



Centre de recherches routières  
Votre partenaire pour des routes durables

119

# Bulletin CRR

## Agenda

**Après-midi d'étude sur les revêtements en dalles, dalles de grand format et dalles préfabriquées en béton**  
7 novembre 2019 – Sterrebeek

3

**Matinée d'étude *Fraisage 3D***  
25 octobre 2019 – Sterrebeek

16

**Séminaire *Les pierres naturelles embellissent la rue et nos espaces publics – lorsqu'elles respectent les bonnes pratiques!*** – 4 avril 2019

3

**Déformations permanentes des granulats recyclés – Résultats des essais avec le triaxial cyclique**

4

**Contribution du CRR à une étude portant sur l'uni des pistes cyclables en béton**

8

**20 ans CRR à Wavre – Un événement réussi!**

14

**Le CRR organise un projet de démonstration de fraisage 3D**

16

**Nouvelles sections expérimentales avec produits régénérants pour la réutilisation de l'enrobé**

17

**In memoriam**

20

**ABRNews**

**Dernière réunion du Comité technique Chaussées de l'AIPCR avant Abou Dabi**

19

# Bulletin CRR

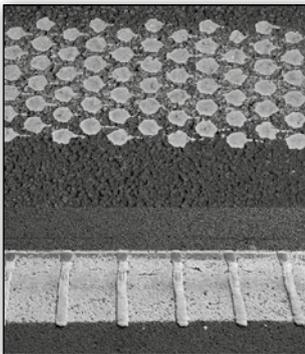
119


[www.linkedin.com/company/brrc](http://www.linkedin.com/company/brrc)

[www.youtube.com/c/BrrcBe](http://www.youtube.com/c/BrrcBe)

## Centre de recherches routières Votre partenaire pour des routes durables

### A paraître – Dossier 20 – Utilisation de lignes d'alerte audiotactiles pour prévenir les sorties de voie non intentionnelles



La littérature indique que les lignes d'alerte audiotactiles – médianes ou de rive – sont une mesure efficace pour réduire les accidents survenant suite à une sortie de voie. Le bruit et les vibrations produits par ces lignes alertent les conducteurs quand ils dévient de la voie sur laquelle ils circulent. Toutefois, l'utilisation de ce dispositif reste limitée, probablement à cause de l'absence de lignes direc-

trices pratiques et de l'idée qu'elles s'accompagnent de problèmes tels que la pollution sonore, la gêne pour les deux-roues et une difficulté d'entretien.

Le dossier qui sera prochainement publié aura pour objectif de décrire les différents dispositifs qu'il est possible d'installer, leurs caractéristiques géométriques et leur efficacité afin de synthétiser les paramètres pratiques principaux entrant en ligne de compte, et ainsi d'aider le gestionnaire dans sa décision de conception et de placement, dans le but de maîtriser les inconvénients cités ci-avant, aux fins de réduire le nombre d'accidents par sortie de voie non intentionnelle. D'un point de vue social, l'utilisation des lignes d'alerte audiotactiles (ou bandes d'alerte sonores) est déjà rentable dès lors qu'elles permettent d'éviter un décès sur la route.

Le dossier reposera principalement sur une analyse approfondie de la littérature américaine (les bandes d'alerte sonores y étant abondamment utilisées) et les résultats d'un projet français. Il comprendra également une aide à la décision pour guider concepteurs et gestionnaires dans leur choix de recourir ou non à l'usage des lignes d'alerte audiotactiles.

## Agenda

Venez voir notre stand!

#### 16 septembre 2019

Session d'information  
SB 250 – Nouvelle version  
Sterrebeek  
<https://wegenverkeer.be/standaardbestek>

#### 26 septembre 2019

Dag van het Onderhoud  
Gand  
[www.dagvanhetonderhoud.be](http://www.dagvanhetonderhoud.be)

#### 6-10 octobre 2019

XXVI<sup>e</sup> Congrès mondial de la Route  
AIPCR  
Abou Dabi (Emirats Arabes Unis)  
[www.piarc.org](http://www.piarc.org)

#### 7 octobre 2019

Concrete Day  
[www.gbb-bbg.be/concrete-day-2019](http://www.gbb-bbg.be/concrete-day-2019)

#### 23-24 octobre 2019

Digital Construction Brussels  
<http://digitalconstructionbrussels.be>

#### 25 octobre 2019

Matinée d'étude *Fraisage 3D*  
Sterrebeek  
[www.brrc.be/fr/brac-focus](http://www.brrc.be/fr/brac-focus)

#### 7 novembre 2019

Après-midi d'étude  
*Dalles de grand format*  
Sterrebeek  
[www.brrc.be/fr/brac-focus](http://www.brrc.be/fr/brac-focus)

## Save the date – Après-midi d'étude sur les revêtements en dalles, dalles de grand format et dalles préfabriquées en béton – 7 novembre 2019 – Sterrebeek



L'utilisation de dalles de grand format et de dalles préfabriquées en béton dans l'espace public en Belgique est en énorme augmentation ces dernières années, même dans des endroits circulés par le trafic automobile. Ces applications nécessitent cependant des méthodes de conception et de mise en œuvre particulières, adaptées, très différentes des méthodes utilisées pour les revêtements en pavés de béton «traditionnels». C'est pourquoi le Centre de recherches routières a décidé de mettre sur pied un groupe de travail chargé d'élaborer une série de recommandations pour ces applications.

Les résultats de ces efforts se concrétisent dans un nouveau code de bonne pratique CRR, qui sera présenté à l'occasion d'un après-midi d'étude le **7 novembre 2019** à partir de **14h00** dans l'auditorium à Sterrebeek. Cet événement est organisé avec le soutien de FEBE/FEBESTRAL, Ebema, Stradus et Eurodal.

Le programme, les détails pratiques et les modalités d'inscription suivront dans le catalogue en ligne de la *Belgian Road Academy*: [www.brrc.be/fr/brac](http://www.brrc.be/fr/brac).

Notez d'ores et déjà la date dans votre agenda ou faites-nous savoir via [training@brrc.be](mailto:training@brrc.be) que vous êtes intéressé et que vous souhaitez recevoir une invitation.

## Séminaire *Les pierres naturelles embellissent la rue et nos espaces publics – lorsqu'elles respectent les bonnes pratiques!* – 4 avril 2019



L'année 2018 a vu la parution du code de bonne pratique CRR relatif aux revêtements en pierre naturelle. Dans le Bulletin CRR 117, vous avez déjà pu en lire davantage sur le séminaire en français sur le sujet, qui a été organisé en septembre à Beez pour présenter le contenu de cette nouvelle publication au secteur.

Le 4 avril 2019 s'est tenue une édition en néerlandais de ce séminaire. Cette fois, le rendez-vous était donné à la *Huis van de Bouw*, à Zwijnaarde, et l'organisation était assumée conjointement par le CRR et Febenat, la Fédération Benelux des grossistes en pierre naturelle.

Cette édition, qui a enregistré plus de cent participants, était une fois encore un véritable succès. Annick De Swaef, directrice générale du CRR, a souhaité la bienvenue aux intervenants avant de passer la parole au modérateur: Peter De Smet, président de VlaWeBo Oost-Vlaanderen. Dans son introduction, il a manifesté son enthousiasme pour ce nouveau code de bonne pratique, dont le secteur avait bien besoin, et il a félicité toutes les personnes qui y ont contribué. De son avis, ce document offre un bon aperçu du savoir-faire qui existe dans le secteur et peut servir de guide à toute personne qui travaille avec les pierres naturelles. Pour utiliser ce code de bonne pratique de manière optimale, il a toute-

fois souligné qu'il y a lieu de prêter également une oreille attentive aux paveurs expérimentés qui possèdent une grande connaissance et expérience en la matière.

Après son introduction, Peter De Smet a annoncé le premier intervenant: Maître Annelies Verlinden, *co-country managing partner* chez DLA Piper. Elle a approfondi le sujet des marchés publics pour la réalisation d'ouvrages en pierre naturelle. Elle s'est attardée spécifiquement sur l'article 81 de la loi du 17 juin 2016 relative aux marchés publics. Pour ce faire, elle s'est appuyée sur des clauses portant sur les aspects environnementaux, sociaux et techniques. L'un des exemples qu'elle a cités au sujet des clauses en matière d'environnement est l'arrêt concernant Max Havelaar. Cet arrêt stipule que, lors de l'attribution d'un marché, les pouvoirs publics peuvent tenir compte d'un critère environnemental, mais ne peuvent pas imposer une norme ou un label spécifique. Si, malgré tout, ils citent un tel nom, il convient d'ajouter la formule «ou répond à des critères équivalents». Pendant la séance de questions-réponses qui a suivi sa présentation, nous avons

pu constater, comme ce fut également le cas à Beez, que ce thème intéressait réellement l'audience.

Le deuxième intervenant, Kristof Callebaut, de Brachot-Hermant, a présenté les différentes sortes de pierre naturelle disponibles sur le marché belge et leurs avantages. Il a mis en exergue des produits belges, mais aussi des produits d'importation. Dans sa présentation, il a insisté sur le fait que tous les produits sont soumis aux mêmes tests et doivent respecter les mêmes normes. L'important est de choisir le produit adéquat pour l'application souhaitée.

Notre collègue Sylvie Smets a ensuite pris la parole. Elle a brièvement passé en revue les différents chapitres de la nouvelle publication sur les revêtements modulaires en pierre naturelle et a donné quelques explications sur l'élaboration de ce code de bonne pratique.

Elle a également rappelé que le CRR se tient à la disposition de chacun pour toute demande d'assistance concernant la conception, l'exécution ou l'entretien des pavages en pierre naturelle (*assistance@brrc.be*). À l'issue du séminaire, les participants ont pu emporter un exemplaire imprimé de la publication, qui peut également être téléchargée gratuitement, après inscription, sur le site web du CRR (*www.brrc.be*). Il est possible de commander une version papier à prix coûtant (pour les non-membres) auprès de Dominique Devijver (*publication@brrc.be*).

David Monfort, de Bureau Greisch, a ensuite présenté différents exemples de réalisations et de futurs projets de pavages en pierre naturelle dans l'espace public. Il a également évoqué les règles de bonne pratique qu'ils appliquent grâce à leur expérience dans la conception.

