

# Les applications du béton précontraint en Belgique

Autor(en): **Magnel, G.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH  
Kongressbericht**

Band (Jahr): **3 (1948)**

PDF erstellt am: **22.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-4022>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# II d 8

## Les applications du béton précontraint en Belgique

## Die Anwendungen des vorgespannten Betons in Belgien

## The use of pre-stressed concrete in Belgium

G. MAGNEL

Professeur à l'Université de Gand  
Membre de l'Académie Royale de Belgique

Peu de problèmes techniques éveillent en ce moment autant l'attention des ingénieurs du Génie Civil que celui du Béton Précontraint. L'idée de la précontrainte est aussi vieille que celle du béton armé, mais les ingénieurs ne sont arrivés à des résultats pratiques dans ce domaine que depuis que M. Freyssinet a montré qu'il n'y a pas de précontrainte permanente sans l'emploi d'aciers à très haute limite élastique, tendus à des tensions de l'ordre de 70 à 90 kg/mm<sup>2</sup>. La raison en est que les pertes de précontrainte dues au fluage du béton et de l'acier et celles dues au retrait du béton font perdre une partie de l'effort initial, ce qui a d'autant plus d'importance relative que la tension de l'acier est plus basse.

C'est donc à M. Freyssinet que revient l'honneur d'avoir pu faire les premiers travaux pratiques en béton précontraint; il a d'ailleurs imaginé pour cela un outillage qui est d'usage général en France.

En Belgique, nous appliquons les idées de principe de M. Freyssinet, mais nous utilisons un outillage tout différent créé au cours de l'occupation de notre pays. Nous nous servons de ce qu'on appelle maintenant assez généralement le « câble sandwich » dont voici une courte description.

Les fils, de 5 ou 7 mm, sont classés dans le câble par couches de 4 et sont tenus à distance de 5 mm des voisins, grâce à des séparateurs. Aux extrémités, le câble est saisi dans des ancrages métalliques : deux couches de quatre fils chacune sont fixées à une « plaque sandwich » avec quatre clavettes fixant chacune deux fils dans des rainures en forme de trapèze prévues à cet effet, à raison de deux par face principale de la plaque.

La précontrainte se fait par un petit appareil fort léger tirant sur deux fils à la fois; dès que deux fils sont tendus, on les fixe à l'aide de la clavette correspondante.

On utilise à chaque extrémité du câble autant de plaques sandwich

superposées qu'il y a de fois huit fils dans le câble. Ces plaques sont tirées par les fils contre le béton de la poutre, mais entre elles et le béton on interpose une plaque de répartition destinée à régler la pression locale sur le béton.

Plaques sandwich, clavettes et plaques de répartition sont faites en grande série en acier coulé sans aucun usinage, et cela aussi bien pour des fils de 5 mm que pour les fils de 7 mm. L'emploi de fils de 7 mm est très économique pour les grandes poutres, car d'une part cela réduit la place occupée par les câbles et d'autre part la mise en tension d'un fil de 7 mm et sa fixation ne coûtent pas beaucoup plus que pour un fil de 5 mm.

Pour éviter que le béton ne s'introduise dans le câble, il y a deux procédés : ou bien on entoure le câble d'une gaine étanche en tôle mince et on bétonne autour de la gaine; ou bien on laisse un trou dans le béton et on enfle le câble après durcissement.

Dans les deux cas, pour protéger le câble contre la rouille et établir une adhérence entre les fils et le béton, nous injectons de la pâte de ciment sous pression dans les vides autour des fils.

Il n'entre pas dans notre intention de comparer ici l'outillage de M. Freyssinet avec celui que nous venons de décrire. Rien n'est définitif en béton précontraint, car cette technique est trop jeune. Disons simplement que le câble sandwich a été soumis d'abord minutieusement à des essais de laboratoire, puis à des essais de chantier et qu'il présente toute sécurité. C'est grâce à lui que les entrepreneurs belges ont pu réaliser bon nombre d'ouvrages en béton précontraint, dont certains de très grande importance.

