

RÉHABILITATION NOCTURNE DE LA CHAUSSÉE EN ENROBÉ DE LA RD137 (ILLE et VILAINE, 35) AVEC RENFORCEMENT PAR UNE GRILLE POLYESTER ANTIFISSURES SUR SUPPORT FRAISÉ

NIGHT REHABILITATION OF THE ASPHALT ROAD RD137 (35) REINFORCED BY A POLYESTER GRID ON A MILLED SUPPORT.

Romain DURAND, Johann BRUHIER
HUESKER France SAS, Gresswiller, France

RÉSUMÉ – Sur une section de la RD137 entre Rennes et Saint Malo (35) présentant une fissuration importante, il a été décidé de mettre en œuvre une grille de renforcement d'enrobé antifissuration en polyester avant la réalisation de la couche de roulement. La grille est posée sur un support fraisé puis recouverte de 4 cm d'enrobé. L'adhérence parfaite de la grille antifissures dans l'émulsion sur le support fraisé permet le passage des poids lourds d'approvisionnement du finisseur. L'importance de l'axe routier à proximité de St Malo a amené à réaliser les travaux de nuit ce qui impliquait la préparation du chantier et un phasage précis afin d'assurer la remise en circulation chaque matin. Une planche de référence, réalisée sans grille, permettra à terme d'apprécier l'efficacité de la grille contre les remontées de fissures réfléchives.

Mots-clés : renforcement d'enrobé, grille antifissures, polyester, enrobé, fissures réfléchives

ABSTRACT – A part of the road RD137 between Rennes and Saint Malo (35) shows a large amount of cracking. It has been decided to apply an asphalt reinforcement grid before the last asphalt layer. The grid was applied on a milled support and overlaid by 4 cm of asphalt. The perfect adhesion of the grid in the bitumen emulsion allows the trucks to drive over to supply the finisher. The works were driven during the night to let this important road opened at day. That means a perfect preparation and easiness of implementation. An area of the same road has been built without asphalt reinforcement to show the efficiency of the grid against reflective crackings.

Keywords: asphalt reinforcement, no cracking grid, polyester, asphalt, reflective crackings.

1. Introduction

En France, l'immense majorité des chaussées est construite en enrobé. Les surfaces en enrobé sont soumises à la fissuration par la propagation des fissures issues des couches inférieures en raison des sollicitations thermiques et dynamiques de circulation comme illustré sur la figure 1 (Bruhier, 2006).

Le passage d'une charge (essieu) au-dessus d'une fissure génère des efforts de cisaillement et des moments fléchissants. L'intensité de ces sollicitations dépend de l'épaisseur de la couche d'enrobé, de la structure existante, ou de la portance du sol support et de la géométrie des fissures. Sous ces sollicitations répétées, les fissures se propagent à l'intérieur de la nouvelle couche d'enrobé jusqu'à sa surface.

La dilatation et la contraction dues aux variations thermiques quotidiennes ou saisonnières génèrent des mouvements cycliques horizontaux. Ces mouvements cycliques provoquent l'apparition de fissures en surface.

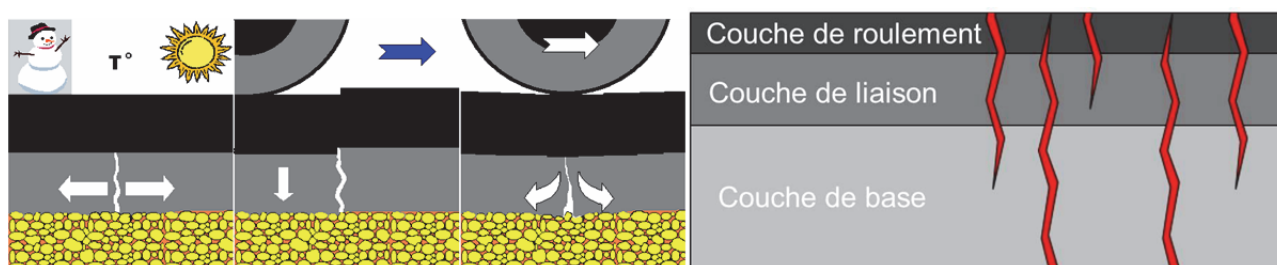


Figure 1. Sollicitations thermiques et dynamiques (à gauche) engendrant la fissuration de la chaussée en enrobé (à droite)

Une réhabilitation classique de la couche de roulement par ajout d'une nouvelle couche ou fraisage de la couche de roulement endommagée et mise en œuvre d'une nouvelle couche d'enrobé mène inévitablement à l'apparition rapide de fissures à la surface par propagation vers la surface des fissures réfléchives du support (figure 2 gauche).

