

PROBLÉMATIQUE

La compacité d'un revêtement bitumineux en conditionne la durabilité. Elle peut être déterminée en laboratoire au moyen d'une analyse d'échantillons prélevés sur le chantier. Quoique cette méthode permette de produire des résultats fiables, elle est destructive, et les résultats sont connus tardivement, ce qui empêche de réaliser une action corrective pour améliorer la compacité du revêtement si elle n'est pas conforme.

Depuis plusieurs années, le ministère des Transports du Québec (MTQ) utilise le nucléodensimètre pour couche mince à lecture directe pour mesurer la masse volumique des enrobés. Il s'avère que les résultats obtenus varient selon les utilisateurs et selon le type d'enrobé.

Un seul fabricant produit ce type d'appareil (Troxler 4640 B et 3450). La notice technique propose quatre modes de prise de mesures (lecture directe, facteur de correction, étalonnage spécial et vides de surface) et quatre temps de prise de mesures (30 s, 1 min, 2 min, 4 min). Les appareils sont conçus pour être utilisés en mode **lecture directe** sur des matériaux dont la masse volumique varie de 1602 à 2723 kg/m³. Cependant, certains enrobés présentent une masse volumique située en dehors de cette plage. Dans ce cas, le fabricant recommande d'utiliser le mode **étalonnage spécial** (*Special Calibration*). Le mode **facteur de correction** (*offset*) peut aussi être utilisé; selon le fabricant, il serait moins précis et ne devrait être utilisé que temporairement afin d'ajuster l'appareil. Finalement, le fabricant propose un dernier mode de lecture, le mode **vides de surface** (*Surface Voids*) qui doit être utilisé sur des enrobés contenant de gros granulats et dont la texture ouverte pourrait influencer les mesures.

TRAVAUX RÉALISÉS

Une étude a été réalisée par le MTQ en 2000 et 2001 pour déterminer la meilleure méthode d'essai. Les quatre modes de prise de mesures ont été combinés à trois des quatre temps de lecture et à différents nombres de lectures. L'essai de quatre minutes n'a pas été analysé parce que cette durée d'essai est trop longue. Les objectifs recherchés étaient :

- de trouver une méthode d'essai adaptée aux différents types d'enrobés utilisés par le MTQ;
- d'évaluer la fiabilité des mesures en fonction du temps de lecture, du nombre de lectures et du nombre de carottes prélevées;

- d'évaluer l'influence du milieu immédiat (pont d'étagement, température, glissière de béton, etc.);
- de vérifier si un même facteur de correction, dans le cas où ce mode est retenu, peut s'appliquer à plusieurs appareils et à différents types d'enrobés.

Les mesures obtenues au moyen du nucléodensimètre ont été réalisées à l'intérieur de 22 projets au cours de la saison 2000. Afin que les mesures ne soient pas influencées par les couches sous-jacentes, l'épaisseur programmée dans l'appareil a été de 75 % de l'épaisseur moyenne de la couche d'enrobé à ausculter.

RÉSULTATS DE L'ÉTUDE

L'analyse statistique des résultats de l'étude démontre que le mode facteur de correction est toujours le plus précis ou l'un des plus précis. Quel que soit le mode utilisé, le temps de lecture n'affecte pas significativement la précision de la mesure. Le mode facteur de correction et un temps de trente secondes sont donc retenus. La précision des résultats n'est pas non plus affectée significativement par le fait d'effectuer 3, 4 ou 5 lectures au même site. Cinq mesures sont prises pour déterminer plus facilement une valeur aberrante. Enfin, un nombre de sites représentatifs du projet supérieur à trois n'apporte pas non plus d'augmentation de la précision significative à l'étape de la détermination du facteur de correction. Les mesures ne sont pas influencées par une glissière de béton, par un pont d'étagement, ou par des températures d'enrobé différentes. L'utilisation d'un même facteur de correction par type d'enrobé peut entraîner une erreur additionnelle de plus de 1 % sur la masse volumique de l'enrobé. Une autre erreur, pouvant atteindre 3,5 % (pour cinq projet considérés), peut s'ajouter si le même facteur de correction est utilisé pour des appareils différents sur le même enrobé. Il convient donc de déterminer un facteur de correction pour chaque appareil et pour chaque formule d'enrobé.

La méthode d'essai mise au point s'applique à la détermination du facteur de correction et à la vérification de la compacité de l'enrobé sur le chantier.

DÉTERMINATION DU FACTEUR DE CORRECTION

Le facteur de correction est déterminé en comparant la masse volumique obtenue au moyen du nucléodensimètre (MVN) à la masse volumique mesurée sur une carotte (MVC), considérée comme la valeur de référence.