Ce sont ces travaux que nous nous proposons de décrire brièvement dans le présent mémoire, en les classant non pas chronologiquement, mais par types de construction.

## Ponts et passerelles

### A. Pont de chemin de fer

La Belgique est le premier pays où on a construit un pont de chemin de fer en béton précontraint. Il s'agissait d'un pont biais à six voies parallèles; on nous a autorisés à le construire sous forme de six dalles indépendantes, chacune pour une voie; les dalles ont 20 mètres de portée. Certaines de ces dalles ont été faites en béton armé ordinaire, en admettant une tension de sécurité de 70 kg/cm<sup>2</sup> pour le béton; d'autres ont été faites en béton précontraint avec 150 kg/cm<sup>2</sup>.

Voici un tableau qui donne la comparaison entre ces deux genres de dalles :

	Béton armé ordinaire	Béton précontraint
Epaisseur . . . . m	1,85	1,15
Cube de béton. . . . m <sup>3</sup>	145	85
Acier doux . . . . t	26	0,7
Acier en fil. . . . t	—	5,5
Acier pour ancrages. t	—	2,6
Coût . . . . . fr.	232.000	197.000

Il suffit de consulter ce tableau pour se rendre compte des immenses avantages du béton précontraint, qui, d'autre part, présente une sécurité plus grande, surtout à la fissuration, que le béton armé ordinaire. La grande réduction d'épaisseur (0<sup>m</sup>70 sur 1<sup>m</sup>85) est également à noter comme étant très importante dans de multiples cas de la pratique courante.

Avant de construire ces tabliers en précontraint, on en a construit une tranche de 0<sup>m</sup>65 de largeur, dans le but de l'essayer jusqu'à rupture. D'autre part, une série d'essais accessoires ont été faits sur le béton et l'acier mis en œuvre (essais de fluage, de retrait, de résistance, mesure des modules d'élasticité, etc.). Notre collègue M. Baes, Professeur à l'Université de Bruxelles, publiera un de ces jours un compte rendu détaillé de ces essais. Les conclusions générales qui s'en dégagent sont les suivantes :

- 1° On est absolument maître du calcul d'ouvrages de ce genre;
- 2° Les déformations mesurées sont beaucoup mieux en concordance avec celles résultant du calcul, que dans les ouvrages en béton armé ordinaire;
- 3° La précontrainte se fait très facilement et avec une grande précision;
- 4° La sécurité vis-à-vis de la fissuration du béton est de l'ordre du double de ce qu'elle est en béton armé ordinaire;
- 5° La sécurité vis-à-vis des charges de rupture (la poutre d'essai de 20 m s'est rompue par écrasement du béton et non par dépassement de la résistance des fils) est très élevée; la charge à appliquer à la dalle pour provoquer la rupture est de l'ordre de quatre fois la charge de service.

#### B. Pont-route de Zammel

C'est un petit pont de 13 mètres de portée pour 12 mètres de largeur. Il a été précontraint dans le sens transversal aussi bien que dans le sens longitudinal.

Le béton y travaille à 123 kg/cm<sup>2</sup>, et les fils ont été précontraints à 85 kg/mm<sup>2</sup>.

Les quantités de matériaux utilisés sont les suivantes, comparées à celles qu'il aurait fallu en béton armé ordinaire :

	Béton armé ordinaire	Béton précontraint
Béton . . . . . m <sup>3</sup>	112,5	92,5
Acier doux . . . . . t	18,6	—
Aciers en fil . . . . . t	—	5,6
Acier pour ancrages et accessoires . . . t	—	3,4

#### C. Pont-route d'Eecloo

C'est un pont de 20 mètres de portée pour une largeur totale de 4<sup>m</sup>80. Il est constitué en ordre principal de deux poutres maîtresses de 1<sup>m</sup>10 de hauteur au milieu, pour 88 cm de largeur. Dans chaque poutre, il y a huit câbles de 40 fils de 5 mm. Le béton travaille à 141 kg/cm<sup>2</sup>.

