

BRUXELLES PATRIMOINES

Avril 2019 | N° 030

Dossier **BÉTONS**

Varia **LES GÉANTS BRUXELLOIS**

DOSSIER

LA RENOMMÉE INTERNATIONALE DE LA BELGIQUE DANS L'HISTOIRE DU BÉTON

BLATON, CHRISTOPHE,
FRANKI, HENNEBIQUE,
MAGNEL ET
LES AUTRES...

BERNARD ESPION

INGÉNIEUR INGÉNIEUR CIVIL DES CONSTRUCTIONS,
PROFESSEUR ULB
JOINT RESEARCH GROUP ULB-VUB « CONSTRUCTION
HISTORIES BRUSSELS »

Pourquoi la Belgique est-elle connue internationalement dans l'histoire du béton ? Dès la fin du XIX^e siècle, en Belgique, des entreprises de pointe et des innovations technologiques marquent le développement de l'industrie internationale du béton. Outre les réussites commerciales et industrielles de quelques grands groupes déployant leurs activités dans le monde entier, la Belgique héberge aussi une intense activité scientifique rythmée par les congrès internationaux et les entreprises éditoriales, livres et revues spécialisées. En complément, l'ouverture des archives des firmes Blaton et Hennebique a permis le développement d'une véritable histoire de la construction, notamment à Bruxelles, menée par des équipes interuniversitaires et pluridisciplinaires dont l'auteur se fait ici le porte-parole.

Les contributions belges marquantes à une histoire internationale du béton et des structures en béton peuvent se résumer comme suit. Le pionnier français du béton armé, François Hennebique, a commencé, dans les années 1890, à construire son empire international à partir de la Belgique. C'est l'ingénieur belge Paul Christophe qui, en 1902, a écrit le premier livre permettant le dimensionnement rationnel du béton armé, base des méthodes de calcul universellement utilisées jusque dans les années 1970. La société liégeoise Franki a joué un rôle international de premier plan dans le développement des techniques de fondation, et pour l'édition de la revue *La Technique des Travaux*. Le professeur gantois Gustave Magnel, associé à l'entreprise bruxelloise *Blaton-Aubert*, a joué un rôle majeur dans le développement et la promotion du béton précontraint. Ces situations, ces contributions, ces entreprises ont eu un impact fondamental dans l'histoire de la construction internationale.

LE BÉTON AVANT LE BÉTON ARMÉ

Le béton n'a pas été inventé au XX^e siècle, ni même au XIX^e siècle. Ses origines sont bien plus anciennes : elles remontent à l'Antiquité. Vitruve, au I^{er} siècle avant Jésus-Christ, donne dans son traité *De Architectura* des « recettes » de composition de béton. Les constructeurs romains ont fait un usage abondant de ce matériau, fort probablement précédés par les Grecs.

Jusqu'à l'invention du ciment artificiel dans la première moitié du XIX^e siècle, le liant hydraulique qui entre dans la composition des bétons et des mortiers est la chaux, matière résultant de la calcination de roches calcaires. Pour ne pas refaire ici l'histoire de la découverte de l'hydraulicité des chaux, puis de l'invention du ciment artificiel, contentons-nous ici de relire l'ingénieur militaire français Bernard-Forest de Bélidor (1698-1761) dans son livre *La Science des Ingénieurs* (1723). Cet ouvrage est considéré

comme la première encyclopédie d'ingénierie-construction, largement diffusée auprès des ingénieurs en Europe au XVIII^e siècle et d'une valeur telle qu'il fut encore réédité par Claude-Louis Navier en 1813. Un résumé de ce texte paraît également dans le Tome 9 (article Maçonnerie) de l'*Encyclopédie* de Diderot et d'Alembert parue en 1765.

« Outre la terrasse de Hollande¹, on se sert encore en Flandres d'une poudre qu'on nomme communément Cendrée de Tournay, laquelle s'emploie fort utilement pour la composition du mortier des ouvrages qui se font dans l'eau. Comme personne (à ce que je crois) n'en a bien expliqué les propriétés, et la manière de l'employer, je vais rapporter en peu de mots ce que j'en sais. Les environs de Tournay fournissent une pierre bleue très dure, et qui fait une chaux excellente. Quand cette pierre est dans le four, il s'en détache de petites parcelles qui tombent sous la grille du fourneau, où elles se mêlent avec la cendre du charbon de



Fig. 1a

Extrait du catalogue *Ciments & bétons S.A. Ancienne firme Blaton-Aubert. Série de prix*, ca 1895, p. 92 [RCB 0370.01 (Planche 92) © het MOT, Grimbergen]



Fig. 1b

Sutro Heights Park, San Francisco, Californie (photo de l'auteur, 2018).

terre ; et, comme cette cendre n'est autre chose que de petites parties de la houille calcinée, c'est le mélange qui s'en fait qui compose la cendrée de Tournai, qui se débite par les marchands telle qu'on la tire des fourneaux. L'expérience faisant voir que la pierre dure fait toujours de bonne chaux et un mortier excellent pour les ouvrages aquatiques, quand elle est mêlée avec de la poudre provenant du charbon ou mâchefer qu'on tire des forges (...) il n'est pas étonnant que la Cendrée de Tournai soit merveilleuse pour le même usage, puisqu'elle participe à la fois des qualités de ces deux matières. Car je ne doute pas que les petites parties de charbon qui se trouvent mêlées avec la cendrée ne contribuent beaucoup à lui donner la propriété de se durcir dans l'eau, comme on le verra plus bas. (...) On se sert de cette cendrée pour la maçonnerie des écluses, ponts, aqueducs, batardeaux, etc., et généralement dans les maçonneries ordinaires pour asseoir les grès et les rejointoyer; ce qui doit se faire depuis le mois d'avril jusqu'à la fin de juillet, parce qu'employée dans ce temps là elle n'éclate jamais, ce qui est une propriété remarquable de la

cendrée, car la plupart des ciments sont sujets à gercer: la chaux de Boulogne, par exemple, qui est excellente quand elle est employée dans l'eau, ne vaut rien à sec. »²

Que faut-il en retenir ? Que la pierre calcaire de Tournai était connue pour produire d'excellentes chaux, dont le pouvoir hydraulique – c'est-à-dire la propriété de durcir sous eau – pouvait être augmenté par l'adjonction à la chaux de « Terrasse de Hollande » (en fait de « Trass » provenant d'Andernach, en Rhénanie) ou de « Cendrée de Tournai ». Dans les deux cas, il s'agit de ce qu'on appelle des pouzzolanes.

