

FELIX G. RIESSAUW  
 APPLICATION DU BÉTON PRÉCONTRAIT  
 DANS LA RESTAURATION DE LA TOUR LANterne  
 DE L'ÉGLISE SAINT-NICOLAS À GAND

ue du transep.



I. INTRODUCTION

Avant de décrire l'utilisation du béton précontraint dans la restauration de l'église St. Nicolas, il me semble indispensable de vous donner quelques renseignements sur l'origine, l'histoire et l'architecture de l'édifice.

L'actuelle église St. Nicolas, en style gothique scaldéen, est construite sur l'emplacement d'une église en style roman. Des fouilles en cours, effectuées par le Professeur Firmin De Smidt, en confirment l'existence. Cette église romane a disparu au début du XIIe siècle. Ses dimensions étaient nettement inférieures à celles de l'église actuelle (longueur 50 à 55 m contre 80 m). Elle était construite en pierre de Tournai. Le Professeur De Smidt a découvert le pavement de l'église romane à environ 2 m sous le pavement actuel; l'usure de ce pavement montre que l'église a été longtemps en service et qu'elle était donc de construction relativement ancienne (IXe siècle probablement — époque cependant contestée). L'église romane fut totalement détruite par l'incendie qui ravagea la ville de Grand en 1120.

On possède un certain nombre de documents écrits sur l'église St. Nicolas primitive. Cette église dépendait au temporel comme au spirituel de l'Abbaye St. Pierre du mont Blandin, fondée au VIIe siècle par Saint Amand. Les documents précités sont des écrits des évêques de Noyon et Tournai ou des bulles papales confirmant l'Abbaye St. Pierre dans ses privilèges et lui reconnaissant notamment « la possession de la chapelle de Saint Nicolas dans la ville de Gand ». La plus ancienne date de 1140. C'est de cette chapelle qu'on vient de découvrir les vestiges dont le Professeur De Smidt s'efforce à reconstituer l'architecture.

De l'église actuelle il n'existe aucun document au sujet de sa construction (Fig.

Fig. Vue d'ensemble.

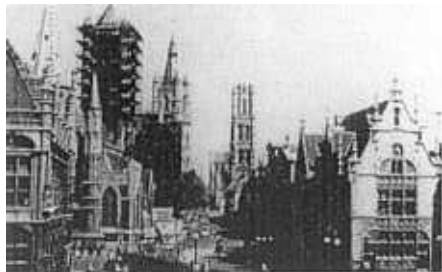


Fig. Vue des bas-côtés.



Voici les caractéristiques principales de l'édifice:  
 L'église St. Nicolas se compose d'une nef de cinq tracées flanquée de bas-côtés sur lesquels s'ouvrent des chapelles peu profondes (Fig. 2).

Elle possède un transept dont les croisillons, comportant chacun une travée à peu près carrée, ne dépassent pas l'alignement des chapelles latérales (Fig. 3).

Le carré du transept est surmonté d'une tour lanterne à trois étages.

Le choeur de cinq travées, flanqué — comme la nef — de collatéraux et de chapelles, est suivi d'un abside à cinq pans.

Le chevet se termine par un déambulatoire sur lequel s'ouvrent cinq chapelles rayonnantes (Fig. 4).

Voici les principales dimensions de l'édifice d'après les relevés de l'architecte Geirnaert (chargé de la restauration avant la première guerre mondiale):

Longuer totale	78 m 50
Longuer de la nef	34 m 50
Longuer du transept	10 m 20
Longueur du choeur	32 m 25

Largeur totale dans la nef	26 m 50	(Figure 5)
Largeur de la nef	9 m 30	

Hauteur sous la clef de la nef	22 m 50
Hauteur sous la clef du choeur	23 m 00
Hauteur de la tour lanterne	41 m 75

Aux mesures de la hauteur il faut ajouter 1 m 05, différence entre le niveau du pavement actuel et l'ancien. A l'examen du plan on est frappé par les dimensions anormales du choeur, presque aussi long que la nef. Ceci fait déjà pressentir une modification du plan primitif.

