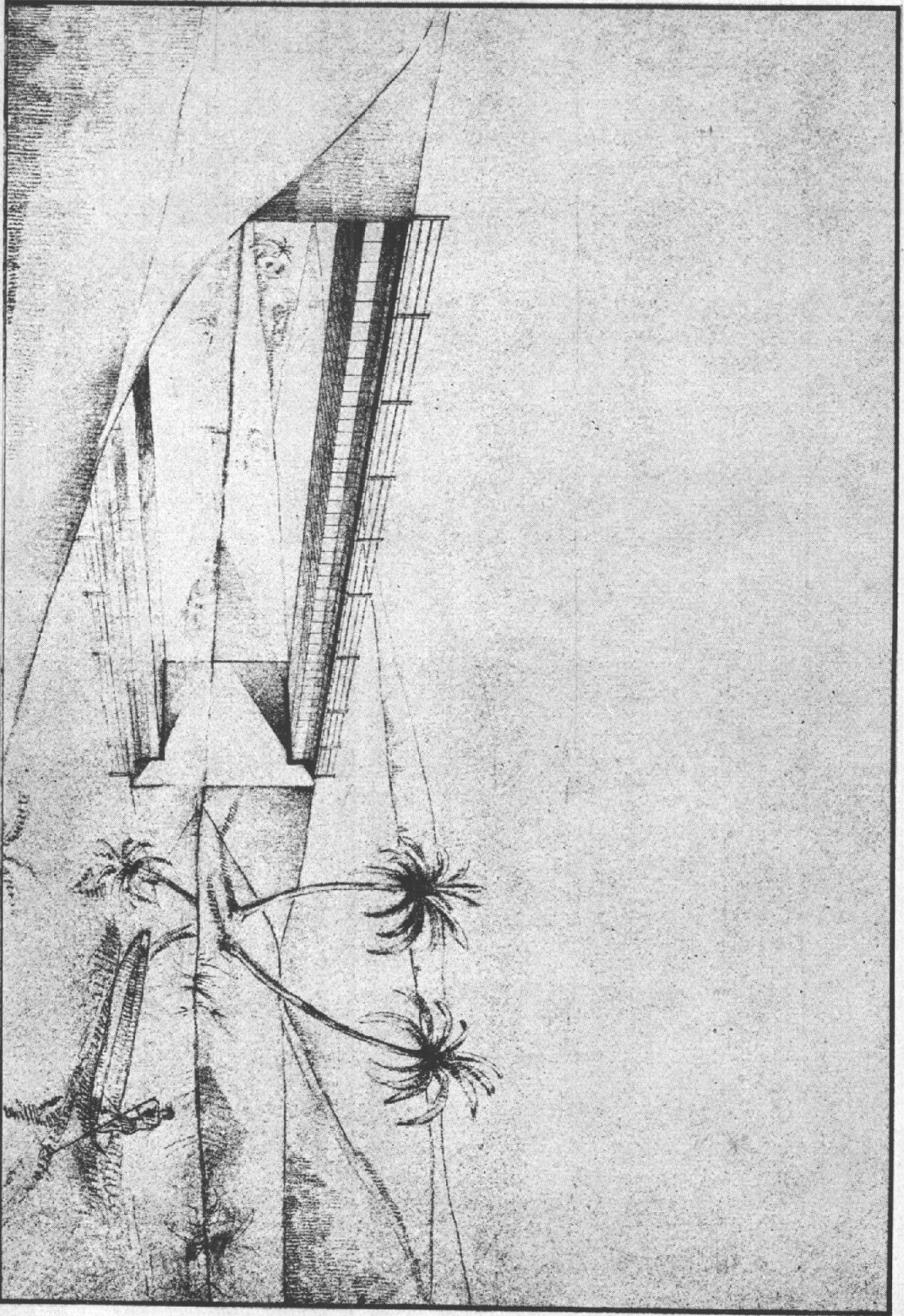


Fig. 24. — Vue perspective d'un pont démontable colonial de 24 m. de portée, en éléments de série préfabriqués.



luent vers la légèreté, et la substitution de la qualité à la quantité. »

En conclusion, les avantages de la construction des ponts coloniaux en béton précontraint peuvent se résumer comme suit :

1° Les ponts du type proposé peuvent se réaliser avec un matériel des plus réduits et d'une grande simplicité d'emploi.

2° Avec le même matériel, on peut obtenir une gamme étendue de ponts de portées très variables.

3° La mise en place des éléments et le lancement du pont ne nécessitent aucune manœuvre délicate.

4° L'exécution du pont sera économique, étant donné le peu de transports nécessaires pour l'amenée des matériaux sur place, ceux-ci pouvant, au surplus, être transportés en vrac.

5° La durabilité de ce pont sera pratiquement indéfinie et son entretien nul, comme pour tout ouvrage en béton, puisque l'enrobage des aciers est d'au moins 5 cm., ce qui exclut toute possibilité de corrosion.

6° Les ponts étant démontables, peuvent être établis provisoirement et leurs éléments réutilisés pour un ouvrage ultérieur. Dans ce cas, les armatures ne devront pas être enrobées de ciment. Néanmoins, on pourra les protéger contre la corrosion si on le juge utile, en logeant les câbles de précontrainte dans des gaines que l'on remplira d'un produit à base asphaltique.

7° Des ponts à travées multiples pourront être réalisés par des poutres lancées successivement sur les différentes piles intermédiaires.