Le ciment artificiel « Portland », qui nécessite la calcination de la roche calcaire à une température beaucoup plus élevée (1.450° C) que celle nécessaire à l'obtention de la chaux (vers 900° C), ne devient industriellement disponible que vers la moitié du XIX^e siècle en Grande-Bretagne, en France et en Allemagne, mais n'est produit en Belgique que seulement vingt ans plus tard, en 1872, sur le site de Cronfestu (Morlanwez). On

peut cependant réaliser d'excellents bétons avec de la chaux, ou avec des ciments « naturels ». La région de Tournai est restée ainsi très longtemps productrice de ciments naturels, et ce n'est qu'au début du XX^e siècle que des usines de fabrication de ciment artificiel « Portland » y seront implantées.

En 1865, Adolphe Blaton (1835-1905) et son épouse Adèle Aubert (1838-1903) fondent à Bruxelles un commerce de négoce de matériaux de construction. Cette société *Blaton-Aubert* est à l'origine d'une série d'entreprises familiales intimement liées à l'histoire de l'utilisation et de la construction de structures en béton en Belgique, et même internationalement. Quelques annonces insérées dans la presse de l'époque permettent de rendre compte de l'activité de l'entreprise alors sise rue du Trône : « Citernages – Caves inondées : J'entreprends à forfait et avec 20 ans de garantie toutes espèces d'ouvrages hydrauliques tels que: citernes pour l'eau, les spiritueux, les huiles de pétrole et autres – Cuves de gazomètre – Fosses de tannerie – Glacières – Assèchement

de caves inondées – Assainissement de murs humides et salpêtroux – Travaux de houillère – Construction de rochers, Grottes, Aquariums, etc. Economie. On indique la manière de bien employer le ciment aux clients qui désirent faire les travaux à leur risques et périls. Entrepôts de Ciments Portlands et autres. Trass d'Andernach – Plâtres – Sulfate de baryte – Dépôt de carreaux de ciment. »

En 1877, la liste des ciments commercialisés par *Blaton-Aubert* comprend, toujours d'après une annonce parue dans la presse, pas moins de huit ciments : *Ciment portland anglais*, *Ciment keenes blanc*, *Ciment portland français*, *Ciment de Vassy*, *Ciment romain*, *Ciments naturels*, *Ciment réfractaire*, *Ciment pour pierre artificielle*. On notera que cette annonce ne fait pas la promotion du ciment Portland produit en Belgique, réputé alors inférieur aux ciments artificiels importés. Dès 1875, l'entreprise participe à des expositions à l'étranger, puis en Belgique, y montrant en particulier son savoir-faire en matière de réalisation d'enrochements artificiels imitant la nature. La plus ancienne construction de ce type qui nous soit parvenue est la grotte des étangs d'Ixelles, construite en 1876, restaurée en 2016³.

En 1876, l'entreprise s'installe rue du Pavillon à Schaerbeek, sur un site et dans des bâtiments qui permettent de développer une véritable activité industrielle. À partir de cette date commence à se développer une activité de production de *carreaux en ciment comprimé* et d'éléments en *béton moulé*, en particulier des statues, vases et piédestaux, remarquables aux expositions de Paris en 1878 et de Bruxelles en 1880. L'entreprise bruxelloise ne fut certainement ni la première, ni la seule à produire ce genre d'éléments en béton en Europe (on



Fig. 2

Villa *Les Trois Canadas* (1905) de l'entrepreneur Alphonse Vasanne, avenue Van Becelaere à Watermael-Boisfort (A. de Ville de Goyet, 2010 © Urban.brussels).

devrait plus correctement parler de mortier plutôt que de béton), mais c'est néanmoins auprès de *Blaton-Aubert* que l'homme d'affaire et businessman philanthrope Adolphe Sutro commanda, en 1883, près de 200 pièces de ce type pour orner le parc – ouvert au public – de sa propriété surplombant l'Océan Pacifique à San Francisco (*Sutro Heights*), où certaines s'y trouvent encore (fig. 1a et 1b). Cet art des rocailles artificielles et de mobilier de jardin en béton, dont Blaton n'est pas le seul protagoniste mais le plus connu en Belgique, a laissé de nombreuses traces dans le patrimoine bruxellois, jusque dans l'architecture des maisons (fig. 2).

Dès la fin des années 1870, *Blaton-Aubert* fait la promotion d'applications en *béton comprimé* et en *béton aggloméré*, termes dont la résonance avec la promotion du béton aggloméré en France par François Coignet (1814-1888) n'est sans doute pas anodine. C'est d'ailleurs cette même référence au *béton aggloméré* de Coignet qui est invoquée par le bourgmestre de Laeken Émile Bockstael (1838-1920) au Conseil communal en 1880 pour attribuer à *Blaton-Aubert* le premier marché des galeries funéraires en béton du cimetière de Laeken. Ces galeries funéraires, classées partiellement en 1997, ont depuis lors fait l'objet d'une restauration⁴.