La plus ancienne mention écrite concernant cette église remonte à 1321. Les comptes de la ville de Gand signalent pour cette année le paiement d'une pension aux gardes de nuit de la tour de St. Nicolas. A cette époque on entamait

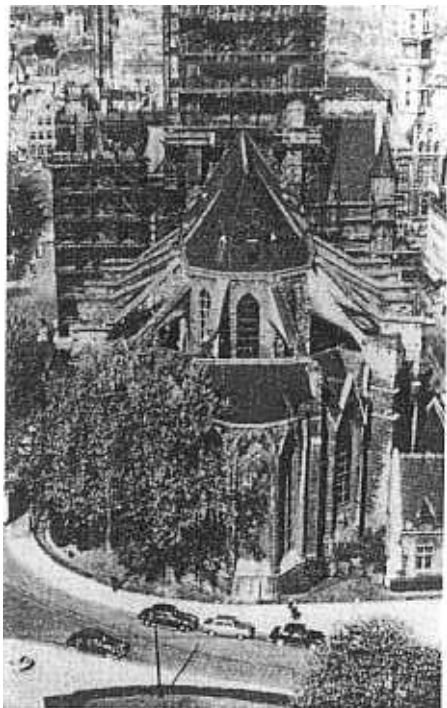


Fig. 4 - Vue des chapelles rayonnantes.

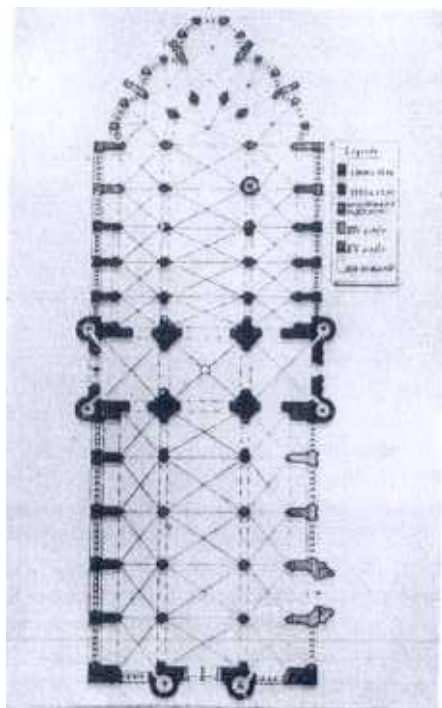


Fig. 5 - Vue en plan de l'église.

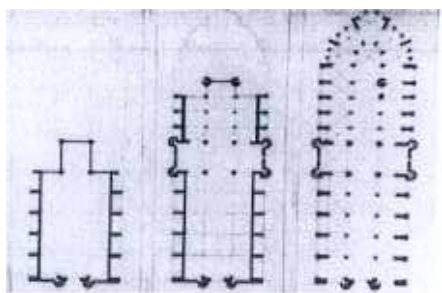


Fig. 6 - Vue en plan avec campagnes de construction.

la construction du beffroi communal et la tour de St. Nicolas servait de beffroi à la ville. Le beffroi reçut sa couverture et ses tourelles de guet en 1375, mais la tour de l'église conserva sa destination de beffroi de la cité jusque vers 1443.

La chronologie de la construction de St. Nicolas ne peut être déduite que par comparaison avec des monuments contemporains en se basant sur les caractères de son architecture.

Le dégagement extérieur de l'église Saint Nicolas et le décapage d'une partie de l'intérieur, entrepris peu avant la guerre de 1914-1918, permettent aujourd'hui de distinguer quatre campagnes de construction (Fig. 6).

— Il ne paraît pas douteux que l'église fut commencée par la nef au début du XIII<sup>e</sup> siècle. Cette première campagne comprend la nef, les murs occidentaux, les quatre piles du carré du transept et l'étage inférieur de la tour centrale.

— Une deuxième campagne, commencée vers 1230, comprend l'achèvement du transept et la construction des quatre premières travées du choeur et de leurs collatéraux.

— Pendant la seconde moitié du XIII<sup>e</sup> siècle on entreprit un remaniement général de l'édifice. C'est de cette période que datent les voûtes actuelles de la nef et de ses bas-côtés, ses supports et ses grandes arcades, la construction des chapelles latérales et les deux étages supérieurs de la tour centrale, le percement dans la façade principale et dans celles des bas-côtés de la nef et du choeur, des grandes fenêtres qu'on y voit encore aujourd'hui. De cette époque date également la construction du déambulatoire.

