

UTW : TRONCONS EXPERIMENTAUX EN FLANDRE

ir. Chris Caestecker - ir. Tim Lonneux
Ministère de la Communauté flamande
Département de l'Environnement et de l'Infrastructure
Administration des Routes et de la Circulation en Brabant flamand

1. Introduction

En Amérique, en Suède, en France ainsi que dans d'autres pays, on a observé, au cours de ces dernières années, la pose de plus en plus fréquente de revêtements ultraminces de béton de ciment (Ultra-Thin Whitetopping ou UTW) sur la couche asphaltée dans le cadre de la réfection de la couche supérieure. L'expérience acquise dans ce domaine est très concluante et les champs d'application possibles s'avèrent nombreux. L'intérêt suscité par ce matériau est lié, entre autres, à la problématique de l'orniérage et de l'usure ondulatoire des routes à laquelle un grand nombre de gestionnaires de voirie sont confrontés sur les bandes d'arrêt aux carrefours ainsi que dans les couloirs d'autobus. Un revêtement épais ne constitue généralement pas la solution puisque les dégradations posent problème au niveau de la couche de surface tandis que la portance de la chaussée est toujours suffisante.

2. Qu'est-ce que l'UTW ?

La technique consiste à fraiser la couche d'asphalte dégradée sur une épaisseur adéquate (de 2 à 10 cm) et à recouvrir à l'aide d'une couche ultramince de béton de ciment (entre 5 et 15 cm) qui adhère parfaitement à la couche d'asphalte sous-jacente. L'UTW se caractérise par une bonne adhérence entre le béton et l'asphalte ainsi que par des intervalles réduits entre les joints (entre 0,60 et 1,80 m). Le but de cette technique de réfection est de lier les deux couches (revêtement en béton et couche sous-jacente en asphalte) de façon à obtenir une structure composite. Ainsi, pour une charge équivalente, le revêtement en béton peut être sensiblement plus mince, comparé à un revêtement non adhérent.

La structure composite monolithique a une longue durée de vie pour les deux raisons suivantes :

- compte tenu de la grande rigidité du béton, les charges induites par les véhicules sont reportées vers la couche d'asphalte sous-jacente ;
- le béton assure la protection thermique de la structure existante.

En 2000, l'Administration des Routes et de la Circulation en Brabant flamand du Ministère de la Communauté flamande a réalisé en Flandre un premier projet expérimental avec cette nouvelle technique, et ce au carrefour de la Woluwelaan et de la Houtemsesteenweg à Vilvorde. En 2003, l'UTW a été utilisé pour la réfection d'un deuxième carrefour à la croisée de la Woluwelaan et de la Kerklaan.

3. Premier projet expérimental sur la R22 (Woluwelaan) à Vilvorde

Le tronçon expérimental se situe sur la R22 Woluwelaan, à hauteur du carrefour avec la Houtemsesteenweg. Le carrefour est équipé de feux de signalisation et se compose de 2 x 2 bandes de circulation d'une largeur de 7 m, séparées par un large terre-plein central.

Le tronçon expérimental sur la R22 était constitué d'un revêtement avec une couche de roulement de 5 cm AB type II et de trois sous-couches type III de respectivement 7, 7 et 5 cm. Les fondations se composaient d'une couche de 25 cm de pierre à macadam à granulométrie continue, ainsi que d'une sous-fondation de 35 cm type 1 en sable avec un drain. La réalisation de ce tronçon de route remonte à 1991. La bande de circulation de droite, présentait un orniérage manifeste, principalement observable devant les feux de signalisation.

L'Administration de l'Infrastructure routière a procédé à des mesures de déflexion à l'aide d'un deflectomètre à boulet. Au carrefour, une section transversale a été tracée dans les deux directions à l'aide d'un transversoprofilographe et un certain nombre de carottes ont été extraites perpendiculairement à l'axe de la route. Le schéma ci-dessous illustre clairement le phénomène d'orniérage sur la chaussée.

