

ENTRETIEN DES ROUTES PAR GRILLES DE FIBRE DE VERRE

Introduction

Depuis ces 30 dernières années, la qualité des enrobés a énormément progressé. Pendant cette période, le trafic routier a lui aussi très fortement progressé. Ce dernier a pour conséquence de provoquer deux types de défauts importants sur la chaussée : - **l'orniérage**

- les fissurations par fatigue

Pour ce qui est des fissurations, l'analyse de la cause et du type de structure doit être prise en compte. Il faut déterminer si la fissure est transversale, due au retrait thermique d'une structure rigide, ou si on a affaire à des fissures de fatigue de structure souple. Elles peuvent se produire lorsque la fondation n'est pas suffisamment portante. Elles peuvent aussi survenir du fait d'un sous-dimensionnement. Le plus souvent, le problème vient du fait que la voirie continue à être soumise au trafic bien au-delà de la période pour laquelle elle avait été dimensionnée.

Dans ces deux cas, l'interposition d'une armature en fibre de verre apparaît comme une technique efficace pour renforcer les enrobés et retarder considérablement la remontée des fissures et ainsi réduire significativement le coût de l'entretien routier.

Des modes de fissuration, traction horizontale, cisaillement dû au trafic, contraction provenant de la surface (cf. Pr. Rigo, RILEM 1993), nous résumons de manière non exhaustive les principaux problèmes de chaussée trouvés et leur traitement avec des matériaux de renforcement:

- Fissurations par fatigue des chaussées souples
- Affaissement des chaussées souples, par manque de caractéristiques du sol support
- Fissuration des chaussées rigides (en béton ou grave hydraulique)
- Fissurations au droit d'élargissement de chaussée
- Gonflement de chaussée
- Etanchéité des chaussées

Présentation des grilles en fibre de verre de renfort anti-fissures

Cidex et Rotaflex sont des grilles en fibre de verre destinées à l'entretien des chaussées.

Les grilles sont complexées à un non-tissé de polyester, le rôle de ce dernier étant d'absorber le liant d'imprégnation ainsi que de servir d'interface entre ce même liant et la roue du camion lors du processus de mise en œuvre. Les dosages sont déterminés pour chaque grille pour leur assurer un bon collage.

La fibre de verre est un matériau minéral à base de silice. Le verre est un produit remarquable par ses propriétés mécaniques : forte résistance mécanique, haut module d'élasticité (70 000 Mpa), excellente résistance à la température, faible coût.

Validation technique de ces renforts

1 - Approche laboratoire

1 – 1 – NPC en Hollande,

Principe : des plaques de 600 mm de long et 180 mm de large sont constituées. Sur une première épaisseur d'enrobé de 30 mm sont appliqués la couche d'accrochage, puis la grille de fibre de verre pour les éprouvettes renforcées, et ensuite 60 mm d'enrobé.

Les deux points d'appuis sont séparés de 500 mm et les deux points de flexion espacés de 167 mm. Afin de simuler la réalité d'une chaussée, les charges constantes n'ont été appliquées que dans un sens, d'une position neutre à une position de déflexion. L'essai est réalisé dans une enceinte