Un incendie en 1408 causa beaucoup de dégâts.

— Du premier tiers du XV<sup>e</sup> siècle datent la construction des parties hautes de l'abside, le remplissage de la plupart des fenêtres du déambulatoire et les arc-boutants qui épaulent l'abside.

A ces quatre campagnes il faut ajouter les travaux exécutés au XIV<sup>e</sup> siècle: l'ouverture d'un portail dans le bas-côté sud et l'établissement de lourdes gaines en maçonnerie autour des colonnes du transept et dans les travées voisines pour prévenir un fléchissement du centre de l'édifice.

Après le XV<sup>e</sup> siècle commence la période de décadence de l'église St. Nicolas.

De 1578 à 1584 l'église est l'objet de dégradations commises par les Calvinistes.

En 1658, l'ouverture de la tour centrale vers l'intérieur est cachée par une voûte reliant les piles du carré du transept.

En 1661 on bouche les fenêtres de la tour.

En 1662 le dallage est exhaussé de plus d'un mètre et les bases de supports enterrées.

En 1672 les comptes de l'église signalent les travaux de surélévation des bas-côtés. Il s'agit sans doute du remplacement qui les recouvrent aujourd'hui et de l'aveuglement des baies hautes.

En 1673, à la suite d'une tempête, la tour centrale est gravement atteinte et sa flèche est démolie. Elle est remplacée par une flèche courte.

Au XVIII<sup>e</sup> siècle enfin tout l'intérieur de l'édifice est revêtu d'une épaisse couche de crépi, avec moulures néo-classiques et rocailles Louis XV. Le triforium est aveuglé, de nouvelles fenêtres bouchées en tout ou en partie, les chapiteaux ravelés, les colonnettes engagées du choeur mutilées, la mouluration des nervures de la voûte complètement altérée, les croisillons du transept munis de portails dans le goût du jour.

„C'est dans cet état que l'église Saint Nicolas est parvenue jusqu'à nous.

## II. RESTAURATION

C'est vers 1875 que débuta la restauration de l'église. Se succédèrent les architectes Goetchebuer, Auguste van Assche suivi par Henri Geirnaert (vers 1900) qui restaura la sacristie et la partie inférieure de la façade avant (1910-1914).

En 1910 on dressa un plan décennal (200.000 frs or par an) qui prévoyait

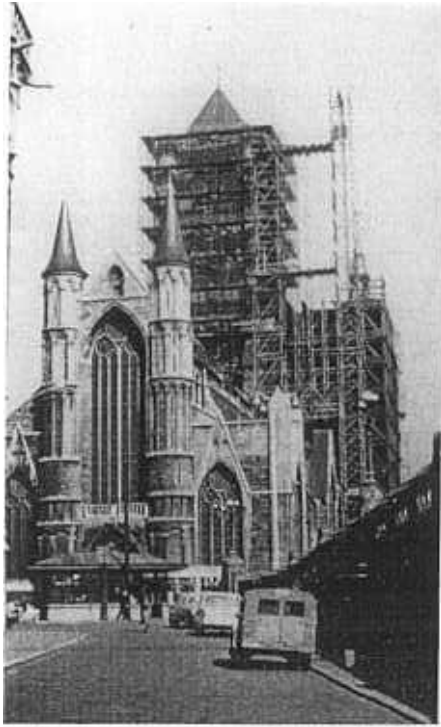


Fig. 7 - Façade principale restaurée.

Fig. 8 - Dégradations.

la restauration complète vers l'an 1925. La première guerre mondiale empêcha de mettre ce plan à exécution.

En 1936 l'architecte Amand Jan Anssens prit la relève. Il restaura la façade principal (ouest) et la première travée de la nef sud. Ces travaux furent terminés en 1948. (Fig. 7).

En 1955 l'architecte Adrien Bressers succéda à Amand Janssens. C'est lui qui dressa les plans de la restauration de la tour lanterne actuellement en cours. Il commença par dresser le levé exact de la situation existante. Les échafaudages érigés à cet effet permirent de se rendre compte de l'état de délabrement avancé de l'édifice et l'urgence des travaux de restauration pour éviter la ruine complète.

