

ERFGOED BRUSSEL

April 2019 | Nr030

Dossier **BETON**

Varia DE BRUSSELSE REUZEN

DOSSIER

BOUWKUNDIG ENGINEERING ERFGOED 1944-2018

ONDERZOEK TER
GELEGENHEID VAN
DE SLOOP VAN EEN
VOETGANGERSBRUG
IN VOORGESPANNEN
BETON

BERNARD ESPION

BURGERLIJK BOUWKUNDIG INGENIEUR,
HOGLERAAR ULB, *JOINT RESEARCH GROUP*
ULB-VUB 'CONSTRUCTION HISTORIES BRUSSELS'

MICHEL PROVOST

BURGERLIJK BOUWKUNDIG INGENIEUR,
HOGLERAAR ULB, *JOINT RESEARCH GROUP*
ULB-VUB 'CONSTRUCTION HISTORIES BRUSSELS'



Verplaatsing van de voetgangersbrug in de Gosseliesstraat in de nacht van 1 op 2 juni 2018 (W. Coppens © GOB).

De geschiedenis van de betontechnologie wordt niet alleen op basis van archiefonderzoek geschreven. Een archeologische blik op de bouwwerken, hun schadebeeld en hun pathologieën helpt om een beter begrip te krijgen van de materiële aspecten van de uitvoering zoals ze wordt voorgeschreven in bestekken en technische productfiches. In dit geval hebben de auteurs via een intrusief en destructief experiment de technische eigenschappen van een van de eerste Belgische realisaties in voorgespannen beton tot op het bot kunnen evalueren.

Tot 1 juni 2018 lag er in Sint-Jans-Molenbeek, in het verlengde van de Gosseliesstraat, een betonnen voetgangersbrug over het kanaal van Charleroi (afb. 1). In 2019 werd ze vervangen door een mobiele, metalen hefbrug, ontworpen door het Bureau Greisch. Bijzonder aan de oude brug was dat ze het eerste bouwwerk was van het type 'brug' of 'voetgangersbrug' in *voorgespannen* beton dat in België gebouwd en in gebruik genomen werd, meer bepaald in oktober 1944, zeven weken na de bevrijding van Brussel.



Afb. 1

De voetgangersbrug in de Gosseliesstraat in Sint-Jans-Molenbeek in 1945 (inventaris Ministerie Openbare Werken. Fotografische dienst, Foto's van bruggen 1934-1953 © ARA).

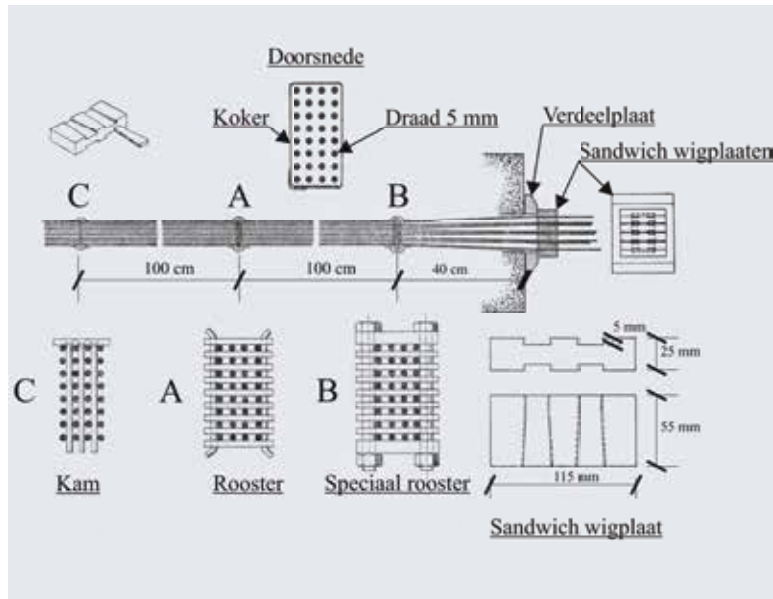
DE EERSTE CONSTRUCTIES IN VOORGESPANNEN BETON IN BELGIË

De eerste toepassingen van voorgespannen beton dateren van de jaren '30. Tot 1945 ging het echter om experimentele en uitzonderlijke gevallen. Om precies te zijn, pakte de Franse ingenieur Eugène Freyssinet in 1939 uit met het allereerste ontwerp van een brug (in Luzancy, over de Marne) waarvoor *post-tensioning* werd toegepast, een technologie die gebruik maakt van een systeem van 'kabels' (bundels

van opgespannen staaldraad) en van 'verankeringen' van deze kabels in het beton nadat het is uitgehard.