Dans ce qui précède, nous avons voulu rassembler, en vue de la prochaine libération que nous appelons de tous nos vœux, et au bénéfice des coloniaux, principalement

de nos anciens collaborateurs demeurés en Afrique après mai 1940, — et de ce fait restés en dehors des derniers perfectionnements de la technique européenne, — quelques données simples et pratiques sur le béton précontraint.

Nous avons voulu également, sur un exemple choisi dans le cadre de leurs préoccupations courantes, leur faire entrevoir les domaines encore inexplorés que ce mode de construction nouveau est susceptible de conquérir dans les colonies en général et, en particulier, au Congo belge et au Ruanda-Urundi.

Nous tenons à exprimer à nos camarades Verdeyen et Moenaert nos vifs remerciements pour nous avoir apporté dans la poursuite de ce double objectif, le fruit de leur activité scientifique et le précieux concours de leur bureau d'études.

A M. le Prof^r Magnel également s'adresse notre gratitude pour les clichés qu'il a bien voulu mettre à notre disposition.

Woluwe-Saint-Lambert, le 22 juillet 1944.

BIBLIOGRAPHIE.

- J. BOLOMEY, Le contrôle du Béton sur les chantiers (*La Technique des Travaux*, septembre 1930, pp. 611-619).
- Simplification des Essais de Contrôle de la qualité des Bétons sur les petits chantiers (*Le Constructeur de Ciment armé*, novembre 1935, pp. 217-221).
- J. FAURY, Exposé des Etudes sur la Plasticité du Béton pendant sa mise en œuvre (voir TH. MAKCHEEFF, *Manuel du Béton vibré*).
- Les Compositions granulométriques optima du Béton (*Travaux*, mai et juillet 1942, pp. 131-138, 191-194).
- Le Béton, éd. Dunod, Paris, 1942.
- E. FREYSSINET, Idées et Voies nouvelles, I: Une Théorie thermodynamique des Ciments; II: Application au Problème industriel de l'emploi des Aciers et des Bétons à très haute résistance (*Science et Industrie*, janvier 1933, pp. 1-17).
- Une Révolution dans les techniques du Béton, Lib. de l'Enseignement technique, Paris, 1936.
- Le Développement cyclique du Béton armé. Commentaires (*Le Génie Civil*, 1^{er} et 8 février 1941, pp. 48-49).
- Une révolution dans l'Art de Bâtir (*Travaux*, novembre 1941, pp. 335-359. — *Reconstruction*, n° 15 de février 1942, pp. 35-44; n° 16 de mars 1942, pp. 35-42; n° 17 d'avril 1942, pp. 35-40).
- Idem (extrait des *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils de France*, Paris, 1943).
- Idem. Compte rendu (*Le Génie Civil*, 20-27 décembre 1941, pp. 261-266).
- L'emploi d'Armatures précontraintes réglables dans les Constructions en Béton armé (*Ibidem*, 1^{er} novembre 1942, pp. 298-299).
- L'Évolution future des propriétés des Matériaux (*Travaux*, mai 1943, pp. 179-185).
- II. LOSSIER, Le Développement cyclique du Béton armé. Hasard ou Intuition (*Le Génie Civil*, 1^{er} et 8 février 1941, pp. 41-48).
- Types de Ponts en Béton armé avec Armatures précontraintes réglables (*Ibidem*, 15 septembre et 1^{er} octobre 1942, pp. 253-257, 269).
- Ciments sans retrait et expansifs (*Travaux*, juin 1943, pp. 203-205).
- Les Ciments expansifs et leurs applications. Autocontrainte du Béton (*Le Génie Civil*, 15 avril et 1^{er} mai 1944, pp. 61-65, 69-71).
- G. MAGNEL, Le Dosage scientifique des Bétons (*La Technique des Travaux*, août et octobre 1927, pp. 400-410, 521-526; octobre 1928, pp. 607-610).
- Pratique du Calcul du Béton armé, 4^e partie, éd. Rombaut-Fecheyr, Gand, 1942, pp. 160-179.

- G. MAGNEL, Le Béton précontraint, impr. L. Blondé, Anvers, 1942.
- Les Applications du Béton précontraint en Belgique (*Science et Technique*, n° 5 de 1944, pp. 1-12).
- TH. MAKCFHEEFF, Manuel du Béton vibré, suivi d'un Exposé des Études sur la Plasticité du Béton pendant sa mise en œuvre, par J. FAURY, Lib. de l'Enseignement technique, Paris, 1939.
- P. MOENAERT, Le Béton précontraint (*L'Art de Bâtir*, juillet 1943, pp. 161-168).
- Les Fissures dans le Béton armé (*Travaux*, mars 1944, pp. 71-75).
- R. PERRE, Ciment sans retrait et expansifs (*Ibidem*, juin 1943, pp. 205-208).
- J. REDONNET, Une nouvelle application du Béton précontraint. Les Ponts-Dalles d'Elbeuf-sur-Andelle et de Longroy (*Ibidem*, octobre 1943, pp. 347-359).
- Le Béton précontraint vibrogiré. Les Ponts-Dalles en Béton précontraint du Département de la Seine-Inférieure (*Reconstruction*, n°s 31 et 32 de 1943).