C'est à nouveau un collègue qui a clôturé les présentations: Elia Boonen a mis à l'honneur le projet PREMANAT. Cette étude prénormative a pour principal objectif d'établir des méthodes d'essai et des exigences performantielles correspondantes pour les matériaux qui sont appliqués dans les pavages en pierre naturelle soumis au trafic. Dans le cadre de ce projet, des planches d'essai ont été construites sur le terrain du CRR à Sterrebeek (voir Bulletin CRR 110).

À l'issue du séminaire, Annick De Swaef a repris la parole pour inviter l'assemblée, après une séance de questions-réponses, à partager un cocktail dans une ambiance conviviale. L'occasion idéale pour réseauter et échanger les expériences respectives avec la pierre naturelle!

## Déformations permanentes des granulats recyclés – Résultats des essais avec le triaxial cyclique

### Introduction

En 2017-2018, le CRR a effectué un programme d'essais pour étudier les empièvements naturels et recyclés utilisés en sous-fondations. Ce programme d'essais a été validé par le secteur et par la Direction Générale opérationnelle des Routes et des bâtiments (DGO1) du Service Public de Wallonie. L'objectif principal de cette étude consistait à vérifier l'impact du critère gel-dégel sur les performances des empièvements utilisés en sous-fondations. Les résultats de cette étude ont fait l'objet d'un rapport qui a été remis à la DGO1. Les conclusions préliminaires ont été publiées dans le Bulletin CRR 114 [1].

Cet article présente les résultats des essais au triaxial cyclique réalisés dans le cadre de cette étude, ainsi que les essais supplémentaires effectués sur davantage de matériaux et à 1 000 000 de cycles.

L'essai triaxial cyclique (NBN EN 13286-7) [2] est un essai de laboratoire permettant de simuler les sollicitations du trafic routier sur les empièvements non liés utilisés en fondations ou sous-fonda-

tions routières. Cet essai permet notamment de déterminer les déformations permanentes du matériau, à l'origine de l'ornièrage, et donc de caractériser le comportement à long terme du matériau. Au cours de l'essai, l'éprouvette est soumise à une contrainte axiale cyclique ( $\sigma_1$ ) et à une pression de confinement cyclique ( $\sigma_3$ ) (figure 1).

La première série d'essais a consisté à appliquer 100 000 cycles à des contraintes représentatives d'une sous-fondation. Ces essais ont été réalisés à pression de confinement variable.

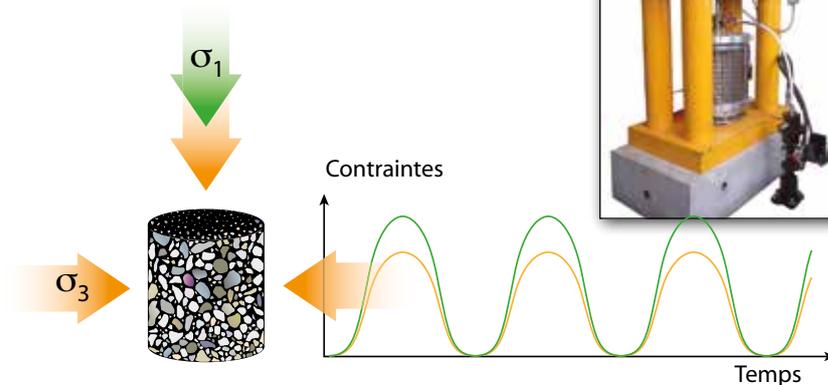


Figure 1 – Principe de l'essai triaxial cyclique

La seconde série d'essais a consisté à appliquer 1 000 000 de cycles afin de vérifier si l'on peut extrapoler linéairement les déformations mesurées à 100 000 cycles jusqu'à 1 000 000 de cycles. Ces essais ont été effectués à pression de confinement constante.

Les niveaux de contraintes ont été fixés à partir de modélisations simulant une structure routière classique en Belgique, sollicitée par un trafic moyen (10 cm d'asphalte, 20 cm de fondation granulaire et 25 cm de sous-fondation granulaire). Il est à noter que ces niveaux de

	Calcaire	Grès	Mâchefer	Béton A	Béton B	Recyclé mixte A	Recyclé mixte B	Recyclé mixte A2	Recyclé mixte C
Teneur en fines (%)	6,1	8,8	10	4	4,5	10,7	10,3	8,8	10,3
LA (%)	18	17	37	27	36	38	44	Pas mesuré	Pas mesuré
M <sub>DE</sub> (%)	13	27,5	21,5	30,5	30	43,5	50,5	Pas mesuré	Pas mesuré

Tableau 1 – Teneur en fines et résistances des matériaux étudiés

contraintes sont nettement moins élevés que ceux proposés par la norme NBN EN 13286-7 [2].

### Essais à 100 000 cycles à pression de confinement variable

Les matériaux suivants ont été testés:

- un calcaire 0/32;
- un grès 0/32;
- un mâchefer 0/20;
- deux recyclés de béton 0/32;
- quatre recyclés mixtes.

Quelques caractéristiques des matériaux sont reprises dans le tableau 1. La composition selon la norme NBN EN 13242+A1 [3] est comme suit:

- recyclé mixte A:  
Rc = 38, Ru = 36 et Rb = 13 %;
- recyclé mixte B:  
Rc = 63, Ru = 9 et Rb = 22 %.

Rc = béton, produits en béton, mortier, éléments en béton.

Ru = granulats non liés, pierre naturelle, granulats traités aux liants hydrauliques.

Rb = éléments en argile cuite (ex.: briques et tuiles), éléments en silicate de calcium, béton cellulaire non flottant.

Les essais ont consisté à appliquer 2 500 cycles à un niveau de contraintes élevé ( $\sigma_d = 0-200$  kPa et  $\sigma_3 = 20-50$  kPa) pour simuler les contraintes de chantier et 100 000 cycles à un niveau de contraintes représentatif des sollicitations d'une sous-fondation après mise en place de la structure routière (contraintes «de service»:  $\sigma_d = 0-75$  kPa et  $\sigma_3 = 20-45$  kPa). Pour des raisons techniques, l'essai sur le grès a été réalisé avec 300 cycles de précharge au lieu de 2 500 cycles. Les éprouvettes, compactées à 97 % de l'optimum Proctor modifié (OPM), sont préparées à la teneur en eau de l'optimum

	< 1 %	1-5 %	> 5 %
W <sub>OPM</sub> contraintes sous-fondations	Calcaire Grès Recyclé béton A Recyclé mixte A Recyclé mixte B Mâchefers		
W <sub>OPM</sub> + 2 % contraintes sous-fondations	Mâchefers	Calcaire (< 2 %) Recyclé béton A (< 2 %)  Recyclé béton B (< 3 %) Recyclé mixte B (< 3 %)  Grès (< 4 % – 300 cycles précharge!)  Recyclé mixte C (< 5 %)	<b>Recyclé mixte A2</b> Recyclé mixte A  Recyclé mixte B (w=16 %)
W <sub>OPM</sub> + 2 % contraintes sous-fondations (200 cycles précharge)	Calcaire	Recyclé mixte B	Recyclé mixte A
W <sub>OPM</sub> contraintes fondations	Calcaire Recyclé mixte B Recyclé béton B Recyclé mixte C	<b>Recyclé mixte A (&lt; 4 %)</b> Recyclé mixte A2 (< 3 %)	

\*Les matériaux en gras sont ceux pour lesquelles la déformation permanente ne se stabilise pas après la précharge

Tableau 2 – Classement selon les déformations permanentes totales à 100 000 cycles à pression de confinement variable (éprouvettes compactées à 97 % OPM)

Proctor modifié ainsi qu'à une teneur en eau de 2 % plus élevée. Les essais à pression de confinement variable sont réalisés à 1,2 Hz. Cette limite est imposée par le système régulant la pression dans la cellule triaxiale. Chaque essai dure 24 h, auxquelles il faut ajouter 2 à 3 h pour la préparation de l'éprouvette et la mise en place de l'essai.

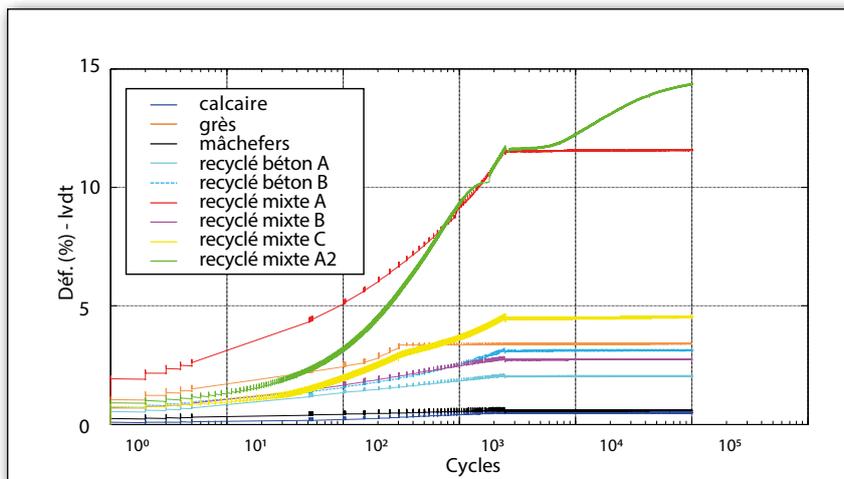
Les résultats en termes de déformations permanentes totales sont présentés dans le tableau 2. La teneur en eau a un impact sur les déformations permanentes. Alors que celles-ci sont inférieures à 1 % à 100 000 cycles pour les matériaux testés à la teneur en eau optimale, elles sont comprises entre 2 et 5 % **pour le recyclé de béton B, les recyclés mixtes B et C lorsque la teneur en eau**

	Calcaire	Grès	Mâchefer	Recyclé béton A	Recyclé béton B	Recyclé mixte A	Recyclé mixte B	Recyclé mixte C	Recyclé mixte A2
Déf. perm. totale à $w_{OPM}$ (%)	0,2	0,4	0,3	0,2		0,9	0,9		
Déviat. absolue max.			0,2			0,2	0,3		
Déf. service extrapolée à $10^6$ cycles (%)	0,070	0,217	0,112	0,096		0,200	0,163		
Déf. perm. totale à $w_{OPM} + 2\%$	0,9	3,5	0,6	1,7	2,3	11,7	2,2 8,5 ( $w = 16\%$ )	4,3	16,4
Déviat. absolue max.	0,8		0,1	0,0	1,7	0,3	1,1	0,5	
Déf. service extrapolée à $10^6$ cycles (%)	0,158	0,390	0,255	0,116	0,207	0,624	0,235 0,660 ( $w = 16\%$ )	0,632	28,503

**Tableau 3** – Résultats des déformations permanentes pour les contraintes sous-fondations après 2 500 cycles de précharge

	Calcaire	Recyclé béton B	Recyclé mixte A	Recyclé mixte B	Recyclé mixte C	Recyclé mixte A2
Déf. perm. totale à $w_{OPM}$ (%)	0,14	0,55	2,00	0,40	0,60	2,10
Déviat. absolue max.		0,1	2,2	0,2	0,0	
Déf. service extrapolée à $10^6$ cycles (%)	0,2	1,0	9,6	0,8	1,5	6,4

**Tableau 4** – Résultats pour les contraintes fondations après 200 cycles de précharge



**Figure 2** – Déformations permanentes des matériaux à  $w_{OPM} + 2\%$

optimale est augmentée de 2 %. Pour le grès, les déformations permanentes après une précharge de 2 500 cycles auraient probablement dépassé les 5 %. Les déformations permanentes des recyclés mixtes A et A2 dépassent 5 %. Il est à noter que le recyclé mixte B testé à  $w = 16\%$  montre des déformations permanentes dépassant les 5 % qui se stabilisent après la précharge.