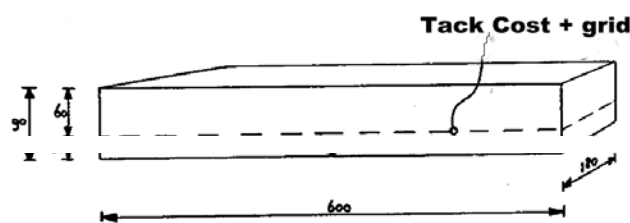


Fig. 1 : Beam

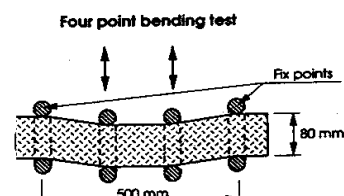
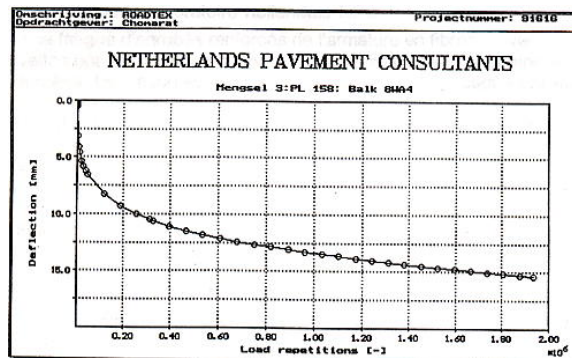
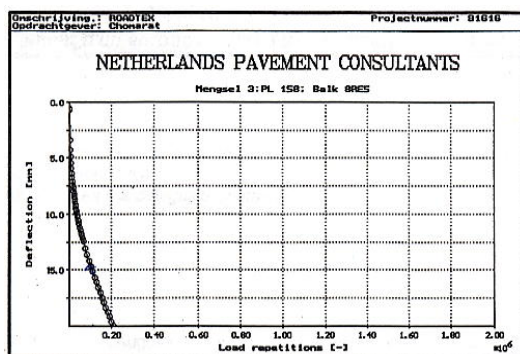


Fig. 2 : Dynamic four point bending test at 0,4 MPa

Il a été suivi l'évolution des déflexions et de la déformation permanente des plaques renforcées et des témoins. L'essai a été réalisé à 15°C, à une fréquence de 30 Hz. D'autres essais ultérieurs à 10 Hz ont confirmé le même type de résultats.

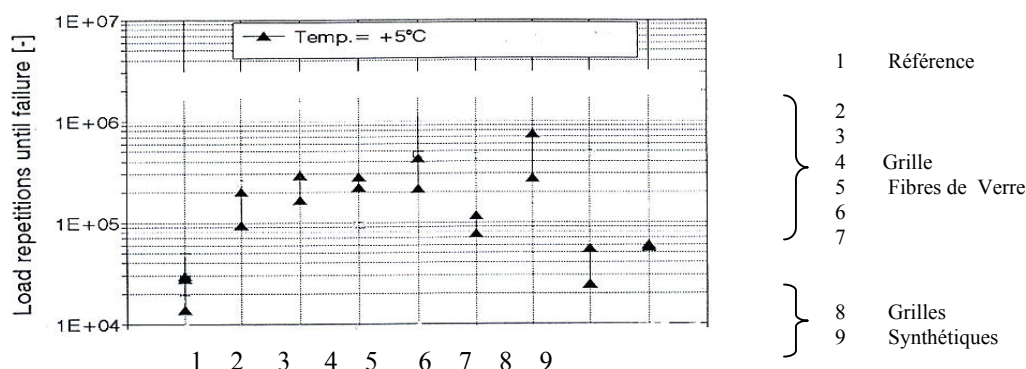
Les plaques témoins ont montré une durée de vie théorique de 100 000 cycles de charge, pour une déformation permanente de 15 mm, alors que la durée de vie des plaques renforcées a été de 1,8 millions de cycles pour la même déformation permanente. Soit une augmentation de 18 fois la durée de vie (uniquement en flexion). Ceci montre la forte amélioration de la structure en enrobé avec la grille à supporter des charges répétées après plus de 1 million de cycles. (cf. RILEM Liège 1993)

A partir de ces éléments il a pu être estimé l'apport structurel, dont vous trouverez les conclusions dans les cas de chantiers détaillés plus loin.



Dans un deuxième temps, il a été étudié le temps qu'il fallait à une fissure pour remonter à la surface des plaques. Pour cet essai, il a été pré-fissuré les plaques sur 25 mm, soit 5 mm en dessous de la grille. L'essai est réalisé à une fréquence de 30 Hz à + 5°C avec une charge de 4500 N. Il a été comparé les témoins avec différentes grilles. (cf. RILEM, Maastricht 1996)

Les schémas ci-après montrent un type de grille testé par colonne, et le nombre de charges répétées pour que la fissure arrive en haut des éprouvettes. Les résultats sont donnés en échelle logarithmique.



Résultats :

A + 5°C, la fissure remonte en moyenne au bout de 20 000 cycles pour les témoins, au bout de 260 000 cycles pour l'ensemble des grilles en fibre de verre, 40 000 cycles pour les grilles en polypropylène, 55 000 cycles pour les grilles en polyester. Les grilles utilisées avaient le même niveau de résistance mécanique et le même niveau de prix de revient. D'où l'intérêt de la fibre de verre par rapport aux matériaux synthétiques.

