

7. Essais fondamentaux de l'EMPA Dübendorf CH «Efficacité des diverses couches bitumineuses»

7.1 Essais de sollicitation sur la poutre travaillant en flexion à 4 points

L'EMPA/CH a testé des couches d'enrobé armées différemment sur la poutre travaillant en flexion à 4 points. Deux schémas de rupture typiques sont montrés ci-dessous.

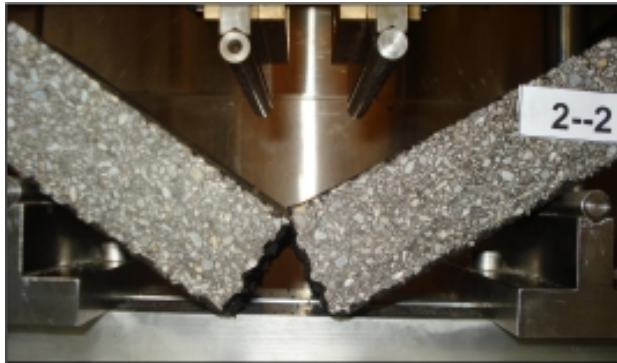


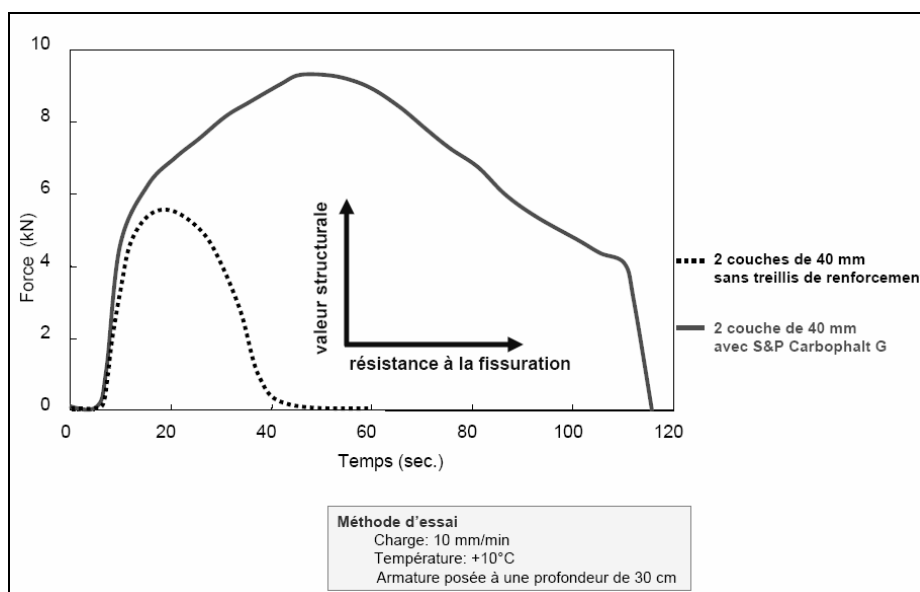
Photo 2 : Essai de référence sans couche