Quelques essais ont été effectués en réduisant la première phase à hautes contraintes à 200 cycles afin de vérifier l'impact sur les déformations à 100 000 cycles. Ces essais sont effectués à la te-

neur en eau optimale + 2 %. Pour le calcaire et le recyclé mixte B, la réduction du nombre de cycles de précharge a peu d'impact. Par contre, le recyclé mixte A montre un accroissement important des déformations «de service».

Quelques essais sur des éprouvettes préparées à la teneur en eau optimale ont aussi été réalisés à un niveau de contraintes représentatif des sollicitations d'une fondation ( $\sigma_d = 0-200$  kPa et  $\sigma_3 = 20-50$  kPa). Les déformations permanentes totales restent inférieures à 1 % pour le calcaire, les recyclés mixtes B et C ainsi que le recyclé de béton B.

Elles sont comprises entre 2 et 5 % pour les recyclés mixtes A et A2, avec un accroissement important des déformations pour le recyclé mixte A.

Sur base de la pente de la droite relative à la seconde partie de l'essai, une déformation «de service» peut être extrapolée à 1 000 000 de cycles.

A l'exception du recyclé mixte A2 à  $w_{OPM} + 2\%$ , les déformations «de service» dues à des contraintes représentatives de la **sous-fondation** (tableau 3) restent inférieures à 1 %. Pour la plupart des matériaux testés, les déformations se produisent donc principalement lors de la phase de mise en œuvre suite aux sollicitations du chantier.

Les déformations «de service» extrapolées à 1 000 000 de cycles dues à des contraintes représentatives de la **fondation** (tableau 4) dépassent les 5 % pour les recyclés mixtes A et A2 à  $w_{OPM}$ , ce qui est trop élevé.

Afin de vérifier si un accroissement non prévisible des déformations sur 100 000 cycles se produit au-delà de 100 000 cycles, des essais à 1 000 000 de cycles ont été effectués sur plusieurs matériaux.

## Essais à 1 000 000 de cycles à pression de confinement constante

Les matériaux suivants ont été testés:

- un calcaire 0/32;
- deux recyclés mixtes 0/32;
- un recyclé de béton 0/32.

Les éprouvettes sont préparées à la teneur en eau de l'optimum Proctor modifié (OPM) et compactées à 97 % de l'optimum Proctor modifié. Les essais sont effectués à pression de confinement constante afin de pouvoir travailler à une fréquence de 3 Hz, ce qui représente encore 96 h pour l'essai proprement dit. La pression de confinement est fixée à 50 kPa. Les empièvements ont été testés avec différentes contraintes axiales afin de déterminer à partir de quelle contrainte la déformation permanente dépasse le seuil de 1 % et/ou ne se stabilise pas.

### Calcaire

Le calcaire présente des déformations permanentes limitées (< 1 %) pour les niveaux de contraintes appliqués (figure 3). A  $\sigma_d = 205$  kPa ( $\sigma_1 = 255$  kPa), une augmentation des contraintes est observée après 400 000 cycles mais ce niveau de contraintes est plus élevé que le niveau de contraintes fondations.

### Recyclé mixte A

Au-delà d'une contrainte déviatorique de 88 kPa ( $\sigma_1 = 138$  kPa), le granulat de recyclé mixte A présente des déformations permanentes qui croissent rapidement après 100 000 cycles (figure 4). Ce comportement n'est pas acceptable en fondations.

Un essai supplémentaire réalisé à une pression de confinement de 20 kPa et une contrainte déviatorique de 66 kPa montre que ce même matériau présente des déformations permanentes acceptables pour une sous-fondation.

### Recyclé mixte B

Ce matériau se comporte mieux que le recyclé mixte A. Cette différence de comportement n'est pas liée à une différence en termes de teneur en fines ou de composition (tableau 1). La seule explication vient du choix de la teneur en eau

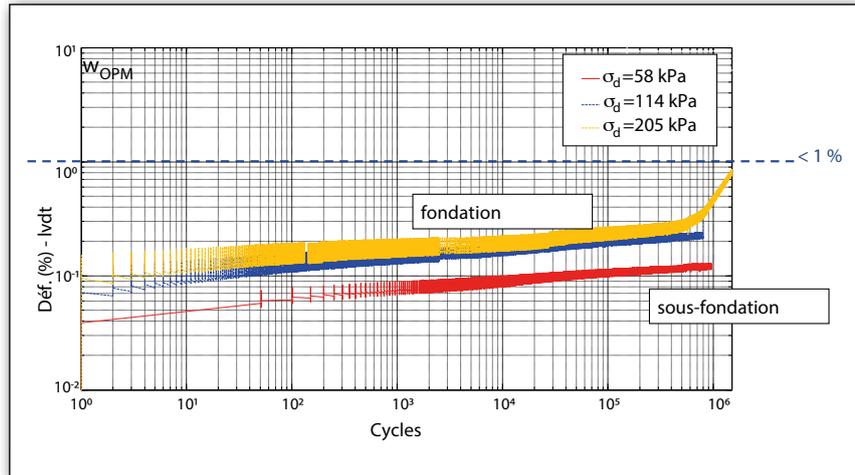


Figure 3 – Déformations permanentes du calcaire à 1 000 000 de cycles (pression de confinement 50 kPa)

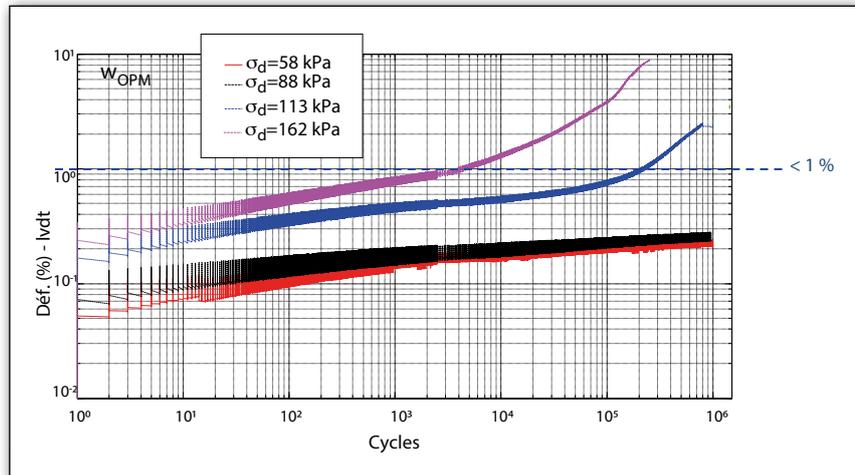


Figure 4 – Déformations permanentes du recyclé mixte A à 1 000 000 de cycles (pression de confinement 50 kPa)

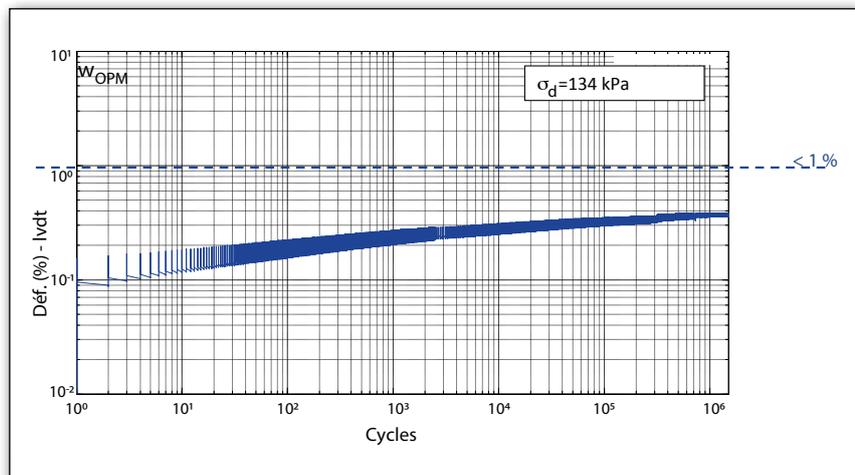


Figure 5 – Déformations permanentes du recyclé béton B à 1 000 000 de cycles (pression de confinement 50 kPa)

optimale (pour laquelle l'IPI présente un maximum bien marqué), probablement légèrement inférieure à la teneur en eau optimale réelle.

#### Recyclé de béton B

Le recyclé de béton se comporte bien pour la contrainte déviatorique de 134 kPa ( $\sigma_1=184$  kPa) et satisfait aux contraintes d'une fondation (figure 5, voir p. 7). Le stock de matériaux étant épuisé, nous n'avons pas pu réaliser d'essai à un niveau de contraintes plus élevé.

Les essais à 1 000 000 de cycles montrent que les déformations extrapolées à 1 000 000 de cycles sont sous-estimées. En effet, les déformations permanentes peuvent encore croître entre 100 000 et 1 000 000 de cycles.

### Conclusions

Les déformations permanentes de matériaux naturels (calcaire, grès), artificiels (mâchefers) et recyclés (recyclés béton et mixtes) ont été mesurées après 100 000 et 1 000 000 de cycles. Les essais se sont principalement concentrés sur les recyclés mixtes et de béton.

Les essais ont montré qu'une teneur en eau élevée a un impact négatif sur les déformations permanentes; les granulats recyclés mixtes sont particulièrement sensibles.