L'utilisation d'une grille polyester à la base de la nouvelle couche de roulement renforce la structure. Elle s'oppose à la propagation des fissures réfléchives en distribuant les contraintes de cisaillement à l'interface nouvelle couche/ancienne couche. Une grille polyester antifissuration permet en effet d'augmenter considérablement la durée de service d'une chaussée (figure 2 droite)

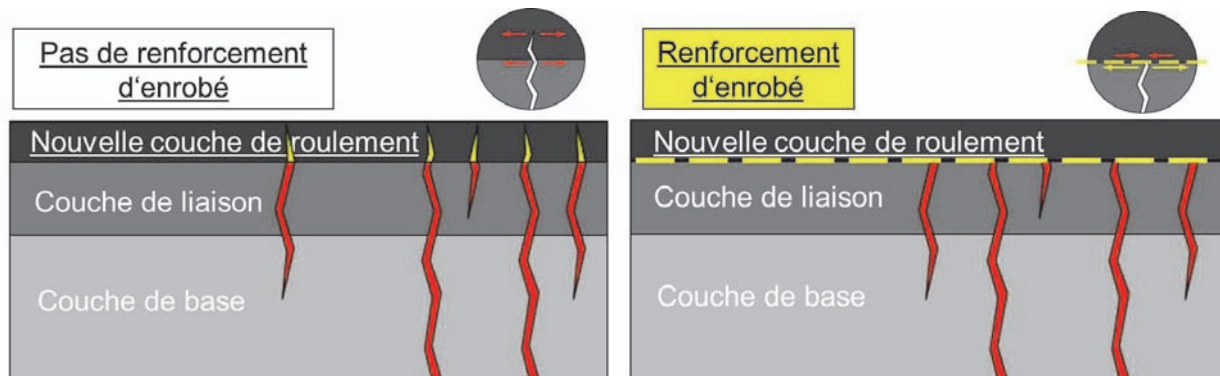


Figure 2. Propagation des fissures réfléchives dans les chaussées non renforcées (gauche) et renforcées (droite)

Une grille antifissures a été mise en œuvre en juin 2013 sur la RD137 à proximité de Saint Malo (35) pour remédier à la fissuration importante de la chaussée et espacer les campagnes de réhabilitation.

2. Réhabilitation de la RD137 à proximité de Saint Malo

2.1. Support fraisé et émulsion

La chaussée de la RD137 abîmée et fissurée a été fraisée sur 4 cm (figure 3). Les fissures restent parfaitement visibles, ce qui atteste du fait qu'elles touchent toute la structure de chaussée et justifie le recours à une grille polyester antifissures pour éviter une remontée rapide vers la surface. Les plus importantes ont été colmatées.

Afin d'assurer le collage et l'imbrication de la grille sur le support fraisé, une émulsion bitumineuse est épanchée avec un dosage de 900 g/m² environ, supérieur par rapport à une surface lisse (figure 4). La grille polyester peut être mise en œuvre de façon optimale sur un support traité. Non cassante, elle épousera la forme du support sans subir d'endommagement au contraire d'une grille de verre par exemple (paragraphe 2.3).



Figure 3. Support fraisé et fissuration des couches sous-jacentes.



