

Méthode de formulation LC pour les enrobés

PROBLÉMATIQUE

Les revêtements bitumineux sont de plus en plus sollicités et les méthodes de formulation d'enrobés utilisées à ce jour ne permettent plus de formuler des enrobés suffisamment performants pour résister aux contraintes actuelles. La méthode Marshall, utilisée depuis plus d'une cinquantaine d'années, a été conçue pour des enrobés utilisés dans des contextes différents.

Deux méthodes de formulation axées sur la performance des enrobés ont été mises au point au cours des vingt dernières années, soit la méthode utilisée en France (méthode du LCPC) depuis la fin des années 60, et la méthode Superpave, mise au point aux États-Unis dans le cadre du programme SHRP au début des années 90. Le Service des matériaux de chaussées a acquis les équipements pour formuler des enrobés selon ces deux méthodes. Après plusieurs expériences, il s'est avéré qu'il est possible de combiner ces deux méthodes de formulation pour conserver les avantages et minimiser les inconvénients de chacune. Il en est résulté la méthode LC (laboratoire des chaussées), qui reprend le concept de formulation de la méthode du LCPC, adapté au concept volumétrique des enrobés utilisé dans la méthode Superpave. De la méthode LCPC, la méthode LC a retenu l'idée de fixer la teneur en bitume et la façon d'ajuster les vides dans l'enrobé en optimisant la granulométrie par l'utilisation de granulats séparés par classes granulaires qui ne se recoupent pas. De la méthode Superpave, la caractérisation et la classification des bitumes, le concept granulométrique, les calculs volumétriques de l'enrobé et les caractéristiques d'essais à la presse à cisaillement giratoire (PCG) ont été retenus.

FORMULATION LC

L'objectif de toute méthode de formulation est d'optimiser les proportions des composantes. La teneur en bitume ayant une grande influence sur la performance des enrobés, la méthode LC a pour principe de maximiser la teneur en bitume afin d'assurer une meilleure durabilité des enrobés (résistance à la fissuration, au désenrobage et à l'arrachement). Les enrobés à teneur en bitume élevée ayant tendance à se déformer facilement sous l'action des charges lourdes, la résistance à l'orniérage doit être assurée par l'utilisation de granulats suffisamment angulaires.

Pour tenir compte de la diversité des masses volumiques des constituants et de l'absorption en bitume par les granulats, la composition des enrobés est déterminée à partir d'une méthode volumétrique. La méthode LC est la seule méthode de formulation à utiliser le volume de bitume effectif comme spécification. Pour chaque type d'enrobé, le volume de bitume effectif est déterminé en pourcentage du volume total de l'enrobé moins le volume des vides interstitiels.

Ce volume de bitume, corrigé en fonction du taux d'absorption des granulats, correspond à une quantité d'environ 5,3 % à 5,5 % de bitume, en poids, du mélange total pour un EG-10. Au lieu de faire varier la quantité de bitume afin de déterminer la proportion optimale comme dans le cas de la méthode Marshall, la procédure de formulation consiste plutôt à modifier la granulométrie ou les sources de granulats afin de satisfaire aux critères de vides. En formulation, le pourcentage de bitume ne peut varier que de 0,1 % par rapport à la teneur en bitume visée. Le volume de bitume effectif retenu pour chaque enrobé assure une teneur en bitume suffisamment élevée pour garantir une excellente durée de vie utile des revêtements.

PRESSE À CISAILLEMENT GIRATOIRE

Quoiqu'il s'agisse d'un appareillage coûteux (environ 40 000 \$ pour la presse Superpave), la presse à cisaillement giratoire (PCG) n'est en fait qu'un simple outil de compactage d'un échantillon d'enrobé muni d'un système d'acquisition de données. Sa particularité réside dans le fait que l'échantillon n'est pas densifié par impact comme dans le cas de la méthode Marshall, mais plutôt sous l'action combinée d'un piston exerçant une pression fixée à 600 kPa et d'un moule cylindrique de 150 mm de diamètre incliné de 1,25 degré et décrivant un mouvement giratoire de 30 tours par minute (figure 1). Le compactage est obtenu en effectuant le nombre de girations désiré, qui est généralement de 200. La température de l'échantillon est ajustée en fonction du type de bitume utilisé.

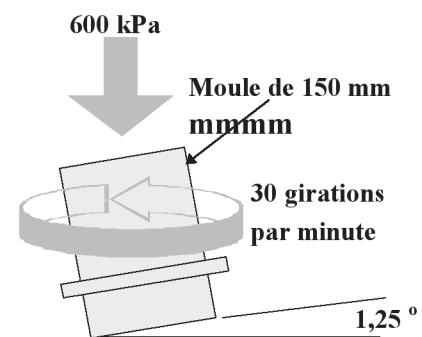


Figure 1 : principe du compactage à la PCG

Ce mode de compactage traduit la relation linéaire qui existe entre le nombre de passes d'un rouleau compacteur de chantier et le nombre de girations; ce n'était pas le cas avec le nombre d'impacts de la méthode Marshall. Ce mode permet aussi de prédire en laboratoire la « maniabilité » d'un mélange d'enrobé. Alors que la méthode

Marshall ne permet la mesure d'un pourcentage de vides que pour un effort de compactage unique, l'essai à la PCG permet de mesurer l'évolution du pourcentage de vides dans le mélange en fonction du nombre de girations. Cette courbe du pourcentage de vides en fonction du nombre de girations (figure 2) décrit la maniabilité du mélange, qui est utilisée comme critère de formulation des enrobés. Le critère de maniabilité permet d'exercer une discrimination entre des mélanges trop maniés, qui auront tendance à présenter des ornières, et des mélanges peu maniés, qui seront perméables et peu durables. L'essai à la PCG permet également une appréciation qualitative de l'éprouvette densifiée, de la texture de la surface et des risques de ressuage en service.