Pour certains recyclés mixtes à  $w_{OPM} + 2\%$  (contraintes sous-fondations) ou à  $w_{OPM}$  (contraintes fondations), les défor-

mations extrapolées à 1 000 000 de cycles dépassent 5 %, ce qui est trop élevé.

Les essais à 1 000 000 de cycles ont montré que les déformations extrapolées à 1 000 000 de cycles sont sous-estimées.

Le calcaire présente des déformations permanentes acceptables pour une utilisation en fondations (à  $w_{OPM}$ ). Les recyclés mixtes présentent des déformations permanentes acceptables pour une utilisation en sous-fondations (à  $w_{OPM}$ ) mais les déformations permanentes sont trop importantes pour une utilisation en fondations (par exemple recyclé mixte A). Le recyclé mixte B a un meilleur comportement, probablement parce qu'il a été testé du côté sec de l'OPM.

### Bibliographie

**Van der Wielen, A. & Grégoire, C. (2018)**

*Le CRR étudie les empièvements de sous-fondation.*

In : Bulletin CRR, (2018)114. p.21-24.  
Bruxelles : CRR.

**Bureau National de Normalisation (2004)**

*NBN EN 13286-7 : Mélanges avec ou sans liant hydraulique. Partie 7, essai triaxial sous charge cyclique pour mélanges sans liant hydraulique.*  
Bruxelles : NBN.

**Bureau National de Normalisation (2008)**

*NBN EN 13242+A1 : Granulats pour matériaux traités aux liants hydrauliques et matériaux non traités utilisés pour les travaux de génie civil et pour la construction des chaussées.*  
Bruxelles : NBN.

Le recyclé de béton B présente un meilleur comportement que le recyclé mixte A. Ses déformations permanentes restent acceptables pour une utilisation en fondations.

D'autres essais seront effectués sur des recyclés mixtes et de béton afin de conforter ces premières conclusions et d'établir une relation entre les déformations permanentes et d'autres caractéristiques de ces matériaux. Les résultats seront présentés dans un prochain Bulletin CRR.



Colette Grégoire  
02 766 03 19  
c.gregoire@brrc.be



Frank Theys  
02 766 03 20  
fr.theys@brrc.be

## Contribution du CRR à une étude portant sur l'uni des pistes cyclables en béton

### Introduction

Une condition essentielle pour une piste cyclable fonctionnelle et de qualité est d'offrir le confort de conduite nécessaire et une sécurité suffisante au cycliste. Le confort de conduite et l'uni des pistes cyclables sont dès lors étroitement liés. Toutefois, d'autres paramètres peuvent également jouer un rôle dans le choix du type de revêtement et/ou de conception d'une piste cyclable dans son ensemble, par exemple une largeur suffisante, la continuité, son intégration dans l'espace

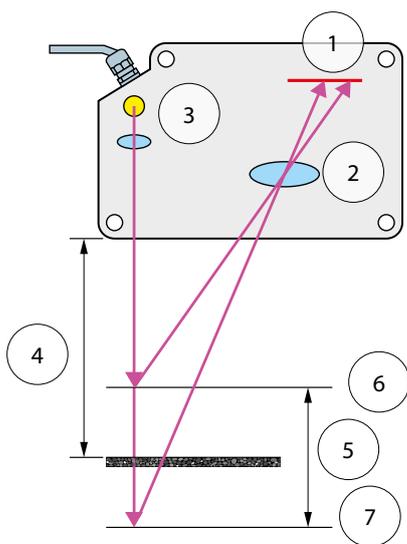
public et, dans le cadre d'un plan de mobilité plus complet, un entretien limité, une longue durée de vie, etc. [1].

À partir de la version 3.1, le cahier des charges type flamand SB 250 exige de mesurer à l'aide du profilomètre pour pistes cyclables l'uni longitudinal des nouvelles pistes cyclables, exprimé en coefficients de planéité avec une base de 2,5 m et 0,5 m (figure 1 et suivantes). Les autres Régions commencent également à s'intéresser de plus en plus à l'infrastructure cyclable [2].

Néanmoins, il s'avère qu'il n'est pas évident de répondre aux exigences imposées pour l'uni longitudinal, en particulier pour les pistes cyclables en béton coulé sur place. C'est la raison pour laquelle FEBELCEM a commencé à étudier, en collaboration avec le CRR et le bureau d'études AB-Roads et avec le soutien de la Fédération flamande des entrepreneurs routiers VlaWeBo, les causes des défauts d'uni sur les pistes cyclables munies d'un revêtement en dalles de béton ainsi que les possibilités qui existent pour améliorer l'uni [3]. Après une brève



**Figure 1** – Profilomètre pour pistes cyclables (FPP) du CRR pour le contrôle de l'uni longitudinal des pistes cyclables



1. Unité de mesure au laser avec accéléromètre
2. PC avec logiciel de mesure
3. Antenne GPS
4. Routeur réseau
5. Chargeur de batterie
6. Odomètre (pour enregistrer la distance parcourue)



**Figure 2** – Appareillage FPP intégré

1. Détecteur photosensible à la position (PSD – Position sensitive photo detector)
2. Récepteur optique
3. Laser semi-conducteur et équipement optique
4. Distance entre la remorque et la surface du revêtement
5. Portée de la mesure
6. Valeur de mesure minimale
7. Valeur de mesure maximale

**Figure 3** – Principe de mesure du laser (Selcom SLS5000)

description de l'uni d'une piste cyclable et de la manière dont celui-ci peut être mesuré, nous vous présentons dans cet article les principaux résultats et conclusions de l'étude.

## Qu'est-ce que l'uni d'une piste cyclable?

L'uni longitudinal est un facteur important pour le confort et la sécurité des cyclistes. Il peut être déterminé à l'aide d'un appareil appelé profilomètre pour pistes cyclables (FPP, figure 1), qui mesure le profil longitudinal du revêtement. Un scooter avec une remorque roule à une vitesse constante de 30 km/h maximum sur la piste cyclable à ausculter.

Le laser intégré et l'accéléromètre (figure 3) permettent d'enregistrer la distance entre la remorque et la surface du revêtement tous les 30 mm. Par ailleurs, les coordonnées GPS et la distance parcourue sont enregistrées à l'aide d'une antenne GPS et d'un odomètre (figure 2).

Les données traitées de l'accéléromètre permettent de déterminer les déforma-

tions verticales (bosses et creux) du profil routier dues aux irrégularités dans la surface du revêtement. Les valeurs sont exprimées en mm. Les mouvements verticaux « inadéquats » de la remorque (consécutifs aux mouvements de l'ensemble scooter-remorque, de la pression dynamique des pneus, etc.) sont corrigés par le laser de manière à ne pas influencer les résultats de mesure.

Les valeurs obtenues permettent de déterminer le profil routier (figure 4, courbe 1). En appliquant une moyenne glissante fixe avec une longueur d'onde déterminée (figure 4, courbe 2) sur ce profil et en calculant la surface entre les deux courbes, on obtient la valeur de l'indicateur d'uni CP (coefficient de planéité) utilisé en Belgique. Le mode de calcul est le même que pour les mesures APL [4].

## Coefficients de planéité CP<sub>0,5</sub> et CP<sub>2,5</sub>

Le profil longitudinal mesuré permet de calculer le coefficient de planéité (CP ou *Vlakheidscoëfficiënt* – VC) ou d'autres

indicateurs de planéité. Le CP est l'indicateur utilisé en Belgique pour l'uni des chaussées (avec différentes bases de mesure et des longueurs d'onde conventionnelles de 0,5 m, 2,5 m, 10 m ou 40 m):

- CP<sub>0,5</sub> et CP<sub>2,5</sub> pour les pistes cyclables;
- CP<sub>2,5'</sub>, CP<sub>10</sub> et CP<sub>40</sub> pour les routes destinées au trafic automobile.

Les exigences en termes d'uni sont définies dans les cahiers des charges types régionaux pour les revêtements en béton et bitumineux [5, 6, 7] (tableau 1, p. 10).

Le cahier des charges type flamand impose donc pour les nouvelles pistes cyclables une exigence spécifique qui peut être contrôlée à l'aide du profilomètre pour pistes cyclables. Dans le cahier des charges type de la Région de Bruxelles-Capitale, il n'y a aucune exigence spécifique pour les pistes cyclables séparées. En Wallonie, les pistes cyclables dépendent du Réseau IIIa pour l'uni.

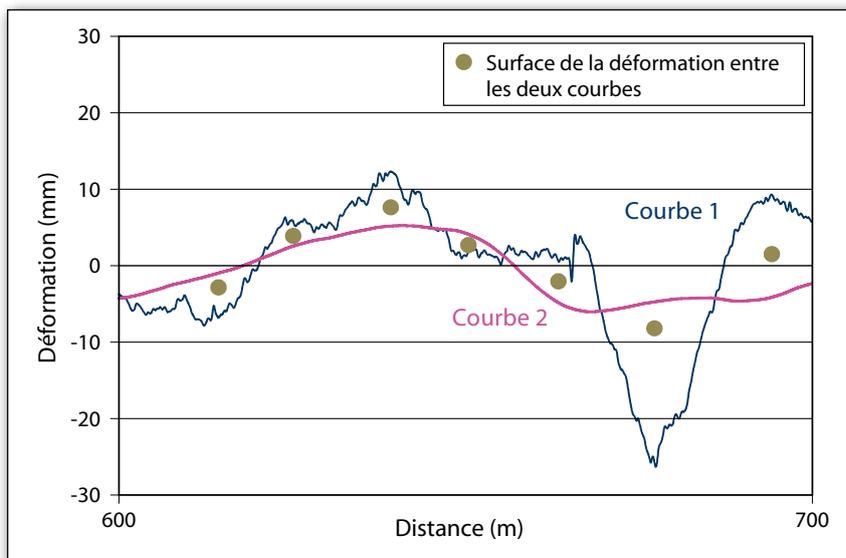


Figure 4 – Détail d'un bloc de 100 m avec une moyenne glissante d'une longueur d'onde de 40 m

Vlaams Standaardbestek SB 250 (version 3.1a)

Caractéristique	Pistes cyclables	Régime de vitesse			
		> 80 km/h	> 60 km/h	> 40 km/h	≤ 40 km/h
CP <sub>0,5 i,max</sub>	15	NA	NA	NA	NA
CP <sub>2,5 i,max</sub>	45	25	40	45	45
CP <sub>10 i,max</sub>	NA	50	80	90	NA
CP <sub>40 i,max</sub>	NA	100	160	NA	NA