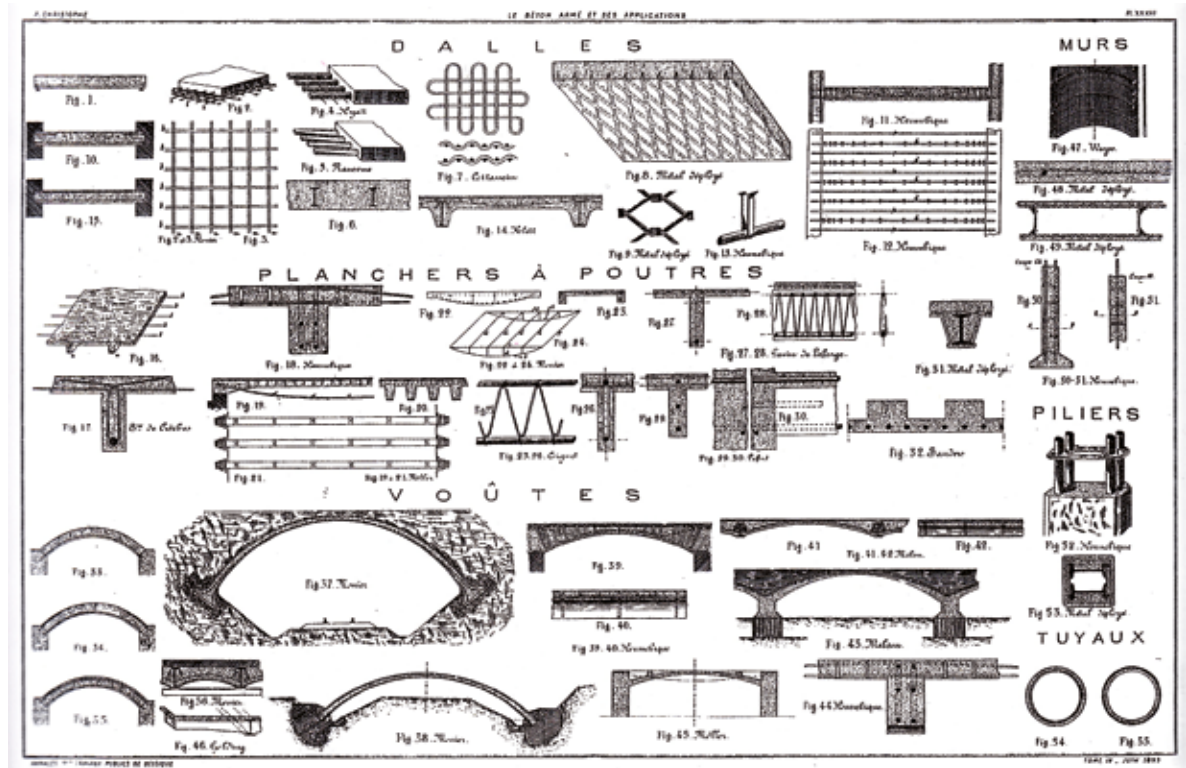


Fig. 3 Systèmes de ferrailage (extrait de CHRISTOPHE, P., « Le béton armé et ses applications », *Annales des Travaux Publics de Belgique*, juin 1899).

Autre produit phare de l'entreprise *Blaton-Aubert* dans les années 1880 est le tuyau d'égout en béton comprimé. L'entreprise réalise des collecteurs dans plusieurs villes du pays, au moyen de tuyaux préfabriqués ou en coulant le béton en place. Le travail le plus important et le plus difficile de ce type est la réalisation du grand collecteur du Maelbeek à Schaerbeek et Saint-Josse-ten-Noode à partir de 1892.

Enfin, au tournant des années 1890, une quantité phénoménale de béton (non armé) est mise en œuvre pour réaliser en un court laps de temps (1889-1891) la ceinture de fortifications autour de Liège (douze forts) et de Namur (neuf forts) suivant les conceptions du général Henri-Alexis Brialmont (1821-1930). Ce sont des firmes françaises qui réaliseront cette entreprise colossale dont les difficultés logistiques sont

énormes, requérant la consommation d'environ 300.000 tonnes de ciment Portland, soit bien plus que la production nationale ne le permette à l'époque. Une grosse partie du ciment utilisé est donc nécessairement importée.

.....
DÉBUTS DU BÉTON ARMÉ JUSQU'EN 1914

On peut attribuer diverses origines et plusieurs inventeurs au béton armé dans la seconde moitié du XIX^e siècle mais, pour la Belgique, la France, l'Italie, l'Espagne, le Portugal, une partie de la Suisse, la Grande-Bretagne... et quelques autres pays encore, on peut rappeler sans trop sourcilier l'éloge exprimé en 1899 par François Hennebique (1842-1921) devant les participants au 3^e Congrès de son organisation réunis à Paris : « Messieurs,

le béton armé est né en Belgique; il est né de père français en terre étrangère. Mais je dois cependant dire que je n'étais pas étranger en Belgique. ... Lorsque j'inventai ce système et que je voulus appeler, en 1892, l'attention des pouvoirs publics sur ma construction, je réussis en peu de temps à attirer l'attention des administrations, des ministères qui bâtissent. Une commission fut nommée de chaque ministère et vient examiner mes travaux. Rapports plus ou moins favorables. [...] Aujourd'hui que, rentré en France comme étranger, car je dois vous dire que c'est une expérience que je fis une fois de plus, que nul n'est prophète en son pays, revenu de Bruxelles, passant la frontière, j'étais Belge. »⁵

Pour la Belgique, effectivement, le béton armé n'existe pas avant Hennebique. Hennebique, initia-

lement un petit entrepreneur en maçonnerie né dans le Pas-de-Calais, est venu s'installer très tôt en Belgique. En 1889, il réalise, dans une villa à Lombardzijde (Middelkerke), son premier plancher en béton armé pour satisfaire une demande d'incombustibilité de la part du propriétaire. Par la suite, la résistance au feu sera l'argument récurrent de promotion invoqué par Hennebique. Hennebique a déposé en Belgique dix-sept brevets en rapport avec le béton armé entre 1886 et 1912, ceux de 1892 et de 1897 étant les plus importants pour montrer le cheminement vers une disposition relativement rationnelle de l'armature dans le béton.

À partir de 1892, l'entreprise de F. Hennebique est un bureau d'affaires établi à Bruxelles où des projets de structures en béton armé sont étudiés et réalisés par des entreprises extérieures. Ces entreprises sont les « concessionnaires » (ou agents) des brevets de Hennebique et paient à ce dernier une redevance sur les travaux de béton armé qu'ils exécutent en disposant les armatures suivant les plans établis par le bureau Hennebique. Ainsi, Hennebique tisse au départ de Bruxelles un véritable réseau international d'agents qui répandent l'utilisation de son « système » de disposition d'armatures. En 1897, Hennebique déplace le centre de ses affaires à Paris. Son réseau d'agents, soutenu par une efficace promotion, devient alors un véritable empire, jouissant dans les pays cités plus haut d'un quasi-monopole, au minimum d'une très grosse part du marché de la construction en béton armé jusqu'en 1906.

En Belgique, l'usage du béton armé dans la dernière décennie du XIX^e siècle reste cependant restreint, et se limite souvent à des planchers. Mais à l'étranger, la diffusion de cette nouvelle manière de construire



Fig. 4 Intérieur de l'Entrepôt royal à Tour et Taxis montrant les fins planchers en encorbellement (AVB, CI, M-80, photo de A. Louvois).

début plus tôt, notamment dans les années 1880 en Allemagne, et de nombreux systèmes d'armatures, pas tous très rationnels d'ailleurs, apparaissent. Ce qui caractérise effectivement cette première époque du béton armé, dans les années 1880-1890, est la disposition des armatures régie par des brevets et non, comme aujourd'hui, par des méthodes de calcul rationnelles. Ces brevets émanent d'inventeurs autodidactes, d'architectes, d'entrepreneurs, mais plus rarement d'ingénieurs.

En 1899, un ingénieur belge des Ponts et Chaussées travaillant à l'Administration centrale à Bruxelles, Paul Christophe (1870-1957), est délégué par son Administration pour participer au 3^e Congrès de Hennebique à Paris. En guise de rapport de mission, il publie en 1899 dans les *Annales des Travaux Publics de Belgique* un article volumineux

qui déborde largement l'objet du congrès et qui se veut un panorama le plus complet possible de l'état de la technique internationale du béton armé à cette date, augmenté de formules établies par lui-même permettant de dimensionner rationnellement le béton armé (fig. 3). Trois ans plus tard, en 1902, Christophe publie à Paris une édition augmentée de ce travail sous forme d'un livre. Il est internationalement reconnu qu'il s'agit là du tout premier ouvrage scientifique, ne présentant pas un point de vue partisan ou commercial, consacré au béton armé, à son utilisation et à son dimensionnement. Il sera traduit en russe (1903), en allemand (1905), et largement plagié en néerlandais (1902) et en anglais (1905). La méthode de calcul de l'armature principale des poutres et colonnes proposée par Christophe en 1899 était encore largement utilisée dans beaucoup de pays jusque dans les années 1970.