Il fut décidé pour des raisons techniques d'entamer la restauration par la tour malgré que d'autres parties de l'édifice, notamment le transept sud (rue de la Catalogne), sont dans un état de délabrement plus avancé que la tour et que leur effondrement n'est pas une hypothèse de pessimiste.

La dégradation de certains éléments était telle qu'il fallut les éloigner d'urgence pour éviter des accidents (Fig. 8).

La pierre de Tournai était fort dégradée par les intempéries et par l'atmosphère nocive de la ville moderne. Cette dégradation n'était pas uniquement en surface mais également en profondeur.

Les travaux actuels, entamés par les Entrprises Marchand et continués par les Entreprises Van de Kerckhove Frères, comportent trois phases, le soutènement de la tour, le renforcement et la restauration proprement dite.

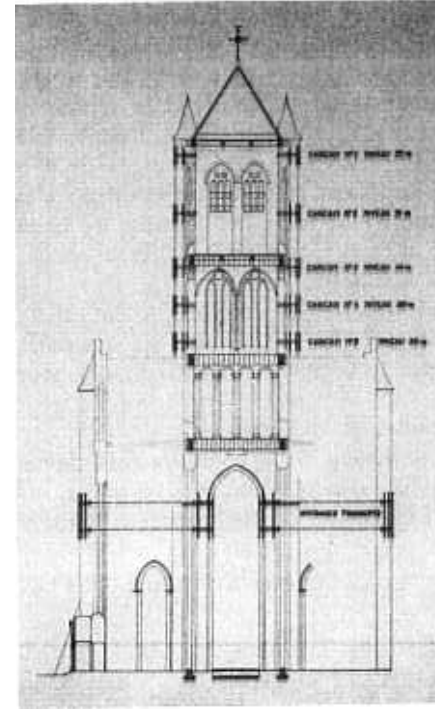


Fig. 9 - Figure avec carcans.

Les travaux de soutènement sont terminés. Ils comportaient l'étaçonnage au moyen d'échafaudages en bois, des différentes arches du transept, l'ancrage au moyen de tirants des tourelles des transepts aux piliers de la tour lanterne, enfin le placement de cinq carcans enserrant les quatre faces et les tourelles de la tour (travaux terminés en 1961) (Fig. 9, 10, 11).

Le dispositif décrit ci-dessus a été complété, il y a quelques semaines, par le cerclage complet des quatre piliers de la tour lanterne.

Pour pouvoir placer ces renforcements l'entrepreneur a dû forer à travers les murs de la tour quelque 300 trous de 55 mm de diamètre et de 60 à 140 cm de profondeur. Pour ne pas ébranler le monument ces trous ont été forés au moyen de couronnes diamantées. Les forets sont tubulaires et permettent d'extraire

Fig. 10 - Carcans.

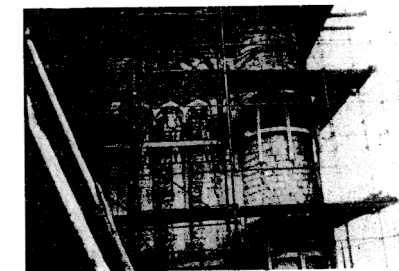


Fig. 11 - Carcans.





les matières qui se trouvent au centre du trou sous forme de carottes. Celles ci ont prouvé qu'en dehors du parement extérieur les maçonneries des murs de la tour sont saines.

La restauration proprement dite de la tour lanterne comprend le remplacement des pierres de parement dégradées en tâchant de maintenir le plus possible de vieilles pierres.

La remise en état des fenêtres de l'étage supérieur pour lesquelles de grandes baies ouvertes sont prévues. A cet étage les murs extérieurs qui ferment les baies seront enlevés, les lancettes du mur intérieur apparaîtront ainsi à la vue et seront garnies de vitraux. La lanterne retrouvera sa luminosité.