Cahier des charges type de la Région de Bruxelles-Capitale CCT 2015

Caractéristique	Types de routes		
	Autoroutes	Voies métropolitaines et voies principales	Voies de quartier et voies interquartier
CP <sub>2,5 m</sub>	≤ 35	≤ 40	≤ 45
CP <sub>10 m</sub>	≤ 70	≤ 80	≤ 90
CP <sub>40 m</sub>	≤ 140	≤ 160	NA

Cahier des charges type wallon CCT Qualiroutes

Caractéristique	Réseau			
	I	II	IIIa	IIIb
CP <sub>2,5 m</sub>	≤ 35	≤ 35	≤ 35	-
CP <sub>10 m</sub>	≤ 70	≤ 70	-	-
CP <sub>40 m</sub>	≤ 140	-	-	-

NA = Non applicable  
CP = Coefficient de planéité

Tableau 1 – Exigences individuelles pour les coefficients de planéité à 1000 mm<sup>2</sup>/hm

## Objet de l'étude

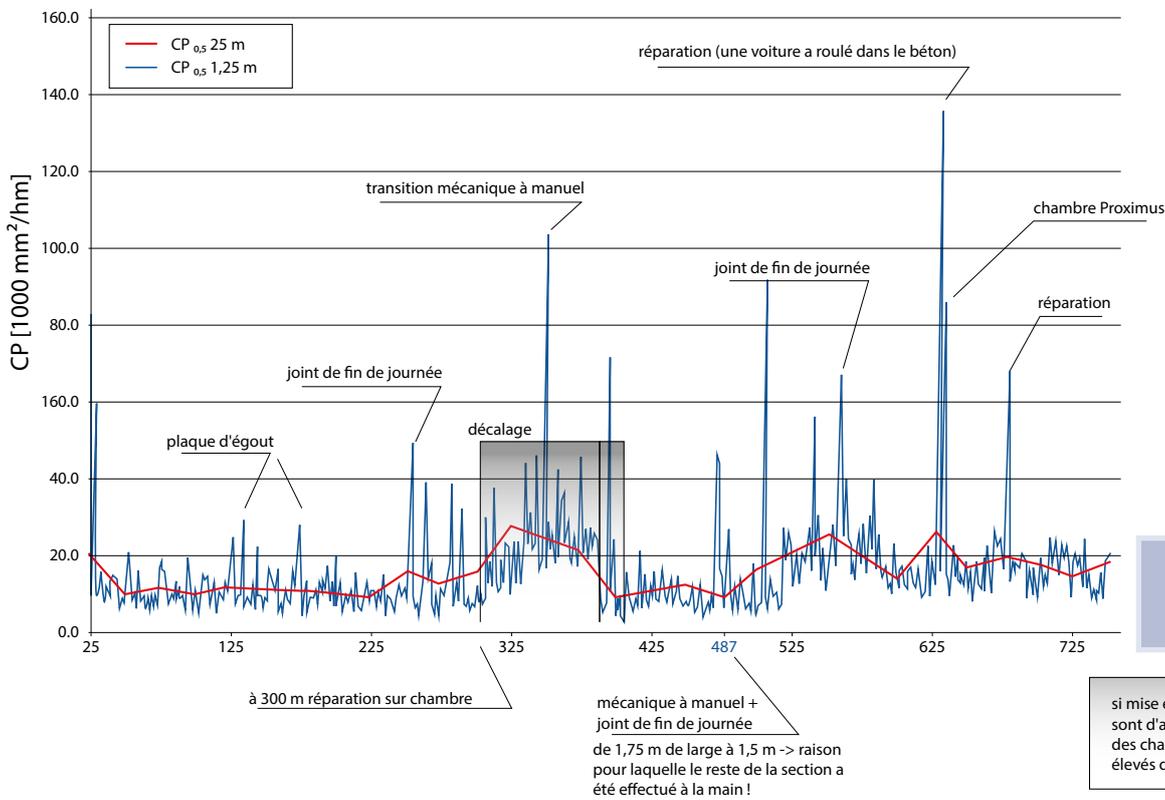
Dans le cadre de cette étude, plusieurs chantiers ont fait l'objet d'un suivi. Une analyse plus précise des résultats des mesures d'uni à l'aide du profilomètre pour pistes cyclables a alors été effectuée. L'objectif était de déterminer quels paramètres (conception, exécution ou utilisation) sont à l'origine des défauts d'uni mesurés qui ne permettent pas de répondre aux exigences précitées dans la pratique (voir exemple à la figure 5, p. 11). Les résultats ont été traités par 1,25 m pour déterminer le CP<sub>0,5</sub> et tous les 6,25 m pour le CP<sub>2,5</sub>. Il a ainsi été possible de déterminer visuellement quel défaut d'uni localisé a entraîné un pic dans les résultats.

## Analyse des résultats

L'analyse détaillée des résultats pour différents chantiers a permis de mettre en évidence plusieurs aspects importants. Le premier est la différence entre la **mise en œuvre mécanique** avec une machine à coffrage glissant et une **réalisation manuelle**.

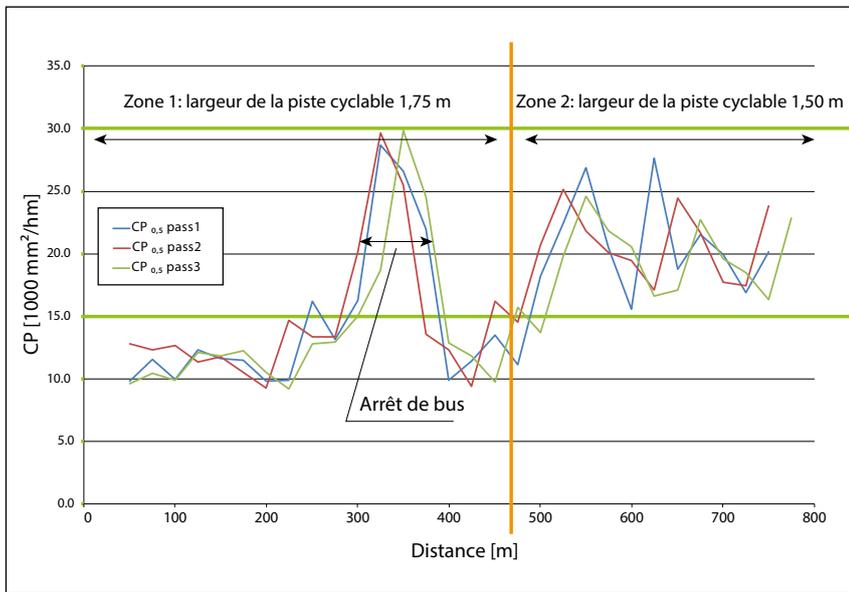
Par exemple, la figure 6 (p. 11) montre le résultat de la mesure d'une piste cyclable en site propre en béton, qui commence avec une largeur de 1,75 m en zone 1, réalisée avec une machine et qui se termine à une largeur de 1,50 m en zone 2, réalisée manuellement par manque de place (la piste cyclable se trouve directement contre les murets des jardins adjacents). La bande contournant l'arrêt de bus en zone 1 a également été réalisée manuellement avec un décalage sur une longueur très courte. Cela apparaît clairement dans les résultats: pour la zone réalisée de manière mécanique, les exigences du cahier des charges type SB 250 version 3.1a [6] sont bien respectées (CP<sub>0,5</sub> < 15). Pour ce qui est du travail manuel, le coefficient de planéité s'avère toujours supérieur à celui exigé. La présence de décalages soudains dans le profil, par exemple à hauteur des arrêts de bus, entraîne également des pics plus importants dans le coefficient de planéité.

Par ailleurs, d'autres éléments sont ressortis. Des pics plus élevés indiquent souvent certaines irrégularités dans la piste cyclable, dues à la conception, à l'exécution ou à des circonstances externes.



**Figure 5 – Étude des causes des défauts d'uni d'une piste cyclable en béton**

si mise en œuvre manuelle, les chambres sont d'abord placées et on travaille autour des chambres -> raison des pics plus élevés dans la 2e partie de la section



**Figure 6 – Coefficient de planéité (CP<sub>0,5</sub>) mesuré sur une piste cyclable, avec l'impact de l'arrêt de bus. La zone 1 a été réalisée de manière mécanique, la zone 2 manuellement**

**Paramètres liés à la conception**

Toutes les anomalies dans le profil routier peuvent donner lieu à un défaut d'uni plus important et doivent dès lors être évitées autant que possible: les chicane sur une courte distance, les raccords à des revêtements existants avec un profil transversal différent, les changements soudains de pente, la présence de plaques d'égout dans la piste cyclable (figure 7), etc. Par exemple, l'intégration de plaques d'égout dans des pistes cyclables réalisées manuellement est ainsi particulièrement difficile car la chambre de visite doit d'abord être placée et le béton doit ensuite être appliqué manuellement pour la finition du revêtement. Il est toutefois possible d'obtenir un excellent uni, mais la chambre de visite en elle-même présente des irrégularités. Si

le nombre de plaques d'égout est limité, l'effet sur l'uni final sera minime mais, localement, ce sera inconfortable.



**Figure 7 – La présence de plaques d'égout dans la piste cyclable entraîne souvent un pic dans les mesures d'uni**

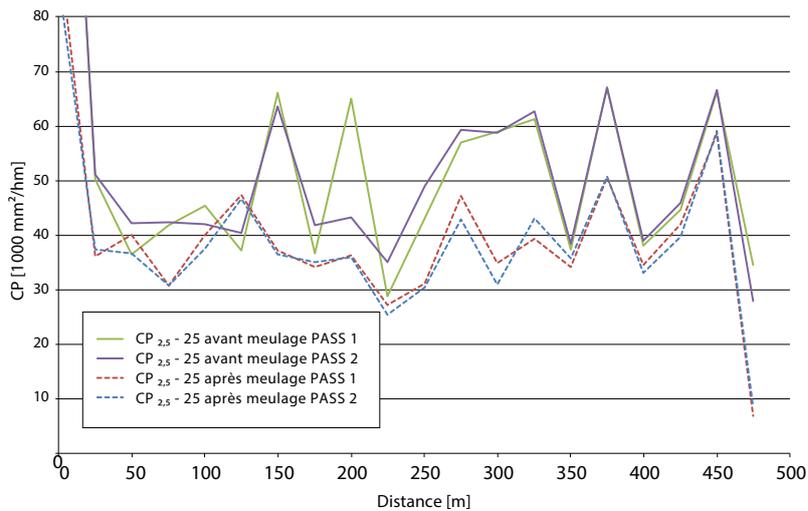
**Paramètres liés à l'exécution**

L'idée est de recourir autant que possible à la réalisation mécanique, qui nécessite un espace suffisant sur les côtés de la piste cyclable. Il est essentiel que



**Figure 8 – Utilisation d'un supersmoother lors de la réalisation d'une piste cyclable en béton**

Source: @ AB-Roads



**Figure 9** – Meulage avec disques diamantés pour rétablir l’uni (ligne pleine avant le meulage, ligne pointillée après le meulage des bosses)

le concepteur et l’exécutant aient clairement défini la méthode de mise en œuvre, et la faisabilité d’une réalisation mécanique doit déjà avoir été vérifiée pendant la phase de conception. Les changements de largeur compliquent le travail mécanique car cela prend beaucoup de temps de modifier la machine.