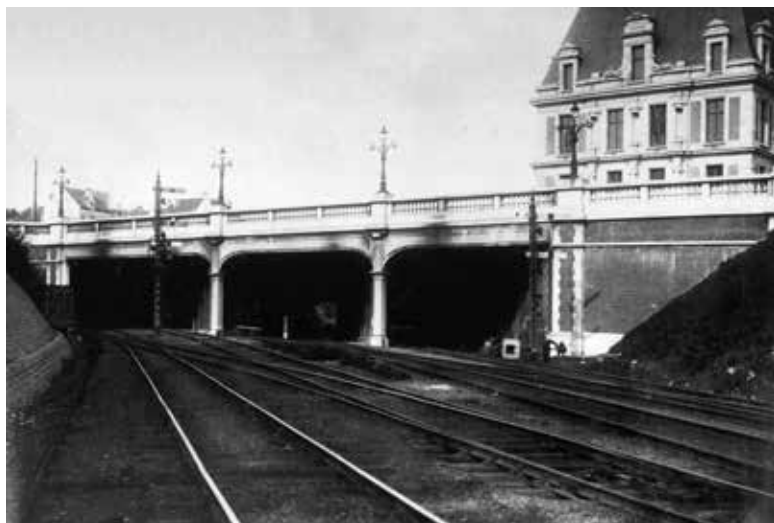


Fig. 5
Viaduc à Laeken sous la place Émile Bockstael (1905) (© Archives Blaton, Fondation CIVA-Stichting).



Fig. 6
Pont Teichman à Schaerbeek (1905, démolit) (© Archives Blaton, Fondation CIVA-Stichting).



Fig. 7
Compagnie du Gaz de Saint-Josse-ten-Noode à Jette (1908-1913, démolit) (© Archives Blaton, Fondation CIVA-Stichting).

Un concessionnaire important du système Hennebique à Bruxelles au début du XX^e siècle est l'entreprise *Louis de Waele* : c'est elle qui construit, sous licence du brevet Hennebique, l'extraordinaire Entrepôt royal de Tour et Taxis (1903-1907) avec ses planchers en encorbellement (fig. 4). L'entreprise *Blaton-Aubert*, devenue *Ciments et Bétons* sous la direction d'Armand Joseph Blaton (1863-1929), s'est lancée en 1897 dans la construction en béton armé. Au tournant du siècle, la disposition des armatures qu'elle utilisait ressemblait fortement à celle du brevet Hennebique. Très rapidement l'entreprise de la rue du Pavillon, qui s'appelle *Armand Blaton* de 1905 à 1927, devient un entrepreneur général en béton armé, disposant d'un bureau d'études performant où des ingénieurs dressent les plans de projets innovants en utilisant les méthodes de calcul de Christophe. On souhaite mentionner ici les premiers ponts en béton armé construits à Bruxelles (et parmi les tous premiers en Belgique) : le viaduc au-dessus des lignes de chemin de fer sous la place Émile Bockstael à Laeken (1905, existant et classé en 2007) (fig. 5) et le pont Teichman au-dessus des lignes de chemin de fer à Schaerbeek (1905, démolit) (fig. 6). Un autre ouvrage remarquable de cette époque par Blaton est le bâtiment de l'usine de Jette Saint-Pierre construit pour la Compagnie anonyme du Gaz de Saint-Josse-ten-Noode avec sa remarquable couverture constituée par une voûte en berceau en béton de 16 m de portée et de seulement 10 cm d'épaisseur à la clé (1908-1913, démolit) (fig. 7).

Toute construction érigée sur le sol nécessite des fondations. Celles-ci peuvent être superficielles si la couche de sol près de la surface présente une résistance suffisante, ou profondes s'il faut aller cher-



Fig. 8

Première application du pieu moulé Robur, sur le chantier de construction des entrepôts Delhaize à Bruxelles (1912, démolis) [© Archives Blaton, Fondation CIVA-Stichting].

cher « le bon sol » en profondeur. Les charges sont alors souvent transmises par l'intermédiaire de pieux. Avant l'apparition du béton armé, les pieux étaient traditionnellement en bois, battus dans le sol au moyen d'une masse. Avec le béton armé apparaît la possibilité de préfabriquer des pieux qui, à l'instar des pieux en bois, sont enfoncés dans le sol par battage. Ceux-ci présentent néanmoins certains désa-

vantages, et très vite dans l'histoire du béton armé sont apparus des procédés pour mouler directement les pieux dans le sol. Hennebique fait la promotion, à partir de 1902, d'un brevet de pieu en béton moulé dans le sol inventé par Dulac appelé *Compressol*. Des pieux de ce type constituent les fondations de l'Entrepôt royal de Tour et Taxis, de même que ceux de la passerelle Mativa sur la dérivation de l'Our-

the à Liège construite en 1905 par le concessionnaire liégeois du procédé *Compressol Prax*. Blaton, de son côté, devient dès 1905 le seul concessionnaire pour la Belgique des pieux moulés *Simplex*, procédé un peu différent inventé par l'ingénieur américain Frank Schuman (1862-1918). En 1909, le Liégeois Edgard Frankignoul (1882-1954), ayant travaillé avec Prax au sein de sa société *Compressol*, dépose le brevet de ce qui deviendra le pieu *Franki*, et fonde en 1910 la société *Pieux Armés Frankignoul* puis, en 1911, la *Compagnie Internationale des Pieux Franki*. Le succès du pieu *Franki* sera rapide et planétaire avec la création de filiales à l'étranger. Blaton, quant à lui, introduit en 1912 une évolution du pieu *Simplex* qu'il baptisa *Robur* (fig. 8), système de pieux moulés que l'entreprise utilisera abondamment jusqu'en 1927, date à partir de laquelle l'entreprise fera la promotion du pieu *Vibro*, un brevet d'origine anglaise.

À la veille de la Première Guerre mondiale, la construction en béton armé est donc déjà largement développée et rationalisée. De nouveaux types de structures et une architecture nouvelle sont apparues qui tirent profit des caractéristiques de ce matériau.



Fig. 9a et 9b

Palais des Beaux Arts (1923-1926) [© Archives Blaton, Fondation CIVA-Stichting].



Fig. 10

Grands arcs en béton du Palais 5 au Heysel (1935) [Ch. Bastin et J. Evrard © Urban.brussels].