Figure 4. Épandage de l'émulsion bitumineuse sur le support fraisé

2.2. Mise en œuvre de la grille polyester en nocturne

L'importance de l'axe Saint Malo – Rennes est telle que le chantier de réhabilitation s'est déroulé entre 20h et 6h du matin. Face à un délai extrêmement réduit pour la mise en œuvre de la grille antifissures et de l'enrobé, ne laissant pas de place à l'erreur, la facilité de déroulage du produit est une obligation. Au moyen d'un palonnier spécifique, la grille a pu être déroulée rapidement et parfaitement plaquée, sans plis, sur le support fraisé enduit d'émulsion à la rupture en présence du représentant du conseil général de l'Ille et Vilaine (figure 5)



Figure 5. Mise en œuvre de la grille polyester au moyen d'un dérouleur spécial

Dans l'obscurité et sur le support noir avec l'émulsion, la mise à disposition d'un dérouleur fiable a permis de s'affranchir de plis et vagues dans la grille lors de son déroulage, imperfections qu'il aurait été difficile de détecter.

2.3. Mise en œuvre de l'enrobé en nocturne

Peu après la pose de la grille polyester, la couche de roulement de 4 cm en enrobé été mise en place au moyen de finisseurs approvisionnés par des semi-remorques. Là encore, l'aspect nocturne du chantier induisait une grande responsabilité : il était indispensable que la grille soit parfaitement collée sur le support et ne se plie pas au passage des camions d'approvisionnement en enrobé. Le géotextile non-tissé très fin appliqué à la grille polyester composant le composite permet cette adhérence parfaite et rapide et le passage des semi-remorques et des finisseurs (figure 6).



Figure 6. Collage parfait de la grille sur le support permettant le passage des semi-remorques et des finisseurs

De plus, des travaux à l'université d'Aix-la-Chapelle (Allemagne) ont montré la résistance importante de la grille polyester à l'endommagement lors du chantier (figure 7). Des essais de laboratoire ont montré que la grille polyester conserve plus de 85% de sa résistance à la traction nominale après 35 passages de semi-remorque à même la grille. A contrario, la grille de verre présente des résistances à la traction bien moins importantes en raison d'un endommagement majeur (Sakou, 2011).

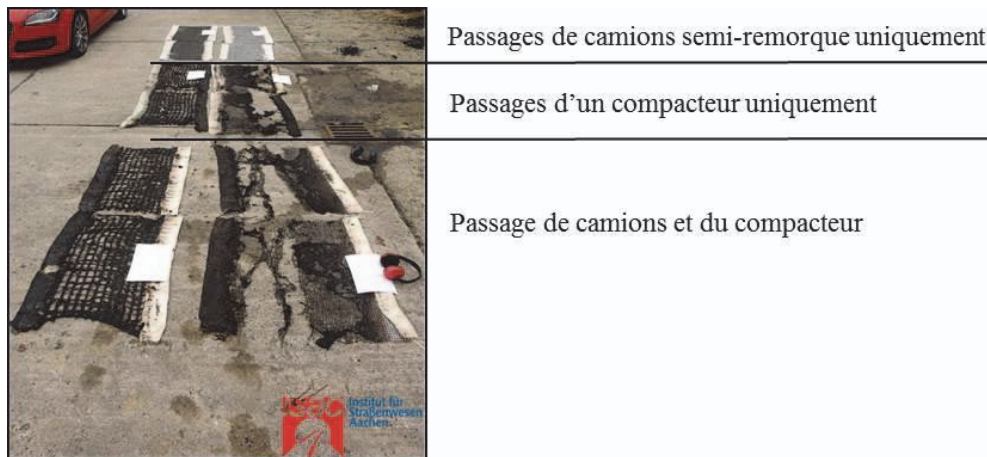


Figure 7. Endommagement à la mise en œuvre d'une grille polyester (à gauche) et d'une grille de verre (à droite) (Sakou, 2011).

L'enrobé compacté est propre à la circulation et adéquatement renforcé par la grille antifissures parfaitement imbriquée entre les couches de roulement et de liaison (figure 8). Une planche de référence, réalisée sans grille, permettra à terme d'apprécier l'efficacité de la grille contre les remontées de fissures réfléchies.



Figure 5. Exemple de liaison optimale entre la grille antifissures et les couches d'enrobé (à gauche). Enrobé mis en œuvre en nocturne (à droite)

3. Efficacité du renforcement d'enrobé contre les fissures réfléchives

Si une solution de renforcement d'enrobé par une grille polyester a été choisie sur le chantier de la RD137, c'est parce que l'efficacité de la grille HaTelit® a été démontrée par des essais et modèles numériques et fait ses preuves sur le terrain depuis plus de 40 ans comme renforcement d'enrobé retardant l'apparition de fissures réfléchives.