Photo 3 : Essai avec couche
S&P Carbophalt G 200 kN

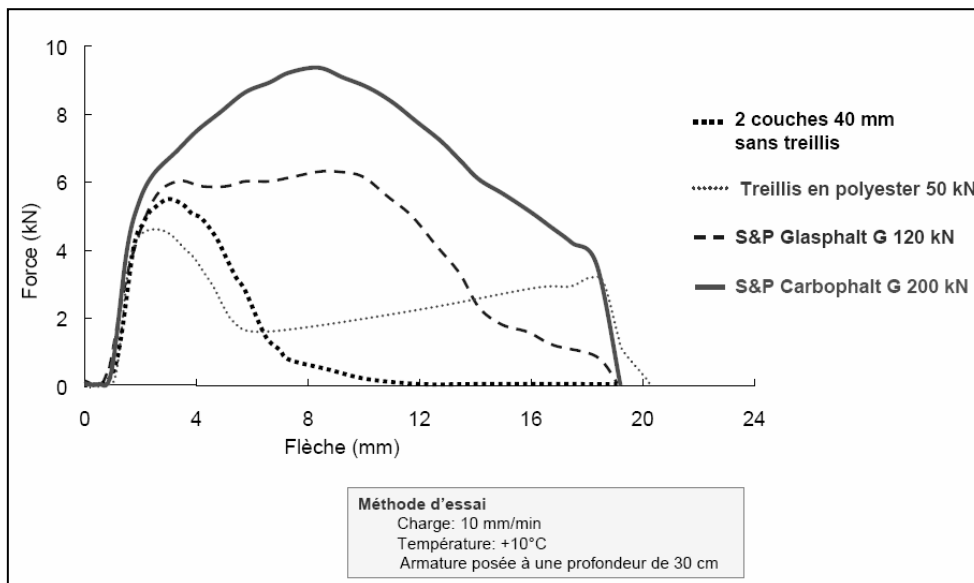
Alors que la couche d'enrobé non renforcée (*photo 2*) présente au milieu de l'échantillon de référence une fissure qui mène à une rupture, la couche d'enrobé armée en fibres de carbone (*photo 3*) présente une répartition optimale des contraintes et une répartition optimale des fissures.

Le graphique n° 5 montre que la résistance à la rupture (valeur structurale) ainsi que la résistance aux fissures de la couche de revêtement armée sont augmentées considérablement par l'armature en fibres de carbone.



Graphique 5 : Influence de l'armature aux fibres de carbone

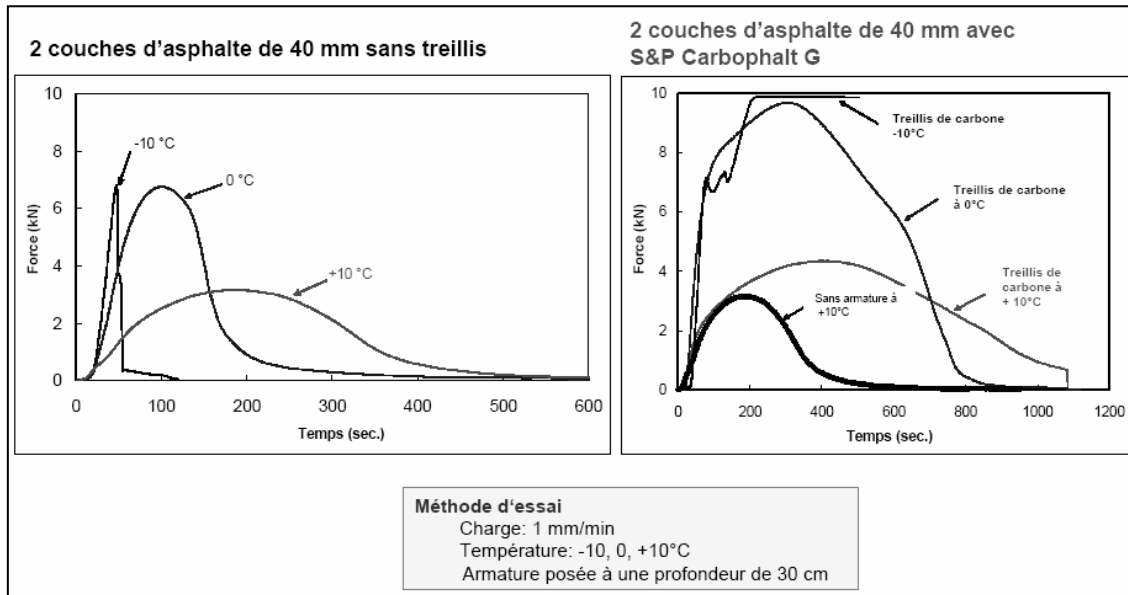
Dans le graphique n° 6, un treillis en polyester traditionnel a été comparé au treillis en fibres de verre S&P pré-bitumé, ou à un treillis en fibres de carbone. Le treillis en polyester avec un module d'élasticité à la traction de $\sim 15 \text{ kN/mm}^2$ s'allonge pendant l'essai sous l'action de la force et n'est ainsi pas en mesure d'encaisser les forces de traction agissant sur l'asphalte. La couche de verre pré-bitumée «S&P Glasphalt G» avec un module d'élasticité à la traction de $\sim 70 \text{ kN/mm}^2$ encaisse les forces de traction qui s'exercent dans la couche d'asphalte et convient ainsi en principe à réduire les fissures dans la couche d'asphalte. L'armature aux fibres de carbone «S&P Carbophalt G» permet en outre d'augmenter la charge à la rupture. La couche de fibres de carbone avec un module d'élasticité à la traction de $\sim 240 \text{ kN/mm}^2$ augmente la valeur structurelle de la couche d'asphalte renforcée et contribue à une amélioration considérable de la résistance à la fissuration.