A l'étage inférieur — étage aveugle qui traverse les combles — la galerie romane sera dégagée des remplages qui l'obturent. Enfin la voûte qui ferme la base de la tour depuis 1658 sera enlevée. Après trois cent ans, la magnifique tour lanterne révélera à tous sa lumineuse beauté.

Les quatre tourelles d'angle seront démolies et reconstruites.

En vue de l'ouverture des baies et de l'élévation de la voûte, la tour devait être consolidée. On ne pouvait songer à établir dans la tour une ossature en béton armé. La seule solution possible était l'utilisation du béton précontraint.

### III. CONCEPTION ET RÉALISATION DES CEINTURES EN BÉTON PRÉCONTRAIT.

Signalons tout d'abord qu'en dehors des trois ceintures en béton précontraint, situées respectivement aux niveaux 44 m, 33 m et 24 m, l'ossature en béton armé comprend le remplacement de la flèche de la tour en bois par une flèche en béton armé; bien entendu cette ossature est couverte d'ardoises. D'autre part, au niveau 33 m un plancher en béton armé est prévu comme support des cloches.

Rappelons d'abord les principes fondamentaux du béton précontraint. Une poutre en béton précontraint est une poutre dans laquelle les zones de la section qui seront ultérieurement soumises à traction sous l'effet de la sollicitation de service, sont préalablement soumises à des tensions de compression supérieures aux tensions de traction qui seront ultérieurement appliquées. De ce fait, une poutre en béton précontraint peut donc, contrairement à une poutre en béton armé, être constituée d'éléments séparés. Ces éléments sont pourvus d'alvéoles dans lesquels seront placés des câbles qui, mis sous tension, rendront les différents éléments solidaires pour constituer une poutre.

Fig. 12 - Vue en plan d'une ceinture en béton précontraint.

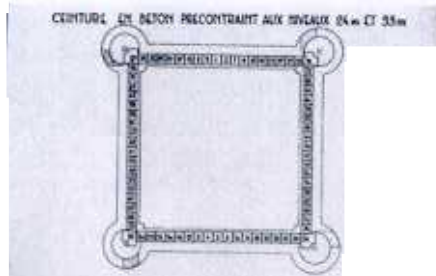


Fig. 13 Vue perspective d'une ceinture.

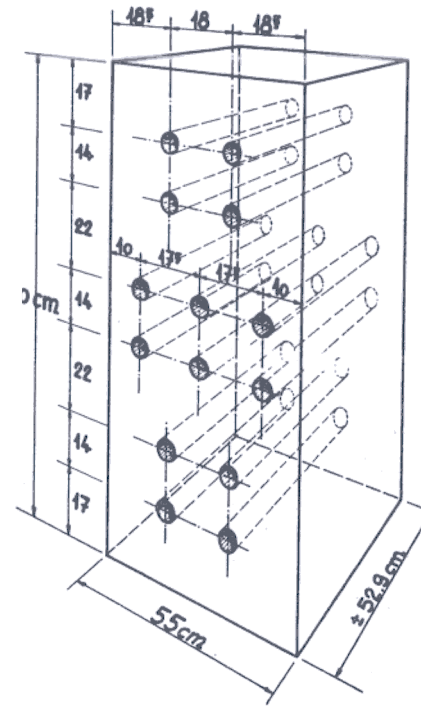
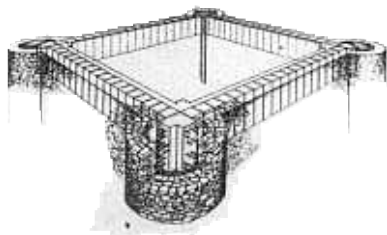


Fig. 14 - Élément de la ceinture — vue en perspective.

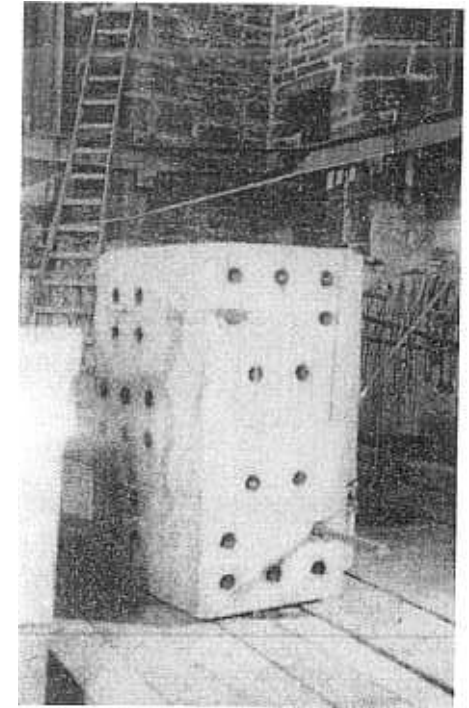


Fig. 15 Vue photographique d'un bloc.