3.1. Modélisation numérique

Le comportement de la grille à l'interface entre la couche de roulement et la couche de liaison a été simulé numériquement au moyen d'un modèle aux éléments finis. La première fissure dans la couche de liaison concentre les contraintes appliquées par la simulation d'une charge dynamique (figure 6 gauche). En l'absence de renforcement, la fissure se propage vers la surface. Sur le modèle comportant un renforcement d'enrobé (figure 6 droite), la fissure réfléchive rencontre la grille qui reprend les efforts et les répartit horizontalement. Par conséquent, la propagation de la fissure vers le haut est ralentie et le pic de contrainte est largement atténué.

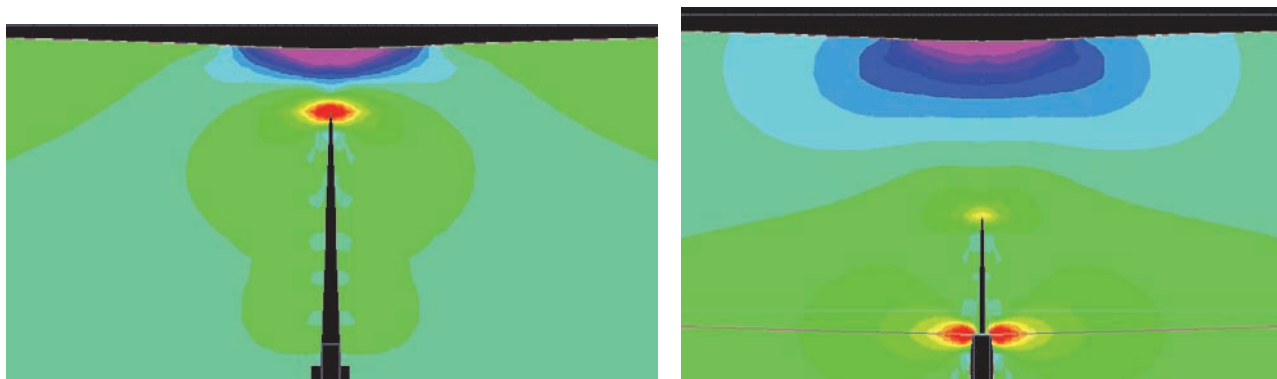


Figure 6. Modélisation aux éléments finis de la propagation d'une fissure réfléchive dans une chaussée non renforcée (à gauche) et renforcée (à droite)

3.2. Essais de laboratoire

3.2.1 Essai de fatigue dynamique

La modélisation numérique confirme les résultats des essais de laboratoire réalisés par le producteur (Bruhier, 2006). Une série d'essais a été effectuée sur des poutres aux fissures de dimensions prédéfinies ; des échantillons renforcés ou non avec une grille ont été soumis à des contraintes dynamiques : sollicitation due au cisaillement et sollicitation due au moment fléchissant. Au total 16 poutres pré-fissurées ont été simulées. La grille utilisée comme renforcement est constituée de filaments de polyester à haute ténacité, est enduite avec bitume, maille de 40 x 40 et de résistance à la traction nominale 50 kN/m pour un allongement de 12 %. Le critère de fin d'essai consiste à la propagation de la fissure sur la surface.

Le chargement sinusoïdal effectué avec une fréquence de 20 Hz a été appliqué par une charge hydraulique sur la poutre de dimension 40 mm x 75 mm générant des contraintes de 549 kPa (importante), 425,5 kPa (moyenne) et 326,5 kPa (basse).

