

## Mesure en laboratoire de la résistance au retrait thermique des enrobés

### PROBLÉMATIQUE

Les premières fissures qui apparaissent sur un revêtement bitumineux sont généralement les fissures transversales causées par le retrait thermique. La couche de surface tend à se contracter sous l'effet de l'abaissement de la température. Lorsque la contrainte engendrée dans l'enrobé dépasse sa résistance en tension, il se crée une fissure transversale. Cette fissure est une porte d'entrée pour l'eau et les sels déglacants, et entraîne des problèmes de soulèvement par le gel, de décollement entre les couches d'enrobé et de lessivage de la fondation (*Info DLC*, vol. 3, n° 2, février 1998). L'essai de retrait thermique empêché (essai TSRST ou *thermal stress restrained specimen test*) permet d'étudier le comportement et la performance des enrobés en fonction de la température.

### FONCTIONNEMENT DE L'APPAREIL

Une éprouvette d'enrobé cylindrique ( $\phi = 60$  mm;  $h = 250$  mm) ou de section carrée (50 mm x 50 mm x 250 mm), prélevée dans une plaque confectionnée en laboratoire à 5 % de vides au moyen du compacteur de plaques LPC, est collée entre des pastilles d'aluminium avec de l'époxy à haut module et à haute résistance. L'éprouvette, installée dans une chambre à température contrôlée, est maintenue aux extrémités par des plateaux métalliques qui empêchent le retrait dû aux variations thermiques de l'échantillon. Un capteur de déplacement (LVDT) est placé de chaque côté de l'échantillon pour en mesurer la contraction (Figure 1). Toute variation de longueur de plus de 0,25  $\mu$ m, mesurée par un LVDT, fournit un signal au système mécanique qui ramène l'éprouvette à sa longueur initiale. La force nécessaire pour empêcher l'échantillon de se contracter est mesurée par une cellule de charge située à la base de l'appareil. De plus, une thermistance est collée sur chacune des faces de l'éprouvette pour enregistrer les températures.

Le refroidissement s'effectue selon un taux constant de 10 °C/h à l'aide d'azote liquide. L'appareillage empêche l'échantillon de se contracter jusqu'à ce qu'il se fissure ou jusqu'à ce que la température limite de l'essai soit atteinte (environ -45 °C). Un système d'acquisition recueille les mesures de LVDT, la température en surface de l'échantillon ainsi que la force appliquée pour empêcher la contraction, et ce, tout au long de l'essai. L'essai est réalisé selon la norme AASHTO TP10-93.

La figure 2 montre l'allure d'une courbe obtenue après essai. La température de fissuration correspond à la contrainte thermique induite maximale à la rupture, ou contrainte de

fissuration. La pente indique le taux d'accumulation des contraintes thermiques causées par le refroidissement de l'échantillon. La température de transition est celle pour laquelle la pente devient maximale et le bitume, vitreux.

Lorsque la température de l'échantillon d'enrobé est supérieure à la température de transition, l'enrobé a un comportement viscoélastique sous l'action de petites déformations. En condition de retrait empêché, une partie des contraintes dues à la contraction se dissipent. Quand la température de l'échantillon est inférieure à la température de transition, l'enrobé présente un potentiel de dissipation d'énergie plus faible et les contraintes s'accumulent jusqu'à la fissuration de l'échantillon. L'essai TSRST donne une indication de la performance potentielle de l'enrobé à basse température en place. Pour des enrobés utilisés de manière identique sur la route, plus la température de fissuration est basse au moment de l'essai, plus la résistance à la fissuration thermique de l'enrobé est élevée. Par ailleurs, plus la pente est abrupte ou plus la température de transition est élevée, plus l'enrobé est sensible à la baisse de température.