LISTE DES FIGURES

	Page.
1. Flexion simple d'une poutre en béton armé appuyée à ses deux extrémités	5
2. Compression longitudinale	8
3. Précontrainte axée	9
4. Précontrainte au tiers de la hauteur	9
5. Coupe transversale de l'ancrage Freyssinet en béton fretté noyé dans le béton	12
6. Détails d'un câble-sandwich et de l'ancrage par clavettes ...	12
7. Tête d'un câble-sandwich à 32 brins. Ancrage par clavettes.	
8. Coffrage ouvert montrant les armatures dans les tubes.	
9. About d'une poutre en béton précontraint avant ancrage des armatures.	
10. About de la poutre de la figure 9 après ancrage des armatures précontraintes	13
11. Élément ou bloc préfabriqué sur table vibrante	13
12. Poutre en béton précontraint réalisée par éléments préfabriqués	13
13. Mise en place par câble de service d'un pont en éléments préfabriqués	14
14. Trois profils offrant la même résistance à la flexion simple,	22
15. Courbes de compositions granulométriques	27
16. Bétonnière de fabrication belge, de 370 litres de capacité, nécessitant un moteur de 7 CV. et montée sur roues caoutchoutées	32
17. Table vibrante équipée d'un générateur de microvibrations unidirectionnelles. Moteur de 2 CV. Poids de la table complète : 385 kg. Cette table peut vibrer des pièces pesant jusque 800 kg.	32
18. Vérin Freyssinet de 30 tonnes pour la mise en précontrainte.	32
19. Appareil de précontrainte avec vérin de 4 tonnes pour câble-sandwich	33
20. Mise sous tension, par deux brins à la fois, de câbles-sandwich ancrés par clavettes	33
21. Disposition type d'un chantier de moulage de blocs à proximité de l'emplacement du pont à construire	38
22. Plan d'un pont démontable en béton précontraint de 24 m. de portée	40
23. Lancement d'un pont démontable constitué par des éléments de série préfabriqués réunis par précontrainte	42
24. Vue perspective d'un pont démontable colonial de 24 m. de portée, en éléments de série préfabriqués	43



Tome X.

1. VANHOVE, J., *Essai de droit coutumier du Ruanda* (Mémoire couronné au Concours annuel de 1940) (135 pages, 1 carte, 13 planches, 1941) . . . fr. 33 »
2. OLBRECHTS, F. M., *Bijdrage tot de kennis van de Chronologie der Afrikaansche plastiek* (38 blz., X pl., 1941) . . . 15 »
3. DE BEAUCORPS, le R. P. R., *Les Basongo de la Luvuingu et de la Gobari* (Mémoire couronné au Concours annuel de 1940) (172 pages, 15 planches, 1 carte, 1941) . . . 50 »
4. VAN DER KERKEN, G., *Le Mésolithique et le Néolithique dans le bassin de l'Uele* (118 pages, 5 fig., 1942) . . . 25 »
5. DE BOECK, le R. P. L.-B., *Premières applications de la Géographie linguistique aux langues bantoues* (219 pages, 75 figures, 1 carte hors-texte, 1942) . . . 65 »

Tome XI.

1. MERTENS, le R. P. J., *Les chefs couronnés chez les Ba Kongo orientaux. Etude de régime successoral* (Mémoire couronné au Concours annuel de 1938) (455 pages, 8 planches, 1942) . . . 125 »
2. GELDERS, V., *Le clan dans la Société indigène. Etude de politique sociale, belge et comparée* (72 pages, 1943) . . . 15 »
3. SOHIER, A., *Le mariage en droit coutumier congolais* (248 pages, 1943) . . . 60 »

Tome XII.

1. LATDE, N., *La Compagnie d'Ostende et son activité coloniale au Bengale* (260 pages, 7 planches et 1 carte hors-texte, 1944) . . . 85 »

Tome XIII.

- VAN DER KERKEN, G., *L'Ellinie Mongo :*
1. Vol. I. Première partie: *Histoire, groupements et sous-groupements, origines.* Livre I (XII-504 pages, 1 carte, 3 croquis hors-texte, 1944) . . . 200 »
 2. Vol. I. Première partie. Livres II et III (X-639 pages, 1 carte, 3 croquis et 64 planches hors-texte, 1944) . . . 310 »

SECTION DES SCIENCES NATURELLES ET MÉDICALES

Tome I.

1. ROBYNS, W., *La colonisation végétale des laves récentes du volcan Rumoka (laves de Kaleruzi)* (33 pages, 10 planches, 1 carte, 1932) . . . fr. 15 »
2. DUBOIS, le Dr A., *La lèpre dans la région de Wamba-Pawa (Uele-Nepoko)* (87 pages, 1932) . . . 13 »
3. LEPLAE, E., *La crise agricole coloniale et les phases du développement de l'agriculture dans le Congo central* (31 pages, 1932) . . . 5 »
4. DE WILDEMAN, E., *Le port suffrutescens de certains végétaux tropicaux dépend de facteurs de l'ambiance!* (51 pages, 2 planches, 1933) . . . 10 »
5. ADRIAENS, L., CASTAGNE, E. et VLASSOV, S., *Contribution à l'étude histologique et chimique du Sterculia Bequaerti De Wild.* (112 pages, 2 planches, 28 fig., 1933) . . . 24 »
6. VAN NIJSEN, le Dr R., *L'hygiène des travailleurs noirs dans les camps industriels du Haut-Katanga* (248 pages, 4 planches, carte et diagrammes, 1933) . . . 45 »
7. SIEYAERT, R. et VRYDAGH, J., *Etude sur une maladie grave du cotonnier provoquée par les piqûres d'Helopeltis* (55 pages, 32 figures, 1933) . . . 20 »
8. DELEVOY, G., *Contribution à l'étude de la végétation forestière de la vallée de la Lukuga (Katanga septentrional)* (124 pages, 5 planches, 2 diagr., 1 carte, 1933) . . . 40 »

Tome II.