Les résultats des essais montrent la double efficacité du renforcé. La remontée des fissures est considérablement retardée. De plus on peut constater que les fissures atteignant la surface sont de moindre ampleur. Le facteur d'amélioration de la grille polyester peut être calculé en faisant le rapport entre le nombre de cycle nécessaire pour que la fissure atteigne la surface entre l'échantillon non renforcé et l'échantillon renforcé. Il vaut entre 4,6 et 6,14 selon les échantillons testés

$$\text{Facteur d'amélioration } V_F = \frac{\text{Nombre de cycles pour l'échantillon renforcé}}{\text{Nombre de cycles pour l'échantillon non renforcé}} \quad (1)$$

$$4,6 \leq V_F \leq 6,14$$

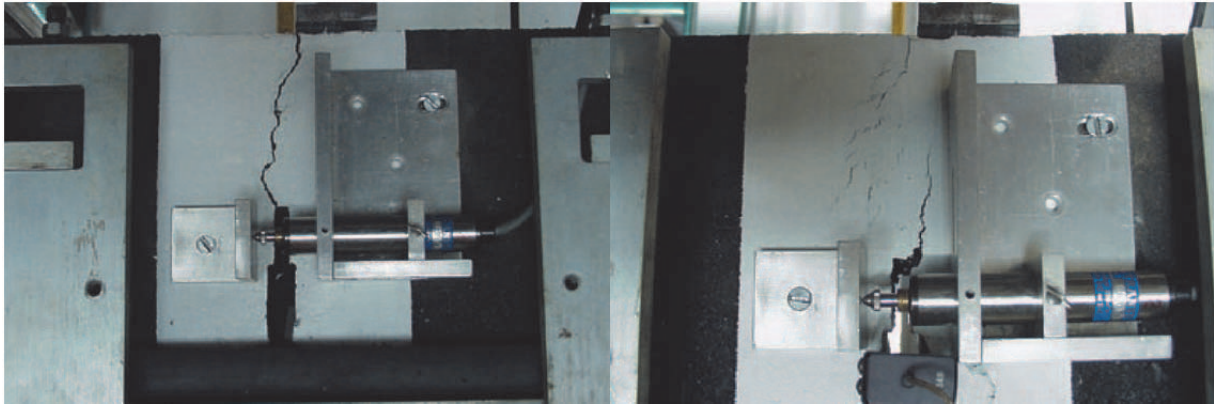


Figure 7. Échantillon non renforcé soumis au cisaillement après 90 000 cycles (à gauche)
Échantillon renforcé soumis au cisaillement après 570 000 cycles (à droite)

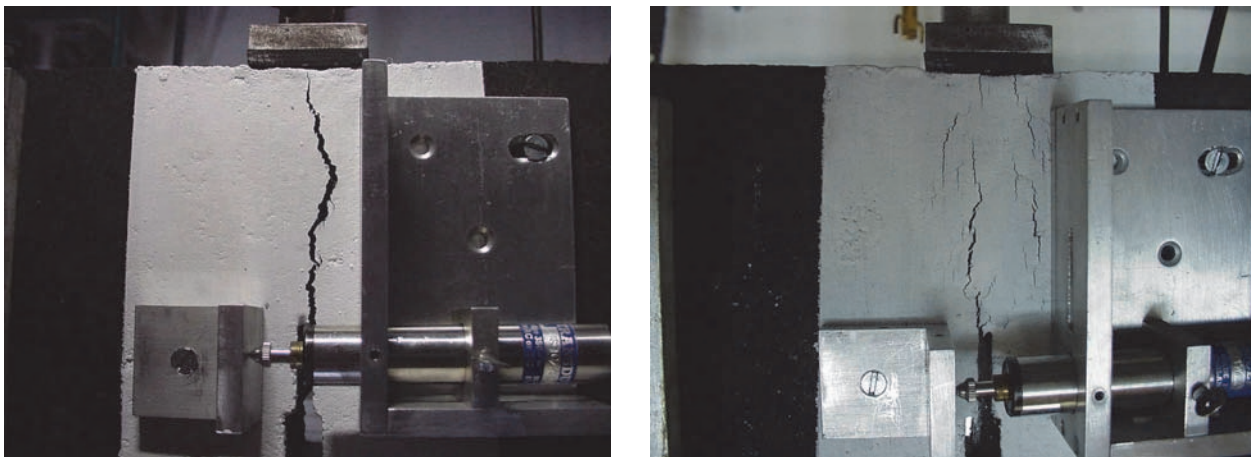


Figure 8. Échantillon non renforcé soumis au moment fléchissant après 80 000 cycles (à gauche)
Échantillon renforcé soumis au moment fléchissant après 490 000 cycles (à droite)