Graphique 6 : Armature aux fibres de carbone comparée avec d'autres couches

Au cours d'un autre essai, on a comparé l'influence de la température à -10°C , 0°C et $+10^\circ\text{C}$ sur une couche d'asphalte non armée et sur une couche d'asphalte armée aux fibres de carbone.

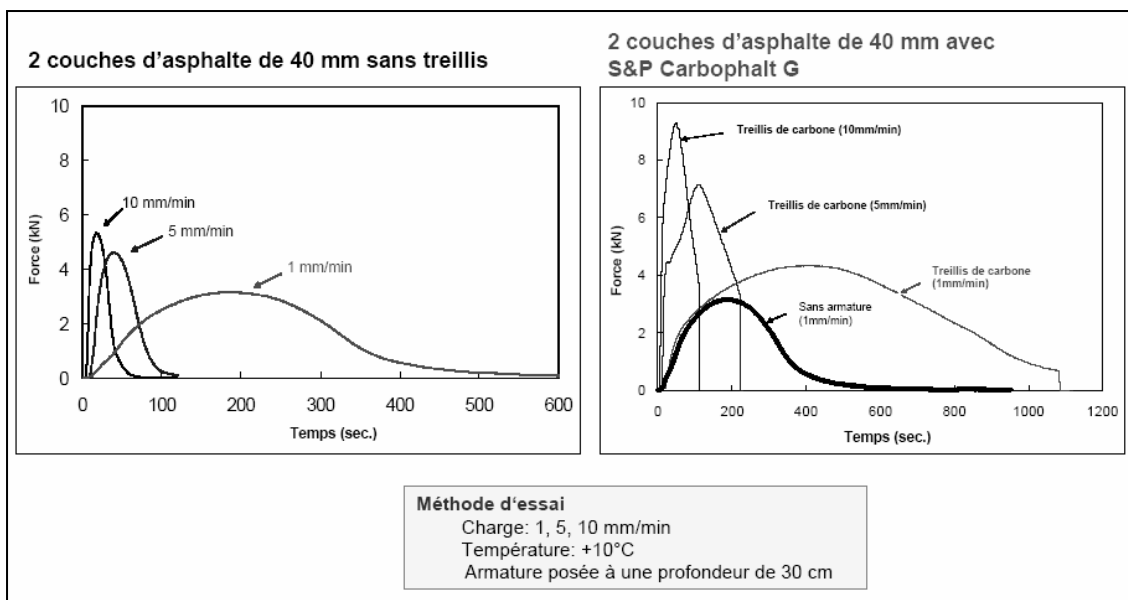
Les graphiques 7/8 montrent que l'armature aux fibres de carbone «S&P Carbophalt G» augmente considérablement la résistance à la fissuration ainsi que la charge à la rupture dans toutes les plages de température à -10°C , 0°C et $+10^\circ\text{C}$ (graphiques 7/8).



