

RECOUVREMENTS MINCES EN BETON ARME DE FIBRES D'ACIER POUR LA REHABILITATION DE REVETEMENTS ROUTIERS



Maldegem (N49), 1982

La réhabilitation d'un nombre important de chaussées anciennes et/ou dégradées, souvent par suite d'un manque d'entretien, devient urgente. Les contraintes budgétaires et la nécessité de limiter les embouteillages occasionnés par les travaux conduisent dans beaucoup de cas à préférer un 'recouvrement' de la route à une reconstruction généralisée.

En Belgique, une solution appliquée à une échelle relativement importante consiste à recharger le revêtement existant en béton ou en enrobés au moyen d'une couche de béton armé continu classique de 20 cm d'épaisseur. Parfois, par exemple en présence de riverains, les possibilités de rehaussement du revêtement sont limitées. Dans ce cas, lorsque le revêtement existant ne présente pas encore de défauts structurels importants, un 'overlay' ou un 'inlay' mince en béton armé de fibres d'acier de 10 à 12 cm d'épaisseur - en combinaison éventuelle avec un drainage longitudinal - peut constituer une solution. Le présent bulletin fait le point sur cette nouvelle technique à l'issue des 9 sections expérimentales réalisées entre 1982 et 1991. Il attire l'attention sur certaines particularités à prendre en compte mises en évidence à l'occasion de ces chantiers.

DOSSIER
CIMENT

4
décembre 1994

revêtement de route
béton armé de
fibres d'acier
réhabilitation



BB/SfB

REHABILITATION DE CHAUSSEES EN BETON

Des recouvrements minces 'béton sur béton' doivent encore être qualifiés d'expérimentaux; une adhérence durable à la sous-couche exige en effet savoir-faire et soin à l'exécution. Sur des surfaces en béton légèrement dégradées cette technique est cependant considérée comme prometteuse (notamment aux U.S.A.) et des recouvrements d'à peine 5 à 7,5 cm d'épaisseur en béton non armé sont appliqués.

Etant donné le long (trop long) délai qui s'écoule généralement avant que l'entretien des anciennes chaussées en béton, souvent de 40 voire 50 ans d'âge ne soit entrepris, les dégradations apparues sont en général de telle nature qu'une couche d'isolation ou de reprofilage en enrobés bitumineux est nécessaire. Seule cette solution avec couche intermédiaire est décrite ci-après. Les anciennes dalles en béton sont éventuellement morcelées au préalable. Dans ce cas également, l'adhérence à la couche intermédiaire en enrobés bitumineux constitue la clé du succès final.

Le tableau 1 donne un aperçu de 5 projets de réhabilitation qui ont été réalisés sur ce genre d'anciennes routes en béton entre 1982 et 1991, et ce pour une superficie totale de 110 000 m². Pour ces projets, le recouvrement mince en béton armé de fibres d'acier (BAF) a été chaque fois posé sur une couche bitumineuse intermédiaire.

REHABILITATION DE CHAUSSEES BITUMINEUSES

Pratiquement durant la même période, 4 tronçons en béton armé de fibres d'acier ont été réalisés sur des chaussées bitumineuses ornierées (surface totale de 47 500 m² - tableau 2).

Les revêtements bitumineux supportent dans une large mesure l'influence des charges d'essieux lourds, rendant apparemment inévitable l'ornierage de la bande de droite d'artères importantes ou encore un phénomène de «tôle ondulée» à l'approche des carrefours. Avant le recouvrement de la chaussée bitumineuse, la couche superficielle en est rabotée en même temps que les crêtes des ornières les plus profondes.

Les 'inlays', où le revêtement bitumineux est raboté sur l'épaisseur de la nouvelle couche en béton, offrent une solution aux éventuels problèmes que poserait un rehaussement de la chaussée. Ainsi, cette technique permet même d'envisager la réhabilitation de la seule voie de droite la plus chargée. Dans tous les cas, l'épaisseur de la couche d'enrobés résiduelle doit être d'au moins 10 cm, l'adhérence au support restant à nouveau la préoccupation majeure.