3.2.2 Propagation thermique de la fissure

Des séries de tests réalisés par le « Centre de recherches routières Belge » (OCW) ont montré la robustesse de la grille polyester face aux sollicitations thermiques (Bruhier, 2011). La pré-fissure à la base de l'échantillon renforcé n'a jamais atteint la surface pour une grille polyester et une grille métallique. Il n'en est pas de même pour tous les autres types de renforcement (figure 9).

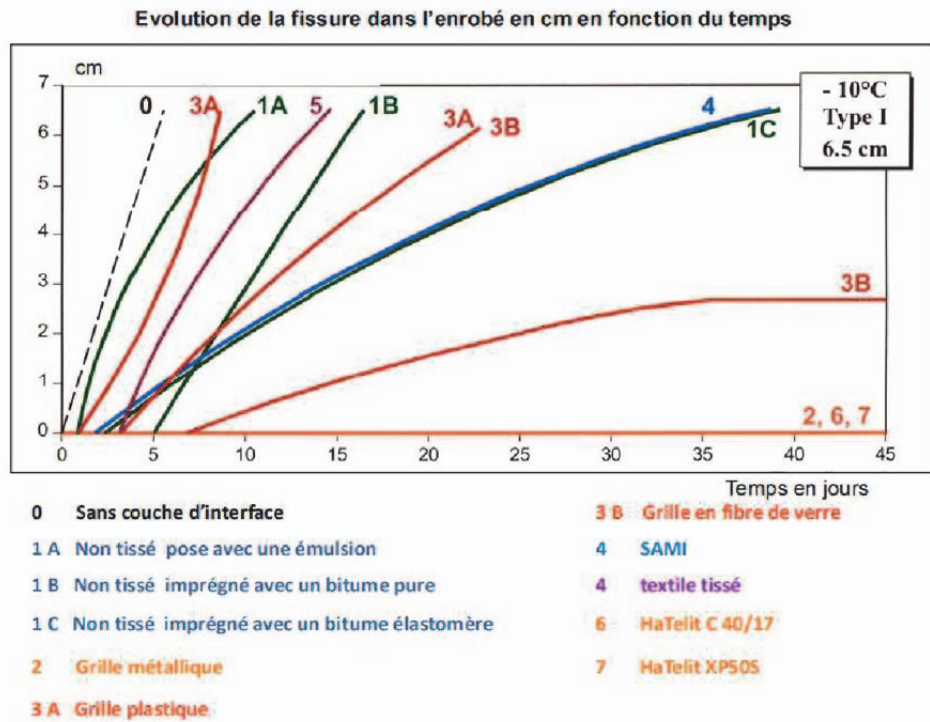
3.3. Une durabilité prouvée sur le terrain

Fort d'une utilisation depuis plus de 40 ans, la grille polyester utilisée sur le chantier de la RD137 a prouvé son efficacité dans le retardement de la fissuration des chaussées en enrobé renforcées.

À Ochtrup (Allemagne), une chaussée réhabilitée en 1996 par fraisage puis au moyen d'une grille polyester et de 5 cm de nouvel enrobé montre un état général très satisfaisant 17 ans plus tard (figure 10 droite). La chaussée, sur un axe important à la frontière Allemagne-Pays-Bas et soumise à un trafic de poids lourds intense, ne présente pas de fissures structurales malgré la fissuration initiale sous la couche de roulement (figure 10 gauche). Quelques zones fissurées sont présentes au niveau de quelques points singuliers en bordure de chaussée, vraisemblablement en raison de la différence de compactage lors de la mise en œuvre (Thesseling, 2014).

La comparaison entre chaussées renforcées et non renforcées, soumises à un trafic important de véhicule léger sur un axe urbain majeur, a été spectaculairement constatée sur le Corso Giovanni Agnelli à Turin (Italie). Le long de la même avenue, une section a été réhabilitée avec la grille polyester antifissures et l'autre non en 2005. Quatre ans plus tard, la zone renforcée et couverte de 4 cm de nouvel enrobé en 2005 ne présentait aucune fissure en surface au contraire de la section simplement réhabilitée par 5 cm d'enrobé (figure 11) (Thesseling, 2013).