Graphiques 7/8 : Influence de la température

Au cours d'un autre essai, on a comparé l'influence de la charge à 1mm/min, 5mm/min et 10mm/min sur une couche d'asphalte non armée et sur une couche d'asphalte armée aux fibres de carbone.

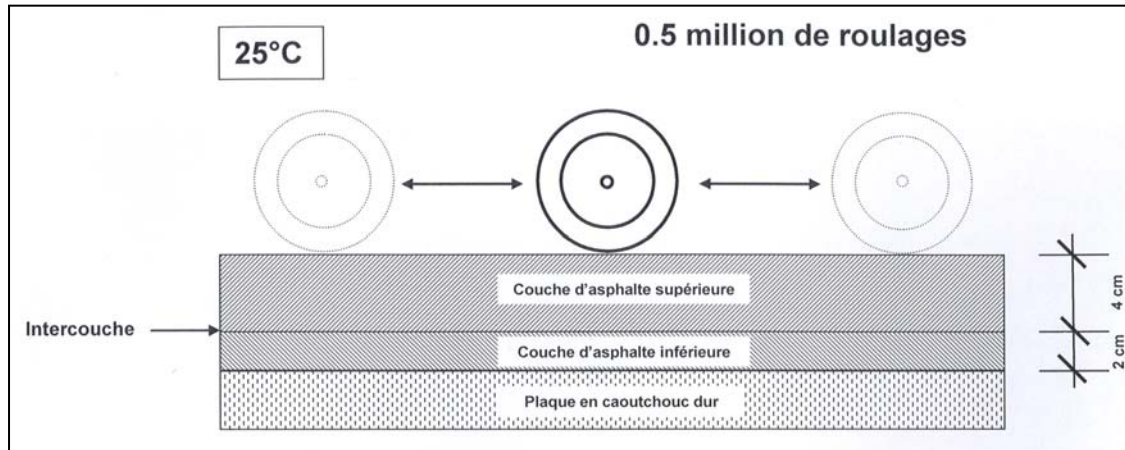
Les graphiques 9/10 montrent que l'armature aux fibres de carbone «S&P Carbophalt G» augmente considérablement la résistance à la rupture et la résistance à la fissuration dans toutes les plages de charge, à 1mm/min, 5mm/min et 10mm/min.



Graphiques 9/10 : Influence de la charge

7.2 Sollicitation dynamique permanente sous la charge de roue effective

L'EMPA/CH a comparé des corps de revêtement bicouches sans armature et avec armature aux fibres de carbone sous une sollicitation permanente (graphique n° 11 / tableau n° 10). Pour simuler la souplesse du sol de fondation, les corps d'échantillons ont été appliqués sur un appui en caoutchouc et soumis à une charge de 0,5 million de tours de roues à une température de 25°C dans l'appareil d'oniéragé.



Graphique 11 : Système de test pour les sollicitations dynamiques permanentes

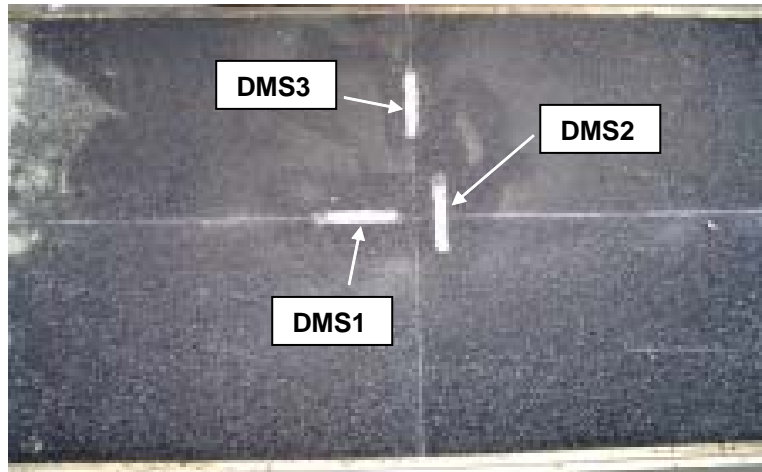


Photo 4 : Disposition des extensomètres à résistance

Echantillon K1 :	Revêtement bicouche sans armature
Echantillon K5 :	Revêtement bicouche S&P Carbophalt G posé à 4 cm de profondeur (fond portant fraisé)