Trois sites représentatifs du projet sont délimités sur la chaussée. Une mesure est prise au centre du site ou à l'endroit où la carotte sera prélevée, et quatre autres le plus près possible du centre (figure 1). Une carotte par site est prélevée. La masse volumique MVC de la carotte prélevée est calculée au moyen de la densité déterminée selon la méthode LC 26-040. Les cinq mesures de la masse volumique MVN doivent se situer entre - 120 et + 120 kg/m³ de la valeur de la médiane; si une lecture se situe à l'extérieur de cet intervalle, un autre site doit être choisi et les mesures doivent être reprises. Le facteur de correction est ensuite établi en calculant la différence entre la moyenne des masses volumiques des carottes (MVC) et la moyenne des mesures obtenues au moyen du nucléodensimètre (MVN).

VÉRIFICATION DE LA COMPACTITÉ DE L'ENROBÉ

La compacité de l'enrobé est vérifiée en déterminant six sites de prise de mesures par jour de production au moyen d'une table de nombres au hasard et en procédant de la même manière que précédemment. Cependant, si une mesure se situe à l'extérieur de - 80 ou de + 80 kg/m³ de la valeur de la médiane des cinq mesures, cette lecture doit être éliminée. La moyenne des mesures retenues est calculée, et le facteur de correction est additionné ou retranché à la MVN pour obtenir la masse volumique de l'enrobé.

PRÉCISION DE LA MÉTHODE D'ESSAI

À l'échelle d'un site :

- 68,3 % des valeurs individuelles de la MVN sont à ± 1 % de la valeur de la MVC;
- 95,5 % des valeurs individuelles de la MVN sont à ± 2 % de la valeur de la MVC;
- 99,8 % des valeurs individuelles de la MVN sont à ± 3 % de la valeur de la MVC.


À l'échelle d'un projet (moyenne de six sites) :

- 93,7 % des valeurs des MVN moyennes sont à ± 1 % de la valeur de la MVC moyenne;
- 99,9 % des valeurs des MVN moyennes sont à ± 2 % de la valeur de la MVC moyenne.

CONCLUSION

Cette étude a permis de mettre au point une méthode de mesure de la masse volumique du revêtement bitumineux au moyen du nucléodensimètre à lecture directe seulement, en utilisant le mode de prise de mesures par facteur de correction. Cette méthode d'essai utilisant les nucléo-densimètres Troxler 4640 B et 3450 doit être utilisée pour les travaux du MTQ; elle s'applique aux enrobés dont il est question dans les normes 4201 et 4202. Le facteur de correction doit être déterminé pour chaque nucléo-densimètre et pour chaque formule d'enrobé. Cette détermination est complémentaire à l'étalonnage annuel du nucléodensimètre réalisé selon la norme ASTM D 2950. L'utilisation des autres marques et modèles de nucléo-densimètres doit faire l'objet pour l'instant d'une méthode d'essai conforme aux instructions du manufacturier.

RESPONSABLES : Yves Robitaille, tech.
Service des chaussées
Sylvain Naud, ing.
Service des matériaux
d'infrastructures

DIRECTEUR : 
Michel Labrie,ing.

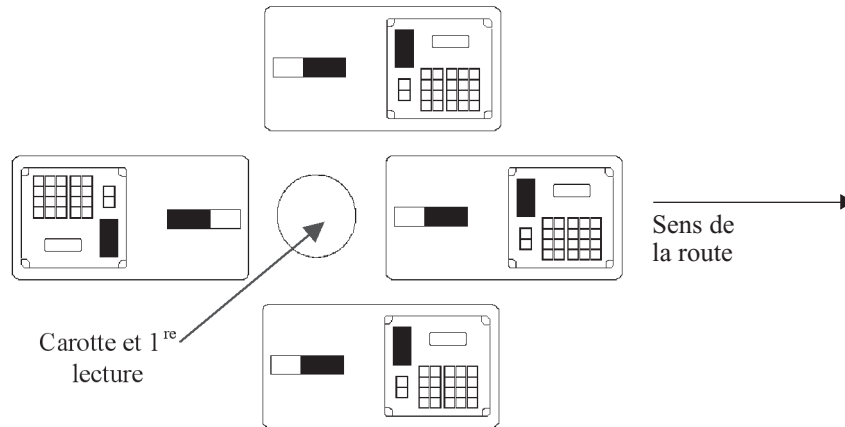


Figure 1 : Emplacements des cinq prises de mesures à un site donné