### PROGRAMME D'ESSAI

Une étude a été effectuée sur les enrobés les plus fréquemment utilisés en couche de surface, soit ESG-10, ESG-14, EB-10C et EGA-10, fabriqués avec les bitumes des classes PG 58-28, PG 58-34 et PG 64-34. Un essai a été réalisé avec l'enrobé ESG-10 et chacun des trois bitumes, après qu'il eut subi un vieillissement en laboratoire (120 heures à 85 °C). Pour étudier l'effet du vieillissement, les échantillons ont été reconstitués à partir des matériaux d'origine ou ils ont été récupérés sur les sites de suivi de performance. Une cinquantaine d'essais TSRST a été réalisée de même qu'une étude parallèle sur l'effet de la compacité de l'enrobé sur la résistance à la fissuration thermique.

### RÉSULTATS OBTENUS ET DISCUSSION

Le facteur le plus important qui modifie la résistance à la fissuration thermique en laboratoire est le type de bitume utilisé et non le type d'enrobé (sauf pour le EGA-10). Un enrobé fabriqué avec le bitume de classe PG 64-34 indique une contrainte à la rupture plus grande que celle d'un enrobé fabriqué avec le bitume de classe PG 58-34. Un enrobé fabriqué avec le bitume de classe PG 58-28 montre moins de résistance à la rupture que les deux autres. L'enrobé EGA-10 fabriqué avec les bitumes des classes PG 58-28 et PG 58-34 présente une

contrainte à la rupture plus élevée que les trois autres enrobés fabriqués avec les mêmes classes de bitume. Cette augmentation de contrainte peut être attribuée à la formation dans l'enrobé d'un mastic bitumineux plus performant constitué d'un pourcentage plus élevé de fines et de bitume ainsi qu'à la présence de fibres d'amiante.

Le vieillissement en laboratoire de l'enrobé ESG-10 dépend de la classe de bitume. La température de transition a varié selon la quantité de polymère SBS contenue dans le bitume. Après vieillissement, l'enrobé fabriqué avec un bitume de classe PG 64-34 a présenté une hausse de la température de transition d'environ 5 °C, de 4 °C avec un bitume de classe PG 58-34 et de 2 °C avec un bitume de classe PG 58-28. La température de fissuration était plus élevée d'environ 3 °C pour les trois classes de bitume. La contrainte à la rupture et la pente d'accumulation des contraintes sont peu touchées par le vieillissement en laboratoire.

Des différences similaires de vieillissement ont été mesurées entre les éprouvettes d'enrobés prélevées sur une route existante depuis quelques années et les éprouvettes d'enrobés identiques et non vieillis fabriquées en laboratoire. Les bitumes utilisés à l'époque, classés par pénétration, ont été analysés pour déterminer leur appellation PG. La température de transition a augmenté d'environ 8 °C pour les enrobés fabriqués en laboratoire avec les bitumes des classes PG 52-34 et PG 64-28, et d'environ 3°C pour l'enrobé contenant le bitume de classe PG 52-28. La température de fissuration a été rehaussée de 4 °C pour le bitume de classe 52-34, de 5 °C pour le bitume de classe 64-28 et de 2 °C pour le bitume de classe 52-28. La contrainte à la rupture et la pente d'accumulation des contraintes sont encore moins influencées par le vieillissement *in situ* que par le vieillissement en laboratoire.

La température de fissuration mesurée au TSRST d'un enrobé conventionnel fraîchement compacté (ESG-10, ESG-14 et EB-10C) est voisine de la température obtenue avec l'essai de flexion de poutre BBR (bitume vieilli) pour le critère  $S(60) = 300$  MPa. L'essai BBR, plus simple et moins coûteux, peut donc être utilisé pour estimer la température de fissuration, ou température basse.

La compacité des enrobés testés influe sur la contrainte à la rupture et la pente d'accumulation de contrainte : une faible compacité entraîne une diminution de la contrainte à la rupture et de la pente d'accumulation des contraintes. Cependant, la compacité n'a aucun effet sur les températures de transition et de fissuration.