De plus, la continuité au niveau de l’approvisionnement et de la mise en œuvre du béton est également importante. Les temps d’attente et l’arrêt de la machine entraînent des pics dans les mesures de l’uni. Cela vaut également pour les joints de dilatation non scellés qui, contrairement aux joints de retrait, doivent bel et bien être remplis pour les pistes cyclables en béton coulé sur place.

La réalisation mécanique à l’aide d’un dispositif appelé «supersmoother» (figure 8, p.11) a un effet positif sur l’uni.

#### Facteurs externes

Les réparations (après durcissement du béton), par exemple si la piste est circulée prématurément, en cas de déplacement ou d’installation de chambres de visite supplémentaires, en cas de conditions météorologiques défavorables pendant l’exécution, etc. provoquent généralement aussi des pics (plus) importants dans les résultats de mesure.

#### Contrôle

Enfin, la manière dont le contrôle à l’aide du profilomètre pour pistes cyclables se déroule joue également un rôle. La zone mesurée doit être clairement délimitée. Les jonctions avec des pistes cyclables existantes, des carrefours ou des voies d’accès surélevées peuvent avoir pour conséquence des défauts d’uni plus importants dans les résultats de mesure.

Le SB 250 (voir chapitre 14-4.23.1 [6,8]) mentionne d’ailleurs de manière explicite que les sections comportant des ralentisseurs, des chicanes, des ronds-points, etc. doivent être exclues du calcul des coefficients de planéité.

La piste cyclable doit aussi être propre: les feuilles mortes, les pierres, la boue, etc. influencent les résultats de mesure. Il est donc indispensable de nettoyer la piste avant de commencer les mesures.

#### Que faire en cas de problème?

Les premières expériences montrent qu’une inspection visuelle permet de découvrir la cause des principaux défauts d’uni (figure 5, p.11). Une possibilité pour rétablir l’uni est d’effectuer un meulage (*grinding*) à l’aide de disques diamantés pour éliminer localement les bosses (figure 9). Si l’on élimine aussi les creux, en meulant un peu plus, cela donnera un aspect plus régulier.

#### Conclusion

Cette étude a mis en évidence que les exigences en termes d’uni pour les pistes cyclables en béton peuvent être atteintes, si certaines conditions essentielles sont respectées: une attention particulière aux détails, une conception digne de ce nom, de préférence sans chambres de visite dans la piste cyclable, sans déviations angulaires trop importantes et avec un espace suffisant pour

Caractéristique	Pistes cyclables	Régime de vitesse			
		> 80 km/h	> 60 km/h	> 40 km/h	≤ 40 km/h
CP <sub>0,5 i,max</sub>	30	NA	NA	NA	NA
CP <sub>2,5 i,max</sub>	90	50	80	90	90
CP <sub>10 i,max</sub>	NA	100	160	180	NA
CP <sub>40 i,max</sub>	NA	200	320	NA	NA

NA = Non applicable

**Tableau 2** – Exigences individuelles pour les coefficients de planéité lors de la réalisation **manuelle** à 1 000 mm<sup>2</sup>/hm, selon le SB 250 version 4.1



la réalisation mécanique à l'aide d'une machine à coffrage glissant.

Cette étude a contribué aux adaptations apportées lors de la révision du SB 250. Dans la version 4.1 [8], des exigences plus souples ont été définies pour la mise en œuvre manuelle (tableau 2, p. 12).

Cette adaptation souligne l'importance de la réalisation mécanique, et surtout l'importance de la prévoir au moment de la conception. Elle permet de contrôler la mise en œuvre manuelle et, le cas échéant, d'imposer des exigences en termes d'uni.

Nous espérons que la révision du SB 250 et les recommandations ci-dessus relatives à la conception, à l'exécution et au contrôle contribueront à rendre les pistes cyclables confortables, simples à entretenir et durables.

## Bibliographie

- [1] **Vilain, J. (2017)**  
*Fietspadverhardingen : wat hoort waar?*  
23ème congrès belge de la route, Bruxelles, octobre 4-6, 2017. Bruxelles : Association Belge de la Route (ABR).
- [2] **Bruxelles Mobilité, Centre de recherches routières (CRR), e.a. (2006-2018)**  
*Vademecum infrastructure cyclable 1-10.*  
Bruxelles : Bruxelles Mobilité. <https://mobilite-mobiliteit.brussels/fr/publications-techniques>  
Dernière consultation 03/06/2019
- [3] **Beeldens, A.**  
*Ook betonnen fietspaden kunnen voldoen aan de eisen van vlakheid.*  
In : Grond/Weg/Waterbouw, article en ligne 04/07/2018.  
Overpelt : Louwers Mediagroep. [www.gww-bouw.be/artikel/ook-betonnen-fietspaden-kunnen-voldoen-aan-de-eisen-van-vlakheid/](http://www.gww-bouw.be/artikel/ook-betonnen-fietspaden-kunnen-voldoen-aan-de-eisen-van-vlakheid/)  
Dernière consultation 03/06/2019.
- [4] **Centre de recherches routières (CRR)**  
*Analyseur de profil en long (APL): mesure de l'uni longitudinal des routes.*  
Bruxelles : CRR. [www.brcc.be/fr/article/apl](http://www.brcc.be/fr/article/apl)  
Dernière consultation 03/06/2019.
- [5] **Service Public de Wallonie – Direction Générale Opérationnelle des Routes et des Bâtiments (2012, version 2016 consolidée)**  
*CCT Qualiroutes : cahier des charges-type.*  
Namur : SPW-DG01. <http://qc.spw.wallonie.be/fr/qualiroutes/index.html>  
Dernière consultation 03/06/2019.
- [6] **Vlaamse Overheid – Agentschap Wegen en Verkeer (2016)**  
*Standaardbestek 250 voor de wegenbouw [version 3.1a].*  
Brussel : AWV. <http://docs.wegenenverkeer.be/Standaardbestek%20250/Versie%203.1a/>  
Dernière consultation 03/06/2019.
- [7] **Région de Bruxelles-Capitale (2015)**  
*CCT 2015 : cahier des charges type relatif aux voiries en Région de Bruxelles Capitale.*  
Bruxelles : Région de Bruxelles Capitale. <https://mobilite-mobiliteit.brussels/sites/default/files/cct2015fr.pdf>  
Dernière consultation 03/06/2019.
- [8] **Vlaamse Overheid – Agentschap Wegen en Verkeer (2019)**  
*Standaardbestek 250 voor de wegenbouw [version 4.1].*  
Brussel : AWV. <http://docs.wegenenverkeer.be/Standaardbestek%20250/Versie%204.1/>  
Dernière consultation 03/06/2019.



Elia Boonen  
02 766 03 41  
[e.boonen@brcc.be](mailto:e.boonen@brcc.be)



Tim Massart  
010 23 65 43  
[t.massart@brcc.be](mailto:t.massart@brcc.be)

# 20 ans CRR à Wavre

## Un événement réussi!



Le 10 mai 2019, nous avons fêté les 20 ans du CRR à Wavre au cours d'un événement qui fut une réussite, mêlant allocutions de circonstance, démonstrations pratiques et un walking dinner convivial.



C'est à Wanda Debauche, chef de la division Mobilité-Sécurité-Gestion de la route, située à Wavre qu'est revenu l'honneur d'ouvrir les festivités.



*Jerome Vanroye – Association Belge des Producteurs d'Enrobé*



*Carl Deroanne – DrivenBy*

Les personnes présentes ont pu assister à un programme richement rempli, qui a commencé par les récits de différents partenaires venus faire part de leur expérience de collaboration avec le CRR. Entrepreneurs, bureau de développement, association professionnelle, tous ont pris la parole.



*Filip Covemaeker – sa TRBA*



*Thomas Melin – sa Entreprises Melin*



*Paul Plak – Bureau d'études Agora*



Pendant les démonstrations pratiques, plusieurs équipements du CRR ont été mis en avant. Ceux-ci sont basés à Wavre, mais utilisés à travers tout le pays.



Le point d'orgue de l'après-midi a été l'inauguration de la zone d'essai avec les dispositifs d'infiltration enterrés. Cette zone d'essai est un exemple d'une action du CRR pour développer et tester des solutions à des problèmes actuels pour et avec le secteur et en retirer des recommandations.



*Françoise Pigeolet, bourgmestre ff. de Wavre*

*Etienne Willame, directeur général du SPW Mobilité & Infrastructures*

L'inauguration a été précédée des discours de circonstance de madame Françoise Pigeolet, bourgmestre ff. de Wavre, de monsieur Etienne Willame, directeur général du SPW Mobilité & Infrastructures et d'Annick De Swaef, directrice générale du CRR.

«La ville de Wavre a coopéré avec le CRR à plusieurs reprises et les expériences ont toujours été très positives. Toutes les villes et communes peuvent s'adresser au CRR pour obtenir de l'assistance, de l'innovation et de la formation.»

«Le CRR est un partenaire sur lequel tous les acteurs en construction routière peuvent compter, tant pour les aspects purement techniques (tel le dimensionnement vertical des chaussées), la connaissance (grâce à son matériel d'auscultation) et la gestion des actifs routiers que pour les thèmes sociétaux que sont la mobilité durable, le trafic et la sécurité routière. Les expertises développées sur ce site seront demain encore plus qu'aujourd'hui nécessaires et indispensables.»

«Le CRR a un siège dans chaque Région et est ainsi proche de ses membres. Chaque siège a ses activités spécifiques, mais au-delà des frontières régionales, nos collaborateurs forment des équipes multidisciplinaires pour une approche holistique. De cette façon, nous pouvons servir nos membres de la meilleure façon possible.»