LE BÉTON ARMÉ ENTRE LES DEUX GUERRES MONDIALES

Dans les années 1920-30, le béton armé devient omniprésent dans l'architecture, notamment avec l'apparition des immeubles à appartements et immeubles de bureau à ossature en béton armé. Dans le domaine industriel, ainsi que dans celui des infrastructures, son usage se généralise dans la construction d'écluses, de murs de quai, de grands viaducs et de ponts en arc. À Bruxelles, une construction emblématique de l'usage du béton armé dans les années 1920 est le Palais des Beaux-Arts (1923-1926) [fig. 9a et 9b] et, dans les années 1930, le Grand Palais pour l'exposition de 1935 au Heysel (Palais 5) [fig. 10] avec sa structure portante audacieuse composée de grands arcs

à trois rotules de 86 m d'ouverture dégageant un extraordinaire espace libre.

L'entreprise Franki continue son expansion internationale comme entreprise spécialisée dans le domaine des pieux – sa spécialité –, mais en développant également une activité d'entrepreneur général en Belgique. Pour le chantier de la basilique nationale de Koekelberg, qui a réellement démarré au début des années 1920, Franki réalise 1.438 pieux entre 1926 et 1929. Autre chantier phare pour l'entreprise Franki à Bruxelles, les fondations du complexe *Résidence Palace* (1922-1927). À partir de 1925, la Compagnie Franki édite et publie la revue *La Technique des Travaux*, qui ne cessera de paraître qu'en 1977. Cette revue se veut d'abord

une vitrine des applications du pieu Franki, un peu à l'instar, 25 ans plus tôt, de la revue *Le Béton Armé* de la maison Hennebique. Mais la revue s'impose très vite comme une revue de grande qualité scientifique et technique, publiant des descriptions de projets de construction en béton armé, tant en bâtiment qu'en génie civil, en Belgique et à l'étranger. Bien que publiée uniquement en français, elle connut une audience internationale ; elle constitue une excellente source – parfois la seule et certainement l'une des plus accessibles – pour documenter des réalisations en béton. Elle publia également des études scientifiques relatives au béton ou au calcul du béton armé.

Témoin de la puissance financière et de l'importance internationale

de la Compagnie Franki à la fin des années 1920, c'est *La Technique des Travaux* qui est le sponsor de l'organisation, à Liège, du 1^{er} au 6 septembre 1930, du 1^{er} Congrès international du béton armé. À la différence des congrès de la maison Hennebique, il s'agit d'un congrès scientifique de haut niveau et international, le tout premier dans le domaine du béton. Il réunit quelques architectes, mais surtout des ingénieurs. Tous les grands témoins de la construction en béton armé figurent dans la liste des inscrits à ce congrès, qui voit sans doute pour la première fois se rencontrer des ingénieurs, surtout européens, qui ont participé à l'essor de la construction en béton armé depuis le début du siècle. Les actes sont publiés en 1932 par la société d'édition de *La Technique des Travaux*. Ils contiennent des articles fondamentaux, comme ceux écrits par l'ingénieur français E. Freyssinet sur ses études sur les déformations différées du béton ou par l'ingénieur allemand F. Dischinger sur les coques en béton. De nos jours, le dimensionnement des constructions en béton est régi par des règlements unifiés, en tout cas au niveau européen : la même philosophie, la même conception de la sécurité, les mêmes modèles de calcul s'appliquent dans tous les pays d'Europe. Ce n'était certainement pas le cas dans les années 1920-30. Il convient ici de souligner le caractère fondateur de ce congrès de Liège en 1930 pour la confrontation des idées et des réalisations nationales dans le domaine du béton armé.

Dans le domaine des ponts en béton armé, les applications les plus remarquables d'un point de vue international réalisées dans les années 1930 par des ingénieurs et entreprises belges se trouvent au Katanga : il s'agit des ponts de chemin de fer sur la rivière Lualaba

[1937-1939] et sur la rivière Lukaga [1938-1939], tous deux par l'entreprise Trabeka dont le siège est à Bruxelles. Le pont sur la Lualaba est une remarquable application précoce de la construction d'un viaduc au moyen d'un cintre auto-lanceur, et le pont sur Lukaga peut être considéré comme le plus ancien pont en béton existant au monde construit par encorbellement.

LE BÉTON PRÉCONTRAIT

Même si on peut trouver de nombreuses tentatives pour précontraindre le béton dès les origines du béton armé, c'est l'ingénieur français Eugène Freyssinet (1879-1962) qui a déposé, en 1928, le premier brevet qui permet efficacement de réaliser des éléments en béton précontraint et qui a développé ses premières applications dans les années 1930. Celles-ci sont néanmoins restées très limitées, voire confidentielles, avant la Seconde Guerre mondiale. En 1939, Freyssinet a terminé la mise au point de la technologie permettant de réaliser la précontrainte par *post-tensioning*, à savoir : câbles, ancrages et vérins de mise en tension des câbles, tous dispositifs brevetés.

Le Professeur Gustave Magnel (1889-1955) de l'Université de Gand est le premier, en Belgique, à s'être intéressé au béton précontraint. Il a imaginé, dès 1941, un ouvrage expérimental ou prototype : un pont-dalle de 20 m de portée pour supporter les voies de la Jonction Nord-Midi au-dessus de la rue du Miroir à Bruxelles. Initialement, Magnel envisageait d'utiliser la technologie brevetée de Freyssinet pour réaliser l'ouvrage. D'ailleurs, en novembre 1941, Freyssinet souligne dans une conférence qu'il donne à Paris : « Monsieur le Pr Magnel de l'Université de Gand...

m'aide à développer en Belgique les applications des constructions précontraintes. »⁶ Mais, à cause de la guerre, l'outillage Freyssinet s'avère impossible à importer en Belgique. Magnel ne renonce pas pour autant et commence à développer un partenariat étroit avec l'entreprise *Blaton-Aubert*, qui réalisera le pont, mettant ainsi au point une technologie « belge » de béton-précontraint par *post-tensioning*, inspirée des idées de Freyssinet.

« Nous nous sommes intéressés au problème dès 1941 et nous avons eu la bonne fortune de pouvoir le faire en collaboration avec une grosse maison d'entreprises à Bruxelles [i.e. Blaton-Aubert]... Après de multiples essais, nous sommes arrivés en coopération avec notre entrepreneur, et sans qu'on puisse déceler dans le résultat final quelle a été la part de chacun, à mettre au point un câble avec ses accessoires et un appareil pour établir la précontrainte. C'est le câble sandwich que les spécialistes belges connaissent bien en ce moment et qui, à une exception près, est le seul qui ait été appliqué sur chantier en Belgique jusqu'à ce jour. »⁷

Pendant une dizaine d'années (1941-1951), la collaboration entre Gustave Magnel et *Blaton-Aubert* s'avère particulièrement riche et féconde, non seulement en Belgique, mais au niveau international.