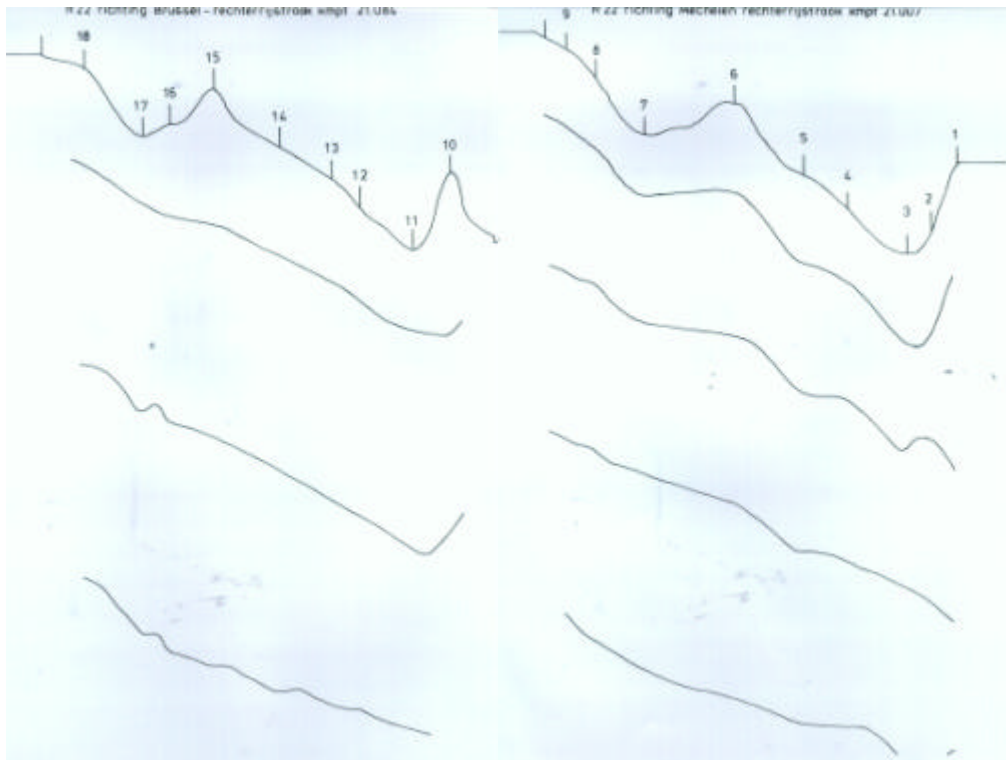


Figure 1 : Profils transversaux à hauteur du carrefour de la Woluwelaan et de la Houtemsesteenweg tracés à l'aide du transversoprofilographe. A gauche : direction Bruxelles - bande de droite kmpt. 21.084. A droite : direction Malines - bande de droite kmpt. 21.007.

Les résultats des mesures montrent que l'orniérage est un phénomène propre à la couche de roulement, qu'il ne se manifeste d'ailleurs que sur cette couche, et qu'aucun phénomène

d'orniérage ne peut être observé au niveau des couches sous-jacentes et des fondations. La structure de la chaussée semblait encore satisfaisante compte tenu du trafic et du sous-sol.

3.1. Projet du tronçon expérimental

Au lieu de la méthode classique qui consiste à fraiser et à remplacer les couches supérieures par de l'asphalte, on a opté pour l'application d'une fine couche de béton.

En l'absence de toute expérience avec cette technique en Belgique, le projet a été réalisé à titre expérimental. En collaboration avec l'Administration de l'Infrastructure routière, du Centre de Recherches routières et la Fédération Belge du Ciment (Febelcem), il a été décidé de tester trois épaisseurs de couche (10, 12 et 15 cm) ainsi que 2 écarts entre les joints (1,16 m et 1,75 m). Cela nous donnait ainsi 5 combinaisons différentes :