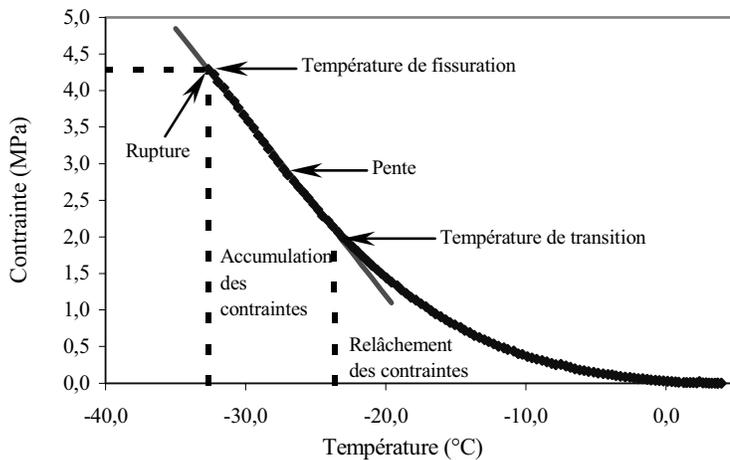


Figure 2 : Courbe typique de l'essai TSRST

## CONCLUSION

L'étude permet de montrer que la température de fissuration d'un enrobé conventionnel fraîchement fabriqué, obtenue à l'essai de retrait empêché, correspond à peu de chose près à la température basse du bitume pour le critère  $S(60) = 300$  MPa obtenue à l'essai de flexion de poutre. Pour les cas étudiés, le vieillissement de l'enrobé en laboratoire a eu pour effet d'augmenter la température de transition de 2 °C à 8 °C et la température de fissuration de 2 °C à 5 °C, donc de diminuer la résistance à la fissuration thermique. Les bitumes modifiés par l'ajout de composants oxydés sont généralement plus vulnérables au vieillissement.

L'essai TSRST permet de comparer les enrobés entre eux et d'aider à prévoir leur comportement dans le cas d'une construction ou d'une reconstruction. Il peut servir aussi à valider le choix du bitume.

## RÉFÉRENCE

Moore, Véronique. *Utilisation de l'appareil de mesure de résistance au retrait thermique pour anticiper la fissuration thermique des enrobés bitumineux lors de la conception*, Mémoire présenté pour l'obtention du grade de maître ès sciences, Université de Sherbrooke, mars 2003, 342 pages.

**RESPONSABLES :** Louise Boutin, ing.  
Michel Paradis, ing., M. Sc.  
Service des matériaux  
d'infrastructures  
Pierre Langlois, ing., M. Ing.  
Service des chaussées

**DIRECTEUR :**   
Michel Labrie, ing.

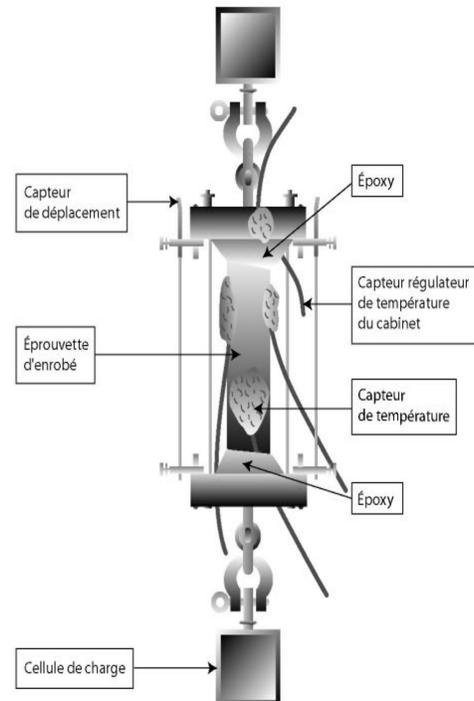


Figure 1 : Montage de l'éprouvette