



Informations actuelles sur les routes en béton et l'infrastructure routière | Édition décembre 2018

# update 52

## Éléments préfabriqués pour la construction de revêtements de chaussée communaux

Les systèmes d'éléments préfabriqués représentent une solution durable pour la construction ou la rénovation de revêtements de chaussée soumis à des contraintes élevées et dont il faut assurer rapidement la remise à disposition. Leur efficacité d'application a été récemment prouvée à plusieurs reprises lors de la construction de revêtements de chaussée communaux.

# Éléments préfabriqués pour la construction de revêtements de chaussée communaux

Stephan Villaret et Tanja Tschernack, Villaret Ingenieurgesellschaft mbH, Hoppegarten

La disponibilité des revêtements routiers revêt une importance croissante du fait de l'augmentation continue du trafic. Cela concerne les liaisons de transport inter-régionales tout comme les voies urbaines. De grande qualité, durables et réalisables dans des délais très brefs, les systèmes de conservation sont par conséquent au centre de l'attention. Plusieurs projets de recherche ont porté sur la conception de systèmes d'éléments préfabriqués qui, adaptés aux contraintes, rendent possible une mise en service rapide de revêtements lourdement sollicités. L'un d'entre eux comprend l'étude d'un « système d'amélioration hybride pour la conservation des routes avec utilisation de matériaux innovants (HESTER) », financé par le ministère fédéral allemand de l'Éducation et de la Recherche sous la référence 13XP5000 A-H. Les partenaires associés au projet ont mis au point un système de superstructure et d'assainissement reposant sur des éléments préfabriqués, capable de satisfaire parfaitement aux exigences évoquées. Le mode de construction avec des éléments préfabriqués, qui s'appuie de façon significative sur les résultats de ce projet de recherche, a déjà été mis en œuvre pour plusieurs zones d'arrêts de bus.

## Généralités

Les nouveaux matériaux utilisés dans des infrastructures urbaines permettent d'effectuer des interventions rationnelles en matière d'énergie et de ressources afin de garantir une conception résistante et d'une grande longévité, et de soutenir ainsi une mobilité durable. Une économie prospère ne peut se passer d'infrastructures routières performantes, pérennes et disponibles. Les coûts du cycle de vie, qui s'additionnent au cours de la durée d'utilisation d'une zone de circulation, sont notamment un critère déterminant.

Les revêtements routiers sont exposés aux impacts du trafic et aux influences climatiques extérieures. Ces derniers temps, ces deux paramètres sont de plus en plus sujets à variations, de sorte qu'on ne peut se référer que partiellement aux anciennes valeurs empiriques concernant la durée de vie des revêtements.

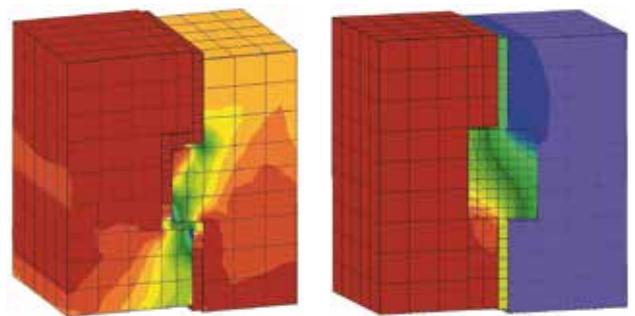
Il est donc nécessaire de développer des systèmes d'amélioration afin de faciliter la remise à disposition des routes après une brève période de fermeture. La priorité devrait aller à la durabilité de la mesure de conservation mise en œuvre afin de ménager les intervalles les plus étendus possible entre ces opérations de réfection. L'objectif est une disponibilité importante des voies de circulation.