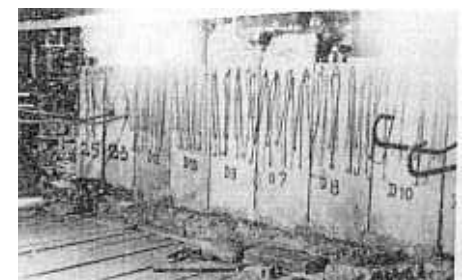
Chacune des ceintures est constituée de quatre poutres comprenant chacune 17 blocs dont les dimensions sont: longueur 50 cm, largeur 55 cm, hauteur 120 cm, et de deux blocs d'angles formant bloc d'about pour deux poutres orthogonales. (Figures 12 et 13). Chaque élément porte un numéro indiquant l'ordre de mise en place.

Chacun des blocs est pourvu de 14 alvéoles circulaires dans chacune desquelles sera logé un câble de 12 fils de  $\varnothing 7$  mm en acier à haute résistance dont les caractéristiques sont les suivantes:

Fig. 16 - Phase de l'opération de mise en place des blocs.



Fig. 17 - Phase de l'opération de mise en place des blocs.



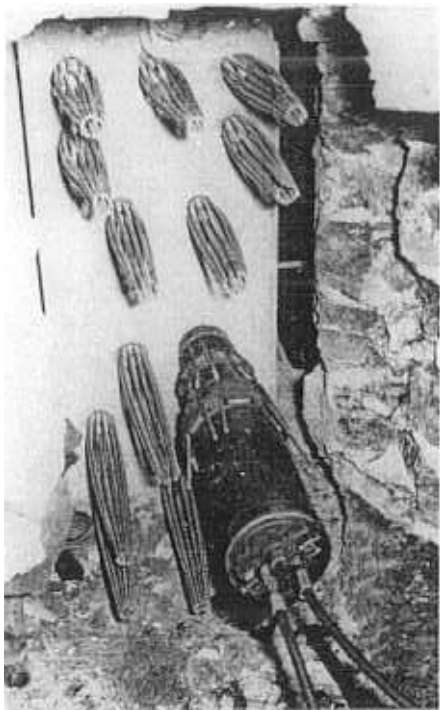


Fig. 18 - Opération de mise en précontrainte au moyen d'un vérin type Freyssinet.

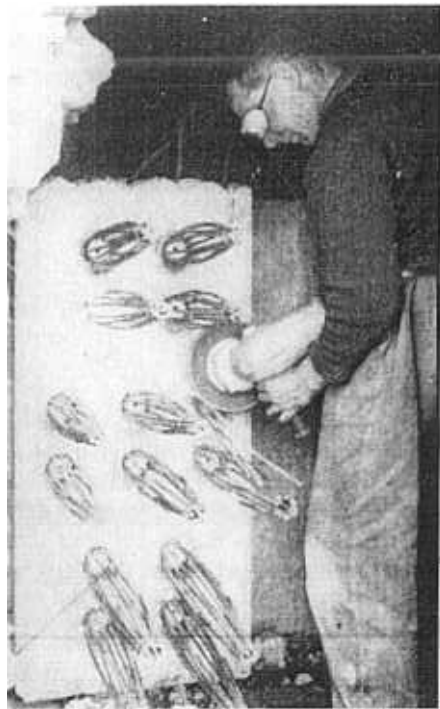


Fig. 19 - Coupage des éléments des fils dépassant l'about de la poutre.

limite élastique conventionnelle (0,2%)	135 kg/mm <sup>2</sup>
charge de rupture	157 »
module d'élasticité pour la tension de	
100 kg/mm <sup>2</sup>	2040 T/cm <sup>2</sup>

Les fils sont tendus à une tension de 100 kg/mm<sup>2</sup>, ce qui donne 3840 kg par fil, soit 46 Tonnes par câble. Tenant compte d'une perte de précontrainte de 15%, due au retrait et au fluage du béton, et de la relaxation de l'acier, cela donne à la longue un effort par câble d'environ 40 Tonnes, soit pour toute la section 14 × 40 = 560 Tonnes.

