

PROBLÉMATIQUE

Il est généralement admis que les chaussées se dégradent sous l'action du trafic lourd et du climat, et que les cycles de gel et dégel contribuent à aggraver les dommages. Il est cependant plus difficile de quantifier l'effet de ces fluctuations saisonnières et d'en tenir compte adéquatement à l'étape du dimensionnement d'une nouvelle chaussée ou du renforcement d'une chaussée existante.

L'endommagement des chaussées se manifeste principalement par l'apparition de fissures transversales (retrait thermique du béton bitumineux à basse température), d'ondulations ou de soulèvements différentiels dus au gel et à l'hétérogénéité des matériaux, ainsi que de fissures de fatigue ou d'ornières produites par le passage répété des véhicules lourds. De plus, les fissures permettent l'infiltration de l'eau, ce qui entraîne de nouveaux mécanismes d'endommagement et la diminution du confort de roulement. Les mécanismes de fissuration par fatigue et de déformation permanente sont ceux qui font généralement l'objet des études de portance parce qu'ils sont associés au trafic lourd. Ce bulletin présente une étude de cas réalisée sur quelques routes pour déterminer la distribution annuelle des dommages, les modules de matériaux et les restrictions optimales des charges au printemps.

ESSAIS EXPÉRIMENTAUX

Cinq sections de chaussées homogènes de 150 mètres de longueur ont été suivies durant un cycle annuel complet en 1993-1994. Ces sections sont recouvertes d'une couche d'enrobés de 90 mm à 133 mm d'épaisseur et sont construites sur une variété de sols supports ayant divers degrés de susceptibilité au gel. Des sondages ont été effectués dans les chaussées pour déterminer l'épaisseur des couches, pour prélever des échantillons, pour installer des gélomètres et des piézomètres afin de connaître les profondeurs de gel et de dégel ainsi que celle de la nappe phréatique. Des essais réalisés au moyen d'un déflectomètre à masse tombante (FWD) ont permis de mesurer l'amplitude et la géométrie des bassins de déflexion produits par le passage d'un essieu de référence dont on a reproduit l'impact, toutes les semaines durant le dégel et à intervalles plus espacés le reste de l'année.

MÉTHODE DE CALCUL

La méthode actuelle du calcul de dimensionnement des chaussées au ministère des Transports du Québec (MTQ) est basée sur la méthode de l'AASHTO. On sait que cette méthode doit être

davantage adaptée à nos matériaux et à notre climat. L'utilisation de la théorie du modèle à couches multiples linéairement élastiques a été retenue pour une première interprétation des cycles saisonniers de la portance mesurés par le FWD sur quelques routes. Le principe est illustré à la figure 1. Les épaisseurs des couches mesurées lors des sondages et leurs modules réversibles déduits par rétrocalcul à partir des bassins de déflexion, ont été introduits dans le modèle pour chaque période de l'année. L'élongation à la base du revêtement ϵ_t , responsable de la fissuration par fatigue de l'enrobé, ainsi que la déformation verticale au sommet du sol support ϵ_v , proportionnelle à la déformation permanente au niveau de la ligne d'infrastructure et responsable de l'orniérage à grand rayon, ont été calculées. Un modèle empirique de performance a ensuite été utilisé pour lier la déformation ϵ_t et la température de l'enrobé au nombre admissible N de passages d'un essieu avant la rupture par fatigue.

RÉSULTATS

Il a d'abord été démontré par les essais réalisés à différentes températures que le logarithme du module réversible de l'enrobé est proportionnel à sa température pour chaque site. En été, ce module peut être jusqu'à dix fois plus faible que sa valeur en hiver sous le seul effet d'un écart de température de 40 °C sur le bitume (figure 2). Les statistiques d'une station météorologique ont été consultées pour tracer une courbe des températures normales de l'enrobé pour chaque semaine; les modules correspondants ont été déterminés au moyen de la figure 2. Ces valeurs, ainsi que les profondeurs de dégel, les épaisseurs et les modules réversibles des autres couches, ont ensuite été utilisés pour calculer pour chaque semaine les déformations et le nombre admissible N correspondant. De récents essais effectués au laboratoire du MTQ ont permis d'obtenir des courbes de fatigue en fonction de la température d'un enrobé ESG-14 (figure 3). La loi de Miner, qui définit l'endommagement dû à une charge comme étant l'inverse du nombre admissible de passages de cette charge, a été appliquée pour déterminer les taux d'endommagement en fonction de l'intensité du trafic. Un dommage moyen annuel D_{moy} a été calculé, et au moyen du dommage hebdomadaire D , on peut déterminer le facteur de dommage relatif $FDR = D/D_{\text{moy}}$ (figure 4). Ces courbes montrent que jusqu'à 75 % des dommages dus à la fatigue peuvent survenir durant le printemps; le taux d'endommagement du printemps peut excéder de 4 fois celui de l'été, selon le type de sol support et encore plus selon le type d'enrobé.