- d = 10cm ; dimensions 1,16 m x 1,16m (tronçon expérimental 1 : Malines - Machelen + tronçon expérimental 2 : Machelen - Malines)
- d = 10cm ; dimensions 1,75 m x 1,75m (tronçon expérimental 1)
- d = 12cm ; dimensions 1,16 m x 1,16m (tronçon expérimental 2)
- d = 12cm ; dimensions 1,75 m x 1,75m (tronçon expérimental 2)
- d = 15cm ; dimensions 1,75m x 1,75m (tronçon expérimental 1+2)

La réalisation des joints du revêtement UTW doit être conforme aux directives d'exécution des joints dans des dalles en béton. Par exemple, les joints du revêtement doivent être liés aux joints du trottoir ou du caniveau adjacents, afin d'éviter les fissures de sympathie. Plusieurs projets réalisés en Amérique ont montré qu'une pression de roulement exercée sur les joints de manière systématique était très néfaste.

Les dimensions recommandées des dalles sont de 12 à 15 fois l'épaisseur du revêtement dans les deux sens. La largeur des joints est d'environ 3 mm et leur profondeur de 1/3 de l'épaisseur de la dalle. D'après la littérature, il n'est pas nécessaire de sceller les joints.

En cas d'utilisation de l'UTW, le transfert de charge entre les dalles est assuré par la résistance au cisaillement exercée entre les granulats à la surface de fissure irrégulière sous le joint scié. Cette forme de transfert de charge est très efficace en raison des faibles écarts entre les joints. De plus, le transfert de charge n'est pas aussi critique pour l'UTW en comparaison avec des revêtements traditionnels puisque la charge est transmise vers la couche asphaltée sous-jacente. L'utilisation de goujons s'avère inutile, voire pratiquement irréalisable. Les dalles sont donc non armées.

3.2. Composition du béton

La composition du béton utilisé dans le cadre d'un projet UTW est - à quelques adaptations près - identiques à celle des revêtements traditionnels :

- il est recommandé d'utiliser des gravillons de porphyre de carrières ;
- une granulométrie continue avec une proportion suffisante de 4/7 et une fraction restreinte de 7/14. Des granulats jusqu'à 20 mm sont également possibles ; cependant, l'utilisation de granulats fins améliore la maniabilité du béton ;
- la composition est souvent déterminée par des exigences en matière de réouverture de la chaussée à la circulation ; ainsi, on recourt souvent à du béton à prise rapide, soit 425 à 450 kg de ciment par m³.

La composition du béton utilisée est la suivante :

- un facteur eau-ciment faible, car cela augmente la résistance du béton ;
- adjonction de plastifiants pour accroître le compactage ;
- sable de rivière 0/4 ± 700 kg
- gravillons de porphyre 4/7 ± 460 kg
- gravillons de porphyre 7/14 ± 555 kg
- ciment CEM III 42,5 LA 450 kg
- plastifiant ± 1 l
- superplastifiant 3 à 4 l
- eau ± 185 l

3.3. Points prioritaires lors de l'exécution

3.3.1. Préparation de la surface asphaltée

Lors de l'exécution des travaux, il y a lieu d'accorder une attention particulière à la rugosité de la surface asphaltée (voir Figure 2) ; de même, les bordures doivent être intactes et droites. Le fraisage permet d'obtenir une surface suffisamment rugueuse, favorisant l'adhérence entre le béton et l'asphalte. Le fraisage doit être effectué en fonction des granulats de l'asphalte.



Figure 2 : Surface asphaltée après fraisage

Si la surface fraisée se situe entre deux couches asphaltées, le fraisage doit être plus profond.

Avant la pose du béton, la surface rabotée doit être nettoyée, de préférence avec de l'eau et à haute pression (voir Figure 3).



Figure 3 : Nettoyage de la surface fraisée à haute pression

La transition entre deux épaisseurs de la surface du tronçon expérimental a été réalisée de manière progressive sur la longueur de 1 dalle.

Entre le revêtement UTW et la couche existante en asphalte, il est indispensable de prévoir une surépaisseur afin de permettre une réduction des contraintes à l'extrémité du revêtements du béton. Cette transition est nécessaire partout dans le sens de la circulation (voir Figure 4).