#### D. Passerelles diverses

Plusieurs passerelles pour piétons ont été construites en béton précontraint avec des poutres de 20 à 45 mètres de portée. Les tensions admises dans le béton sont le plus souvent de  $120 \text{ kg/cm}^2$ ; les aciers sont tendus à  $85 \text{ kg/mm}^2$ .

### Planchers et terrasses

#### A. Petits ouvrages

On a construit en Belgique une série de bâtiments d'importance secondaire, comportant des poutraisons en béton précontraint pour planchers et terrasses. On a employé généralement des poutres en double T non symétriques, précontraintes soit par des câbles situés de part et d'autre de l'âme, soit dans des trous longitudinaux laissés dans l'âme.

Quand il s'agit de terrasses, on profite le plus souvent des pentes qu'on doit donner aux toitures pour faire des poutres non entièrement rectilignes, ce qui permet de prévoir des câbles droits, ne donnant donc aucun frottement lors de la mise en précontrainte.

Les poutres sont en général fabriquées à terre et puis mises en place à l'aide de grues ou de mâts de montage. Les portées réalisées dans ces petits ouvrages sont de l'ordre de 10 à 12 mètres.

Sur les poutres en béton précontraint, on dépose alors des éléments légers en dalles préfabriquées, tant comme couverture extérieure, que comme faux plafond. Dans l'espace d'air compris entre ces deux couches dures, on met de la laine de verre, ou tout autre isolant adéquat.

#### B. Usine textile à six étages

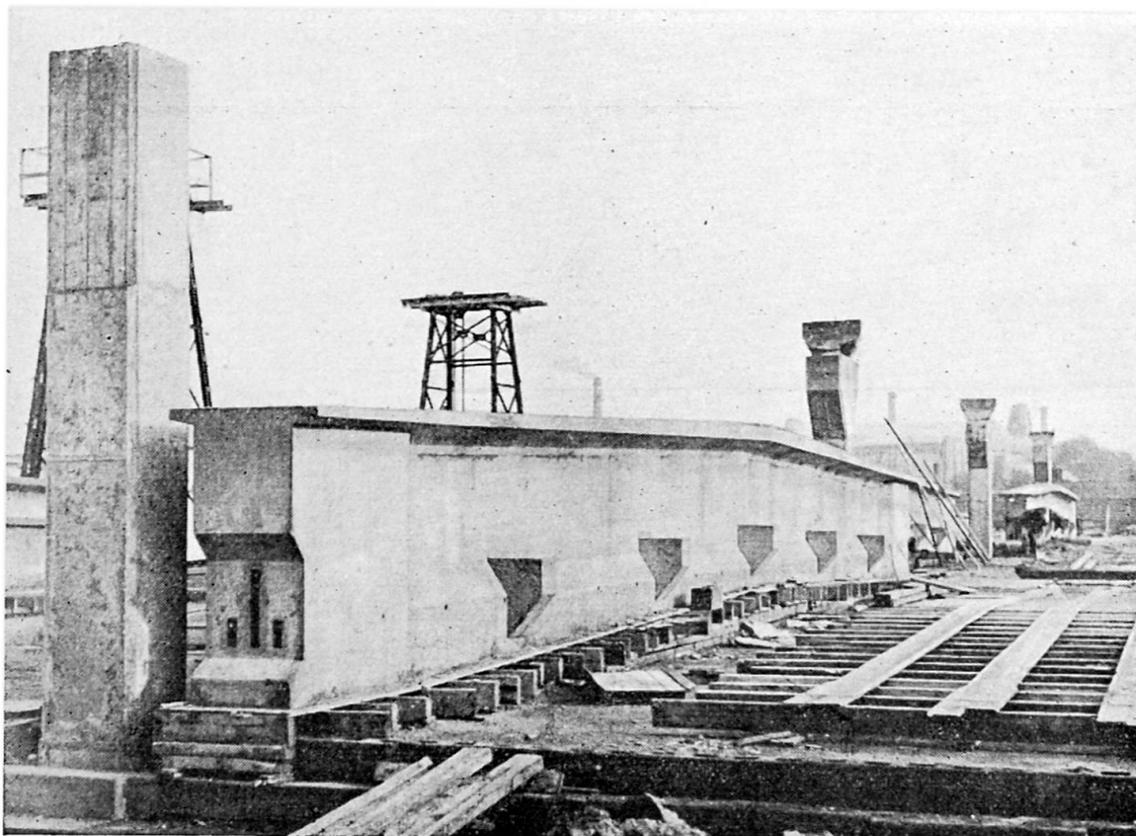
On a construit à Bruxelles un bâtiment à six étages. Chaque hourdis comporte des poutres principales de  $12^{\text{m}}33$  de portée, réalisées en poutres continues en béton armé ordinaire; ces poutres sont espacées de  $12^{\text{m}}75$ ; elles sont munies latéralement de consoles tous les 2 mètres sur lesquelles on vient placer des poutres précontraintes fabriquées à terre. Au-dessus de ces dernières poutres, on place des dalles préfabriquées agencées de façon à ce qu'elles travaillent solidairement avec les poutres précontraintes sous l'action des surcharges.