1. HAUMAY, L., *Les Lobelia géants des montagnes du Congo belge* (52 pages, 6 figures, 7 planches, 1934) . . . fr. 15 »
2. DE WILDEMAN, E., *Remarques à propos de la forêt équatoriale congolaise* (120 p., 3 cartes hors texte, 1934) . . . 26 »
3. HENRY, J., *Etude géologique et recherches minières dans la contrée située entre Ponthiercille et le lac Kivu* (51 pages, 6 figures, 3 planches, 1934) . . . 16 »
4. DE WILDEMAN, E., *Documents pour l'étude de l'alimentation végétale de l'indigène du Congo belge* (264 pages, 1934) . . . 35 »
5. POLINARD, E., *Constitution géologique de l'Entre-Lulua-Bushimaie, du 1^{er} au 8^e parallèle* (74 pages, 6 planches, 2 cartes, 1934) . . . 22 »

Tome III.

1. LERRUN, J., *Les espèces congolaises du genre Ficus L.* (79 pages, 4 figures, 1934) . . . 12 »
2. SCHWEIZ, le Dr J., *Contribution à l'étude endémiologique de la malaria dans la forêt et dans la savane du Congo oriental* (45 pages, 1 carte, 1934) . . . 8 »
3. DE WILDEMAN, E., TROLLI, GRÉGOIRE et OROLOVITCH, *A propos de médicaments indigènes congolais* (127 pages, 1935) . . . 17 »
4. DELEVOY, G. et ROBERT, M., *Le milieu physique du Centre africain méridional et la phytogéographie* (104 pages, 2 cartes, 1935) . . . 18 »
5. LEPLAE, E., *Les plantations de café au Congo belge. — Leur histoire (1881-1935). — Leur importance actuelle* (248 pages, 12 planches, 1936) . . . 40 »

Tome IV.

1. JADIN, le Dr J., *Les groupes sanguins des Pygmées* (Mémoire couronné au Concours annuel de 1935) (26 pages, 1935) fr. 5 "
2. JULIEN, le Dr P., *Bloedgroeponderzoek der Efé-pygmeëën en der omwonende Negerstammen* (Verhandeling welke in den jaarlijkschen Wedstrijd voor 1935 eene eervolle vermelding verwierf) (32 bl., 1935) 6 "
3. VLASSOV, S., *Espèces alimentaires du genre Artocarpus*. — 1. *L'Artocarpus integrifolia L. ou le Jacquier* (80 pages, 10 planches, 1936) 18 "
4. DE WILDEMAN, E., *Remarques a propos de formes du genre Uragoga L. (Rubiaceés)*. — *Afrique occidentale et centrale* (188 pages, 1936) 27 "
5. DE WILDEMAN, E., *Contributions à l'étude des espèces du genre Uapaga BAILL. (Euphorbiacées)* (192 pages, 43 figures, 5 planches, 1936) 35 "

Tome V.

1. DE WILDEMAN, E., *Sur la distribution des saponines dans le règne végétal* (94 pages, 1936) fr. 16 "
2. ZAHLBRUCKNER, A. et HAUMAN, L., *Les lichens des hautes altitudes au Ruwenzori* (31 pages, 5 planches, 1936) 10 "
3. DE WILDEMAN, E., *A propos de plantes contre la lèpre (Crinum sp. Amaryllidacées)* (58 pages, 1937) 10 "
4. HISSETTE, le Dr J., *Onchocercose oculaire* (120 pages, 5 planches, 1937) 25 "
5. DUREN, le Dr A., *Un essai d'étude d'ensemble du paludisme au Congo belge* (86 pages, 4 figures, 2 planches, 1937) 16 "
6. STANER, P. et BOUTIQUE, R., *Matériaux pour les plantes médicinales indigènes du Congo belge* (228 pages, 17 figures, 1937) 40 "

Tome VI.

1. BURGEON, L., *Liste des Coléoptères récoltés au cours de la mission belge au Ruwenzori* (140 pages, 1937) fr. 25 "
2. LEPERSONNE, J., *Les terrasses du fleuve Congo au Stanley-Pool et leurs relations avec celles d'autres régions de la cuvette congolaise* (68 pages, 6 figures, 1937) 12 "
3. CASTAGNE, E., *Contribution à l'étude chimique des légumineuses insecticides du Congo belge* (Mémoire couronné au Concours annuel de 1937) (102 pages, 2 figures, 9 planches, 1938) 45 "
4. DE WILDEMAN, E., *Sur des plantes médicinales ou utiles du Mayumbe (Congo belge), d'après des notes du R. P. WELLENS + (1891-1924)* (97 pages, 1938) 17 "
5. ADRIAENS, L., *Le Ricin au Congo belge. — Etude chimique des graines, des huiles et des sous-produits* (206 pages, 11 diagrammes, 12 planches, 1 carte, 1938) 60 "

Tome VII.