Il est possible d'obtenir des qualités de béton élevées dans la production d'éléments préfabriqués. Les délais de construction sur site et les entraves à la circulation inhérentes sont réduits de manière drastique par rapport aux revêtements en béton monolithiques. L'objectif est d'optimiser le mode de construction avec des éléments préfabriqués en béton pour les revêtements routiers afin d'accroître leur durabilité, de limiter les délais de construction in situ et d'améliorer la rentabilité et la préservation des ressources. Ces objectifs valent surtout pour les interventions menées dans le cadre de la conservation.

### Le projet de recherche HESTER

Des résultats décisifs ont été obtenus dans le cadre du projet collectif de recherche HESTER, organisé en partenariat par l'Office fédéral allemand des routes (BAST), Otto Alte-Teigeler GmbH (OAT), Heinz Schnorpfeil Bau GmbH, BTE Stelcon GmbH, l'Université technique de Dresde (TUD) et la société d'ingénieurs Villaret, entreprise coordinatrice.

Des analyses et des calculs théoriques au moyen de la méthode des éléments finis (MEF), mais aussi différentes évaluations de matériaux ont été réalisés dans le cadre de ce projet. Les premiers essais ont d'abord permis de définir trois formulations de base différentes pour le béton et d'y apporter des modifications pour une utilisation combinée à des fibres de verre et des fibres synthétiques. Puis, à partir des neuf formulations de béton élaborées au total, les chercheurs ont confectionné des éprouvettes pour l'étude des résistances à la compression et à la traction diamétrale ainsi que du durcissement ultérieur. Ils ont mis au point une formulation de béton préférentielle basée sur ces résultats et sur des études complémentaires (analyse des fonctions de fatigue), qui devrait être utilisée pour les dalles envisagées dans le projet. Dans ce cadre, ils ont construit, mis en œuvre et surveillé par des mesures techniques des dalles préfabriquées pour des essais en laboratoire à grande échelle, pour un essai d'envergure sur un terrain expérimental et, enfin, pour deux démonstrateurs.



**Détails 3D MEF** des systèmes de liaison possibles entre les différents éléments préfabriqués

## Systèmes de liaison testés :

### Essai n° 1



Tenon et mortaise (variante 1)

### Essai n° 5



Tenon et tenon (variante 1)

### Essai n° 2



Tenon et mortaise (variante 2)

### Essai n° 6



Tenon et tenon (variante 2)

### Essai n° 3



Goujon et évidement  
(test n° 1)

### Essai n° 7



Connecteur de cisaillement  
et réservation (test n° 1)

### Essai n° 4



Goujon et évidement  
(test n° 2)

### Essai n° 8



Connecteur de cisaillement  
et réservation (test n° 2)

## Ajustement des niveaux

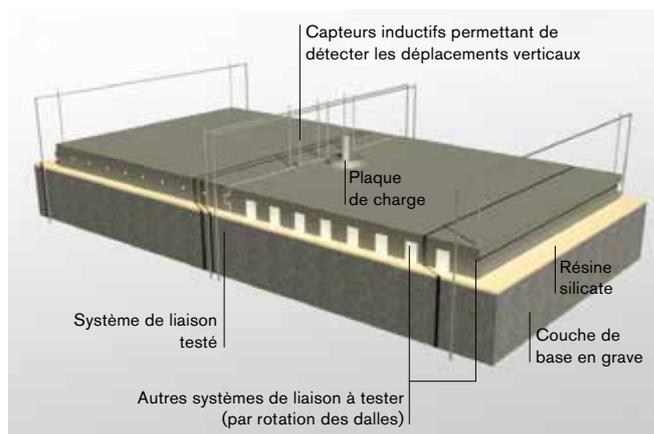
Dans les projets précédents, l'alignement des dalles était toujours déterminé au moyen de traverses, qui étaient appliquées sur le revêtement adjacent. Dans le cadre de ce projet de recherche précis, STELCON, l'un des partenaires associés, a donc créé différentes versions du système de réglage des niveaux (« HESTER-Kombi »), qui permet d'aligner les dalles sans tenir compte de la chaussée existante. Ces éléments servent également au transport des dalles préfabriquées jusqu'au chantier et, selon le type, à la pose du matériau de sous-remplissage. L'un des aspects essentiels est de pouvoir décharger à nouveau les points sur lesquels la dalle repose grâce au système de réglage des niveaux durant la mise en œuvre. Cela garantit un appui continu sur tout le support et accroît ainsi la durabilité. Ce procédé, possible pour toutes les variantes conçues, a déjà fait l'objet de plusieurs expérimentations.