Sur le chantier de réhabilitation de la RD 137, une planche de référence, réalisée sans grille, permettra de confirmer l'efficacité de la grille contre les remontées de fissures réfléchies.



CRR-OCW 18969/2

Figure 9. Comparaison de la résistance aux sollicitations thermiques de différents renforcements d'enrobé



Figure 10. État de la chaussée à Ochtrup (Allemagne) avant réhabilitation en 1996 (à gauche) et en 2013 (à droite)



Figure 11. Comparaison du Corso Giovanni Agnelli à Turin (Italie) 4 ans après la réhabilitation entre la section renforcée (à gauche) et la section non renforcée (à droite)

4. Développement durable

Le recours au renforcement d'enrobé par une grille polyester s'inscrit dans une démarche de développement durable. L'espacement dans le temps des mesures de réhabilitation d'un tronçon routier s'accompagne mécaniquement d'un effet positif sur le bilan carbone de la chaussée. De plus quand la réhabilitation d'une zone couverte de grille polyester devient nécessaire, cette dernière n'est pas un obstacle au fraisage ni à son recyclage.

4.1. Fraisage

À l'inverse d'autres modes de renforcement d'enrobé, l'ajout d'une grille polyester n'a pas d'impact négatif sur le fraisage et la qualité du recyclage de l'enrobé. Une étude menée à l'université d'Aix-la-Chapelle (Allemagne) a montré la triple innocuité du renforcement polyester dans une couche d'enrobé (Bruhier, 2011).

Dans un premier temps, l'étude a montré que l'enrobé peut être fraisé à quelques millimètres seulement au-dessus de la grille sans que celle-ci n'en soit affectée. Le renforcement reste donc efficace contre la remontée de fissures réfléchies.

Dans un second temps, il a été vu que l'enrobé peut être fraisé sur une épaisseur incluant le renforcement polyester. Le fraisage n'est pas retardé ou rendu plus difficile par la présence de la grille. Les fibres ne viennent pas enrayer le mouvement du tambour (figure 12).

Dans un troisième temps, l'étude a établi que la présence de fibres polyester dans l'enrobé fraisé n'a aucun impact négatif sur les caractéristiques de stabilité et fluidité au test de Marshall de l'enrobé recyclé



Figure 12. Fraisage aisé d'un enrobé renforcé par la grille polyester

4.2. Bilan carbone

L'étude menée par Hessian et al. (2011) a établi le bilan carbone d'une surface de 5000 m² de chaussée fraisée réhabilitée avec 4 cm d'enrobé sans renforcement d'enrobé et avec renforcement par une grille polyester. Les hypothèses, à partir des retours d'expérience, partent sur une durée de service de 4 ans et un facteur d'amélioration de 3 de la durée de service avec renforcement. À partir des valeurs d'émission de CO₂ propre à chaque matériau et étape des travaux issues des données « Inventory of Carbon & Energy (ICE) V2.0 » de l'université de Bath (Royaume-Uni), il a été établi que la mise en œuvre de la chaussée renforcée par la grille antifissure polyester de Huesker est responsable de l'émission de 8,52 kg de CO₂/m² contre 7,72 kg de CO₂/m² pour la chaussée non renforcée. Ceci est dû au dosage plus important en émulsion pour permettre le collage de la grille et évidemment à la grille polyester elle-même.

Mais en ramenant le bilan carbone en kg/m² par année d'exploitation de la chaussée sans réhabilitation, les émissions des CO₂ sont 63% moins importantes pour une chaussée renforcée que pour une chaussée non renforcée. En effet, le facteur d'amélioration de la durée de service de 3 implique que la chaussée avec une grille polyester ne sera pas réhabilitée pendant 12 ans contre 4 ans sur la chaussée non renforcée. L'émission de CO₂ calculée est donc de 1,93 kg/m²/an pour la chaussée sans renforcement contre 0,71 kg/m²/an pour la chaussée dotée d'une grille polyester.