	MALDEGEM N49	ASTENE N43	ZELZATE N49	ASSENEDE N49	KLUISBERGEN N8
date de pose	1982	1987	1987	1990	1991
surface (m ²)	13.350	11.300	8.000	58.000	20.000
trafic	plutôt léger	relativement lourd	lourd et intense	lourd et intense	léger
état de l'ancien revêtement en béton	très dégradé, pompage et mise en marche d'escalier aux joints de dilatation	très dégradé, nombreuses fissures, pompage, fragmentation	bonnes conditions structurelles, diverses fissures, épaufrures aux joints de retrait et aux joints de ponts		pompage et mise en marche d'escalier aux joints de dilatation, diverses fissures
fondation	sans	empierrement	empierrement	empierrement	empierrement
travaux préparatoires	morcellement localisé, interposition d'une couche bitumineuse de 6 cm à structure ouverte	morcellement généralisé, interposition d'une couche bitumineuse de type III C	interposition d'une couche bitumineuse de type III C		morcellement généralisé, enduit bitumineux d'accrochage sur ancien béton, interposition d'une couche bitumineuse de type III B
épaisseur du BAF	10 et 12 cm	12 cm	10 cm	10 cm	12 cm
fibres Dramix	50 kg/m ³ - 50/50	30 kg/m ³ - 50/50	30 kg/m ³ - 50/50	30 kg/m ³ - 60/80 et 50/50	30 kg/m ³ - 50/50
longueur des dalles	15 m	5 m	9-10 et 11 m	4,5 à 6 m	8 m

TABLEAU 1 - REHABILITATION D'ANCIENNES CHAUSSEES EN BETON

	'overlay'	'inlay'		couche de renforcement en béton maigre
	AALST N45	GAURAIN N7	VAULX N7	JALHAY N672
date de pose	1989	1984	1987	1985
surface (m ²)	10.000	6.500	3.500	27.500
trafic	intense	très lourd (carrières)	lourd et intense	périodiquement lourd
fondation	empierrement	béton maigre	béton maigre	empierrement
travaux préparatoires	fraisage de l'asphalte jusqu'à profondeur max. d'ornière	fraisage de 10 et 12 cm d'asphalte	fraisage de 10 cm d'asphalte	18 cm de béton maigre + sous-couche bitumineuse de 6 cm
épaisseur du BAF	12 cm	10 et 12 cm	12 cm	10 cm
fibres Dramix	30 kg/m ³ - 50/50	30 kg/m ³ - 50/50	30 kg/m ³ - 50/50	40 kg/m ³ - 60/80
longueur des dalles	10 m	10 et 15 m	10 m	15 m

TABLEAU 2 - REHABILITATION DE CHAUSSEES BITUMINEUSES PRESENTANT UN ORNIERAGE IMPORTANT

BETON ARME DE FIBRES (BAF)

Après plusieurs années d'évolution, les types de fibres à ancrage amélioré dans la matrice du béton ont conduit à des teneurs en fibres d'environ 30 kg/m^3 , de sorte que l'ouvrabilité du béton ne pose pratiquement plus de problème. Les fibres sont de préférence introduites dans le mélange en centrale et le transport vers le chantier effectué par des camions bennes.

Des ruptures fragiles, qui dans le béton non armé sont dues au raccrochement soudain de microfissures, sont évitées dans le BAF grâce à la présence des fibres qui ralentit le mécanisme de fissuration. Ainsi, le comportement à la fatigue est meilleur, permettant la mise en œuvre de dalles d'épaisseur plus faible. Une simulation du comportement après fissuration du BAF peut être obtenue par un essai de flexion à quatre points (fig. 1). Une résistance à la première fissuration (qui pour les teneurs en fibres citées diffère d'ailleurs à peine de celle du béton non armé) de 6 MPa est obtenue sans difficulté. La résilience spécifique après fissuration est déterminée suivant l'ASTM C 1018-85. D'un rapport d'essai devra apparaître que $R_{30,10} \geq 55$ pour les teneur et type de fibres choisis (fig. 2).