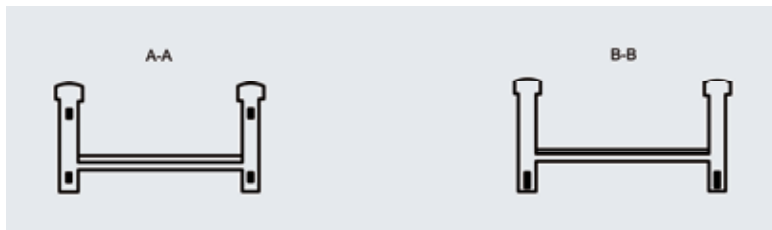
Voorgespannen beton hield heel wat voordelen in tegenover gewapend beton. Toen in dezelfde periode de oorlog uitbrak, kwam het erg gelegen dat het voorgespannen beton belangrijke besparingen toeliet inzake het gebruik van materialen, zowel staal, beton alsook cement. Het gebruik van al die materialen was tijdens de oorlog aan banden gelegd, maar ook tijdens de wederopbouw was iedere besparing bijzonder welkom. Voor deze toepassing was een andere wapening nodig dan voor gewapend beton: zeer sterke staaldraad van vijf millimeter doorsnede in plaats van gladde stangen zacht staal zoals men gebruikte in het gewapend beton van die tijd.

Vanaf 1941 begon de Brusselse bouwonderneming Blaton-Aubert op initiatief van en in nauwe samenwerking met de Gentse professor Gustave Magnel de mogelijkheden af te tasten om voorgespannen beton met *post-tensioning* (voorspanning met nagerekt staal) in België te introduceren. Van 1942 tot 1944 ontwikkelden ze een specifiek



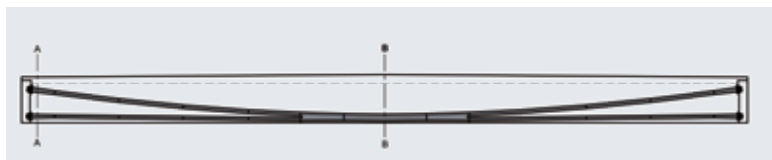
Afb. 2

Het 'Sandwich'-systeem van voorspanning door post-tensioning (© Magnel, 1948).



Afb. 3

Dwarsdoorsneden aan het landhoofd [A-A] en op halve lengte [B-B] van de voetgangersbrug (© Brice Delsaute naar documenten van de Archives Blaton).



Afb. 4

Opstand van de voetgangersbrug met aanduiding van het tracé van de kabels in de balken (© Brice Delsaute, naar documenten van de Archives Blaton).

Belgische voorspanningstechnologie met *post-tensioning* die bekend zou worden onder de benamingen 'Sandwich' en 'Blaton-Magnel' (afb. 2). Deze technologie werd op opzienbarende wijze gevalideerd door een succesvolle test met breukbelasting van een balk in voorgespannen beton met een spanwijdte van 20 meter. De test vond plaats in juli 1943 op de werf van Blaton-

Aubert voor de bouw van de (nog steeds bestaande) spoorbruggen van de Noord-Zuidverbinding over de Spiegelstraat. De test overtuigde het Bestuur van Bruggen en Wegen in de herfst van 1943 om varianten van voorgespannen beton in aanmerking te laten komen bij aanbestedingen voor de heropbouw van bruggen in gewapend beton die in 1940 waren vernietigd.

DE VOETGANGERSBRUG VAN DE GOSSELIESSTRAAT

We zijn op de hoogte van het ontwerp en de bouw van deze brug in voorgespannen beton in 1944 dankzij een artikel van de ingenieur van Bruggen en Wegen die de werken leidde (Santilman, 1948) en de beschrijving door professor Magnel (Magnel, 1948), maar sinds kort ook vooral dankzij een dossier uit de archieven van de firma Blaton-Aubert, die sinds 2013 ontsloten zijn.