Sur la durée de 12 ans et la surface modélisée de 5000 m², c'est ainsi 73 tonnes de CO₂ qui sont

évitées en espaçant le besoin de campagnes de réhabilitation de la chaussée (figure 13).

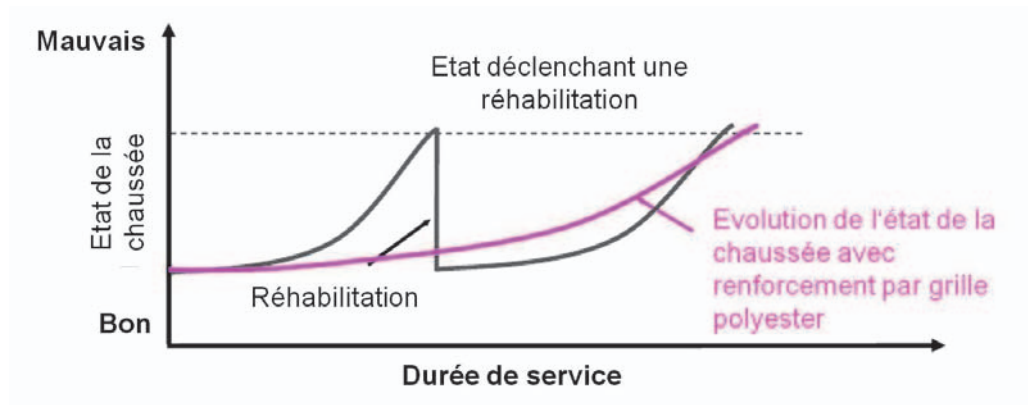


Figure 13. Évolution schématique de l'état d'une chaussée avec et sans renforcement d'enrobé

5. Conclusion

Réalisée sans difficulté dans des conditions nocturnes exigeantes, la mise en œuvre d'une grille polyester en renforcement d'enrobé sur la RD137 a pour but de retarder l'apparition de fissures réfléchies et espacer les campagnes de réhabilitation. Prouvée en laboratoire, par modélisation numérique et surtout par retour d'expérience, l'efficacité de la grille polyester antifissures sur la RD137 sera vérifiée par comparaison entre une zone test non renforcée et la section renforcée.

L'évolution de l'état de la chaussée peut être représentée symboliquement comme sur la figure 13. En retardant l'apparition de fissures réfléchies, le renforcement d'enrobé améliore le confort des usagers, permet l'espacement des campagnes de travaux ce qui permet aux institutions comme les conseils généraux d'assurer la réhabilitation de plus de tronçons sur leur territoire et offre des économies majeures d'émission de CO₂.

6. Références bibliographiques

- Bruhier J., Elsing A. (2006). Efficacité d'une grille en polyester en tant que système anti-remontées de fissures. *Actes des 6^{èmes} Rencontres Géosynthétiques, Comité Français des Géosynthétiques, Montpellier.*
- Bruhier J., Thesseling B. (2011). Fraisage et recyclage d'une grille anti-fissure en polyester haute ténacité. *Actes des 8^{èmes} Rencontres Géosynthétiques, Comité Français des Géosynthétiques, Tours.*
- Hessing C., Thesseling B., Alexander W. (2011). A sustainable maintenance method for cracked pavements using polyester asphalt reinforcement. Increase pavement life, reduce maintenance and create sustainable pavements. *Proceedings of the 14th International Flexible Pavements Conference, Sydney, Australia*
- Sakou L. (2011). Überprüfung der Wirksamkeit von Asphaltbewehrungssystemen unter Berücksichtigung der Einbaubedingungen, *Diploma Thesis, RWTH Aachen, Institute of Road and Traffic Engineering*
- Thesseling B., Kiggins G. (2013). Polyester geogrids as asphalt reinforcement – A proven technology. *Proceedings of the Geosynthetics Conference, Long Beach, California*
- Thesseling B., Quiel M. (2014). Investigation of the long term performance of a high tenacity Polyester reinforcement in asphalt pavement rehabilitation. *Proceedings of the 10th International Conference on Geosynthetics, Berlin*