Pour des couches minces de 10 à 12 cm d'épaisseur, le diamètre des granulats est limité à 20 mm maximum. La composition du béton reprise au tableau 3 constitue un exemple en cas de choix de bons matériaux. Une teneur en sable élevée (nécessaire à l'enrobage des fibres) et un béton un peu plus raide influencent le besoin en eau. Il est donc essentiel d'utiliser un gros sable (un bon sable de rivière) présentant une courbe granulométrique continue. Le rapport E/C doit être limité à $0,5$ maximum. La consistance est mesurée au moyen de l'appareil VeBe

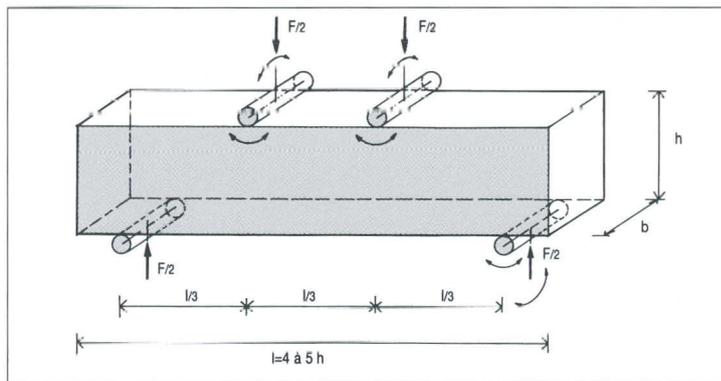


FIG. 1 - ESSAI DE FLEXION A QUATRE POINTS

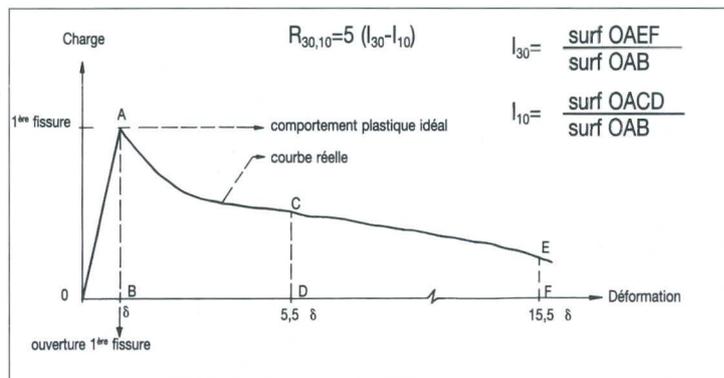
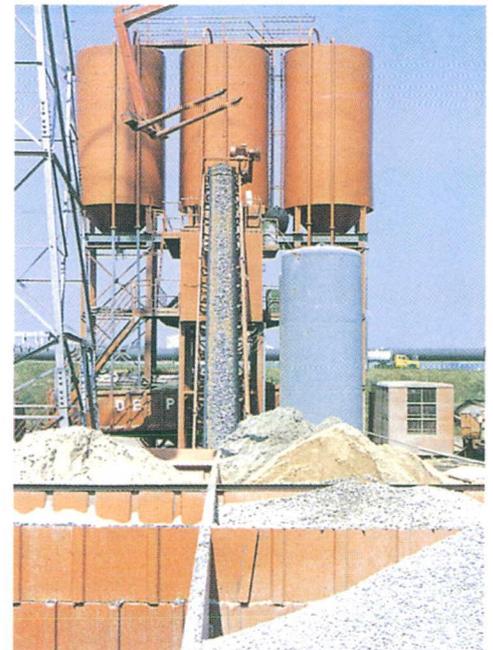


FIG. 2 - DIAGRAMME CHARGE-DEFORMATION



Les fibres d'acier sont déversées de façon régulière sur la bande transporteuse, directement sur le sable et les granulats.



Détermination de la teneur réelle en fibres d'acier du béton sec.