Tableau 10 : Vue d'ensemble des échantillons

Les échantillons (tableau n° 10) ont été pourvus sur leur face inférieure d'extensomètres à résistance en sens longitudinal et en sens transversal (photo 4). Les résultats des examens expérimentaux ont été modélisés par un calcul selon la méthode des éléments finis à l'EMPA/CH. La modélisation et les examens expérimentaux fournissent des résultats comparables.

Avec la couche en fibres de carbone «S&P Carbophalt G», les dilatations perpendiculaires à la charge de la roue sur la face inférieure de la couche d'enrobé ont été réduites de 33%.

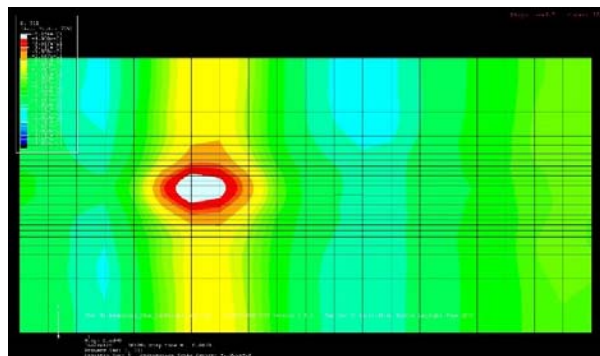


Image 5 : sans armature en fibres de carbone

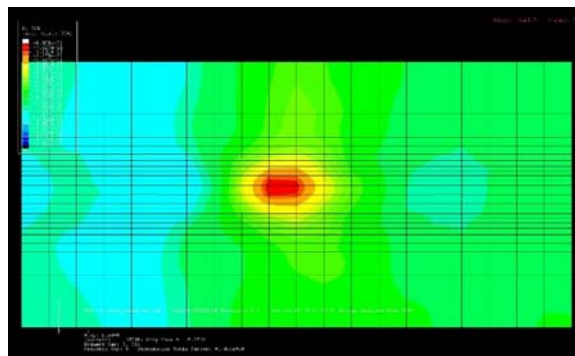


Image 6 : avec armature en fibres de carbone

Les images 5 et 6 montrent les contraintes de pression devant et derrière la charge exercée par la roue lors du franchissement ainsi que les contraintes de traction sous la charge exercée par la roue. Dans l'échantillon de revêtement avec armature aux fibres de carbone, les contraintes sont introduites dans l'armature qui les encaisse. Les contraintes dans la couche d'asphalte sont ainsi réduites.

8. Concept de dimensionnement pour les revêtements d'asphalte armés aux fibres de carbone

Avec le logiciel de dimensionnement BISAR 3.0, il est possible de présenter un concept de dimensionnement possible pour les couches d'asphalte renforcées aux fibres de carbone. Au cours d'une première étape, une couche de liant de 12 cm et une couche de roulement de 4 cm d'épaisseur ont été appliquées sur une ancienne couche de fondation existante. Le logiciel permet de déterminer les allongements avec une sollicitation standard.

Couche d'enrobé	Epaisseur (cm)	Module d'élasticité (MPa)	Désignation de la couche	Sollicitation Numéro	Charge verticale (kN)	Contrainte verticale (MPa)
1	4 cm	3000	Nouvelle couche de roulement	1	20	0.577
2	12 cm	4000	Nouvelle couche de liant	2	20	0.577
3	Ancienne couche de fondation existante	1500	Couche de fondation existante			

Tableau 11 : Mesure avec BISAR 3.0 "sans couche S&P Carbophalt"