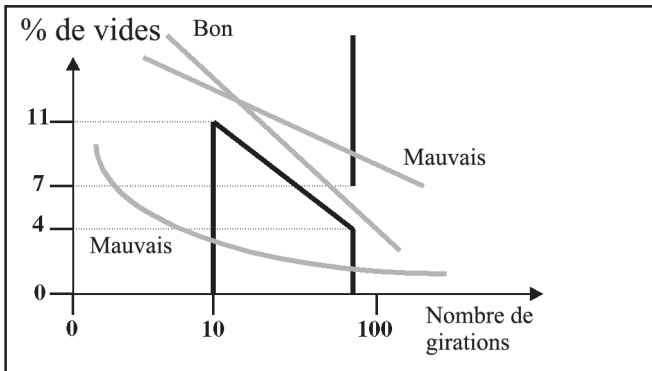


Figure 2 : relation vides vs girations à la PCG

L'essai à la PCG utilisé au Québec est décrit dans les normes LC 26 003 (compactage) et LC 26-004 (formulation), présentées dans le *Recueil des méthodes d'essais du laboratoire des chaussées* (Publications du Québec). D'autre part, la norme 4202 (CCDG 1997) présente les exigences du Ministère en ce qui a trait aux caractéristiques et aux critères d'évaluation des enrobés ESG-14, ESG 10, EG-10 et EGA-10, formulés selon la méthode LC et utilisant la PCG Superpave.

CRITÈRES DE FORMULATION

Le premier critère, fixé à 10 girations, requiert une quantité minimale de vides supérieure à un seuil de 11 %. Ce critère, que l'on appelle parfois « seuil d'estimation de la maniabilité », permet de s'assurer que le mélange n'est pas trop maniable. Ainsi, un mélange qui atteindrait de 4 % à 5 % de vides après seulement 10 girations serait jugé trop maniable et sujet à l'orniérage.

Le second critère, fixé entre 60 et 120 girations selon les types d'enrobés, requiert une quantité de vides comprise dans une fourchette variant de 4 % à 7 %. Ce critère permet d'assurer que le mélange est suffisamment imperméable (7 % maximum) pour être durable, sans toutefois être trop maniable (4 % minimum) et être ainsi sujet à l'orniérage. Ce critère constitue le critère de design; il correspond à l'état du revêtement après le compactage effectué à l'étape de la construction; c'est dans cet état que les propriétés du mélange sont évaluées (densité brute, densité maximale, pourcentage de vides entre les granulats).

Un troisième critère, fixé à 200 girations, permet d'estimer le compactage ultime subi par le mélange en service : le mélange doit conserver une quantité minimale de vides d'environ 2 %, pour éviter l'orniérage ou le ressuage; à 200 girations, l'évaluation visuelle de l'éprouvette confirme la présence ou l'absence de ressuage d'une quantité excessive de bitume.

CONCLUSION

La méthode LC conduit à des enrobés généralement plus riches en bitume, donc plus résistants à la fissuration, que ceux formulés au moyen de la méthode Marshall, sans toutefois présenter les degrés de maniabilité excessive observés dans le passé. Les premiers enrobés formulés au moyen de cette méthode ont été utilisés en 1993 sur l'autoroute 30 (enrobés grenus EG-10) et en 1994 sur l'autoroute 20 (enrobés grenus à l'amiante EGA-10). Les enrobés semi-grenus ESG-10 ont ensuite été utilisés en 1995 pour le tunnel Louis-Hippolyte La Fontaine et sur le circuit Gilles-Villeneuve. Des enrobés ESG-14 ont été posés en 1997. Des nouveaux enrobés pour routes faiblement sollicitées seront formulés au moyen de la méthode LC dans les années qui viennent.

Note : texte rédigé en collaboration avec Serge Meilleur, ing., M.Sc.A., Fondatec.

RÉFÉRENCE

Langlois, P., Beaudoin, M. et Proteau, D., « Formulation d'Enrobés Superpave : l'expérience du Laboratoire des chaussées du ministère des Transports du Québec », *Atelier international sur l'utilisation de la presse à cisaillement giratoire*, LCPC, Nantes, 12 et 13 décembre 1996.

RESPONSABLES : Pierre Langlois, M. ing.
Marina Beaudoin, ing.
Service des matériaux de chaussées

DIRECTEUR : _____
Pierre La Fontaine, ing.