## Essais à grande échelle au laboratoire

Parallèlement aux essais sur le béton, des analyses ont notamment été effectuées sur la liaison entre les éléments préfabriqués et sur l'alignement des dalles préfabriquées en termes de niveau et de position.

Les partenaires ont mis au point différents systèmes pour la liaison des éléments préfabriqués. Afin de vérifier leur efficacité respective, deux dalles préfabriquées ont été mises en place en deux passes au cours d'un essai au laboratoire de l'Université technique de Dresde (quatre systèmes de liaison possibles par paire de dalles) et soumises à une charge cyclique permanente d'un million de cycles d'effort et de 80 kN.

Une rampe statique pouvant atteindre 80 kN a été appliquée avant et après la charge ainsi qu'après le sectionnement dans la zone de la liaison. Les déformations et les déplacements ont été mesurés aux jauges de contrainte et aux capteurs de déplacement inductifs fixés au préalable sur les éléments préfabriqués. Ce procédé a permis de tester huit systèmes de liaison au total. On a ainsi constaté que toutes les variantes évaluées convenaient de manière égale et qu'il fallait par conséquent trouver d'autres contraintes pour privilégier une solution (p. ex. technique de mise en place).



Maquette schématique: Sur le banc d'essai de 2,50 × 5 m, des dalles préfabriquées non armées ont été positionnées sur une couche de base en grave, mise en place par strates et compactée. De la résine silicate a ensuite été injectée sous les dalles. L'objectif était d'évaluer la transmission (durable) des efforts tranchants de différents systèmes assurant la liaison des dalles. Une charge ciblée des joints de deux dalles liées et le relevé des mesures des déformations et des dilatations ont fourni des éléments d'information sur l'efficacité de chaque système.



Élément préfabriqué assemblé par goujons (système goujon et évidement)

### Essais à grande échelle sur le site du duraBAST

Basé sur les analyses théoriques et les tests en laboratoire, un essai a été réalisé à grande échelle en juillet 2017 sur le site du duraBAST, le site de démonstration, d'analyse et de référence du BAST. Les dalles préfabriquées ont été installées sur une surface d'environ 20 m de long et 3,90 m de large. Les différents systèmes de liaison, mais aussi, pour la première fois, le système de réglage des niveaux «HESTER-Kombi» récemment mis au point ont pu notamment être testés.

Lors de l'essai, huit dalles préfabriquées de 2,47 m × 3,90 m × 0,24 m et de 5,8 t chacune ont été mises en œuvre. Deux journées ont tout d'abord été nécessaires pour mettre en œuvre et remplir les éléments préfabriqués. Le levage et l'alignement ont été effectués en quelques heures seulement. Le reste des travaux a ainsi pu être achevé dès le premier jour.

On a ainsi constaté que toutes les variantes de liaison étaient réalisables sur le chantier et que le système de réglage des niveaux était adapté à la tâche prévue.



Pose d'un élément préfabriqué par assemblage à tenon et mortaise

Mise en place précise de l'élément préfabriqué le long de la bordure Kassel avec avaloir latéral



Pose du premier élément préfabriqué au niveau du regard

### Démonstrateurs pour un arrêt de bus

Un démonstrateur devait être réalisé in situ et en conditions réelles grâce aux expériences réalisées en laboratoire et à l'expérimentation à grande échelle menée sur le site du duraBAST. Dès le processus d'élaboration du projet, l'association de recherche a décidé d'installer le démonstrateur dans la zone d'un arrêt de bus urbain. Grâce au soutien de l'Office berlinois des routes et des espaces verts de Marzahn-Hellersdorf, un lieu adéquat a été trouvé. La zone de l'arrêt de bus, une ancienne dalle de béton d'environ 30 m de long sur 3 m de large, affichait un nombre croissant de fissures et nécessitait dans tous les cas des travaux d'assainissement rapides.