*Annick De Swaef*



Les personnes présentes ont ensuite pu profiter d'un walking dinner dans une ambiance conviviale et informelle. Une belle occasion pour tisser des liens et échanger des idées sur la collaboration avec le CRR dans les années à venir.

## Le CRR organise un projet de démonstration de fraisage 3D

Un bon uni est d'une importance cruciale pour la sécurité et le confort de l'utilisateur de la route. Lors de la réfection des revêtements bitumineux, il est dès lors essentiel de bien maîtriser l'uni du revêtement posé. Le profil de la route existante doit généralement être modifié. Toutefois, cela ne doit pas compromettre d'autres paramètres importants, par exemple:

- le respect des épaisseurs de couche pendant la réalisation;
- les jonctions pour les riverains (niveaux des allées des maisons).

Ce n'est pas toujours chose aisée. L'évaluation correcte de la situation actuelle et la conception d'un plan d'exécution adéquat par un topographe sont donc très importants. Cependant, ce travail est très intense et prend en outre beaucoup de temps.

Depuis peu, une nouvelle technologie a été développée et permettra de simplifier cette tâche à l'avenir. Le CRR organise dès lors une étude de cas avec les partenaires concernés afin de démontrer cette technologie et de la mettre à l'épreuve dans la pratique.

### Technologie 3D

La technologie 3D permet de scanner la situation actuelle de manière sûre et très précise. Les données collectées servent à créer un modèle en 3D. Dans ce modèle, les nouvelles hauteurs de travail sont définies et il est possible, à l'aide d'une simulation, d'anticiper les éventuels problèmes. Le plan d'exécution approuvé est introduit dans le système de commande des machines sur le chantier. À l'aide de la géolocalisation (GPS), la machine suit le plan d'exécution à la lettre.

### Projet de démonstration

Afin de présenter l'utilisation de cette technologie, le CRR organise, en collaboration avec l'AWV, Topcon, Top-Off et Colas, un projet de démonstration de fraisage 3D.

Au cours de l'été 2019, pendant la réfection des revêtements bitumineux de la N725 à Lummen, la technologie 3D sera utilisée pour piloter les travaux de fraisage. Concrètement, cela signifie que l'état existant va être mesuré de quatre manières différentes:

- le CRR va effectuer des mesures APL de l'état actuel;
- Topcon scannera la situation à l'aide d'un système de cartographie mobile RD-M1;
- Top-Off effectuera un relevé statique (Lidar) et prendra les mesures de la topographie manuellement;
- l'AWV se chargera des mesures LPM sur la section de voirie avant le début des travaux.

Les résultats des mesures APL et LPM serviront à calculer les coefficients de planéité actuels. Les mesures APL seront répétées après les travaux de fraisage et après la pose du revêtement bitumineux.

Le modèle 3D sera réalisé à l'aide des données de cartographie mobile et du Lidar statique. Le profil de la route sera alors adapté au moyen de simulations pour parvenir à un résultat le plus lisse possible. Le nouveau profil sera introduit dans la fraiseuse. Celle-ci fraisera à une profondeur variable pour obtenir l'uni souhaité.

Un objectif supplémentaire sera de chercher un lien entre les mesures APL et les données relevées par le système de cartographie mobile. Une attention particulière sera accordée à la possibilité de calculer les coefficients de planéité à partir des données scannées. La possibilité de calculer les coefficients de planéité et les modifications de niveau correspondantes préalablement dans le modèle 3D permettrait d'anticiper d'éventuels problèmes.

### Partage d'informations par une étude de cas – Matinée d'étude du 25 octobre 2019 – Sterrebeek

Les partenaires concernés estiment qu'il est important de partager les connaissances et les expériences acquises avec les autres acteurs du secteur.

Une matinée d'étude (étude de cas) est dès lors organisée le vendredi **25 octobre 2019** sur le site du CRR à **Sterrebeek**.

Le programme, les informations pratiques et les modalités d'inscription seront communiqués après l'été dans le catalogue en ligne de la *Belgian Road Academy*: [www.brrc.be/fr/brac](http://www.brrc.be/fr/brac).

Notez d'ores et déjà la date dans votre agenda ou faites-nous savoir via [training@brrc.be](mailto:training@brrc.be) que vous êtes intéressé et que vous souhaitez recevoir une invitation.



Ben Duerinckx  
02 766 03 75  
[b.duerinckx@brrc.be](mailto:b.duerinckx@brrc.be)



Tim Massart  
010 23 65 43  
[t.massart@brrc.be](mailto:t.massart@brrc.be)

## Nouvelles sections expérimentales avec produits régénérants pour la réutilisation des enrobés

Récemment, deux sections expérimentales ont été réalisées avec des produits régénérants pour la réutilisation des enrobés. Le CRR s'est chargé de la coordination.

Ces sections expérimentales font partie du projet TETRA REjuveBIT d'une durée de deux ans «Duurzaam asfalt door het gebruik van verjongingsmiddelen» (Utilisation de produits régénérants pour un enrobé plus durable), dont le coup d'envoi a été donné en novembre 2018. Ce projet est coordonné par l'équipe de recherche EMIB (Energy and Materials in Infrastructure and Buildings) de l'université d'Anvers, en partenariat avec le CRR. Une dizaine d'entrepreneurs, de producteurs d'enrobé, de fournisseurs et d'organisations sectorielles soutiennent le projet et misent ainsi, tout comme les gestionnaires de voiries, sur cette innovation.

### Les produits régénérants

En Belgique, la réutilisation des agrégats d'enrobés bitumineux (AEB) est appliquée depuis plus de 40 ans déjà, ce qui fait de notre pays l'un des pionniers en Europe et, par extension, au niveau mondial. Les avantages écologiques et financiers de la réutilisation de l'enrobé sont bien entendu les raisons principales. Ce succès dans la réutilisation signifie que le secteur est déjà confronté pour l'instant, mais dans un avenir proche le sera encore beaucoup plus, à la problématique du recyclage multiple (*multiple recycling*).

Si l'on veut continuer à appliquer la réutilisation de l'enrobé (sans perte des performances) de manière durable ou, idéalement, l'augmenter, l'utilisation d'additifs, en particulier de régénérants (ou «rejuvénants»), est nécessaire.

Un produit régénérant est un terme général désignant un additif ajouté aux agrégats d'enrobés bitumineux pour régénérer les caractéristiques de l'ancien liant afin de s'approcher au maximum des performances d'origine tout en combattant l'impact négatif du vieillissement du liant.

### Les sections expérimentales

L'équipe de projet REjuveBIT a sélectionné deux sites convenant pour de nouvelles sections expérimentales de produits régénérants pour différentes variantes d'enrobés bitumineux pour des couches de roulement (type APT-C).

La première section expérimentale a été réalisée le 20 mai 2019 sur la N123 Retie – Kasterlee, en collaboration avec l'AWV Antwerpen et les SA Belasco et Nynas (fournisseur de produit régénérant).

Sur cette section, trois variantes d'enrobés bitumineux ont été appliquées:

- mélange APT-C sans AEB (= référence);
- mélange APT-C avec 20 % AEB;
- mélange APT-C avec 40 % AEB avec rejuvénant.

La deuxième section expérimentale a été posée le 23 mai 2019 sur la Steenlandlaan à Kallo/Beveren, en collaboration avec la Havenbedrijf Antwerpen, la SA Willemen Infra et la SRL Cargill (fournisseur de régénérant). Sur cette section également, trois variantes d'enrobés bitumineux ont été appliquées:

- mélange APT-C sans AEB (= référence);
- mélange APT-C avec 40 % AEB;
- mélange APT-C avec 40 % AEB avec régénérant.

Pendant la pose, différentes mesures ont été effectuées avec succès in situ. A l'heure actuelle, des analyses sont réalisées en laboratoire sur le matériau et les carottes prélevées.

### Rôle des sections expérimentales dans l'étude d'un projet en cours

L'objectif global du projet REjuveBIT est de mettre à l'épreuve l'utilisation de produits régénérants d'un point de vue technique, économique et environnemental. Les sections expérimentales servent à démontrer en pratique le caractère innovant de cette technologie pour le secteur de l'enrobé. L'application des AEB dans les couches de roulement (qui n'est actuellement pas autorisée par les cahiers des charges types) mais aussi dans les sous-couches (avec des



Figure 1 – Suivi de la pose des sections expérimentales avec utilisation de produits régénérants sur la N123 (Retie – Kasterlee) à Retie



Figure 2 – Prélèvement d'échantillons pendant la mise en œuvre de sections expérimentales avec utilisation de produits régénérants sur la Steenlandlaan (Port d'Anvers) à Kallo/Beveren

pourcentages plus élevés de AEB) est présentée.

Le projet REjuveBIT est complémentaire au projet prénormatif Re-RACE (*Rejuvenation of Reclaimed Asphalt in a Circular Economy*) lancé en 2017 par le CRR, qui étudie en détail le fonctionnement intrinsèque des produits régénérants et leur effet sur les performances à la fois des liants et des enrobés bitumineux. Ce projet met l'accent sur le développement d'une procédure standard afin de déterminer l'efficacité des produits régénérants et l'élaboration d'une méthode

d'analyse en laboratoire adéquate pour réaliser une étude préliminaire sur les enrobés bitumineux avec AEB associés aux régénérants. Dans ce cadre, le CRR, en collaboration avec la SA Stadsbader et Kraton Chemical (fournisseur de régénérant), a déjà posé en septembre 2017 une première section expérimentale à Vaulx (voir le Bulletin CRR 113 de décembre 2017).

### Le projet REjuveBIT et le rôle du CRR

Les objectifs du projet REjuveBIT se concrétisent dans différents modules de travail:

- la réalisation d'une étude de marché concernant l'offre et l'utilisation des produits régénérants;
- la pose de cinq sections expérimentales destinées à évaluer l'effet des produits régénérants sur la formulation des enrobés, les propriétés mécaniques et la traçabilité;
- la réalisation d'une étude en laboratoire pour déterminer les écarts autorisés (dans le cadre des prescriptions d'un cahier des charges);
- la quantification de l'impact environnemental et de la faisabilité économique;
- la transmission du savoir-faire au secteur de l'enrobé (pour laquelle une interaction avec le groupe d'utilisateurs est essentielle) et à l'enseignement (au moyen de formations).