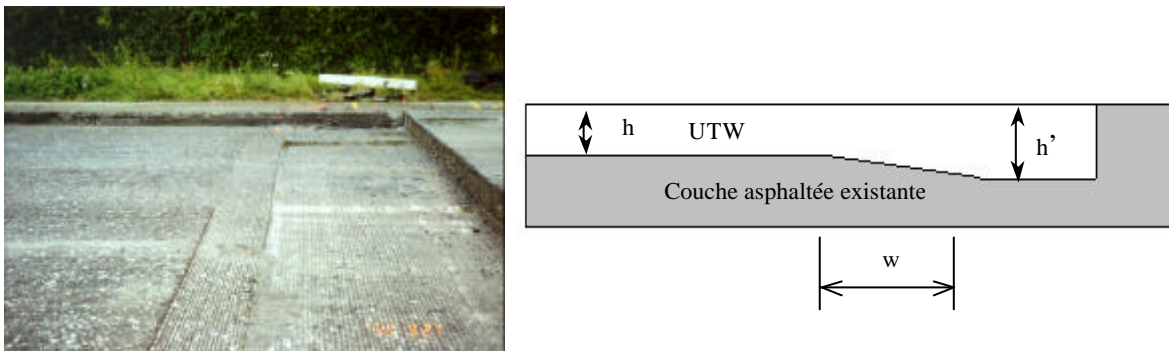


Figure 4 : Transition entre l'UTW et la couche asphaltée adjacente
 $w = \pm 2 \text{ m}$; $h' = h + 75 \text{ mm}$ et min. 150 mm

3.3.2. Bétonnage

Le revêtement UTW s'applique de la même manière que d'autres revêtements en béton. Avant de couler le béton, il est recommandé d'humidifier la surface asphaltée (voir Figure 5), de façon à ce que celle-ci n'absorbe pas l'eau contenue dans le béton.



Figure 5 : Humidifier la surface asphaltée juste avant de bétonner.

En fonction de l'ampleur des travaux de réfection, le béton sera coulé à l'aide d'une machine à coffrages glissants ou d'une poutre vibrante. A Vilvorde, le tronçon expérimental a été réalisé à l'aide d'une machine à coffrages glissants (voir Figure 6).



Figure 6 : Exécution à l'aide d'une machine à coffrages glissants

3.3.3. Traitement ultérieur

Pour ce qui concerne le traitement ultérieur, l'ensemble des traitements de surface traditionnels peuvent être utilisés sur un revêtement UTW. Sur le tronçon expérimental, on a opté pour le brossage transversal.

Afin d'assurer une bonne protection du béton frais, la quantité de « curing compound » doit être doublée par rapport aux prescriptions normales.



Figure 7 : Traitement ultérieur du béton frais au moyen de curing compound.

3.3.4. Joints

Les joints transversaux et longitudinaux doivent être le plus rapidement possible sciés afin d'éviter des contraintes initiales. Si on attend trop longtemps, cela peut donner lieu à des fissures incontrôlées au niveau des bordures. A l'inverse, des joints sciés trop tôt peuvent causer l'arrachement du granulat.

Il est conseillé de débiter le sciage des joints dès que le béton est normalement praticable et à l'aide de plusieurs machines à couper les joints simultanément. Il est indiqué de réaliser au préalable un ou plusieurs test(s) de sciage afin de vérifier comment se comportent les bords du trait de scie.

Les joints de retrait du revêtement n'ont pas été scellés. Les raccords longitudinaux et transversaux entre les revêtements bitumineux et en béton de ciment ont été réalisés par la création d'une gorge de scellement en bordure du revêtement en béton d'une largeur de 8 mm et d'une profondeur de 20 mm, qui a été scellée à l'aide d'un produit coulé à chaud jusqu'à une hauteur de quelques mm sous la surface.



Figure 8 : Aspect du revêtement en UTW

3.4. Exécution

Le revêtement sur le tronçon expérimental a été réalisé en septembre 2000.