1. SCHWETZ, le Dr J., *Recherches sur le paludisme endémique du Bas-Congo et du Kwango* (164 pages, 1 croquis, 1938) fr. 28 "
2. DE WILDEMAN, E., *Dioscorea alimentaires et toxiques (morphologie et biologie)* (262 pages, 1938) 45 "
3. LEPLAE, E., *Le palmier à huile en Afrique, son exploitation au Congo belge et en Extrême-Orient* (108 pages, 11 planches, 1939) 30 "

Tome VIII.

1. MICHOT, P., *Etude pétrographique et géologique du Ruwenzori septentrional* (271 pages, 17 figures, 48 planches, 2 cartes, 1938) fr. 85 "
2. BOUCKAERT, J., CASIER, H., et JADIN, J., *Contribution à l'étude du métabolisme du calcium et du phosphore chez les indigènes de l'Afrique centrale* (Mémoire couronné au Concours annuel de 1938) (25 pages, 1938) 6 "
3. VAN DEN BERGHE, L., *Les schistosomes et les schistosomoses au Congo belge et dans les territoires du Ruanda-Urundi* (Mémoire couronné au Concours annuel de 1939) (154 pages, 14 figures, 27 planches, 1939) 45 "
4. ADRIAENS, L., *Contribution à l'étude chimique de quelques gommés du Congo belge* (100 pages, 9 figures, 1939) 22 "

Tome IX.

1. POLINARD, E., *La bordure nord du socle granitique dans la région de la Lubi et de la Bushimai* (56 pages, 2 figures, 4 planches, 1939) fr. 16 "
2. VAN RIEL, le Dr J., *Le Service médical de la Compagnie Minière des Grands Lacs Africains et la situation sanitaire de la main-d'œuvre* (58 pages, 5 planches, 1 carte, 1939) 13 "
3. DE WILDEMAN, E., Drs TROLLI, DRICOT, TESSITORE et M. MORTIAUX, *Notes sur des plantes médicinales et alimentaires du Congo belge* (Missions du « Foréami ») (VI-356 pages, 1939) 60 "
4. POLINARD, E., *Les roches alcalines de Chianga (Angola) et les tufs associés* (32 pages, 2 figures, 3 planches, 1939) 12 "
5. ROBERT, M., *Contribution à la morphologie du Katanga; les cycles géographiques et les pénéplaines* (59 pages, 1939) 10 "

Tome II.

1. DEVROEY, E., *Le réseau routier au Congo belge et au Ruanda-Urundi* (218 pages, 62 figures, 2 cartes, 1939) . . . fr. 60 »
2. DEVROEY, E., *Habitations coloniales et conditionnement d'air sous les tropiques* (228 pages, 94 figures, 33 planches, 1940) . . . fr. 65 »
3. LEHAYE, M., *Grands traits de la Géologie et de la Minéralisation aurifère des régions de Kilo et de Moto (Congo belge)* (135 pages, 25 figures, 13 planches, 1940) . . . fr. 35 »

Tome III.

1. SPRONCK, R., *Mesures hydrographiques effectuées dans la région divagante du bief maritime du fleuve Congo. Observation des mouvements des alluvions. Essai de détermination des débits solides* (56 pages, 1941) . . . fr. 16 »
2. BETTE, R., *Aménagement hydro-électrique complet de la Lufira à « Chutes Corneet » par régularisation de la rivière* (33 pages, 10 planches, 1941) . . . fr. 27 »
3. DEVROEY, E., *Le bassin hydrographique congolais, spécialement celui du bief maritime* (172 pages, 6 planches, 4 cartes, 1941) . . . fr. 50 »
4. DEVROEY, E. (avec la collaboration de DE BACKER, E.), *La réglementation sur les constructions au Congo belge* (230 pages, 1942) . . . fr. 50 »

Tome IV

1. DEVROEY, E., *Le béton précontraint aux Colonies. (Présentation d'un projet de pont démontable en éléments de série préfabriqués)* (48 pages, 9 planches hors-texte, 1944) . . . fr. 20 »

COLLECTION IN-4°

SECTION DES SCIENCES MORALES ET POLITIQUES

Tome I.

1. SCHEBESTA, le R. P. P., *Die Bambuti-Pygmäen vom Ituri* (tome I) (1 frontispice, XVIII-440 pages, 16 figures, 11 diagrammes, 32 planches, 1 carte, 1938) . . . fr. 250 »

Tome II.

1. SCHEBESTA, le R. P. P., *Die Bambuti-Pygmäen vom Ituri* (tome II) (XII-284 pages, 189 figures, 5 diagrammes, 25 planches, 1941) . . . fr. 135 »

SECTION DES SCIENCES NATURELLES ET MEDICALES

Tome I.

1. ROBYNS, W., *Les espèces congolaises du genre Digitaria Hall* (52 pages, 6 planches, 1931) . . . fr. 20 »
2. VANDERYST, le R. P. H., *Les roches oolithiques du système schisto-calcaire dans le Congo occidental* (70 pages, 10 figures, 1932) . . . fr. 20 »
3. VANDERYST, le R. P. H., *Introduction à la phytogéographie agrostologique de la province Congo-Kasai. (Les formations et associations)* (154 pages, 1932) . . . fr. 32 »
4. SCAETTA, H., *Les famines périodiques dans le Ruanda. — Contribution à l'étude des aspects biologiques du phénomène* (42 pages, 1 carte, 12 diagrammes, 10 planches, 1932) . . . fr. 26 »
5. FOMAINAS, P. et ANSOTTE, M., *Perspectives minières de la région comprise entre le Nil, le lac Victoria et la frontière orientale du Congo belge* (27 pages, 2 cartes, 1932) . . . fr. 10 »
6. ROBYNS, W., *Les espèces congolaises du genre Panicum L.* (80 pages, 5 planches, 1932) . . . fr. 25 »
7. VANDERYST, le R. P. H., *Introduction générale à l'étude agronomique du Haut-Kasai. Les domaines, districts, régions et sous-régions géo-agronomiques du Vicariat apostolique du Haut-Kasai* (82 pages, 12 figures, 1933) . . . fr. 25 »

Tome II.