Op de plaats van de brug aan de Gosseliesstraat bestond al sinds 1930 een voetgangersbrug in gewapend beton, gebouwd volgens een bestek uit 1921. Deze brug werd in 1940 afgebroken. Initieel overwoog men om een nieuwe brug in gewapend beton te bouwen volgens hetzelfde model. Die reconstructieopdracht was trouwens al toegewezen aan de Brusselse firma *Ing. Raymond Clauses*. Gezien het succes van de geslaagde test met de experimentele voorgespannen balk in juli 1943, stelden de firma Blaton-Aubert en professor Magnel begin september 1943 echter een alternatief ontwerp voor de brug voor. Dit werd aanvaard en zo werd Blaton-Aubert onderaannemer van de firma Clauses om de voorspanning toe te passen. Ook het studiewerk voor het volledige project van het voorgespannen beton werd uitgevoerd door het studiebureau van Blaton-Aubert.

De passerelle bestaat uit twee hoofdliggers in voorgespannen beton met een spanwijdte van 20,94 meter die een brugdek in gewapend beton dragen (afb. 3). Halfweg de liggers bedraagt de hoogte 1,5 meter, wat niets te maken heeft met hun draagvermogen of sterkte maar louter met hun functie als brugleuning. Elke ligger is voorgespannen met nagerekt staal, via twee kabels die elk 40 staaldrad-



Afb. 5

Na het vrijmaken van de betonbekleding zijn de kabels zichtbaar die tot één kabel zijn samengevoegd. Men ziet ook de koker in staalplaat, de staaldraden van 5 mm diameter en de verharde injectiemortel tussen de draden (foto van de auteurs, 2018).



Afb. 6

Stroomopwaartse kant van de voetgangersbrug in oktober 2017 (© Bernard Espion).

den van vijf millimeter doorsnede omvatten: de ene loopt in rechte lijn, de andere volgt een opwaarts gerichte, concave parabool (afb. 4); beide kabels zijn in het centrale deel onderling verbonden om één enkele kabel van 80 staaldraden te vormen (afb. 5). De staaldraden lopen door rechthoekige kokers uit staalplaat met een dikte van 0,6 millimeter. Nadat de staaldraden onder spanning gebracht waren, werden deze kokers geïnjecteerd met een cementmelk die het staal beschermt tegen corrosie. De staaldraadkabels van de balken van de voetbrug werden eind oktober 1944 opgespannen.

De pathologie van bouwwerken in voorgespannen beton verschilt weinig van die in gewapend beton, maar heeft toch een specifiek aandachtspunt. De voorspanning met nagerekt staal wordt nagenoeg uitsluitend toegepast voor de bouw van kunstwerken die – in tegenstelling tot gebouwen – blootgesteld worden aan de schadelijke werking van chlorides uit dooizouten en aan waterinsijpeling bij gebrek aan waterdichting. Zo zijn alle ‘gunstige’ voorwaarden verenigd voor de corrosie van de voorbespanningswapening, die hiervoor nog meer vat-

baar is dan de wapening van het gewone gewapende beton. Men was hier van bij de invoering van het voorgespannen beton van op de hoogte, wat de maatregelen verklaart die werden genomen om deze wapeningen te beschermen tegen corrosie: insluiting in een metaal koker, op zijn beurt geïnjecteerd met een zeer alkalische cementmelk die een beschermende elektrochemische omgeving levert, royale dikte van het dekkingsbeton rond de kokers en voldoende dimensionering van het voorgespannen beton om te vermijden dat het beton barst en scheurt en zodoende een ideale toegang creëert voor corrosie-uitlokkers. Dit belet niet dat – net zoals bij gewapend beton – de duurzaamheid van het voorgespannen beton soms problematisch is gebleken: heel wat bruggen in voorgespannen beton die in de jaren ‘40 tot ‘70 werden gebouwd, vertoonden pathologieën die renovatie nodig maakten of gewoonweg tot vervanging leidden. Corrosie wordt bij uitstek veroorzaakt door water. Heel vaak zijn de problemen te wijten aan een slordige uitvoering. Er moet ook een onderscheid gemaakt worden tussen (voetgangers)bruggen met een ‘externe’ dan wel een ‘interne’ voorspanning

met nagerekt staal. Bij externe voorspanning is het mogelijk de graad van corrosie te evalueren via visuele inspectie, en is het gecorrodeerde materiaal relatief gemakkelijk te vervangen. Bij realisaties met interne voorspanning, zoals in het geval van de liggers van de voetgangersbrug van de Gosseliesstraat, is het niet mogelijk om *de visu* de corrosiegraad van de voorspanningswapeningen (de staaldraden) te evalueren. In dat geval is de behandeling tegen corrosie ook veel delicaat.