Répartition homogène des fibres dans le béton.

concassés (2/7 + 7/20)	1100	} kg/m^3 (en vrac)
sable (0/2)	730	
ciment (classe 42,5)	400	
fibres d'acier (selon type)	± 30	
eau	185 l	
plastifiant	selon type	

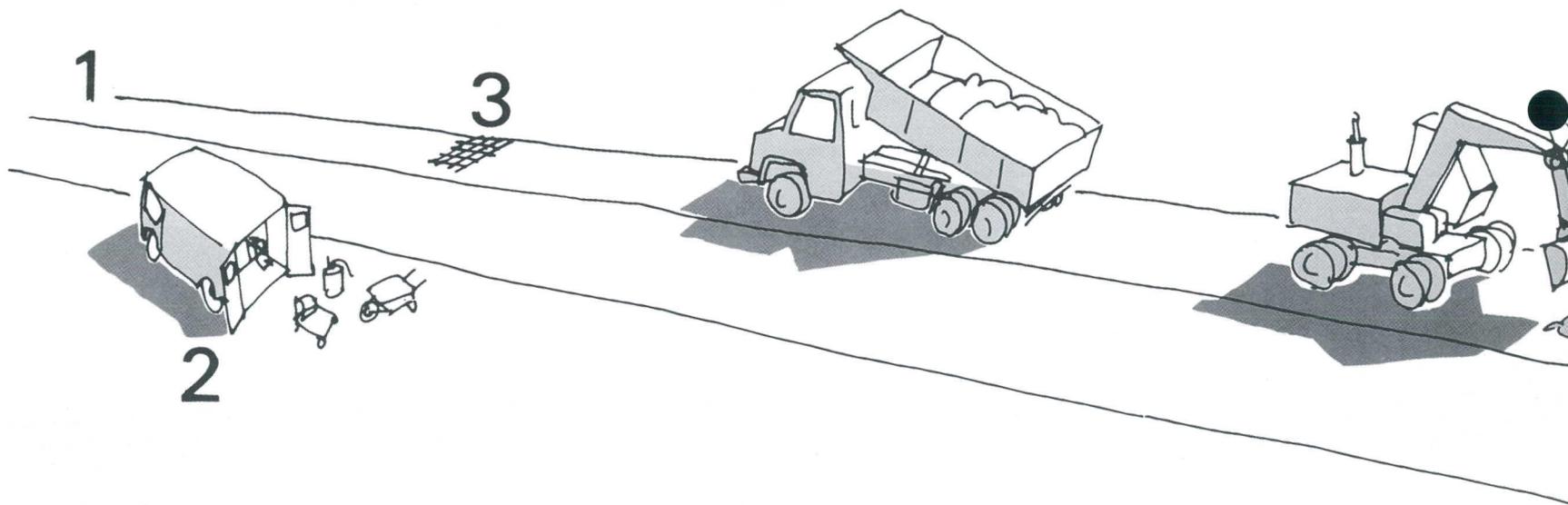
TABLEAU 3 - COMPOSITION DU BETON

PHASES D'EXECUTION



1a, b - Sur d'anciennes routes en béton l'interposition d'une couche bitumineuse est en fait inévitable. Le revêtement existant est éventuellement morcelé au préalable, afin de supprimer le mouvement des dalles. La dimension des fragments doit être inférieure à $0,5 \text{ m}^2$.

1c,d - Sur chaussées bitumineuses les travaux préparatoires consistent à fraiser la couche superficielle dégradée.



2 - Le recouvrement proprement dit doit être suivi par du personnel qualifié. La disponibilité d'un laboratoire mobile est précieuse.