La spécificité de cet essai résidait en outre dans le regard positionné sur la surface, qu'il s'agissait d'intégrer dès la conception des éléments préfabriqués. Les équipements auxiliaires ont été changés avant la mise en place des éléments préfabriqués. La montée et la descente sans obstacles sont désormais possibles à cet arrêt de bus grâce à la pose d'une bordure de type Kassel. Quant à l'avaloir de chaussée existant, il a été renouvelé et intégré à la bordure.



Mise en place de la seconde dalle préfabriquée au niveau du regard par un système de pose classique (câbles en acier et ancrages de levage)



Alignement et réglage du niveau  
des éléments préfabriqués



Technique alternative de pose au moyen de sangles haute performance

La mise en place des éléments préfabriqués du démonstrateur a été réalisée en août 2017. En une journée, 13 éléments préfabriqués de 2,40 m × 3 m × 0,24 m ont été mis en œuvre au total, alignés à niveau et en position, remplis de résine silicate et équipés de joints d'étanchéité. En accord avec l'Office des routes et des espaces verts, le choix s'est porté sur une finition au balai dans le sens transversal pour la texture de surface.

Parallèlement au système classique avec câbles en acier et ancrages de levage pour charges lourdes, une technique de pose alternative au moyen d'un système de sangles haute performance a également été testée pour deux éléments préfabriqués. Pour cela, une réservation correspondante sur la sous-face des éléments avait été effectuée en amont en usine.

Même en conditions réelles, la mise en œuvre des éléments préfabriqués a pu être achevée en une journée. La surface aurait déjà pu être mise en service peu de temps après. Des travaux d'ajustement nécessaires sur le revêtement en asphalte contigu ont toutefois été réalisés les jours qui ont suivi.



En 2018, un autre démonstrateur a été fabriqué afin notamment de mettre en pratique un système de réglage amélioré. Autre innovation, la modification de la configuration des dalles préfabriquées par rapport aux dalles traditionnelles. Elles présentent en effet une forme incurvée qui réduit les émissions de bruit au passage des véhicules. Afin de limiter davantage encore les nuisances sonores, on a opté dans ce cas précis pour une surface en béton lavé.

D'autres éléments préfabriqués ont été mis en place dans une zone d'arrêts de bus à Berlin Marzahn avec le soutien de l'Office berlinois des routes et des espaces verts de Marzahn-Hellersdorf. Les travaux réalisés sur les équipements auxiliaires ont été achevés avant la pose des éléments préfabriqués, les travaux sur les surfaces limitrophes en asphalte sont en revanche intervenus après coup.

La surface en béton de 30 m de long sur 3 m de large a été remplacée par un ensemble de 14 dalles préfabriquées. En une journée, ces éléments ont été mis en œuvre, alignés à niveau et en position et remplis de résine silicate, puis les joints ont été scellés à froid.

Remplissage des éléments préfabriqués après la pose



Mise en œuvre de résine silicate après la pose et l'alignement des éléments préfabriqués



Dalle préfabriquée avec joints transversaux incurvés



Visiteurs du symposium international des routes en béton lors de la mise en œuvre des éléments préfabriqués

### Visite au symposium international des routes en béton, Berlin, 2018

À l'occasion du symposium international des routes en béton qui s'est déroulé en juin 2018 à Berlin, une visite était organisée sur le chantier des éléments préfabriqués le jour de l'excursion.