L'évolution saisonnière des dommages et des modules réversibles de chaque couche permet de calculer théoriquement les valeurs représentatives pour l'année. Ces dernières correspondent à la date où le FDR est égal à sa valeur moyenne annuelle (FDR = 100 %). Le paramètre FDR peut aussi être utilisé dans le calcul de dimensionnement pour ajuster le nombre N de passages d'un essieu selon la période de l'année. Cette méthode de dimensionnement peut enfin permettre de préciser le mode optimal de restriction des charges : un exercice effectué pour la route 159 a permis d'estimer qu'en maintenant la charge axiale au dégel à 75 % de sa valeur estivale durant environ 9 semaines, les dommages printaniers seraient limités à un niveau équivalent à ceux d'été. Cette restriction des charges pourrait avoir pour effet de prolonger de 4 années la durée de vie de la chaussée initialement prévue de 10 ans.

CONCLUSION

Cette étude montre que les fluctuations climatiques et la nature des sols supports ont des effets majeurs sur la distribution annuelle de l'endommagement structural des chaussées. Elle démontre aussi que l'établissement de méthodes de dimensionnement prenant en compte les variations saisonnières des modules de matériaux est nécessaire. Les suivis de performance *in situ* continuent d'être utilisés par le Service des chaussées pour améliorer le calage des modèles.

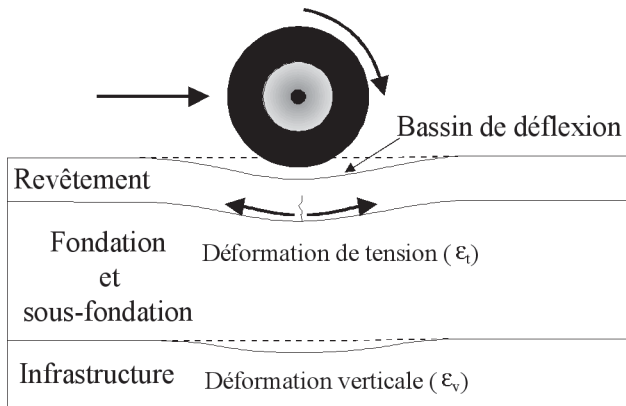


Figure 1 : mécanismes de dégradation par le trafic

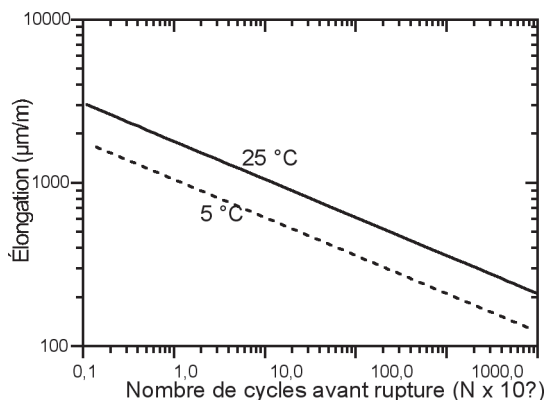


Figure 3 : fatigue de l'enrobé selon sa température


RÉFÉRENCES

St-Laurent, D., Roy, M., Bergeron, G. 1995, « Variations saisonnières de la portance des chaussées souples : une étude avec le FWD », *Recueil des communications du 30^e Congrès annuel de l'Association québécoise du transport et des routes (AQTR)*, avril 1995, Hull, p. 52 à 73.

Doré, G., Konrad, J.M., Roy M. 1998, *Suivi du comportement de sections isolées et développement d'une méthodologie rationnelle de conception des chaussées en conditions de gel*, Rapport final, Université Laval, avril 1998, 160 pages.

Guan, Y., Drumm, E.C., Jackson, N.M. 1998, « Weighting Factor for Seasonal Subgrade Resilient Modulus », *Transportation Research Board 77th Annual Meeting*, janvier 1998, Washington, D.C.

RESPONSABLE : Denis St-Laurent, ing.
Service des chaussées

DIRECTEUR : 
Michel Labrie, ing.

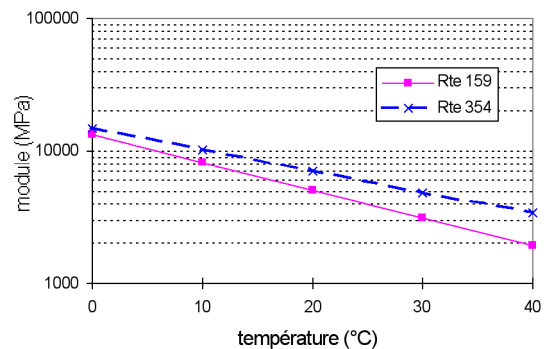


Figure 2 : module de l'enrobé selon sa température

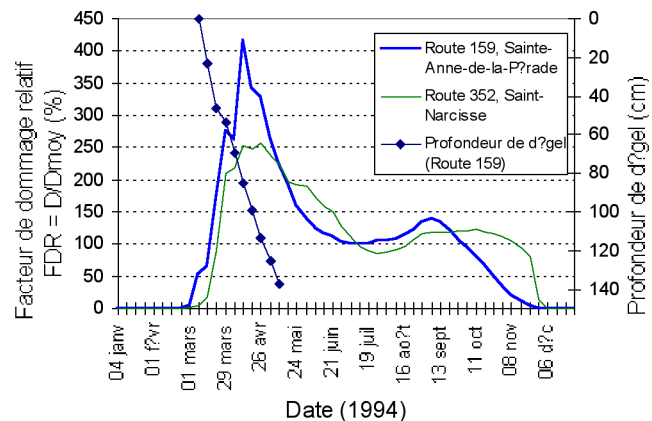


Figure 4 : dommages saisonniers dus à la fatigue