1. THOREAU, J., et DU TRIEU DE TERDONCK, R., *Le gîte d'uranium de Shtnkolobwe-Kasolo (Katanga)* (70 pages, 17 planches, 1933) . . . fr. 50 »
2. SCAETTA, H., *Les précipitations dans le bassin du Kivu et dans les zones limitrophes du fossé tectonique (Afrique centrale équatoriale). — Communication préliminaire* (108 pages, 28 figures, cartes, plans et croquis, 16 diagrammes, 10 planches, 1933) . . . fr. 60 »
3. VANDERYST, le R. P. H., *L'élevage extensif du gros bétail par les Hampombas et Baholos du Congo portugais* (50 pages, 5 figures, 1933) . . . fr. 14 »
4. POLINARD, E., *Le socle ancien inférieur à la série schisto-calcaire du Bas-Congo. Son étude le long du chemin de fer de Matadi à Léopoldville* (116 pages, 7 figures, 8 planches, 1 carte, 1934) . . . fr. 40 »

Tome III.

- SCAETTA, H., *Le climat écologique de la dorsale Congo-Nil* (335 pages, 61 diagrammes, 20 planches, 1 carte, 1934) . . . fr. 100 »

Tome X.

1. DE WILDEMAN, E., *De l'origine de certains éléments de la flore du Congo belge et des transformations de cette flore sous l'action de facteurs physiques et biologiques* (365 pages, 1940) fr. 60 »
2. DUBOIS, le Dr A., *La lèpre au Congo belge en 1938* (60 pages, 1 carte, 1940) 12 »
3. JADIN, le Dr J., *Les groupes sanguins des Pygmoides et des nègres de la province équatoriale (Congo belge)* (42 pages, 1 diagramme, 3 cartes, 2 planches, 1940). 10 »
4. POLINARD, E., *Het doleriet van den samenloop Sankuru-Bushimai* (42 pages, 3 figures, 1 carte, 5 planches, 1941) 17 »
5. BURGEON, L., *Les Colasposoma et les Euryope du Congo belge* (43 pages, 7 figures, 1941) 10 »
6. PASSAU, G., *Découverte d'un Céphalopode et d'autres traces fossiles dans les terrains anciens de la Province orientale* (14 pages, 2 planches, 1941) 8 »

Tome XI.

1. VAN NITSEN, le Dr R., *Contribution à l'étude de l'enfance noire au Congo belge* (82 pages, 2 diagrammes, 1941) fr. 16 »
2. SCHWETZ, le Dr J., *Recherches sur le Paludisme dans les villages et les camps de la division de Mongwalu des Mines d'or de Kilo (Congo belge)*. (75 pages, 1 croquis, 1941) 16 »
3. LEBRUX, J., *Recherches morphologiques et systématiques sur les caféiers du Congo* (Mémoire couronné au Concours annuel de 1937) (184 pages, 19 planches, 1941). 80 »
4. ROUHAIN, le Dr J., *Etude d'une souche de Trypanosoma (Cazalbout-Vivax)* (58 pages, 1941) 11 »
5. VAN DEN ABEELE, M., *L'Erosion. Problème africain* (30 pages, 2 planches, 1941). 7 »
6. STANER, P., *Les Maladies de l'Herce au Congo belge* (42 pages, 4 planches, 1941). 10 »
7. RESSLEUR, R., *Recherches sur la calcémie chez les indigènes de l'Afrique centrale* (54 pages, 1941) 15 »
8. VAN DEN BRANDEN, le Dr J.-F., *Le contrôle biologique des Néoarsphénamines (Néo-salvarsan et produits similaires)* (71 pages, 5 planches, 1942) 20 »
9. VAN DEN BRANDEN, le Dr J.-F., *Le contrôle biologique des Glyphénarsines (Tryparsamide, Trypanarsyl, Novatoxyl, Trypotane)* (75 pages, 1942) 20 »

Tome XII.

1. DE WILDEMAN, E., *Le Congo belge possède-t-il des ressources en matières premières pour de la pâte à papier?* (IV-156 pages, 1942) 35 »
2. BASTIN, R., *La biochimie des moisissures (Vue d'ensemble. Application à des souches congolaises d'Aspergillus du groupe « Niger » THOM. et CHURCH.)* (125 pages, 2 diagrammes, 1942) 35 »
3. ADRIAENS, J. et WAGEMANS, G., *Contribution à l'étude chimique des sols sabbins et de leur végétation au Ruanda-Urundi* (186 pages, 1 figure, 7 planches, 1943) 50 »
4. DE WILDEMAN, E., *Les later des Euphorbiacées. I. Considérations générales* (68 pages, 1944) 25 »

Tome XIII

1. VAN NITSEN, R., *Le pian* (128 pages, 6 planches, 1944) 45 »
2. FALLON, F., *L'éléphant africain* (51 pages, 7 planches, 1944) 25 »
3. DE WILDEMAN, E., *A propos de médicaments antilépreux d'origine végétale. II. Les plantes utiles des genres Aconitum et Hydrocotyle* (86 pages, 1944) 30 »

Tome XIV.