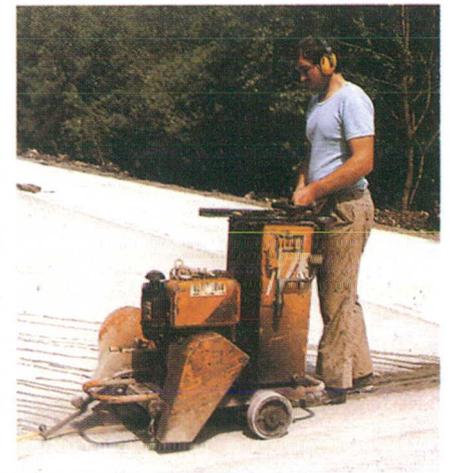
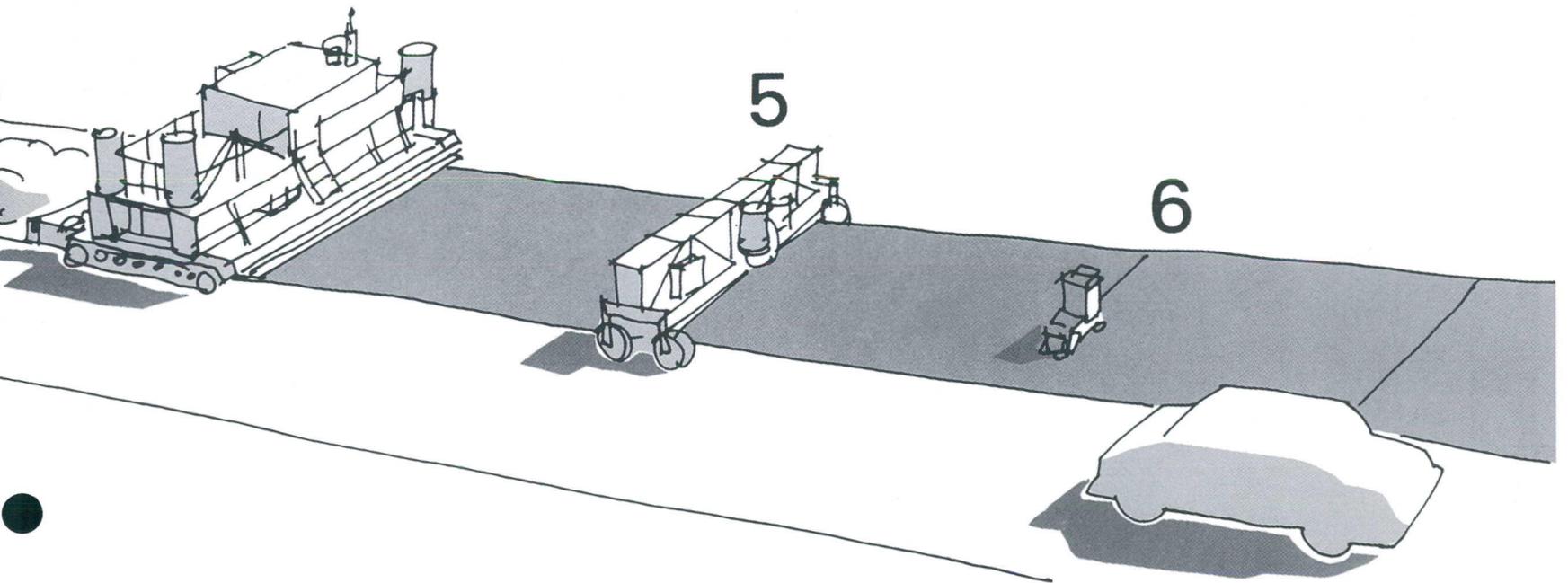
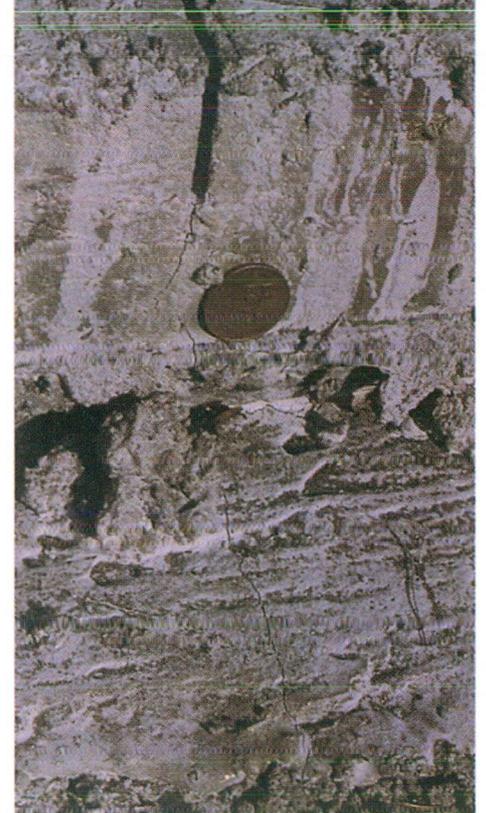
3 - Un treillis d'armature est posé sur la couche intermédiaire à l'emplacement des anciennes fissures.

4a,b,c - Le béton est réparti devant le 'slip-form paver'. Après répartition complémentaire réalisée par la vis sans fin, le béton est vigoureusement vibré. Le compactage des bords doit être particulièrement soigné.