Au moment de la mise en précontrainte, le béton travaille à  $140 \text{ kg/cm}^2$  aux fibres inférieures. Sous surcharge complète, la tension de compression du béton ne dépasse pas  $44 \text{ kg/cm}^2$ .

#### C. Usine textile à Gand couvrant $35\,000 \text{ m}^2$

Le plus grand travail de bâtiment exécuté dans le monde entier en béton précontraint, est en ce moment en exécution à Gand.

Il s'agit d'une usine textile sans étage couvrant  $35\,000 \text{ m}^2$ . La poutraison de l'immense terrasse est en béton précontraint, les éléments étant



**Fig. 1.** Poutre utilisée pour une importante usine textile à Gand.

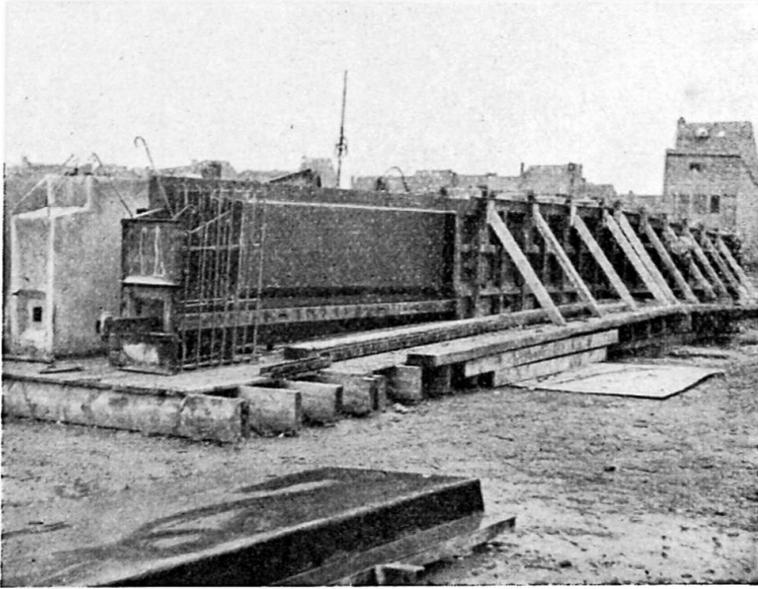
fabriqués à terre, puis montés. Les colonnes sur pieux forment un réseau à mailles de  $21^m60 \times 14^m40$ .

Les poutres principales de  $20^m80$  de portée sont précontraintes et s'appuient sur des consoles bétonnées en même temps que les colonnes; elles ont une hauteur au milieu de  $1^m75$ .

