

## Contexte

Une méthode d'essai a été élaborée par le Direction du laboratoire des chaussées pour la « Détermination du module complexe des enrobés » [Info DLC, vol. 16, n° 4], à la suite de quoi le module complexe ( $E^*$ ) d'enrobés typiquement utilisés au Québec a été déterminé afin de constituer une banque de données pour réaliser les expertises sur les enrobés et le dimensionnement des chaussées.

Ce projet a fait l'objet d'un rapport de recherche [Doucet et Auger 2010] et d'un article [Doucet 2010] dont les principaux résultats de module dynamique ( $|E^*|$ ) sont présentés. Seules les valeurs de  $|E^*|$  sont indiquées, soit l'intensité de  $E^*$ , puisqu'il s'agit du paramètre principal pour les expertises, et le dimensionnement.

## Module dynamique des enrobés

Le  $E^*$  de trois types d'enrobés formulés avec les cinq types de bitumes les plus utilisés au Québec a été déterminé afin d'étudier l'influence de la granulométrie de l'enrobé et de la classe de performance du bitume. Les enrobés étudiés sont un enrobé de surface ESG-10, un enrobé utilisé en couche intermédiaire (ou de base) ESG-14 et un enrobé de base GB-20. Les bitumes utilisés sont un PG 58-28, PG 58-34, PG 64-28, PG 64-34 et PG 70-28, pour un total de 15 enrobés.

Les courbes maîtresses de  $|E^*|$  des enrobés intermédiaires ESG-14 sont présentées en fonction de la température à la figure 1, pour une fréquence de référence de 10 Hz. La figure montre que le type de bitume influence la forme de la courbe maîtresse de  $|E^*|$  de l'enrobé et que cette influence augmente avec la température sur une échelle logarithmique. Le  $|E^*|$  des enrobés ESG-14 varie de 7 200 à 11 500 MPa à 10 °C et 10 Hz selon le type de bitume utilisé, avec un écart type important de 1 700 MPa.

La figure 1 montre également que le  $|E^*|$  des enrobés avec un bitume PG H-28 est généralement plus élevé à température intermédiaire ( $\approx 10$  °C) que celui des enrobés avec un bitume PG H-34. Le type de bitume influence également le  $|E^*|$  à haute température ( $>40$  °C), où l'enrobé avec un bitume PG 70-L a un  $|E^*|$  plus élevé que les enrobés avec un bitume PG 64-L, qui ont à leur tour un  $|E^*|$  plus élevé que les enrobés avec un bitume PG 58-L. Les enrobés avec le bitume PG 58-28 sont plus sensibles à la température que les autres enrobés. Ces observations sont similaires pour les enrobés ESG 10 et GB 20.

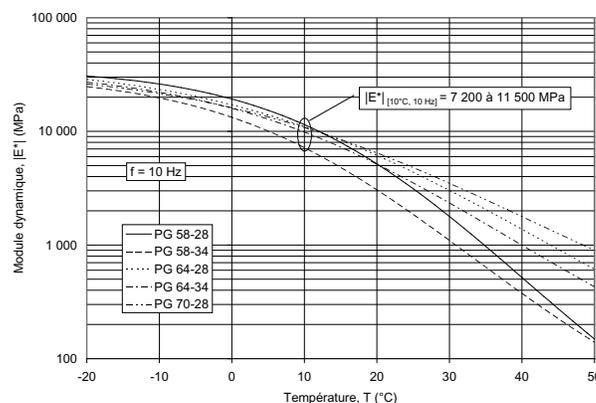


Figure 1 – Courbes maîtresses de module dynamique à 10 Hz des enrobés ESG-14 avec différents bitumes.

Les courbes maîtresses de  $|E^*|$  sont également présentées à la figure 2 pour les enrobés avec un bitume PG 58-34, la classe de performance de bitume la plus utilisée au Québec. La figure confirme que le type de bitume influence la forme de la courbe maîtresse, alors que la granulométrie influence son intensité (position). Le  $|E^*|$  varie de 6 300 à 7 700 MPa à 10 °C et 10 Hz selon le type d'enrobé, avec un écart type plus faible de 700 MPa.

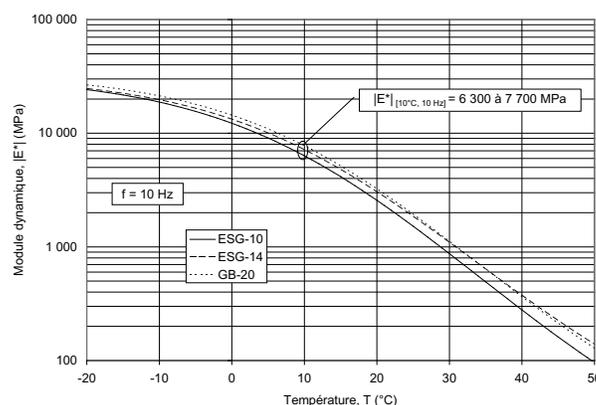
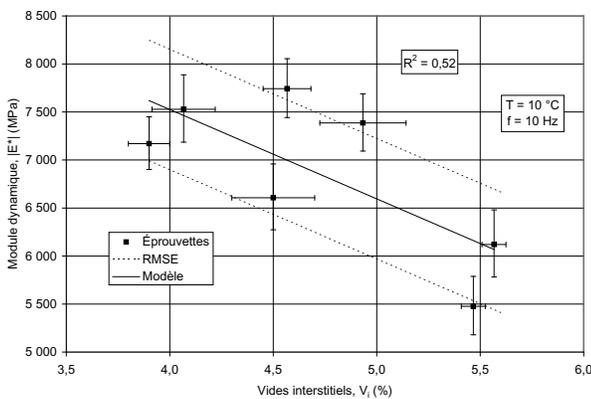


Figure 2 – Courbes maîtresses de module dynamique à 10 Hz des enrobés avec un bitume PG 58-34.