Exemple typique de chantier. Une moitié de la chaussée a été 'recouverte', et déjà ouverte à la circulation. Le béton est amené sur la bande de roulement encore à réaliser.

Les joints sont sciés sur un tiers de l'épaisseur du revêtement. Il n'y a pas de dispositif de transfert des charges. La fissuration (fine) simultanée de tous les joints constitue la meilleure garantie d'une bonne adhérence. Les joints sont toujours scellés.



5 - La surface du béton frais est surprotégée par l'application d'au moins 250 g/m² d'un produit de cure blanc. Ainsi l'effet-curling (décollement des coins des dalles) est réduit au minimum.

6 - Le sciage des joints dans le béton armé de fibres d'acier doit être exécuté à temps. L'entredistance recommandée des joints est de 5 à 7 m.

ADHERENCE A LA SOUS-COUCHE

L'adhérence à la sous-couche - qu'elle soit en béton ou en asphalte - est sans conteste une donnée de base pour réussir un overlay mince durable. L'adhérence visée ici, comprend tant l'adhésion que le frottement horizontal à la sous-couche bitumineuse qu'elle soit nouvellement posée ou rabotée. L'adhérence entraîne un abaissement de la fibre neutre et dès lors une réduction des contraintes dues au trafic dans le recouvrement mince (fig. 3). La qualité de l'adhérence peut être évaluée à l'aide d'un appareil de cisaillement (photo 1).

L'adhérence moyenne ainsi mesurée se situe pour les différents tronçons :

- autour de $1,4 \text{ N/mm}^2$ sur une couche bitumineuse intermédiaire nouvellement posée; généralement une couche de type III C est appliquée, mais pour des couches de reprofilage plus épaisses (à partir de 6 cm) un revêtement en type III B est préféré;

- autour de $1,2 \text{ N/mm}^2$ sur une couche bitumineuse rabotée.

De façon générale les résultats peuvent être qualifiés d'homogènes. Toute salissure de la surface bitumineuse (due par exemple au trafic de chantier) doit naturellement être évitée à tout prix. Il est même recommandé de nettoyer une dernière fois la surface à l'air sous pression juste avant la pose proprement dite du BAF.

La photo 2 montre combien l'adhérence peut être efficace, même au droit des joints de retrait très larges entre des dalles de 15 m de long comme à Maldegem. La sous-couche bitumineuse a déjà été fissurée par le mouvement de retrait initial sous l'influence de l'adhérence apparemment très élevée jusqu'au bord de la fissure. De tels joints de retrait parfois largement ouverts nécessitent un contrôle régulier de leur scellement.

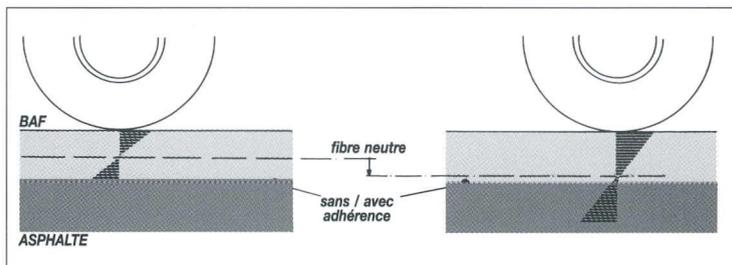


FIG. 3 - DISTRIBUTION DES CONTRAINTES AVEC LA SOUS-COUCHE BITUMINEUSE

DECOLLEMENT DES COINS DE DALLES ('CURLING')

Sous l'influence du retrait différentiel sur l'épaisseur de la dalle - dû à la dessiccation plus forte de la partie supérieure de celle-ci - et des gradients de température négatifs qui y sont éventuellement associés (des températures plus basses à la surface du béton ou un réchauffement de la partie inférieure par la chaleur accumulée dans la couche bitumineuse) un décollement des coins de la dalle est possible. Le retrait dû à la dessiccation et le curling sont en fait des facteurs inévitables mais bien contrôlables. La mise en porte à faux - tant dans le sens longitudinal que transversal - concerne les coins de dalles sur 50 à 75 cm, avec possibilité d'apparition de fissures de coin (photo 3) sous l'effet répété de lourdes charges de roues.