Le chantier des ponts-rails de la rue du Miroir (fig. 11a et 11b) donne d'abord lieu, en juillet 1943, à un essai de mise en charge jusqu'à rupture d'une poutre en béton précontraint de 20 m de portée qui valide splendidement la technologie « Sandwich » (dite aussi Blaton-Magnel). À partir de ce moment, la voie est ouverte pour Magnel et *Blaton-Aubert* pour promouvoir en Belgique les applications du béton précontraint. Pendant ces années



Fig. 11a et 11b

a) Chantier des ponts expérimentaux de la jonction Nord-Midi, rue du Miroir, avec l'église de La Chapelle dans le fond ; préparation de la poutre d'essai (1943) (© Archives Blaton, Fondation CIVA-Stichting); b) pont-rails de la rue du Miroir (A. de Ville de Goyet, 2019 © Urban. brussels).

de guerre, et encore plus après-guerre lors de la Reconstruction, le béton précontraint peut concurrencer efficacement le béton armé car il consomme moins d'acier, moins de béton (donc moins de ciment), moins de bois de coffrage et de cintres, et permet de construire plus rapidement en recourant à la préfabrication. Il est donc très compétitif. Les applications – nécessairement novatrices – du béton précontraint qui vont être faites en Belgique à partir de 1943, par *Blaton-Aubert* ou par d'autres entreprises belges utilisant la technologie « Sandwich », sont diverses et variées.

Quelques applications remarquables réalisées en Belgique ont particulièrement été relevées par la presse professionnelle étrangère :

- La couverture d'hangars pour avions à Zaventem (actuellement toujours existants dans la zone technique de l'aéroport international de Bruxelles), avec des poutres de 51 m de portée pesant chacune près de 300 t. (1948).
- La couverture (35.000 m²) des usines de l'Union Cotonnière (UCO) à Gand au moyen d'un

réseau de poutres primaires (100 poutres de 20,8 m de portée) supportant des poutres secondaires (600 poutres de 13,6 m de portée) ; construit en 1948, largement démolé (quelques parties conservées) en 2017. Il faut souligner cette innovation majeure et mondiale d'un point de vue de la typologie des structures, permise par l'utilisation de poutres en béton précontraint. À une échelle plus modeste, la couverture du garage Wismeyer, rue Vanderkindere à Uccle (1949), est représentative de la même innovation structurale.⁸

- Le pont de Sclayn sur la Meuse (1949-1950), premier pont au monde continu en béton précontraint avec deux travées, de 63 m chacune.

Fort de son expérience, Magnel publie en 1948, en français et en anglais, un livre consacré au dimensionnement du béton précontraint. Il s'agit du tout premier livre d'importance sur ce sujet et il se veut didactique, pratique et scientifique. Étant donné son succès, il connaîtra plusieurs éditions (ainsi que des traductions en allemand et en espagnol), la troisième et der-

nière en 1954. De nos jours, tous les étudiants en génie civil dans le monde entendent encore parler du « diagramme de Magnel » pour le dimensionnement des sections de poutres précontraintes car il garde toute sa pertinence didactique.

Dès l'issue de la Seconde Guerre mondiale, Magnel et l'entreprise *Blaton-Aubert* ont cherché à diffuser le système « Sandwich » à l'exportation. Les premiers succès notables arrivent en Grande-Bretagne, où le système Freyssinet était bien connu. Mais le plus notable est que la technologie belge « Sandwich » est choisie pour réaliser le tout premier pont en béton précontraint aux États-Unis : un pont de la *Walnut Lane* à Philadelphie (1949-1951). Le 25 octobre 1949, Magnel dirige sur place un essai de mise en charge jusqu'à rupture d'une poutre en béton précontraint, système « Sandwich », de 47 m de portée, en présence de plus de 300 ingénieurs venus du monde entier. La réussite éclatante de cet essai consacre Magnel comme autorité internationale dans le domaine du béton précontraint, particulièrement dans les pays anglophones.

Jouissant de cette reconnaissance internationale, Magnel organise à Gand, du 8 au 13 septembre 1951, le premier Congrès International du béton précontraint, au cours duquel Freyssinet reçoit les insignes de Docteur *honoris causa* de l'Université de Gand. En 1952 est créée la Fédération Internationale de la Précontrainte : Freyssinet en est le 1^{er} président et Magnel, le 1^{er} vice-président. En 1950, la famille Blaton a créé une société spécifique, « Le Câble Sandwich », indépendante de l'entreprise générale de construction *Blaton-Aubert*, pour réaliser les applications de cette technologie spécifique qui restera fort utilisée en Belgique jusque dans les années 1960. Le béton précontraint a, bien sûr, continué à se développer après cette date.

STRUCTURES EN VOILES MINCES DE BÉTON

Au niveau international, une autre grande innovation dans le domaine des constructions en béton qui, historiquement, se développe en même temps que le béton précontraint – et souvent par les mêmes acteurs – est constitué par l'usage de voiles minces en béton pour couvrir de grands espaces sans appuis intermédiaires, en alternative aux charpentes métalliques. Leur histoire a déjà commencé dans les années 1920-30, en Allemagne avec les voûtes en berceau diffusées par l'entreprise Dyckerhoff & Widmann avec son système de construction breveté Zeiss-Dywidag (Z-D), et en France avec les voiles conoïdes et en paraboloides hyperboliques. L'entreprise Franki était déjà avant 1930 le représentant pour la Belgique du système breveté Z-D, et l'a utilisé au moins à deux reprises pour des installations industrielles en Belgique⁹. Le tout premier congrès international

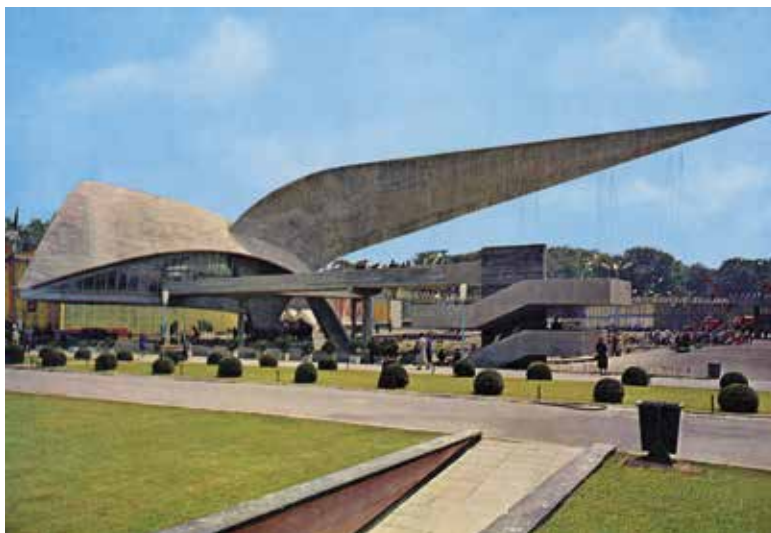


Fig. 12
Flèche du Génie civil à l'Expo 58 (coll. privée).