3.4.1. Tronçon Malines - Machelen : longueur 177m (tronçon expérimental 1)

Le tronçon expérimental a été réalisé le 19 septembre 2000. Le temps était ensoleillé, avec une température de près de 25 °C et beaucoup de vent.

A la suite de difficultés de transport, le finisseur est tombé en panne plusieurs fois. Dans le courant de l'après-midi, un certain nombre de fissures diagonales dues au vent ont été constatées.

On a alors décidé de scier 1 joint sur 5 pour faire face à la première contraction (ceci, 8 heures environ après le bétonnage) ; le lendemain matin, les autres joints ont été sciés.

Etant donné que les premiers joints sciés ont absorbé la quasi-totalité de la contraction, ils sont plus larges que les autres joints. C'est pourquoi ils ont été scellés. Les joints intercalaires, par contre, ne l'ont pas été. Les joints se trouvant entre l'asphalte et le béton ont également été scellés au moyen d'un produit de scellement de joints coulé afin d'éviter le plus possible l'infiltration de l'eau.

En plus des fissures précitées, aucune autre formation de fissures n'a été constatée. Le tronçon a été rouvert à la circulation trois jours plus tard.

3.4.2. Tronçon Machelen - Malines : longueur 177m (tronçon expérimental 2)

Ce tronçon a été réalisé le 27 septembre 2000. Comme les conditions atmosphériques différaient très peu de celles rencontrées lors de l'aménagement du premier tronçon expérimental, on a décidé de ramener la teneur en ciment à 425 kg/m³ et d'ajouter un entraîneur d'air.

L'approvisionnement en béton s'est déroulé sans problème. Les joints ont été exécutés selon la même méthode. Le tronçon a été ouvert à la circulation après 4 jours.

Un mois environ après la réouverture du tronçon à la circulation, six fissures ont été constatées. A une exception près, elles se situaient toutes dans la première ou dans la première et la deuxième bandes à côté du caniveau. Elles trouvaient toutes leur origine dans un joint transversal ou fissure de ce caniveau. Comme le revêtement UTW est bétonné directement contre le caniveau en béton, les joints se sont comportés comme un tout. Le mouvement de dilatation et de contraction du caniveau en béton a provoqué la fissure du revêtement UTW au niveau des joints du caniveau. A l'avenir, il sera souhaitable de prévoir sur toute l'épaisseur un joint solide entre le caniveau ou la bordure à laisser en place et le revêtement UTW.

Compte tenu de la météo plus favorable, de l'ajout d'un entraîneur d'air et de la réduction de la teneur en ciment, aucune fissure n'est apparue après l'aménagement de ce tronçon. La résistance à la compression moyenne sur des cylindres d'une section $S = 100 \text{ cm}^2$ se montait, après 28 jours, à 66,6 N/mm², par rapport à 72 N/mm² pour le premier tronçon. Après 5 jours, une résistance à la compression de 39,6 N/mm² en moyenne est cependant apparue.

3.5. Comportement du premier tronçon expérimental

Le revêtement UTW s'est comporté correctement après 3 ans. Les fissures survenues sur le premier tronçon, dues au vent et à la teneur élevée en ciment (450 kg/m³), n'ont pas évolué et se sont stabilisées. Sur le deuxième tronçon, les fissures liées aux mouvements des joints du caniveau contigu sont également stables.

Sur les deux tronçons, d'importantes fissures sont néanmoins apparues derrière le carrefour. L'épaisseur du revêtement y est de 10 cm. Certaines dalles sont descellées.

Une inspection plus approfondie des fissures a été réalisée au moyen de carottages. Il en ressort que le collage entre le revêtement en béton et le support en béton bitumineux est satisfaisant, mais des décollements sont intervenus entre les couches bitumineuses sous-jacentes. Une couche d'asphalte de 1 à 2 cm adhère encore au béton, mais il n'y avait plus d'adhérence entre cette couche et la couche bitumineuse sous-jacente.