1. SCHWETZ, le Dr J., *Recherches sur les Moustiques dans la Bordure orientale du Congo belge (lac Kivu-lac Albert)* (94 pages, 1 carte hors-texte, 6 croquis, 7 photographies, 1944) 40 »
2. SCHWETZ, le Dr J. et DARTEVELLE, E., *Recherches sur les Mollusques de la Bordure orientale du Congo et sur la Bilharziose intestinale de la plaine de Kasanyi, lac Albert* (77 pages, 1 carte hors-texte, 7 planches, 1944) 30 »
3. SCHWETZ, le Dr J., *Recherches sur le paludisme dans la bordure orientale du Congo belge* (216 p., 1 carte, 8 croquis et photographies, 1944). 80 »

SECTION DES SCIENCES TECHNIQUES

Tome I.

1. FONTAINAS, P., *La force motrice pour les petites entreprises coloniales* (188 pages, 1935) fr. 19 »
2. HELLINCKX, L., *Etudes sur le Copal-Congo* (Mémoire couronné au Concours annuel de 1935) (64 pages, 7 figures, 1935) 11 »
3. DEVROEY, E., *Le problème de la Lukuga, exutoire du lac Tanganika* (130 pages, 14 figures, 1 planche, 1938) 30 »
4. FONTAINAS, P., *Les exploitations minières de haute montagne au Ruanda-Urundi* (59 pages, 31 figures, 1938) 18 »
5. DEVROEY, E., *Installations sanitaires et épuration des eaux résiduaires au Congo belge* (56 pages, 13 figures, 3 planches, 1939) 20 »
6. DEVROEY, E., et VANDERLINDEN, R., *Le lac Kivu* (76 pages, 51 figures, 1939) 30 »

Tome IV.

1. POLINARD, E., *La géographie physique de la région du Lubilash, de la Bushtmate et de la Lubi vers le 6° parallèle Sud* (38 pages, 9 figures, 4 planches, 2 cartés, 1935) fr. 25 »
2. POLINARD, E., *Contribution à l'étude des roches éruptives et des schistes cristallins de la région de Bondo* (42 pages, 1 carte, 2 planches, 1935) 18 »
3. POLINARD, E., *Constitution géologique et pétrographique des bassins de la Kotto et du M'Bari, dans la région de Bria-Yalinga (Oubangui-Chari)* (160 pages, 21 figures, 3 cartes, 13 planches, 1935) 60 »

Tome V.

1. ROBYNS, W., *Contribution à l'étude des formations herbeuses du district forestier central du Congo belge* (151 pages, 3 figures, 2 cartes, 13 planches, 1936) . fr. 60 »
2. SCAÛTTA, H., *La genèse climatique des sols montagnards de l'Afrique centrale. — Les formations végétales qui en caractérisent les stades de dégradation* (351 pages, 10 planches, 1937) 115 »

Tome VI.

1. GYSIN, M., *Recherches géologiques et pétrographiques dans le Katanga méridional* (259 pages, 4 figures, 1 carte, 4 planches, 1937) fr. 65 »
2. ROBERT, M., *Le système du Kundelungu et le système schisto-dolomitique (Première partie)* (108 pages, 1940) 30 »
3. ROBERT, M., *Le système du Kundelungu et le système schisto-dolomitique (Deuxième partie)* (35 pages, 1 tableau hors-texte, 1941) 13 »
4. PASSAU, G., *La vallée du Lualaba dans la région des Portes d'Enfer* (66 pages, 1 figure, 1 planche, 1943) 30 »

Tome VII

1. POLINARD, E., *Etude pétrographique de l'entre-Lulua-Lubilash, du parallèle 7°30' S. à la frontière de l'Angola* (120 pages, 1 figure, 2 cartes hors-texte, 1944) 70 »
2. ROBERT, M., *Contribution à la géologie du Katanga. — Le système des Kibaras et le complexe de base* (91 pages, 1 planche, 1 tableau hors-texte, 1944) 50 »

SECTION DES SCIENCES TECHNIQUES

Tome I.

1. MAURY, J., *Triangulation du Katanga* (140 pages, figure, 1930) fr. 25 »
2. ANTHOINE, R., *Traitement des minerais aurifères d'origine filonienne aux mines d'or de Kilo-Moto* (163 pages, 63 croquis, 12 planches, 1933) 50 »
3. MAURY, J., *Triangulation du Congo oriental* (177 pages, 4 fig., 3 planches, 1934) 50 »

Tome II.

1. ANTHOINE, R., *L'amalgamation des minerais à or libre à basse teneur de la mine du mont Tsi* (29 pages, 2 figures, 2 planches, 1936) fr. 10 »
2. MOLLE, A., *Observations magnétiques faites à Elisabethville (Congo belge) pendant l'année internationale polaire* (120 pages, 16 figures, 3 planches, 1936) 45 »
3. DEHALU, M., et PAUWEN, L., *Laboratoire de photogrammétrie de l'Université de Liège. Description, théorie et usage des appareils de prises de vues, du stéréoplanigraphe C, et de l'Aéromultiplex Zeiss* (80 pages, 40 fig., 2 planches, 1938) 20 »
4. TONNEAU, R., et CHARPENTIER, J., *Etude de la récupération de l'or et des sables noirs d'un gravier alluvionnaire* (Mémoire couronné au Concours annuel de 1938) (95 pages, 9 diagrammes, 1 planche, 1939) 35 »
5. MAURY, J., *Triangulation du Bas-Congo* (41 pages, 1 carte, 1939) 15 »

Tome III.