Fig. 13
Pavillon Philips à l'Expo 58 [Expo 58 - Archief - Vakgroep Architectuur en Stedenbouw, UGent, Faculteitsbibliotheek Ingenieurswetenschappen en Architectuur].

sur les couvertures en voile mince de béton s'est tenu à Londres en 1952, et la seule contribution non britannique à ce congrès était la présentation de hangars couvrant 5.000 m² en voûte en berceau au port d'Anvers, construits par l'entreprise bruxelloise SETRA, de 1947 à 1950. Le directeur technique de la SETRA était alors André Paduart (1914-1985), qui deviendra en 1954 professeur à l'ULB.

Toutes les structures que l'on pourrait qualifier d'applications de voiles minces en béton construites en Belgique (et il n'y en a pas beaucoup), et qui ont reçu une audience internationale, sont très atypiques et éloignées des applications « classiques » des voiles minces. En 1947, l'entreprise *Blaton-Aubert* construisit à Grimbergen deux hangars circulaires pour avions légers. Chaque hangar est couvert par une coque



Fig. 14

Auvent en voile mince de béton du bâtiment S de l'ULB, avenue Jeanne (1966) [A de Ville de Goyet, 2019 © Urban.brussels].

en béton en forme d'assiette, de 50 m de diamètre, posée sur quatre piliers en béton. Cette idée de structure est due à un inventeur autodidacte, Alfred Hardy (1900-1965). Très peu de constructions de ce type ont été réalisées. Celle-ci doit sa notoriété à cette singularité et au fait qu'elle figure – d'ailleurs comme seule référence belge – dans le catalogue d'une exposition consacrée à l'ingénierie-construction du XX^e siècle tenue en 1964 au *Museum of Modern Art* de New York.

À l'Exposition universelle de Bruxelles en 1958, deux structures en voiles minces de béton, également atypiques, ont retenu l'attention. L'une pour son audace du point de vue de sa construction : la Flèche du Génie Civil (fig. 12), un immense porte-à-faux en voile plissé de 80 m, due au trio A. Paduart

(ingénieur), J. Van Doosselaere (architecte) et J. Moeschal (sculpteur). Cette structure fut distinguée par un *Construction Practice Award* de l'*American Concrete Institute* en 1962 et a été démolie en 1970. L'autre structure en voile mince qui a marqué les esprits était le pavillon Philips dû aux architectes I. Xenakis et Le Corbusier. Il se présentait comme un assemblage de segments de paraboloïdes hyperboliques (PH) (fig. 13). Cependant, à la différence des PH de l'époque, les coques n'ont pas été coulées sur place, mais résultent d'un assemblage de « tuiles » préfabriquées maintenues en place les unes contre les autres par précontrainte.

On peut considérer que l'apogée des couvertures des voiles minces de béton est la fin des années 1950, alors que se crée tardivement, en

1959, l'*International Association for Shell (and Spatial) Structures*, dont A. Paduart sera d'ailleurs président de 1971 à 1980. Mais certains projets prennent parfois beaucoup de temps à se réaliser : c'est ainsi que, rien qu'à Bruxelles, Paduart est co-auteur du projet de trois constructions en voile mince de béton en forme de PH : la couverture de l'ancien Garage Renault, square Albert à Anderlecht (1963, largement démolie en 2017), l'auvent du bâtiment S (Institut de Sociologie) de l'ULB (1966) (fig. 14), et quelques plus petits PH au-dessus de l'École maternelle de la Marolle, rue Sainte-Thérèse à Bruxelles (1975).

BIBLIOGRAPHIE

- ATTAS, D., PROVOST, M., *Bruxelles, sur les traces des ingénieurs bâtisseurs*, CIVA, Bruxelles, 2011.
- DENOËL, J.-F., ESPION, B., HELLEBOIS, A., PROVOST, M., *Histoires de Béton Armé: Patrimoine, Durabilité et Innovations*, éd. FEBELCEM-FABI, Bruxelles, 2013.
- *Bruxelles Patrimoines*, n° 15-16, septembre 2015,
- DUMOULIN, M., *Franki – Bâtir un monde- Een wereld bouwen*, éd. Lannoo, Tielt, 1992.
- ESPION, B., PROVOST, M., BASTIN, O., BOUILLARD, P., « Three historic railway bridges in Katanga, DR Congo, *Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Bridge engineering* », 2015, p. 168 (2), 173-180.
- HELLEBOIS, A., *Theoretical and experimental studies on early reinforced concrete structures: contribution to the analysis of the bearing capacity of the Hennebique system*, (Thèse de doctorat non publiée), Université libre de Bruxelles, 2013.
- HELLEBOIS, A., ESPION, B. (2016). « Paul Christophe (1870-1957), une active contribution scientifique à la diffusion du béton armé au tournant du XX^e siècle », in FLEURY, F., BARIDON, L., MASTRORILLI, A., MOUTERDE, R., REVEYRON, N., *Les temps de la construction. Processus, acteurs, matériaux: Recueil de textes issus du deuxième Congrès francophone d'Histoire de la Construction*, éd. Picard, Paris, 2016, p. 871-882.
- DEVOS, R., ESPION, B., PESZTAT, Y. (et al.), *Blaton. Une dynastie de constructeurs - Een dynastie van bouwers*, AAM, Bruxelles/Brussel, 2017.
- VAN DE VOORDE, S., *Bouwen in Beton in België (1890-1975). Samenspel van kennis, experiment en innovatie* (Thèse de doctorat non publiée), Universiteit Gent, 2011.

NOTES

1. Il s'agit en fait du Trass d'Andernach, un tuf volcanique provenant de carrières à Andernach en Rhénanie.
2. de BELIDOR, B.-F. *La Science des Ingénieurs (Livre III, De la construction des travaux)*, éd. Claude Jombert, Paris, 1729, p. 16-17 ; rééd. Firmin Didot, Paris, 1813, p. 205-207.
3. LOUIS, M., « La restauration de la rocaille des étangs d'Ixelles. La redécouverte d'un ouvrage pittoresque », in *Bruxelles Patrimoines*, n° 23-24, septembre 2017, p. 100-111.
4. PECHEUR, B., « Le projet de restauration des galeries funéraires du cimetière de Laeken », in *Bruxelles Patrimoines*, n° 8, novembre 2013, p. 68-71.
5. HENNEBIQUE, F., *Le Béton Armé*, 1^{re} année, n° 12, mai 1899, p. 2.
6. FREYSSINET, E., « Une révolution dans l'art de bâtir. Les constructions précontraintes », in *Travaux*, n° 101, 1941, p. 341.
7. MAGNEL, G., « L'avenir du béton précontraint », in *Annales des Travaux Publics de Belgique*, numéro jubilaire 1843-1948, 1948, p. 178.
8. DEVOS, R., ESPION, B., PROVOST, M., « La modernité d'après-guerre au volant. Trois garages remarquables à Bruxelles (1949-1963) », in *Bruxelles Patrimoines* n° 15-16, septembre 2015, p. 92-101.
9. Toiture du parc à charbon des Forges de la Providence à Marchienne-au-Pont, et hangar-silo de l'Usine UCB à Tertre (ce hangar subsiste).