Situé dans le quartier de Charlottenburg-Wilmersdorf à Berlin, le chantier relevait du domaine de compétences de la Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz (administration du sénat pour l'environnement, les transports et la protection du climat), qui s'était également investie dans la préparation et l'exécution de cette réalisation. Ce projet ainsi que la construction de deux autres arrêts de bus dans ce quartier de Berlin étaient financés par le ministère fédéral allemand des Transports et des Infrastructures numériques.

Comme d'autres interventions précédentes, ce chantier a servi de cadre à la rénovation de l'ensemble des équipements auxiliaires et de la couche porteuse.

La surface en béton à remplacer était d'environ 50 m de long sur 3 m de large. Elle commençait à une extrémité par une bordure incurvée, un aspect nécessaire-



Travaux parallèles sur un chantier d'éléments préfabriqués

ment pris en compte dans la configuration des éléments préfabriqués. En raison de la longueur de l'arrêt (arrêt double), deux jours avaient été prévus pour la mise en place des éléments, les visiteurs étant attendus pour la seconde journée.

Les visiteurs ont suivi toutes les étapes de pose, de la livraison des éléments préfabriqués aux mesures au déflectomètre consécutives, sans oublier l'application de résine silicate. Tous les détails ont également été commentés à partir d'un élément préfabriqué servant d'échantillon.



Arrêt de bus avec éléments préfabriqués à la fin des travaux

## Résumé

Les projets de recherche et les essais réalisés ont montré que le mode de construction avec des éléments préfabriqués se prête parfaitement à la construction des revêtements de chaussée communaux pour rapidement bâtir des surfaces en béton et les rouvrir à la circulation. Cependant, les potentiels de réduction des délais de construction n'ont pas encore pu être suffisamment exploités en raison de la fabrication des équipements auxiliaires.

Dans les zones urbaines, le mode de construction avec des éléments préfabriqués ouvre également des perspectives d'utilisation dans l'assainissement des revêtements en béton endommagés exposés à des charges élevées et dont la fermeture relativement longue entraînerait des perturbations massives du trafic. Après des préparatifs appropriés, des secteurs circonscrits peuvent être remplacés durablement pendant une brève période de fermeture (p. ex. dans les périodes de faible trafic) afin que la circulation y soit rétablie sans entrave au bout de quelques heures.

## Données du projet

Projet de recherche HESTER financé par le ministère fédéral allemand de l'Éducation et de la Recherche

Travaux de construction réalisés à Berlin avec le soutien du ministère fédéral allemand des Transports et des Infrastructures numériques

## Partenaires du projet

BTE Stelcon GmbH, Germersheim  
Office fédéral allemand des routes, Bergisch Gladbach  
Heinz Schnorpfel Bau GmbH, Treis-Karden  
Otto Alte-Teigeler GmbH Spezialbau Verkehrsflächen, Bietigheim  
Université technique de Dresde, Faculté de génie civil, Institut pour l'urbanisme et la construction routière, Dresde  
Villaret Ingenieurgesellschaft mbH, Hoppegarten

## Photos/matériel iconographique

Office fédéral allemand des routes, Université technique de Dresde, Villaret Ingenieurgesellschaft mbH

## Interlocuteur

Stephan Villaret, ing. dipl.  
Villaret Ingenieurgesellschaft mbH  
[www.villaret.de](http://www.villaret.de)



**13<sup>e</sup> symposium international des routes en béton, 2018, Berlin: arrêt de bus avec éléments préfabriqués**

Le 13<sup>e</sup> symposium international des routes en béton portant sur le thème du «Concrete connects» s'est déroulé du 19 au 22 juin 2018 à Berlin. Des visites techniques ont complété les 100 exposés programmés pour le congrès, notamment la sortie sur le chantier d'un arrêt de bus réalisé au moyen d'éléments préfabriqués: [www.betonsuisse.ch/isb18](http://www.betonsuisse.ch/isb18)

## Groupement d'intérêts des routes en béton

### **cemsuisse**

Association suisse de l'industrie  
du ciment  
Marktgassee 53  
3011 Berne  
Téléphone 031 327 97 97  
info@cemsuisse.ch  
www.cemsuisse.ch