Le rôle du CRR consiste principalement à coordonner la pose et à surveiller les sections expérimentales en s'appuyant sur sa longue expérience, et comprend les tâches suivantes:

- la préparation des sections expérimentales: site adéquat, prise des contacts nécessaires avec le producteur d'enrobé, le gestionnaire de voirie et le fournisseur de produit régénérant, etc.;

- le suivi de la pose des sections expérimentales, avec une attention particulière portée au compactage au moyen de mesures au gammadensimètre, en fonction de l'évolution de la température de l'enrobé bitumineux et du nombre de passages du compacteur;
- l'échantillonnage des matériaux nécessaires pour pouvoir effectuer différents tests de performances en laboratoire après la pose;
- a posteriori, le prélèvement de plusieurs échantillons dans les sections expérimentales (carottes) pour des analyses complémentaires;
- la surveillance des sections expérimentales dans le temps pour évaluer la durabilité.

### Et après?

Les études de terrain REjuveBIT et RACE représentent déjà des occasions uniques pour tous les partenaires, et en particulier pour le CRR, d'acquérir de l'expérience et des informations sur les produits régénérants dans le cadre de l'application d'agrégats d'enrobés bitumineux dans des enrobés bitumineux destinés à des couches de roulement. À l'automne 2019, une troisième section expérimentale sera posée (Kikvorsstraat à Gand).

En 2020, des sections expérimentales seront réalisées pour les sous-couches avec un pourcentage élevé d'enrobé de réutilisation associé à un produit régénérant.

Nous vous tiendrons informés de l'évolution et des résultats de ces études dans un prochain numéro du Bulletin CRR.

### Remerciements

Le CRR remercie VLAIO (*Vlaams Agentschap voor Innoveren en Ondernemen*) pour l'aide financière apportée au projet TETRA REjuveBIT (accord HBC.2018.0021).

### Qu'est-ce que le projet TETRA?

Le programme TETRA de la *Vlaams Agentschap voor Innoveren en Ondernemen* (VLAIO) soutient les projets visant une application collective des établissements d'enseignement supérieur en Flandre, comme les hautes écoles et les formations universitaires intégrées. Les projets TETRA ont pour but de traduire les connaissances acquises récemment (technologies ou processus innovants) en concepts validés et exploitables qui répondent aux besoins d'un large groupe d'entreprises (PME) et/ou leur offrent de nouvelles opportunités commerciales.



Stefan Vansteenkiste  
02 766 03 85  
s.vansteenkiste@brrc.be



Ben Duerinckx  
02 766 03 75  
b.duerinckx@brrc.be

## Dernière réunion du Comité technique Chaussées de l'AIPCR avant Abou Dabi

Le 8 avril dernier s'est tenue au CRR la dernière réunion du CT D.2 Chaussées de l'AIPCR avant le Congrès Mondial de la Route, qui aura lieu du 6 au 10 octobre prochain à Abou Dabi.

Les quelque 30 membres du CT ont été accueillis au siège de Woluwe, pour l'assemblée générale. Johan Maeck, secrétaire du CT, a tout d'abord présenté le rôle, les activités clés et les projets du CRR.

Le CT traite de trois sujets.

**Enjeu 1** – Solutions écologiques pour les revêtements et matériaux de chaussées durables

Étudier les défis et les mesures incitatives utilisés dans différents pays pour encourager l'utilisation de méthodes et de matériaux qui réduisent l'utilisation des ressources naturelles, la consommation d'énergie et les émissions, et améliorent les impacts sur la santé pendant la durée de vie des chaussées.

Le produit est un rapport sur l'état des pratiques et des recommandations sur l'utilisation de solutions plus durables, les défis rencontrés et les incitations mises en œuvre pour encourager l'utilisation par les pays membres.

Les résultats d'une enquête réalisée seront présentés dans un article de Johan Maeck lors du Congrès Mondial de la Route à Abou Dabi en octobre prochain, intitulé *Durabilité des routes: résultats d'enquête analysés en détail*.

Partout dans le monde, l'intégration de techniques durables suscite chaque jour de plus en plus d'intérêt. La marche à suivre dans la pratique n'est pas toujours claire et l'implémentation de techniques vertes à plus grande échelle constitue un défi de taille.

Une enquête à l'échelle mondiale a été réalisée afin d'en apprendre plus sur les

techniques que les administrations, les entrepreneurs ou les experts routiers estiment efficaces pour réduire les quantités de matériaux utilisées, les émissions ou la consommation d'énergie, ou qui présentent d'autres avantages environnementaux encore. Les techniques vertes se situent dans les différentes étapes du cycle de vie d'une route, de la construction du revêtement jusqu'à la fin de sa vie, en passant par son utilisation et son entretien.

Les facteurs de durabilité à prendre en compte sont divers et peuvent varier selon les parties impliquées. Les barrières sont aussi multiples. La phase d'implémentation est également étudiée: certaines techniques en sont toujours à la phase de recherche ou de projet pilote, tandis que d'autres sont déjà appliquées de manière standard. Des informations sur les contraintes à dépasser pourraient contribuer à accélérer l'emploi généralisé des techniques durables dans le futur.

Des bonnes pratiques, et l'identification des défis et des obstacles, contribuent à avancer vers un emploi plus généralisé des solutions vertes au sein du secteur routier.

**Enjeu 2** – Chaussées à faible coût

Evaluer les techniques et les pratiques disponibles pour améliorer la durabilité et le suivi des revêtements.

**Enjeu 3** – Techniques non destructives pour le suivi et les essais de chaussées

Examiner l'utilisation de technologies comme le laser, le traitement d'images et d'autres techniques de surveillance et d'évaluation des chaussées.

Cette action a mené à l'organisation du Symposium SURF 2017 et à la rédaction d'un rapport *state of the art* sur le suivi de l'état des routes et l'interaction véhicule/route.



Figure 1 – Visite du laboratoire géotechnique



Figure 2 – Visite du laboratoire asphalte



Figure 3 – Démonstration du géoradar

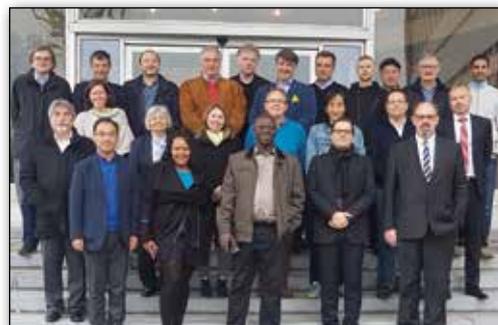


Figure 4 – Membres du CT D.2 Chaussées de l'AIPCR

Dans la soirée, tous les membres du CT ont profité d'un dîner offert par l'ABR au centre-ville de Bruxelles.

Le 9 avril, l'ensemble du groupe était attendu pour les réunions de groupe parallèles au siège de Sterrebeek. Du temps a également été consacré aux visites des laboratoires béton, géotechnique et asphalte (figures 1 et 2, p. 19), ainsi qu'à des démonstrations de nombreux appareils de mesure utilisés pour gérer les caractéristiques des routes et revêtements (figure 3, p. 19).

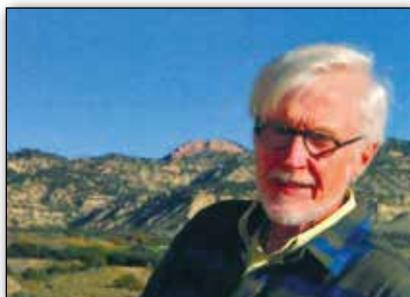
La réunion du CT s'est clôturée le mercredi 10 avril, avec la mise au point des dernières dispositions pratiques pour la finalisation des rapports établis au sein des trois groupes de travail (*Green Paving Solutions and Sustainable Pavement Materials, Low Cost Pavements Systems et Non-destructive Pavement Monitoring and Testing Techniques*).

Tous les membres du CT ont profité d'une réunion fructueuse au CRR avant d'aborder la dernière ligne droite vers le Congrès Mondial de la Route.



Johan Maeck  
02 766 03 48  
j.maeck@brrc.be

## In memoriam



Journaliste de formation, René Jacobs avait rejoint l'équipe SRM (*Safety – Road Management*) du CRR en 2002, après une longue carrière au sein de la société 3M. Durant sa carrière au CRR, de 2002 à 2011, il a travaillé dans l'équipe dédiée à la sécurité des infrastructures routières. Fort de son expertise et de ses nombreux contacts dans le domaine des équipements routiers, il a notamment initié et

animé la *Road Equipment Commission*. René fut également la cheville ouvrière de notre participation à plusieurs initiatives européennes, notamment les projets EuroRAP, FORMAT, CVIS. Il a également pris part à diverses actions pour nous lancer dans la thématique des audits et inspections de sécurité routière.

Il fut également l'auteur ou co-auteur de nombreux articles et publications, parmi lesquelles on retrouve: *Systèmes de transport intelligents: une tentative de synthèse* (CRR – F43/06) et *Gestion de la sécurité des infrastructures routières: d'une politique curative à une politique préventive* (CRR – F45/09).

Son expertise, de même que sa propension à partager ses connaissances l'ont également amené à participer aux vi-

sites de délégations d'Algérie telles que le Ministère algérien des Travaux publics, l'ENATT (Ecole Nationale des Techniques des Transports terrestres) et à dispenser des formations en sécurité routière à destination de nos collègues rwandais.

A titre privé, René aimait la photographie et les voyages. Il a d'ailleurs passé plusieurs années au Portugal après avoir quitté le CRR.

Nous avons appris que René nous avait quittés le 15 avril 2019. Outre son professionnalisme, nous gardons de lui le souvenir d'un homme doué d'une grande empathie, très attaché au bien-être de ses proches et à la qualité des relations humaines.



Centre de recherches routières  
Votre partenaire pour des routes durables

Etablissement reconnu par application de l'arrêté-loi du 30.01.1947

Ed. resp.: A. De Swaef, Boulevard de la Woluwe 42 – 1200 Bruxelles



[www.linkedin.com/company/brrc](http://www.linkedin.com/company/brrc)



[www.youtube.com/c/BrrcBe](http://www.youtube.com/c/BrrcBe)

### Siège social

Boulevard de la Woluwe 42  
1200 BRUXELLES  
Tél.: +32 (0)2 775 82 20

[brrc@brrc.be](mailto:brrc@brrc.be)

### Laboratoires

Fokkersdreef 21  
1933 STERREBEEK  
Tél.: +32 (0)2 766 03 00

Avenue A. Lavoisier 14  
1300 WAVRE  
Tél.: +32 (0)10 23 65 00

### Rédaction

D. Verfaillie  
M. Van Bogaert  
J. Cornil  
J. Neven  
J. Vandermeulen

ISSN: 0777-2572