Belgium's world-renowned contribution to the history of concrete Blaton, Christophe, Franki, Hennebique, Magnel and others...

Belgium is globally recognised in the field of concrete for the role played by a number of pioneers, the achievements of a number of companies and for a number of events and important publications. Production of artificial cement in Belgium began in 1872, with construction using reinforced concrete only beginning in the 1890s, particularly under the impetus of Brussels-based Frenchman François Hennebique. In 1902, Belgian engineer Paul Christophe published a seminal work on the use and dimensioning of reinforced concrete. The Brussels company Blaton popularised the use of lime and non-reinforced concrete beginning in around 1865, and went on to establish itself as a leading builder of reinforced concrete structures in Belgium during the early 20th century. Prior to 1914, Eugène Frankignoul used Liège as a base to build an international company to commercialise his cast concrete ground foundation piling system. In 1930, his company organised the first international conference on reinforced concrete in Liège. The inter-war period saw rapid growth in the use of reinforced concrete in Belgium, particularly in architecture. During the Second World War, Blaton and Professor Gustave Magnel developed a technology using prestressed concrete which, from 1945 onwards, became hugely successful internationally as well as widely used in Belgium. In 1951, Magnel organised the first international conference on prestressed concrete in Ghent.

COLOPHON

COMITÉ DE RÉDACTION

Jean-Marc Basyn, Françoise Cordier, Stéphane Demeter, Paula Dumont, Murielle Leseqque, Griet Meyfroots, Valérie Orban, Cecilia Paredes, Brigitte Vander Bruggen

RÉDACTION FINALE EN FRANÇAIS

Stéphane Demeter

RÉDACTION FINALE EN NÉERLANDAIS

Griet Meyfroots

SECRÉTARIAT DE RÉDACTION

Stéphane Demeter et Murielle Leseqque

COORDINATION DU DOSSIER

Jean-Marc Basyn

COORDINATION DE L'ICONOGRAPHIE

Julie Coppens et Jean-Marc Basyn

AUTEURS/COLLABORATION

RÉDACTIONNELLE

Jean-Marc Basyn, Brigitte De Groof, Rika Devos, Bernard Espion, Jean-Paul Heerbrant, Isabelle Lecocq, Marc Meganck, Griet Meyfroots, Cecilia Paredes, Michel Provost, Benoît Schoonbroodt, Christian Spapens, Anne Totelin, Brigitte Vander Bruggen, Céline Vandewynckel, Aurélie Vermijlen

RELECTURE

Martine Maillard, Cate Chapman-Skylark Academic & Book Editing et le comité de rédaction

TRADUCTION

Gitracom, Ubiqu Belgium NV/SA

GRAPHISME

Polygraph'

CRÉATION DE LA MAQUETTE

The Crew communication sa

IMPRESSION

Graphius Brussels

DIFFUSION ET GESTION DES ABONNEMENTS

Cindy De Brandt, Brigitte Vander Bruggen
bpeb@urban.brussels

REMERCIEMENTS

Philippe Charlier, Alfred de Ville de Goyet, Bernard Espion, Armande Hellebois, Wim Kenis, Pierre-Yves Lamy, Michel Provost, Guido Stegen

ÉDITEUR RESPONSABLE

Bety Waknine, directrice générale, Urban.brussels (Service public régional Bruxelles Urbanisme & Patrimoine) Mont des Arts 10-13, 1000 Bruxelles

Les articles sont publiés sous la responsabilité de leur auteur. Tout droit de reproduction, traduction et adaptation réservé.

CONTACT

Direction Patrimoine culturel
Mont des Arts 10-13, 1000 Bruxelles
www.patrimoine.brussels
bpeb@urban.brussels

CRÉDITS PHOTOGRAPHIQUES

Malgré tout le soin apporté à la recherche des ayants droit, les éventuels bénéficiaires n'ayant pas été contactés sont priés de se manifester auprès de la Direction Patrimoine culturel de la Région de Bruxelles-Capitale.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ACSJ - Archives communales de Saint-Josse-ten-Noode
ACWSP - Archives communales de Woluwe-Saint-Pierre
AGR - Archives générales du Royaume
AUCL - Archives de l'université catholique de Louvain-la-Neuve
AVB - Archives de la Ville de Bruxelles
CIDEP - Centre d'Information, de Documentation et d'Etude du Patrimoine
KIK-IRPA - Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium / Institut royal du Patrimoine artistique
KUL - Katholieke Universiteit Leuven
MRBAB - Musées royaux des Beaux-Arts de Belgique
SPRB - Service public régional de Bruxelles
ULB - Université libre de Bruxelles
VUB - Vrije Universiteit Brussel

ISSN

2034-578X

DÉPÔT LÉGAL

D/2019/6860/011

Dit tijdschrift verschijnt ook in het Nederlands onder de titel "Ertgoed Brussel".

Déjà paru dans Bruxelles Patrimoines

001 - Novembre 2011
Rentrée des classes

002 - Juin 2012
Porte de Hal

003-004 - Septembre 2012
L'art de construire

005 - Décembre 2012
L'hôtel Dewez

Hors série 2013
Le patrimoine écrit notre histoire

006-007 - Septembre 2013
Bruxelles, m'as-tu vu ?

008 - Novembre 2013
Architectures industrielles

009 - Décembre 2013
Parcs et jardins

010 - Avril 2014
Jean-Baptiste Dewin

011-012 - Septembre 2014
Histoire et mémoire

013 - Décembre 2014
Lieux de culte

014 - Avril 2015
La forêt de Soignes

015-016 - Septembre 2015
Ateliers, usines et bureaux

017 - Décembre 2015
Archéologie urbaine

018 - Avril 2016
Les hôtels communaux

019-020 - Septembre 2016
Recyclage des styles

021 - Décembre 2016
Victor Besme

022 - Avril 2017
Art nouveau

023-024 - Septembre 2017
Nature en ville

025 - Décembre 2017
Conservation en chantier

026-027 - Avril 2018
Les ateliers d'artistes

Derniers numéros



028 - Septembre 2018
Le Patrimoine c'est nous !



Hors-série - 2018
La restauration
d'un décor d'exception



029 - Décembre 2018
Les intérieurs historiques



urban
.brussels

BUP BRUXELLES URBANISME ET PATRIMOINE
BSE BRUSSEL STEDENBOUW EN ERFGOED

15 €



ISBN 978-2-87584-179-7