Les câbles étant situés symétriquement dans la section, il correspond à l'effort de 560 Tonnes une tension de compression uniforme dans la section de environ

$$560.000 \times 120 = 85 \text{ kg/cm}^2.$$

La figure 14 montre un élément en perspective. On distingue les alvéoles dans quels seront logés les câbles de précontrainte.

La figure 15 donne une vue photographique d'un de ces blocs.

Les figures 16 et 17 montrent différentes phases de l'opération de mise place des blocs.

La figure 18 montre l'opération de mise en précontrainte au moyen d'un vérin — type Freyssinet — effectuant l'opération de traction simultanément

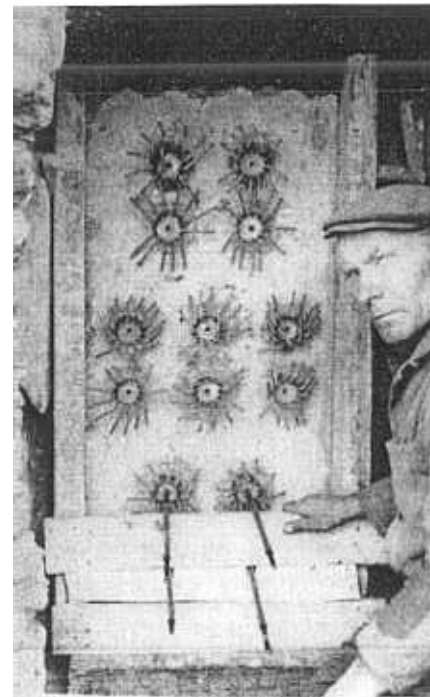


Fig. 20 - Début de l'opération de coupage.

sur les 12 fils Ø 7 mm constituant le câble.

Sur la figure 19 est représentée l'opération de coupage des éléments des fils dépassant l'about de la poutre. Cette opération s'effectue au moyen d'un disque en nylon.

Après ce découpage les alvéoles sont injectées au moyen d'un mortier afin de protéger les câbles contre l'oxydation, et les blocs d'about sont enrobés dans un béton d'apport.

La figure 20 montre le début de cette dernière opération (placement des coffrages).

FELIX G. RIESSAUW

THE USE OF PRESTRESSED CONCRETE IN THE RESTORATION OF THE LANTERN TOWER OF THE CHURCH OF ST. NICOLAS IN GHENT  
SUMMARY.

The scaldic gothic church of St. Nicolas in Ghent was built in the 13th century essentially of Tournai stone. This building, which is one of the most notable of its age and style, has been substantially modified over the centuries, both internally and externally.

*The modifications which the church has undergone were largely a matter of reinforcement as disorders were noted. Let us not forget that the church of St. Nicolas is built on the alluvial soil where the river Lys long ago had its winter course.*

*Currently the church is in a state of advanced dilapidation. The Tournai stone has in fact been crumbling away as a result of the weather's inclemency, the injurious atmosphere of the town, and also the building's poor general upkeep in the last decades.*

*Besides its dilapidation, St. Nicolas has been handed down with its architecture much mutilated. Especially as far as the tower, which is currently our problem, is concerned, we find apart from other damage that the windows on the second floor have been blocked in with masonry and a vault placed so as to cut off the tower completely. Thus the tower has been deprived of its function as a lantern.*

*Once it was accepted that the tower had to be restored, it was decided to reopen the lantern: that is to say, to reopen the windows and to remove the vault over the square section of the transept. In order to carry out this delicate operation, it was decided to insert into the tower's masonry at three different levels girdles of prestressed blocks.*

*The author gives details of the conception, placement and computation of the girdles of prestressed concrete.*