**Paramètres d'influence**

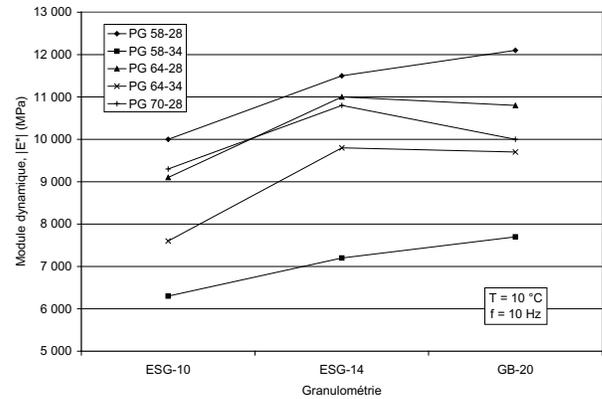
Les principaux paramètres qui influencent le  $E^*$  des enrobés sont la fréquence (vitesse) et la température, puisque le  $|E^*|$  varie en moyenne de 300 à 30 000 MPa entre 50 et -20 °C à 10 Hz. D'autre part, une étude de la répétabilité de l'essai démontre également que les vides interstitiels influencent le  $|E^*|$  des enrobés. La figure 3 montre l'influence des vides sur le  $|E^*|$  à 10 °C et 10 Hz d'un enrobé ESG-14 avec un bitume PG 58 34.

Le coefficient de détermination  $R^2$  de la relation entre les vides et le  $|E^*|$  est de 0,52, ce qui indique que la variation du  $|E^*|$  de l'enrobé dans le cadre de l'étude de répétabilité n'est pas uniquement expliquée par la variation des vides. Néanmoins, la relation indique que le  $|E^*|$  varie d'environ 930 MPa lorsque les vides varient de 1 %, soit une variation de 14 % pour une valeur moyenne de  $|E^*|$  de 6 800 MPa. L'influence des vides serait donc similaire à l'influence de la granulométrie.



**Figure 3 – Influence des vides sur le module dynamique à 10 °C et 10 Hz d'un enrobé ESG-14 avec PG 58-34.**

L'influence de la granulométrie de l'enrobé et l'influence du type de bitume sur le  $|E^*|$  à 10 °C et 10 Hz sont résumées à la figure 4 pour les 15 enrobés caractérisés. La température de 10 °C et la fréquence de 10 Hz sont considérées comme des paramètres moyens pour l'analyse de la fatigue sur autoroute. Ainsi, la figure montre que l'intensité du  $|E^*|$  tend à augmenter lorsque le diamètre nominal maximal de l'enrobé augmente et qu'il existe un écart entre les bitumes PG H-28 et PG H-34. Le  $|E^*|$  moyen est de 9 500 MPa avec un écart type de 1 600 MPa.



**Figure 4 – Influence de la granulométrie sur le module dynamique à 10 °C et 10 Hz des enrobés.**

Par ailleurs, les vides moyens des enrobés ESG-10 et GB-20 sont de 4,8 % alors que les vides moyens des enrobés ESG-14 sont de 3,9 %, ce qui semble augmenter la valeur du  $|E^*|$  des enrobés ESG-14 comparativement aux enrobés ESG-10 et GB-20. De même, les vides de l'enrobé GB-20 avec un bitume PG 70-28 sont de 6,1 %, ce qui diminue la valeur de  $|E^*|$ .

**Conclusion**

Le ministère des Transports du Québec a constitué une banque de données qu'il rend accessible pour la réalisation des expertises sur les enrobés et le dimensionnement des chaussées au Québec. Les résultats montrent que la forme de la courbe maîtresse de  $|E^*|$  dépend principalement du type de bitume utilisé, alors que la granulométrie et les vides interstitiels influencent l'intensité (position) de la courbe.

**Références**

DOUCET, F., et B. AUGER. (2010) *Détermination du module complexe des enrobés au ministère des Transports du Québec – Matériaux et infrastructures*, coll. Études et recherches en transport, Ministère des Transports du Québec, Québec.

DOUCET, F. (2010) «*Dynamic modulus of asphalt mixes in Quebec*», Proceedings of the 55th annual conference, Canadian Technical Asphalt Association, Edmonton, Canada.

**RESPONSABLES :**

Félix Doucet, ing. M. Sc. A.  
Service des matériaux d'infrastructures

Bruno Auger, tech. spéc.  
Service des matériaux d'infrastructures

**DIRECTEUR :**

  
Guy Tremblay, ing.  
Direction du Laboratoire des chaussées