Aangezien de brug in 1944 een primeur vormde inzake voorgespannen beton in België, werden er maatregelen getroffen om de uitvoering van het beton goed te verzorgen. Een document uit de archieven van de firma Blaton-Aubert doet zelfs vermoeden dat architect Jean-Jules Eggericx werd geraadpleegd voor de architecturale vormgeving van de passerelle. De atmosferische en stedelijke vervuiling, evenals de toevoeging van dikke leidingen die de elektriciteitskabels naar de overkant voeren, hebben de oorspronkelijk elegante architecturale structuur echter herleid tot een lelijke, slecht onderhouden nutsconstructie in een industriële context (afb. 6).

EEN OPPORTUNITEIT VOOR ONDERZOEK

A priori liet niets vermoeden dat de voetgangersbrug van de Gosseliesstraat te lijden had onder corrosieproblemen. De vervanging, die al enkele jaren gepland was, beoogde een verbetering van het fietscomfort. De toegang tot de brug verliep immers via een trap. Verder verhinderde de hoogte van de brug de doorvaart van aken met twee gestapelde containers (maar dat laatste was ook het geval voor andere kunstwerken over het kanaal).

Omdat de afbraak van dit bouwwerk vastlag, overtuigden de auteurs van dit artikel het Brussels Gewest om de brug vóór de definitieve vernietiging (die sowieso niet ter plaatse kon plaatsvinden) te onderwerpen aan een onderzoeksprogramma aan een belastingsproef met het oog op een betere wetenschappelijke kennis over de levensduur en duurzaamheid van bouwwerken in voorgespannen beton van de eerste generatie, en in het bijzonder deze met het voorspanningssysteem 'Blaton-Magnel', dat in België veelvuldig werd gebruikt tot het begin van de jaren '60. Bij wijze van voorbeeld toont de recente dramatische instorting van de brug in Genua (op 14 augustus 2018) het belang aan van dergelijk wetenschappelijk onderzoek voor de evaluatie van het reële en residuele draagvermogen van kunstwerken in voorgespannen beton die meer dan 40 jaar geleden werden gebouwd.

In oktober 2017, toen de passerelle nog in gebruik was, maakte een visueel onderzoek van de brug al duidelijk dat de koker van de onderste kabel van de stroomopwaartse ligger bloot lag, en dat een stuk beton van ongeveer 1,5 meter lang was weggerukt, vermoedelijk bij een aanvaring door



Afb. 7

Scheur in het beton aan de ondervezel van een balk halverwege de voetgangersbrug door zijn eigen gewicht. De opening (0,8 mm) wordt vastgesteld met een vergelijkend meetinstrument (foto van de auteurs, 2018).

een te hoog geladen binnenschip. De brug werd in de nacht van 1 op 2 juni 2018 weggehaald en neergeplant op een terrein dat de Haven van Brussel hiertoe ter beschikking had gesteld op de kanaaloever, niet ver van de Biestebroeckbrug. Eerst werd ze grondig gereinigd onder hoge druk. Het onderzoek van de beschadigde zone toonde aan dat het plaatstaal was weggerukt (open koker) maar dat de staaldraden nog niet blootlagen. Verder bleek dat elke balk halfweg over een aanzienlijke hoogte gescheurd was, en dat enkel ten gevolge van het eigen gewicht van de brug. De opening van deze scheur bedraagt in dit stadium 0,8 millimeter (afb. 7). Het bestaan van deze scheuren weerspiegelt het gegeven dat het principe alleen van dimensionering van de balken niet het gewenste resultaat gaf, namelijk het vermijden van scheuren tijdens het gebruik. Deze vaststelling bevestigt diverse vroegere studies die aangaven dat de langdurig gehanteerde concepten van dimensionering van voorgespannen beton (vermoedelijk tot de jaren '80) de 'voorspanningsverliezen' zwaar onderschatten. Deze 'berekenningsfout' vormt meestal geen probleem voor het draagvermogen maar kan het gedrag tijdens gebruik van kunstwerken beïnvloeden en in ernstige gevallen leiden tot gedwongen vervanging.