4. Deuxième projet UTW sur la R22 (Woluwelaan) à Machelen

Le deuxième projet UTW en Flandre a été réalisé sur la même route régionale, à hauteur du carrefour avec la Kerklaan. Ce carrefour présente la même configuration et la même infrastructure routière que le carrefour avec la Houtemsesteenweg. Il s'agit du premier carrefour rencontré au départ du ring de Bruxelles, sortie Vilvorde. La Woluwelaan est une voie primaire de desserte vers des sites industriels de Machelen, Vilvorde et Grimbergen. Le carrefour avec la Kerklaan constitue en outre une intersection importante en direction d'un grand centre commercial, de sociétés de distribution et du centre de Machelen. Pour chacune des directions précitées, on compte chaque jour près de 11 500 véhicules, dont environ 15 % de camions.

L'exécution de ce tronçon expérimental a eu lieu en avril 2003. Sur la base de l'expérience acquise lors de l'aménagement du tronçon précédent, diverses adaptations ont été apportées à la conception du revêtement.

4.1. Caractéristiques géométriques

En raison de l'intensité du trafic, il a été décidé d'augmenter l'épaisseur du revêtement UTW. Un tronçon a été réalisé avec une épaisseur de 14 cm, dans l'autre sens on a réalisé une épaisseur de 12 cm. L'épaisseur de la couche asphaltée (24 cm) le permettait en effet. L'épaisseur résiduelle de la couche asphaltée s'élève à ± 10 cm. Les mesures de déflexion ont montré que l'orniérage est inhérent à la couche de surface et à la couche sous-jacente supérieure. La structure sous-jacente semblait présenter une portance suffisante.

Les joints de retrait longitudinaux et transversaux ont été sciés à un intervalle de 1,75 m, suivant la forme d'un carré. Compte tenu du nombre de joints, plusieurs machines à scier les joints ont été utilisées simultanément afin de limiter le plus possible la largeur des joints. On a également utilisé des lames de 2,2 mm d'épaisseur. Les joints de retrait ont été sciés à une profondeur de 1/3 de l'épaisseur du revêtement et n'ont pas été scellés. Pour l'exécution des joints entre l'asphalte et le revêtement de béton, on a réalisé, au raccordement des revêtements bitumineux et en béton de ciment, une gorge de 8 mm de largeur et de 20 mm de profondeur, qui a été scellée à l'aide d'un produit de scellement coulé à chaud. Dans le joint longitudinal entre le béton et les éléments linéaires adjacents, une bande de feutre bitumineux a été insérée sur toute la hauteur du joint.

4.2. Composition du béton

On a également ici eu recours au principe du Fast-Track, avec une résistance à la compression exigée de 40 MPa après 72 heures. Ainsi, le carrefour a pu être rouvert à la circulation 72 heures après le bétonnage. La composition est la suivante :

▪ sable de rivière 0/4	± 650 kg
▪ gravillons de porphyre 4/7	± 480 kg
▪ gravillons de porphyre 7/14	± 680 kg
▪ ciment : 50% CEM I 42,5 LA + 50% CEM III 42,5 LA	425 kg
▪ plastifiant	± 0,85 l
▪ superplastifiant	4,5 l
▪ eau	± 165 l

4.3. Traitement de la surface

On a opté pour le lavage de la surface en béton. Pour ce faire, on a utilisé un retardateur de prise chimique qui assure d'emblée une protection du béton. Une fois le retardateur de prise pulvérisé, la surface en béton a ensuite été protégée par un film en plastique. Environ 8 heures après le bétonnage, les joints ont été sciés. De ce fait, le film en plastique a dû être retiré. Après le sciage, la surface a été lavée à l'aide d'une balayeuse. Ensuite, le béton a été protégé au moyen d'un « curing compound ».

5. Conclusions et recommandations

Il ressort des expériences réalisées en Amérique, en Suède, en France et dans d'autres pays que, d'une manière générale, le revêtement UTW se comporte bien, y compris en cas de trafic intense, et qu'il présente une grande durabilité, à condition de respecter les exigences en matière de conception et de réalisation.

Une étude préliminaire sérieuse de la structure routière existante et l'application soignée des principes de base énoncés ci-dessous constituent une nécessité absolue.