Le retrait dû à la dessiccation, et le curling qui peut en résulter, seront en première instance maîtrisés en limitant autant que possible la teneur en eau du béton qui de plus doit être correctement composé. La protection toujours nécessaire de la surface du béton jeune au moyen d'un *curing compound* (250 g/m^2) a également une influence favorable sur le phénomène de curling. L'accumulation possible de chaleur dans la sous-couche noire peut être évitée par aspersion d'eau avant le bétonnage.

L'adhérence aux couches sous-jacentes augmente le poids de la dalle et exerce ainsi une influence favorable sur le curling. Une couche d'adhérence bitumineuse posée sur un ancien revêtement en béton travaille dans le même sens. Le morcellement des vieilles dalles en béton semble également conduire à une réduction de l'effet-curling.

Les contraintes induites par le décollement des coins sont plus faibles pour des dalles courtes. Elles ne peuvent toutefois pas être éliminées complètement. La distance entre les joints (5 à 7 m) devra donc en fait être choisie uniquement en fonction de leur scellement (c'est-à-dire du travail effectif de la masse de scellement). Enfin, une réduction du nombre de joints entraîne une diminution correspondante du nombre d'endroits à risque de curling.

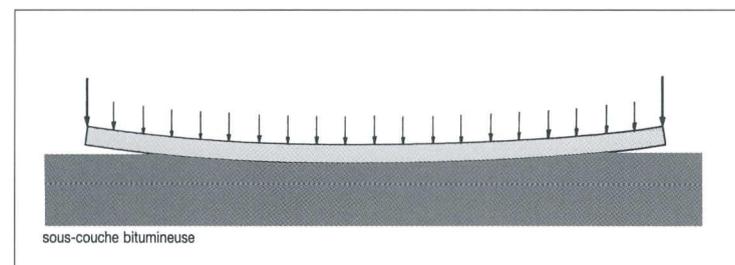
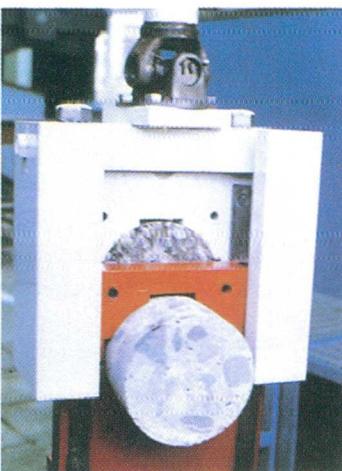