In oktober 2018 werd de voetgangersbrug belast met zakken gevuld met granulaten van elk 1,5t (afb. 8). De belasting werd progressief opgevoerd tot 54 zakken, nagenoeg vijf keer de nuttige dienstbelasting was bereikt, en de doorhang van de balk gemeten op halve spanwijdte. Daarbij werden vooral de scheurvormingen en hun opening in kaart gebracht (afb. 9a en 9b). We kunnen hier niet dieper ingaan op deze resultaten en beperken ons hier tot de eenvoudige vaststelling dat deze passerelle, een pionier in voorgespannen beton, haar werk na 74 jaar nog uitstekend deed, conform de huidige vereisten inzake draagvermogen en gedrag tijdens gebruik. Ook de vernietiging van de voetgangersbrug was leerrijk: de voorspanningswapeningen, waarvan men vreesde dat ze gecorrodeerd waren, bleken nog in perfecte staat en hadden niets van hun mechanische performantie verloren.

Tegenwoordig is het *bon ton* om kritiek te geven op de staat van betonnen infrastructures. Die is in sommige gevallen gerechtvaardigd, wanneer de initiële kwaliteit van de constructie onvoldoende was of bij gebrek aan onderhoud. Maar soms leiden het voorzichtigheidsprincipe of politieke opties tot de vernietiging van kunstwerken die in wezen hun levenseinde nog lang



Afb. 8

Belasting van de voetgangersbrug met zakken granulaat (foto van de auteurs).



Afb. 9a

De ingenieurs analyseren de structuur van de brug en markeren de scheuren met wit krijt (J.-M. Basyn, 2018 © urban.brussels).



Afb. 9b

(W. Coppens, 2018 © GOB).

niet bereikt hebben. Het grondige onderzoek van de voetgangersbrug van de Gosseliesstraat toont aan dat een oud bouwwerk in voorgespannen beton – in dit geval het oudste in België – nog altijd performant kan zijn. De verlenging van de levensduur van oude kunstwerken in beton vormt een positieve bijdrage – wat koolstofbalans aangaat – tot duurzaam bouwen.

Vertaald uit het Frans

BIBLIOGRAFIE

- SANTILMAN, H.N.F., 'Note sur l'emploi du béton précontraint dans la construction des passerelles de la rue de Gosselies et de Malheide sur le Canal de Charleroi à Bruxelles', *Annales des Travaux Publics de Belgique*, Brussel, 1948, pp. 127-141, 309-340.
- MAGNEL, G., *Le Béton précontraint*. Gent, Fecheyr, 1948.
- CULOT, M., DEVOS, R., ESPION, B., et al., *Blaton, Une dynastie de constructeurs / Een dynastie van bouwers*, AAM, Bruxelles / Brussel, 2017.

Construction engineering heritage 1944-2018 An investigation of a prestressed concrete footbridge prior to demolition

Recently replaced, the footbridge on Rue de Gosselies in Sint-Jans-Molenbeek was the very first 'bridge' or 'walkway' type structure in Belgium to be made from prestressed concrete using post-tensioning. Before its demolition, it underwent a series of investigations and was subjected to load testing in order to further scientific knowledge of the durability and long-term resistance of the first generation of prestressed concrete structures.

The recent dramatic collapse of the Genoa bridge is testament to the importance of research to evaluate the actual and residual load-bearing capacity of prestressed concrete structures built more than 40 years ago.

The Rue de Gosselies footbridge was subjected to a load of up to five times the useful 'service load' without breaking. An extensive examination demonstrated that a very old prestressed concrete structure can still perform very well. Extending the lifespan of old engineered structures constitutes a positive contribution to sustainable construction.