Cette fibre de verre est enduite d'une résine appropriée afin de ne pas altérer ses caractéristiques pendant la circulation des engins de chantier et le compactage. Pour obtenir ces résultats, il faut :

Une grille en fibre de verre
Une fibre de verre spécifique
Un fil tendu

Une ouverture de maille
Une enduction spécifique

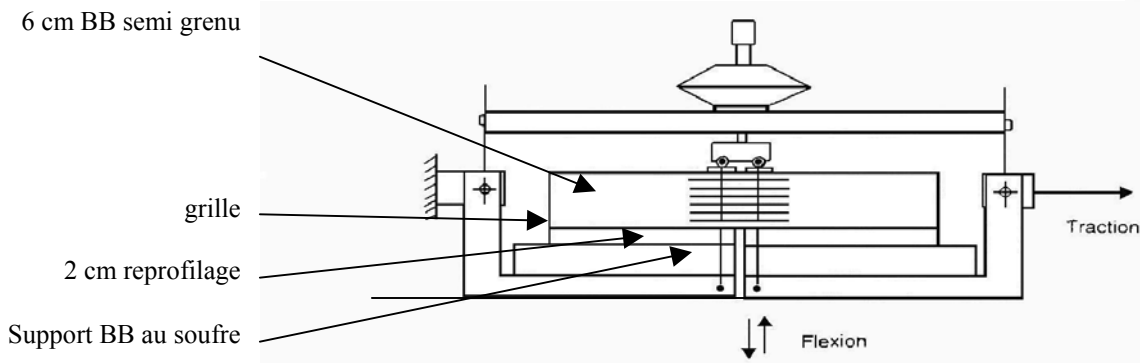
Chaque élément a son importance pour le bon comportement de la grille en tant que renforcement d'une structure en enrobé.

En fonction des conditions technico-économiques, il est ainsi proposé des grilles de 10 kN/m à 200 kN/m, toujours avec de très faibles allongements à la rupture (environ 3%).

1 – 2 – LRPC de Autun en France

Principe : « l'essai de « retrait/flexion » consiste à suivre la remontée d'une fissure au travers d'un complexe constitué d'un système destiné à retarder la réapparition des fissures en surface et d'une couche de roulement » (témoins BB 0/10 bitume 60/70 ou formule propre à l'entreprise).

Chaque éprouvette (560 x 110 x e mm) ainsi constituée est soumise simultanément à deux sollicitations à une température de 5 °C.



La machine de « retrait/flexion »

- Une traction longitudinale continue lente, 0,6 mm/heure, simulant le retrait thermique.

Le support de 15 mm de béton bitumineux coulé au soufre est pré-fissuré.

L'ouverture maximum de la fissure à la fin de l'essai est de 7,3 mm.

- Une flexion verticale cyclique, de fréquence 1 Hz et de flèche 0,2 mm, simulant le trafic.

La remontée de fissure dans l'éprouvette est suivie à l'aide de capteurs latéraux. Le complexe étudié est comparé à deux témoins par l'intermédiaire du temps réduit de remontée de fissure. (r = temps de fissuration des couches testées / temps de fissuration du témoin bicouche)

Témoins : - 6 cm BB 0/10 au bitume pur 60/70, temps réduit $r = 0,6$

- 2 cm sable à 10 % bitume 80/100 + 6 cm BB 0/10 bitume pur 60/70 (témoin bicouche), temps réduit $r = 1$. L'expérience française sur route a prouvé l'efficacité de ce procédé.

Eprouvettes : Les éprouvettes testées étaient constituées de :

- un support pré-fissuré + une couche d'accrochage de 300 g/m² de bitume + 20mm d'une couche d'enrobé 0/6 simulant un reprofilage,