De part et d'autre de leur âme de 20 cm d'épaisseur, elles portent des consoles sur lesquelles viennent reposer les poutres secondaires de  $13^m70$  de portée théorique; celles-ci sont également précontraintes et ont une hauteur de  $1^m00$  avec une âme de seulement 10 cm d'épaisseur; elles sont distantes d'axe en axe de  $3^m60$ .

Ces poutres secondaires portent tous les mètres environ des poutres tertiaires de  $3^m60$  de largeur, faites en grande série en béton armé ordinaire; elles sont en forme de double T, ce qui permet d'y poser des dalles préfabriquées comme couverture extérieure et d'autres dalles préfabriquées comme faux plafond; entre ces deux dalles l'espace est rempli par une matière formant isolant thermique.

C'est une structure fort élégante et économique exécutée sans avoir recours à aucun bois de coffrage. Les poutres faites dans des moules métalliques sont particulièrement soignées; cela est économique étant donné que le nombre de poutres principales à construire est de l'ordre de cent et le nombre de poutres secondaires de l'ordre de six cents. Les poutres tertiaires auraient pu être faites en béton Hoyer, basé sur l'adhérence, mais nous n'avons pas en ce moment en Belgique de fabrique qui soit équipée pour ce genre de fabrication en série.



Les tensions de compression dans les poutres sont les suivantes :

a) Pour les poutres principales :

127 kg/cm<sup>2</sup> au moment de la précontrainte,

110 kg/cm<sup>2</sup> à la longue sous surcharge complète.

b) Pour les poutres secondaires :

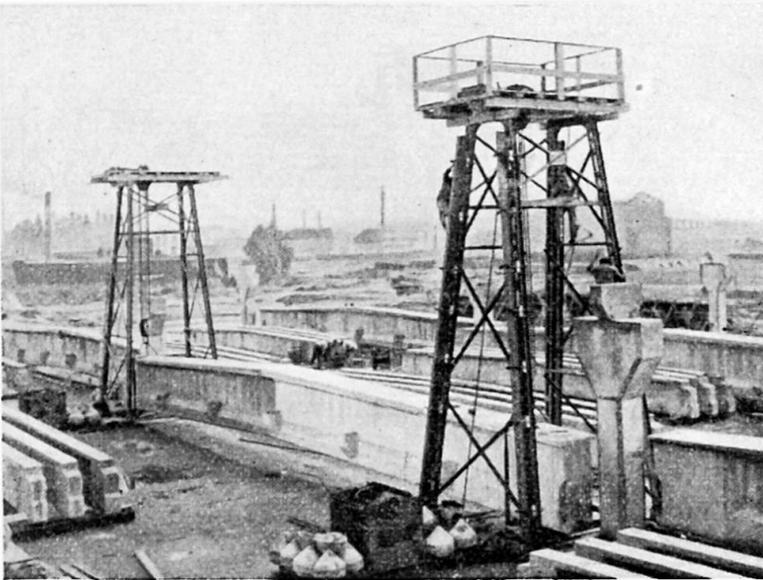
90 kg/cm<sup>2</sup> au moment de la précontrainte,

78 kg/cm<sup>2</sup> à la longue sous charge complète.

Lors de la mise en précontrainte, les aciers sont tendus à 100 kg/mm<sup>2</sup>.

Les figures 1, 2, 3 et 4 donnent quelques vues du chantier.

Les poutres principales sont bétonnées à côté des colonnes sur lesquelles elles doivent prendre appui; chaque poutre pèse environ 40 tonnes; elles sont montées grâce à deux châssis métalliques de montage, portant un palan de 20 tonnes; ce palan une fois la poutre montée, peut rouler



**Fig. 2 à 4.** Chantier pour la construction d'une importante usine textile à Gand.

transversalement par rapport à la poutre, de façon à l'amener exactement au-dessus de sa position définitive.

Les poutres secondaires sont déplacées à l'aide d'une grue sur chénilles.

Les poutres sont toutes à câbles restilignes, ce qui a l'avantage de permettre de laisser dans le béton des trous pour le passage des câbles grâce à un mandrin métallique, placé dans le coffrage et retiré à l'aide d'un cabestan une heure après le bétonnage.