### **Ebicon AG**

Breitloostrasse 7  
8154 Oberglatt  
Téléphone 043 411 28 20  
info@ebicon.ch  
www.ebicon.ch

### **Grisoni-Zaugg SA**

ZI Planchy  
Case postale 2162  
1630 Bulle 2  
Téléphone 026 913 12 55  
info@grisoni-zaugg.ch  
www.groupe-grisoni.ch

### **Holcim (Schweiz) AG**

Hagenholzstrasse 83  
8050 Zurich  
Téléphone 058 850 68 68  
betonstrassen@holcim.com  
www.holcim.ch

### **Holcim (Suisse) SA**

1312 Eclépens  
Téléphone 058 850 92 14  
chasseebeton@holcim.com  
www.holcim.ch

### **Implenia Suisse SA**

Binzmühlestrasse 11, 8050 Zurich  
Téléphone 058 474 75 00  
daniel.hardegger@implenia.com  
www.implenia.com

### **Jura-Cement-Fabriken AG**

Talstrasse 13  
5103 Wildeggen  
Téléphone 062 887 76 66  
info@juracement.ch  
www.juracement.ch

### **Juracime SA**

Fabrique de ciment  
2087 Cornaux  
Téléphone 032 758 02 02  
info@juracime.ch  
www.juracement.ch

### **KIBAG Bauleistungen AG**

Construction de routes et travaux publics  
Müllheimerstrasse 4  
8554 Müllheim-Wigoltingen  
Téléphone 052 762 61 11  
p.althaus@kibag.ch  
www.kibag.ch

### **Müller Engineering GmbH**

Conseil et expertise pour les  
surfaces de circulation en béton  
Kirchstrasse 25  
8564 Wäldi TG  
Téléphone 079 247 82 49  
gm@müller-engineering.ch  
www.müller-engineering.ch

### **Sika Suisse SA**

Tüffenwies 16, 8048 Zurich  
Téléphone 058 436 40 40  
hirschi.thomas@ch.sika.com  
www.sika.ch

### **Specogna Bau AG**

Steinackerstrasse 55, 8302 Kloten  
Téléphone 044 800 10 60  
info@specogna-bau.ch  
www.specogna-bau.ch

### **Synaxis AG Zürich**

Thurgauerstrasse 56, 8050 Zurich  
Téléphone 044 316 67 86  
c.bianchi@synaxis.ch  
www.synaxis.ch

### **Toggenburger AG**

Schlossackerstrasse 20  
Case postale 3019, 8404 Winterthur  
Téléphone 052 244 13 03  
info@toggenburger.ch  
www.toggenburger.ch

### **Ciments Vigier SA**

Zone industrielle Rondchâtel, 2603 Péry  
Téléphone 032 485 03 00  
info@vigier-ciment.ch  
www.vigier-ciment.ch

### **Walo Bertschinger SA**

Case postale 1155, 8021 Zurich  
Téléphone 044 745 23 11  
kurt.glanzmann@walo.ch  
www.walo.ch

## Commercialisation :

### **BETONSUISSE**

BETONSUISSE Marketing AG  
Marktgassee 53, CH-3011 Berne  
Téléphone +41 (0)31 327 97 87, Fax +41 (0)31 327 97 70  
info@betonsuisse.ch, www.betonsuisse.ch



**Beton**



**beton**

### InformationsZentrum Beton GmbH

Steinhof 39, D-40699 Erkrath  
Téléphone +49 (0)211 28048-1, Fax +49 (0)211 28048-320  
erkrath@beton.org, www.beton.org

### Verein Betonmarketing Österreich

Demandes concernant le domaine des routes en béton à  
Zement + Beton Handels- und Werbeges.m.b.H.  
Franz-Grill-Straße 9, O 214, A-1030 Wien  
Téléphone +43 (0) 1 714 66 85-0  
zement@zement-beton.co.at, www.zement.at