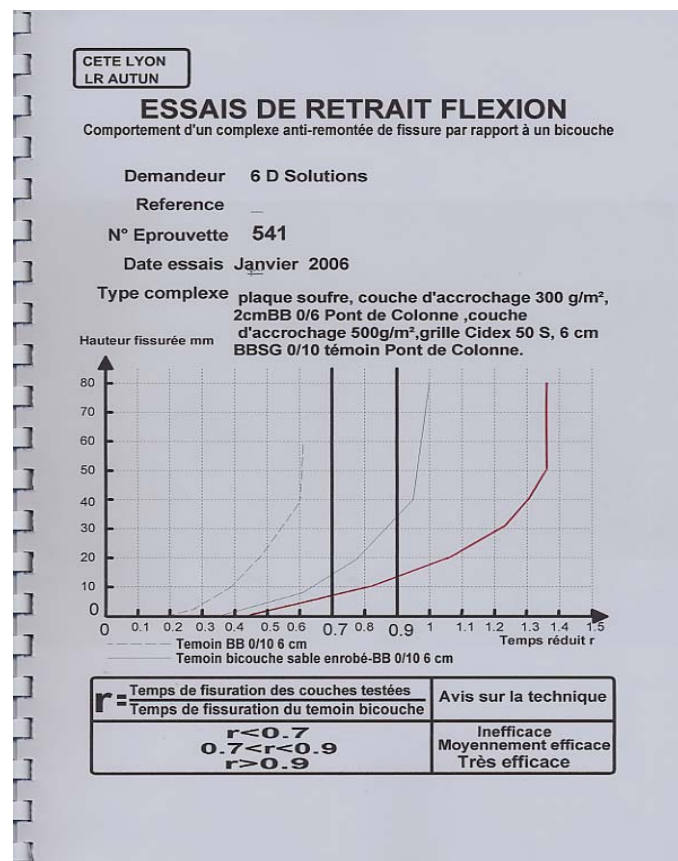
- Cidex 50 S imprégné de 0,5 kg/m² de bitume résiduel,

- 6 cm de béton bitumineux semi grenu 0/10.

Résultat :

Les éprouvettes testées avec Cidex 50S ont un temps relatif de remontée de fissure supérieur à 1.3.

$r = 1,3$: « Cidex 50 S est considéré comme très efficace. »



Cidex 50 S

2 - Approche chantier, 2 – 1 – amélioration des structures souples.

Quelques chantiers anciens en zones urbaines, de 1993 à 1996, suivis dans le temps, confirment les informations de laboratoire, notamment vis à vis des problèmes de déflexion, et donc de faïençage.

Port la Nouvelle – 1993

La route

- Fondations: ballaste hétérogène, scories, charbon, déchets, pierres cassées 0/20. Structure hydrocarbonnée : 6 à 10 cm
- déformations, fissures, nids de poule, infiltration d'eau.
- Trafic de 800 poids lourds / jour
- Déflexions : 173 / 100 mm, avec un retour à 40 / 100 mm

Les travaux

Début oct. 1993 : du fait de la déviation prochaine de cette ville, une structure légère a été envisagée.

- Rabotage sur 6 cm
- Reprofilage 0/10 de 2 à 5 cm
- Rotaflex 833
- BB de 4 cm

Aspect

Depuis 96 le trafic est un T3.
Photos prises en mars 2001 : 8 ans après, aspect parfait, pas de fissures.
2005, 12 ans après, début d'affaissement sur 100 m² là où les déflexions étaient de 4 mm.

Photo prise en 1994 :
Le 1^{er} plan montre l'état de la chaussée.
Cette zone n'a pas été entretenue



Bouttencourt – RD 1015 - 1993

La route

- 25 cm de tout-venant silico-calcaire
- Déflexion 150/100 mm
- Trafic 150 poids lourds / jour
- L'enrobé était fissuré, affaîssé et présentait un orniérage structurel

Travaux envisagés sans la grille :

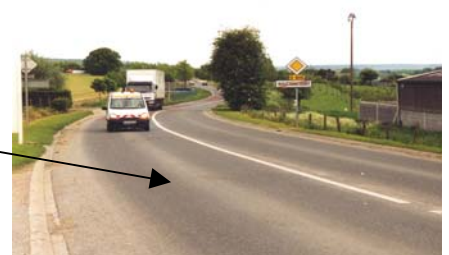
- Décaissement de la chaussée.
- Reconstruction avec un dimensionnement adapté au nouveau trafic : GB de 12 cm, BB de 6 cm

Travaux réalisés avec la grille :

- Rabotage sur 10 cm
- Reprofilage : 1 à 2 cm
- 600g/m² d'émulsion à 65%
- Roadtex WG 2303 (35 x 70 KN/m)
- 8 cm d'enrobé au liant élastomère
- Travail en circulation alternée.