### Bâtiments industriels

#### A. Silos à ciment

Il a été construit à Tournai quatre cellules pouvant renfermer chacune 1 000 tonnes de ciment.

Les fûts sont en béton précontraint; leur diamètre extérieur est de 8 mètres et leur hauteur 16<sup>m</sup>72.

Les parois sont composées de claveaux préfabriqués ayant 12 cm d'épaisseur, 45 cm de hauteur et 50 cm de longueur. Ces claveaux sont superposés pour former des anneaux avec interposition de mortier dans les joints.

Des rainures prévues dans les claveaux sur leur face extérieure permettent le placement de fils de 5 mm; ces cerces en fil sont précontraintes par un appareil spécial fort simple.

La condition qu'on s'est imposée est de créer une compression suffisante dans les anneaux afin que, le silo étant chargé, il reste une compression d'au moins 4 kg/cm<sup>2</sup> dans le béton.

Les fils ont été maintenus pendant deux minutes à la tension de 105 kg/mm<sup>2</sup>, puis relâchés et fixés à 92 kg/mm<sup>2</sup>.

Le frottement des fils contre le béton fait évidemment perdre ici une bonne partie de la précontrainte; pour diminuer cette perte le plus possible, on a décalé les joints entre deux cerces successives de 90°.

#### B. Hangars pour avions avec poutres de 50 m de portée

Ce sont les plus grandes portées réalisées jusqu'ici dans le bâtiment avec le béton précontraint.

Il s'agissait de construire quatre hangars comportant chacun quatre poutres de 50 m de portée, distantes d'axe en axe de 10 m.

Les poutres sont en forme de caisson avec parois latérales de 16 cm d'épaisseur; elles ont en leur milieu une hauteur totale de 2<sup>m</sup>50, soit un vingtième de la portée. Chaque poutre pèse environ 270 tonnes.

Les quantités de matériaux sont par poutre : 112 m<sup>3</sup> de béton; 6,6 t de câbles; 6,0 t d'acier doux.

Les câbles sont rectilignes grâce au fait que les poutres ont la forme d'un V très ouvert et renversé; cela donne automatiquement les pentes pour l'écoulement des eaux. Dans chaque poutre il y a 7 câbles comportant en tout 424 fils 7 mm.

C'est le premier ouvrage en précontraint où l'on se sert de fils de 7 mm; la Belgique est, pensons-nous, le seul pays fabriquant de tels fils en ce moment.

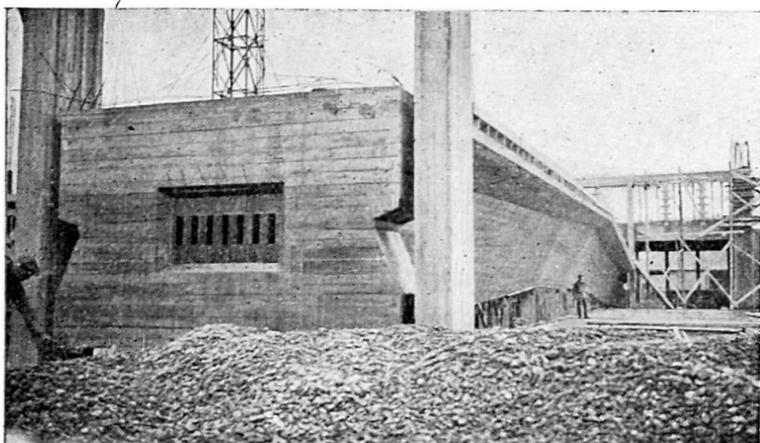
Les poutres sont bétonnées et précontraintes à terre, exactement en dessous de leur emplacement final, c'est-à-dire entre les quatre colonnes (deux à chaque extrémité), sur lesquelles elles doivent finalement prendre appui par un dispositif spécial qui est monté une fois que la poutre est à sa hauteur définitive. La levée de la poutre se fait avec des vérins par reprises successives.