FIG. 4 - CURLING DES COINS DE DALLE

1 - Appareil de cisaillement



2 - Carotte béton/asphalte



3 - Différence de niveau et fissure de coin causées par l'effet-curling

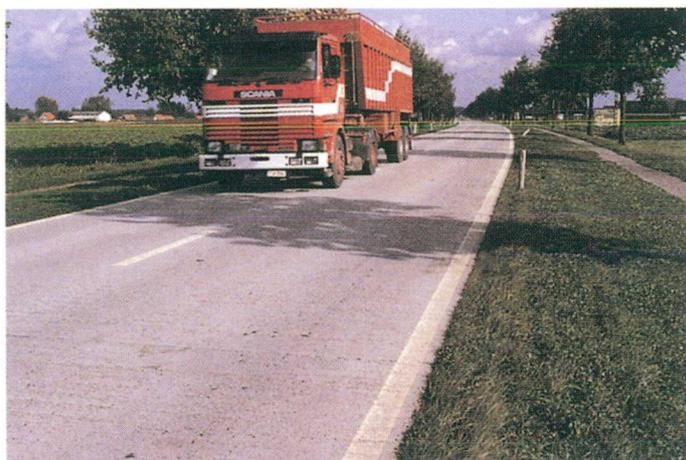




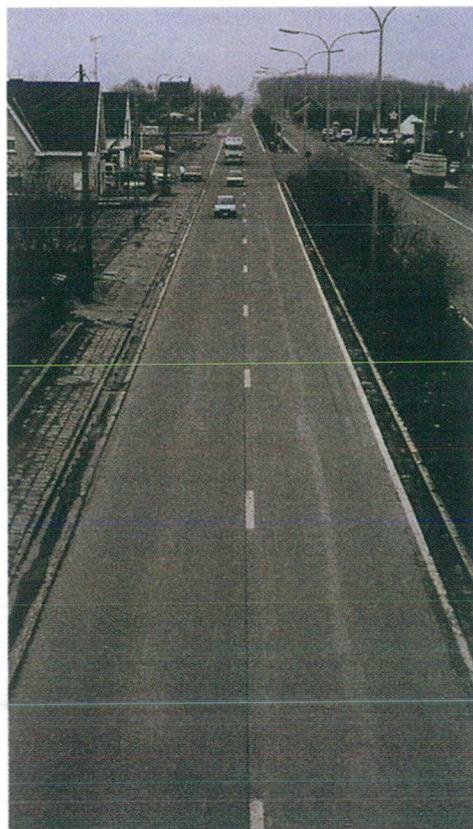
1



2



3



4

EPILOGUE

Si une 'surépaisseur' minimale par rapport aux riverains et aux points singuliers constitue une donnée de base impérative (et pour autant que la route existante ne soit pas encore structurellement trop affaiblie), un recouvrement mince peut alors être envisagé. Un orniérage important d'une route bitumineuse peut être résolu de manière durable au moyen d'un inlay en béton.

La solution avec béton armé de fibres envisagée ici offre des avantages en raison de sa résistance intrinsèque à la fatigue plus élevée et de son comportement après fissuration (résilience) gardant les éventuelles fissures mieux fermées.

L'expérience montre que le morcellement préalable des dalles généralement très dégradées (suivi d'une stabilisation au rouleau) fournit le meilleur résultat. Sur une ancienne route en béton, l'interposition d'une couche bitumineuse d'au moins 6 cm est en fait inévitable. Une telle couche est d'ailleurs également conseillée dans le cas des overlays classiques de 20 cm d'épaisseur et même pour de nouveaux revêtements en béton armé continu soumis à un trafic lourd.

Pour le recouvrement mince en béton armé de fibres d'un revêtement asphaltique orniéré il y a lieu d'être attentif à l'épaisseur résiduelle de la couche bitumineuse après rabotage qui doit être d'au moins 10 cm.

Dans tous les cas, la propreté de la surface bitumineuse constitue un atout non négligeable pour l'obtention d'une adhérence durable avec le béton armé de fibres.

Pour maîtriser le décollement possible des coins et bords de dalles, la longueur de celles-ci doit de préférence ne pas dépasser 5 à 7 m. Une protection du béton frais avec au moins 250 g/m² de curing compound est indispensable.

Pour des fibres présentant de bonnes caractéristiques d'ancrage dans le béton, un dosage de 30 à 35 kg/m³ de béton est suffisant. Une fraction sable de bonne qualité et une teneur en eau maximale de 200 l/m³ constituent deux impératifs absolus.

Un drainage longitudinal peut constituer une mesure complémentaire indiquée.

- 1 - Zelzate (N49)
- 2 - Jalhay (N672)
- 3 - Astene (N43)
- 4 - Gaurain (N7)

BIBLIOGRAPHIE

VERHOEVEN K.

Recouvrements minces en béton de ciment

Bruxelles : CRIC (Centre national de Recherches Scientifiques et Techniques pour l'Industrie Cimentière)

RR Cric 52-f-1990

RISSER R. & al.

Ultra-thin concrete overlays on existing asphalt pavement

Fifth International Conference on

Concrete Pavement Design and Rehabilitation, April 1993

Purdue University, Westlafayette

Guidelines for unbonded concrete overlays

Arlington Heights, ACPA (American Concrete Pavement Association), Technical Paper 5, 1990

Guidelines for concrete overlays of existing asphalt pavements

Arlington Heights, ACPA (American Concrete Pavement Association), Technical Paper 9, 1991



FEBELCEM

ce bulletin est publié par :
FEBELCEM - Fédération de
l'Industrie Cimentière Belge
rue Volta 8

1050 Bruxelles
tél. 02 645 52 11
fax 02 640 06 70
www.febelcem.be
info@febelcem.be

auteur :

Ir. K. Verhoeven

dépôt légal :

D/2005/0280/08

(réimpression, 2005)