- HERMANS, L., *Résultats des observations magnétiques effectuées de 1934 à 1938 pour l'établissement de la carte magnétique du Congo belge* (avec une introduction par M. Dehalu) :
1. Fascicule préliminaire. — *Aperçu des méthodes et nomenclature des Stations* (88 pages, 9 figures, 15 planches, 1939) fr. 40 »
 2. Fascicule I. — *Elisabethville et le Katanga* (15 avril 1934-17 janvier 1935 et 1^{er} octobre 1937-15 janvier 1938) (105 pages, 2 planches, 1941) 50 »
 3. Fascicule II. — *Kivu. Ruanda. Région des Parcs Nationaux* (20 janvier 1935-26 avril 1936) (138 pages, 27 figures, 21 planches, 1941) 75 »
 4. Fascicule III. — *Région des Mines d'or de Kilo-Moto, Ituri, Haut-Uele* (27 avril-16 octobre 1936) (71 pages, 9 figures, 15 planches, 1939) 40 »
 5. HERMANS, L., et MOLLE, A., *Observations magnétiques faites à Elisabethville (Congo belge) pendant les années 1933-1934* (83 pages, 1941) 40 »

Tome IV.

1. ANTHOINE, R., *Les méthodes pratiques d'évaluation des gîtes secondaires aurifères appliquées dans la région de Kilo-Moto (Congo belge)* (218 pages, 56 figures, planches, 1941) fr. 75 »
2. DE GRAND RY, G., *Les graben africains et la recherche du pétrole en Afrique orientale* (77 pages, 4 figures, 1941) 25 »
3. DEHALU, M., *La gravimétrie et les anomalies de la pesanteur en Afrique orientale* (80 pages, 15 figures, 1943) 35 »

Sous presse.

- VAN DER KERKEN, G., *L'Ethnie Mongo* :
 Vol. II et III. Deuxième partie : Visions, Représentations et Explications du monde.
- D^r PETER SCHUMACHER, M. A., *Expedition zu den zentralfrikanischen Kivu-Pygmäen* (in-4°) :
- I. Die physische und soziale Umwelt der Kivu-Pygmäen;
 - II. Die Kivu-Pygmäen.
- ALGRAIN, P., *Les Ponts métalliques démontables* (in-8°).
- ADRIAENS, L., *Contribution à l'étude de la toxicité du manioc du Congo belge* (in-8°).
- DUBOIS, A., *Chimiothérapie des Trypanosomiasés* (in-8°).
- JENTGEN, J., *Etudes sur le droit cambiaire préliminaires à l'introduction au Congo belge d'une législation relative au chèque. — 1^{re} partie : Définition et nature juridique du chèque envisagé dans le cadre de la Loi uniforme issue de la Conférence de Genève de 1931* (in-8°).
- ROGER, E., *La pratique du traitement électrochimique des minerais de cuivre du Katanga* (in-8°).
- DE WILDEMAN, E., *A propos de médicaments antilépreux d'origine végétale. III. Les plantes utiles du genre Strychnos* (in-8°).
- RESSELER, R., *Het droog-bewaren van microbiologische wezens en hun reactieproducten. De droogtechniek* (in-8°).
- SCHWETZ, le D^r J., *Sur la classification et la nomenclature des Planorbidae (Planorbinae et Buliminae) de l'Afrique centrale et surtout du Congo belge*.
- ADRIAENS, L., *Recherches sur la composition chimique des flacourtiacées à huile chaumogrique du Congo belge* (in-8°).
- PASSAU, G., *Gisements sous basalte au Kivu (Congo belge)* (in-8°).
- DE WILDEMAN, E., *J. Gillet (S. J.) et le Jardin d'essais de Kisantu (1866-1893-1943)* (in-8°).
- LOTAR, le R. P. L., *La grande Chronique de l'Uele* (in-8°).
- DE WILDEMAN, E., *A propos de médicaments antilépreux d'origine végétale. IV. Des Strophantus et de leur utilisation en médecine* (in-8°).
- PASSAU, G., *Les plus belles pépties extraites des gisements aurifères de la Compagnie minière des Grands Lacs africains* (in-4°).

BULLETIN DES SÉANCES DE L'INSTITUT ROYAL COLONIAL BELGE

	Belgique.	Congo belge.	Union postale universelle.
Abonnement annuel.	fr. 60. —	fr. 70. —	fr. 75. (15 Belgas)
Prix par fascicule	fr. 25. —	fr. 30. —	fr. 30. — 6 Belgas)
Tome I (1929-1930)	608 pages	Tome VIII (1937)	895 pages
Tome II (1931)	694 »	Tome IX (1938)	871 »
Tome III (1932)	680 »	Tome X (1939)	473 »
Tome IV (1933)	884 »	Tome XI (1940)	598 »
Tome V (1934)	738 »	Tome XII (1941)	592 »
Tome VI (1935)	765 »	Tome XIII (1942)	510 »
Tome VII (1938)	626 »	Tome XIV (1943)	632 »

M. HAYEZ, Imprimeur de l'Académie royale de Belgique, rue de Louvain, 111, Bruxelles.
 (Domicile légal : rue de la Chancellerie, 4)

Made in Belgium