Le béton mis en œuvre donne à 28 jours une résistance sur cubes de 20 cm de côté de l'ordre de  $470 \text{ kg/cm}^2$ . Le projet est fait en prenant

comme tensions de sécurité  $140 \text{ kg/cm}^2$  pour le béton et  $85 \text{ kg/mm}^2$  pour les fils.

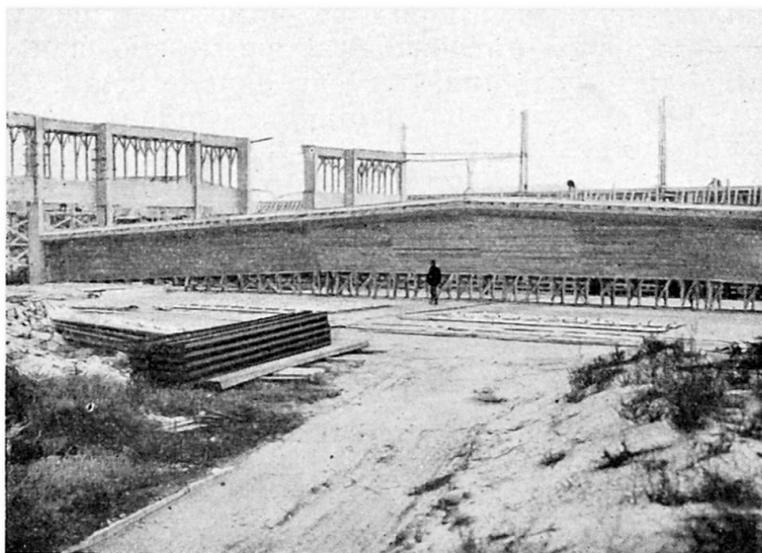
Ce travail a été obtenu en adjudication publique en concurrence contre le béton armé ordinaire et la charpente métallique.

La solution, outre qu'elle est économique, est aussi élégante en ce que les hangars



**Fig. 5 et 6.** Chantier pour la construction d'un hangar d'aviation avec poutres de 50 mètres de portée.

s'élèvent le moins haut possible, ce qui est de toute première importance sur un grand champ d'aviation. Les figures 5 et 6 donnent des vues du chantier.



### C. Ouvrages divers

Nous ne pouvons que signaler ici la construction d'une tour d'extinction; d'un château d'eau, etc.

### Applications diverses

#### A. Reprise en sous-œuvre

L'emploi du béton précontraint est particulièrement précieux dans les travaux de reprise en sous-œuvre.

Supposons qu'on doive démolir la partie inférieure d'un mur, dont la partie conservée est en mauvais état, et ce dans le but par exemple de réunir en une seule, deux salles séparées par le mur à démolir.

On n'a qu'à pratiquer dans le mur un premier trou de dimensions assez réduites pour ne pas compromettre la stabilité; dès que cela est fait, on remplace la maçonnerie enlevée par du béton, dans lequel on laisse des tubes horizontaux en tôle mince; puis on pratique un autre trou de dimensions réduites, on le remplit aussi de béton dans lequel on met des tubes se plaçant en ligne avec ceux du premier bloc. Si on procède ainsi de proche en proche, on finit par obtenir un prisme en béton remplaçant un certain volume de maçonnerie. Ce prisme n'est pas armé, mais simplement muni de tubes longitudinaux. On enfilera alors des câbles en fils de 5 mm dans ces tubes et on fera la précontrainte de l'ensemble.

Dès ce moment, on a une poutre en béton précontraint et plus rien ne s'oppose à ce qu'on démolisse carrément la maçonnerie en dessous de cette poutre; on doit évidemment lui laisser des appuis suffisants.

La plus belle application de ce système a été faite au relèvement des tours du Pont des Trous à Tournai.

Il s'agit pour une des tours médiévales, de la relever de 2<sup>m</sup>40; la partie à soulever pèse 2 800 tonnes.