Constat en Mai 2003 :

- 10 ans après, aucune fissures
- pas de déformations permanentes



Narbonne - Avenue Gustave Eiffel - 1994

La route

- GB de 10cm - 10 ans
- Seuils conçus pour BB de 6cm
- Déflexions : 150/100mm (mai 1994)
- Ornières structurales, grosses fissures faïencées.
- Trafic de 150 poids lourds/jour.

Dimensionnement

D'après le catalogue des structures :
Renforcement par BB de 14cm.

→ Décaissement

→ Blocage de l'accès à la ZI pendant 10 jours

Les travaux

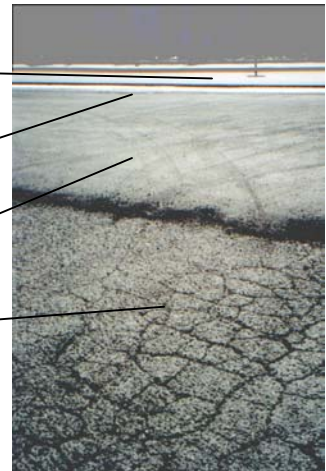
- Rabotage des parties hautes des ornières
 - Reprofilage
 - Rotaflex 833 (35 x 70 KN/m)
 - BB de 5cm.
- Travaux en 3 jours
→ Circulation alternée
→ Gain de 7 cm d'enrobé
→ faibles Déflexions

Couche de
roulement

Rotaflex 833

Reprofilage

GB non
revêtu avec
faïencage



Aspect le 27 février 2001 : pas de fissures, pas de déformations permanentes.



2 – 2 – Lutte contre la fissuration de retrait thermique

Retrait thermique des enrobés dans des régions à forte amplitude thermique.

Aéroport de Dianet, Algérie, 2004.

Les écarts jour / nuit de cette région du Sahara sont très importants pouvant être de plus de 40 °C par jour pendant plusieurs mois. Les enrobés de cet aéroport subissent ainsi de fortes contraintes de traction du fait de leur propre retrait thermique. D'où la création de fissures très rapidement.



Etat de la piste



La couche de
liaison fissure
après
quelques
semaines,
avant la mise
en place de
Cidex et la
couche de
roulement



Travaux : il a été décidé d'appliquer sur cette piste une première couche de liaison en enrobé de 70 mm. Du fait de sa fissuration, un renfort en Cidex 50S a été inséré sous la couche de roulement de 50 mm



Des zones sans grilles ont été gardées afin de pouvoir estimer l'apport de la grille de renforcement. Après quelques mois de mise en service, de nombreuses fissures des zones non renforcées sont remontées, alors qu'après deux ans de service, **les zones renforcées en Cidex sont parfaites.**

Retrait thermique des chaussées semi-rigides

R.D. 936 VIGNONET 09/11/2001



Chaussée en grave hydraulique + enrobé, fissurée transversalement avec fatigue structurelle



Recouvrement de 5 cm d'enrobé avec Rotaflex 833.
2006 : pas de fissures

R.D. 9 CHARRON 29/05/2002



Application manuelle de la grille sur l'émulsion



Recouvrement de la grille avec 5 cm d'enrobé



Zone renforcée en Rotaflex.
En 2005 **aucune fissure n'est remontée**



Zone témoin sans grille de 100 m environ.
En 2005, les fissures sont remontées.

Conclusion

Plus de 100 000 m² de grilles en fibre de verre ont déjà été appliquées au Maroc.

Les grilles Cidex et Rotaflex apportent une réponse technique très satisfaisante aux problèmes de fissurations des chaussées et offrent une réponse économique intéressante à leur entretien, ayant pour conséquence de réduire très sensiblement leurs coûts à long terme. Ces résultats sont obtenus grâce à l'important module d'élasticité de la fibre de verre qui permet d'obtenir des résistances à la traction très élevées à très faible allongement, aux niveaux de déformation où les enrobés commencent à fissurer, à sa protection mécanique et chimique afin de pouvoir circuler dessus pendant les travaux, mais aussi au respect de la mise en œuvre afin de s'assurer que le collage est de bonne qualité sur l'ensemble du chantier.