- L'adhérence entre le revêtement en béton et la couche asphaltée sous-jacente est l'un des éléments critiques pour la réduction des contraintes et pour une durabilité garantie. Il est nécessaire de partir d'une surface propre mais rugueuse, obtenue après fraisage et nettoyage à air comprimé. En outre, l'utilisation d'un plastifiant et le compactage du béton (moyennant l'utilisation d'une machine à coffrages glissants) influencent favorablement l'adhérence.
- Un deuxième principe fondamental concerne les faibles écarts entre les joints, soit entre 12 et 15 fois l'épaisseur du revêtement. Cela réduit les contraintes de flexion dans la dalle, de même que les contraintes de cisaillement entre le revêtement de surface et la couche asphaltée.
- Il est nécessaire que la couche asphaltée restante soit encore suffisante d'un point de vue structurel (principalement la qualité de la couche d'asphalte), étant donné que la couche asphaltée tient effectivement lieu de structure porteuse.

Lors de la conception du projet, il convient avant tout d'étudier rigoureusement la composition du béton ainsi que l'emplacement des joints. Une pression de roulement exercée de manière systématique sur les joints s'est avérée très néfaste en Amérique. De même, il faut vérifier s'il n'existe pas de différence au niveau des fondations dans la zone à remettre en état.

Pendant l'exécution des travaux de réfection, les points suivants requièrent une attention toute particulière :

- humidification de la couche asphaltée avant le bétonnage ;
- en cas d'utilisation d'un coffrage fixe, les bordures doivent être correctement compactées à l'aide d'une aiguille vibrante, un coffrage glissant étant toutefois préférable ;
- protection du béton frais contre le dessiccation moyennant la pulvérisation d'une quantité suffisante de « curing compound » (min. 200 g/m²) ;
- procéder au plus vite au sciage des joints, dès que le béton est praticable ;
- les joints doivent être sciés sur une profondeur équivalant à $\frac{1}{3}$ du revêtement de béton et la largeur du joint ne peut dépasser 3 mm. En raison du nombre de joints, des machines à scier les joints doivent être prévues en suffisance sur le chantier. On réalisera de préférence un ou plusieurs sciages en guise de test afin de vérifier comment se comportent les bords du trait de scie;
- la composition du béton doit être scrupuleusement étudiée.

Les revêtements minces réalisés avec du béton à prise rapide offrent des perspectives intéressantes pour l'avenir. Une étude préalable approfondie et une réalisation suivant les règles de l'art sont toutefois indispensables. La réouverture rapide des tronçons à la circulation ainsi que la possibilité de choisir une structure et une couleur de surface en fonction de l'affectation du tronçon permet également des applications intéressantes dans des environnements urbains. L'observation des tronçons expérimentaux sera poursuivie dans l'avenir afin d'en tirer des conclusions plus fiables du comportement à plus long terme.

Références :

1. Le Béton de Ciment Mince Collé (BCMC)
Cimbéton
J. Adbo
2. Dunne overlagen van cementbeton
RR OCCN 53-n-1990
ir. Karel verhoeven
3. Nieuwe toepassingen van cement en beton
Bouwkroniek
ir. L. Hendrikx
4. Recouvrements minces adhérents en béton de ciment sur revêtements bitumineux -
thin bonded overlays of asphalt pavement
Routes - Roads n° 302 - april 1999 (p. 40-52)
Lawrence W. Cole
5. Le recours au béton de ciment mince collé (BCMC) pour remédier à l'orniérage - The
use of thin bonded portland cement concrete (TBPCC) to remedy rutting
RGRA n° 768 - december 1998 (p. 57-60)
G. Bonnet, J.P. Christory, J.F. Duchailut, D. Grob, J. Abdo, A. Sinton
6. Ultra Thin Whitetopping : Ontario experience
Canadian Portland Cement Association
Harry Sturm & David Morris
7. Whitetoppings - Long term performance and recommendations
Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, Sweden
Prof. Johan Silfwerbrand, ph. D., Dept. Of structural engeneering