On y a construit vers le bas deux grilles en béton précontraint; chaque grille est composée de deux séries à angle droit de poutres parallèles. Les deux grilles sont distantes de 20 cm.

Dans la grille supérieure se trouvent emprisonnés 26 vérins de 150 tonnes chacun, dont les pistons sortent vers le bas et posent par l'intermédiaire d'une plaque de répartition articulée sur le béton de la grille inférieure.

Une salle des machines est installée dans la tour; elle comprend deux pompes à moteur et toute la canalisation d'huile avec ses robinets et manomètres; on peut ainsi isoler chaque vérin et également agir par un robinet unique sur les groupes de vérins.

Le soulèvement se fait par 20 cm à la fois; après chaque opération on fait reposer la tour sur des empilements de dalles en béton; cela permet de relever les pistons des vérins en dessous desquels on place également les empilements de dalles en béton; l'opération suivante peut ainsi recommencer.

Sans l'emploi de béton précontraint, ce travail n'aurait été que difficilement réalisable.

## B. Divers

Nous ne faisons que signaler des pilots en béton précontraint, des tuyaux précontraints et des traverses de chemin de fer.

## Conclusions

Le rapide coup d'œil que nous venons de jeter sur les applications du béton précontraint en Belgique, montre qu'elles sont à la fois diverses et importantes. Les entrepreneurs belges ont compris toutes les ressources de cette nouvelle technique, qui a certainement un bel avenir.

### Résumé

L'auteur commence par expliquer le système de béton précontraint employé en Belgique. Il est caractérisé par l'emploi d'un câble, le *câble sandwich*, avec fils classés, fixés à leurs extrémités à l'aide de clavettes dans des rainures prévues dans des plaques en acier.

La précontrainte se fait par traction sur seulement deux fils à la fois. Ce système permet de faire des câbles de n'importe quelle puissance, en fils de 5 ou en fils de 7 mm.

Il passe ensuite en revue les applications multiples et diverses faites en Belgique, parmi lesquelles il y a surtout à retenir la construction d'une usine textile à Gand, couvrant 35 000 m<sup>2</sup>, la construction de hangars pour avions avec des poutres de 50 m de portée et des travaux de reprise en sous-œuvre d'une importance exceptionnelle.

### Zusammenfassung

Der Verfasser fängt an mit einer Beschreibung des Spannbetonsystems, wie dieses in Belgien angewendet wird. Letzteres ist gekennzeichnet durch die Verwendung eines Kabels, *Sandwichkabel* genannt, dessen vorgängig verteilte Saiten in die in Stahlplatten dazu angebrachten Nuten mittels Stahlkeile an ihren äussersten Enden festgeklammert sind.

Die Vorspannung geschieht durch gleichzeitiges Ziehen an nur je zwei Saiten. Dieses System erlaubt die Anfertigung von Kabeln beliebiger Tragkraft und mit Saiten von entweder 5 oder 7 mm Durchmesser.

Der Verfasser gibt weiter einen kurzen Ueberblick über die zahlreichen und verschiedenen Anwendungen dieses Systems in Belgien; insbesondere müssen dabei eine Textilfabrik in Gent, die 35 000 m<sup>2</sup> umfasst, vier Flugzeughallen mit Balken von 50 m Spannweite und ganz bedeutende Unterfangungsarbeiten erwähnt werden.

### Summary

The author first gives a description of the pre-stressing system, as used in Belgium. This system is characterized by the use of a cable, called a *sandwich cable*, of which the wires, placed in a predetermined order and fixed at their ends by means of steel wedges, ends in grooves provided in steel plates.

The pre-stressing is done by simultaneous pulling on only two wires. This system permits the manufacture of cables of any desired carrying capacity with wires of either 5 or 7 mm diameter.

The author then gives a short survey of the many and diverse uses of this system in Belgium; in particular, mention must be made of a textile works in Ghent covering an area of 35 000 m<sup>2</sup>, four aviation hangars with beams covering a span of 50 m (164 ft) and some very important underpinning works.