COLOFON

REDACTIECOMITÉ

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

EINDREDACTIE NEDERLANDS

Griet Meyfroots

EINDREDACTIE FRANS

Stéphane Demeter

REDACTIESECRETARIAAT

Stéphane Demeter en Murielle Leseqque

COÖRDINATIE DOSSIER

Jean-Marc Basyn

COÖRDINATIE ICONOGRAFIE

Julie Coppens en Jean-Marc Basyn

AUTEURS/ REDACTIONELE MEDEWERKING

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

VERTALING

Gitracom, Hilde Pauwels, Ubiqu Belgium NV/SA

NALEZING

Cate Chapman – Skylark Academic & Book Editing, Koenraad Raeymaekers, Harry Lelièvre, Wim Kenis, Coralie Smets, Tom Verhofstadt en de leden van het redactiecomité

VORMGEVING

Polygraph'

ONTWERPER VAN DE MAQUETTE

The Crew communication nv

DRUK

Graphius Brussels

VERSPREIDING EN ABONNEMENTENBEHEER

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

BEDANKINGEN

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

VERANTWOORDELIJKE UITGEVER

Bety Waknine, directeur-generaal, Urban.brussels (Gewestelijke Overheidsdienst Brussel Stedenbouw en Erfgoed) Kunstberg 10-13, Brussel

De artikelen zijn gepubliceerd onder de verantwoordelijkheid van de auteurs. Alle rechten voor het reproduceren, vertalen of herwerken zijn voorbehouden.

CONTACT

Directie Cultureel Erfgoed
Kunstberg 10-13, 1000 Brussel
www.erfgoed.brussels
bpeb@urban.brussels

HERKOMST VAN DE FOTO'S

Mochten er ondanks onze inspanningen om alle reproductierechten te betalen toch nog gerechtigden zijn die niet gecontacteerd werden, dan worden zij verzocht zich kenbaar te maken bij de Directie Cultureel Erfgoed van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest

LIJST MET AFKORTINGEN

ARA – Algemeen Rijksarchief
AUCL - Archives de l'université catholique de Louvain-la-Neuve
CIDEP - Centre d'Information, de Documentation et d'Etude du Patrimoine
GASJN – Gemeentearchieven
Sint-Joost-ten-Node
GASPW - Gemeentearchieven
Sint-Pieters-Woluwe
GOB - Gewestelijke Overheidsdienst Brussel
KIK-IRPA – Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium / Institut royal du Patrimoine artistique
KMSKB – Koninklijke Musea voor Schone Kunsten van België
KUL - Katholieke Universiteit Leuven
SAB – Stadsarchief Brussel
ULB - Université libre de Bruxelles
VUB - Vrije Universiteit Brussel

ISSN

2034-5771

WETTELIJK DEPOT

D/2019/6860/007

Cette revue paraît également en Français sous le titre *Bruxelles Patrimoines*.

Erfgoed Brussel Reeds verschenen

001 - November 2011
Terug naar school

002 - Juni 2012
De Hallepoort

003-004 - September 2012
De kunst van het bouwen

005 - December 2012
Hôtel Dewez

Extra nummer 2013
Het erfgoed schrijft onze geschiedenis

006-007 - September 2013
Brussel, m'as-tu vu ?

008 - November 2013
Industriële architectuur

009 - December 2013
Parken en tuinen

010 - April 2014
Jean-Baptiste Dewin

011-012- September 2014
Geschiedenis en herinnering

013- December 2014
Cultusgebouwen

014- April 2015
Zoniënwood
015-016 - September 2015
Ateliers, fabrieken en kantoren

017 - December 2015
Stadsarcheologie

018 - April 2016
De Gemeentehuizen

019-020 - September 2016
Stijlen gerecycleerd

021 - December 2016
Victor Besme

022 - April 2017
Art nouveau

023-024 - September 2017
Natuur in de stad

025 - December 2017
Conservatie op de steigers

026-027 - April 2018
Kunstenarsateliers

Laatste nummers



028 - September 2018
Het Erfgoed, dat zijn wij!



Extra nummer - 2018
De restauratie van
een uitzonderlijk decor



029 - December 2018
Historische Interieurs



urban
.brussels

BUP BRUXELLES URBANISME ET PATRIMOINE
BSE BRUSSEL STEDENBOUW EN ERFGOED

15 €



ISBN 978-2-87584-180-3