

# Dimensionnement et analyse performancielle

## Définition de la notion d'Enrobé à Module Elevé (EME) adapté aux régions froides

### Marion Scabello

Année scolaire : 2018-2019

#### Organisme d'accueil :

Laboratoire sur les Chaussées et Matériaux Bitumineux (LCMB) de l'Ecole de Technologie Supérieure, Montréal, Canada

#### Voie d'approfondissement :

Génie Civil – Infrastructures routières

#### Membres du jury:

Président du Jury : Salvatore MANGIAFICO

Maître de TFE : Daniel PERRATON

Expert : Hervé DI BENEDETTO

*Le sujet de ce mémoire s'inscrit dans un projet de recherche collaboratif, appelé RDC2, entre le LCMB de l'ETS de Montréal, et l'entreprise CTA Eurovia-Canada. Ce programme de recherche réalise la caractérisation d'un EME adapté aux régions froides et l'utilisation de différentes méthodes mécanistiques-empiriques de dimensionnement de chaussées pour des structures avec HPAC (High Modulus Asphalt Concrete).*

## Introduction

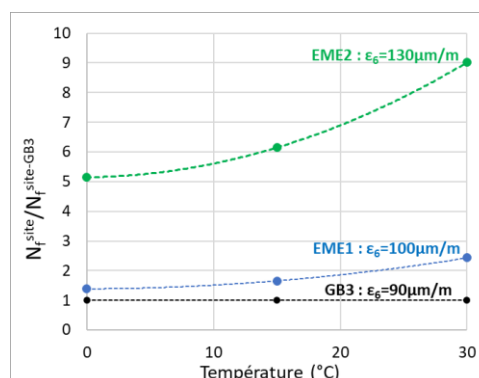
L'étendue du Canada lui procure une diversité de climats et de profils de températures nécessitant l'adaptation des structures de chaussées dès leur dimensionnement. Dans un contexte actuel d'économie et de réduction de la consommation des matériaux et des matières premières, des matériaux aux hautes performances, comme les Enrobés à Module Elevés (EME) français, sont développés dans la perspective d'améliorer la performance et la durée de vie des chaussées face à ces sollicitations climatiques. Dans les régions froides, en plus des températures basses, le dimensionnement d'une structure de chaussée doit prendre en compte l'impact des cycles de gel-dégel auxquels sont sujettes les chaussées tout au long de leur. En revanche, lorsqu'on s'intéresse à une région chaude, la prise en compte du gel devient tout à fait secondaire. Il convient alors de dire que la notion d'« EME » aux performances thermomécaniques permettant la réalisation de structures de chaussée à durée de vie prolongée est alors spécifique à la région considérée et à son propre climat.

## Définition performancielle des EME en France

**Méthodologie** - L'objectif premier de ce mémoire est de définir la notion d'EME du point de vue du dimensionnement de structures de chaussées bitumineuses souples. Les simulations numériques effectuées sur le **logiciel OPECC** (Outil de Prévion de l'Évolution du Comportement des Chaussées) permettent de définir un **coefficient de bonification ou ratio de durée de vie** quantifiant la performance des enrobés suivant la méthode mécanistique-empirique (méthode utilisant à la fois une fonction de transfert empirique et un modèle mécanique (lois de comportements)). Cet indice de performance rend compte du gain de la durée de vie d'une structure de chaussée comportant de l'EME en couche de base par rapport à une structure de chaussée conventionnelle comportant un enrobé standard de type GB20 ou GB3 en couche de base. L'exercice est renouvelé à plusieurs **températures de dimensionnement** pour comparer les performances en termes de durée de vie des enrobés à haut module (ou à haute performance) dont les exigences minimales étaient définies par la valeur de module E à différentes températures de dimensionnement.

**Résultats** - L'utilisation d'EME1, permet une réduction entre 5 et 12% de l'épaisseur tandis que l'EME2 permet une diminution plus conséquente de **25 à 28%** par rapport à l'épaisseur de la couche de base constituée de GB3 à la température de dimensionnement considérée. L'utilisation d'EME en couche

de base a aussi un effet sur le ratio de durée de vie de la chaussée établi en référence à la GB3, lequel est impacté selon la température de dimensionnement considérée. Alors, à 15°C, pour la structure type considérée, pour une épaisseur de couche de base fixée, l'utilisation d'EME2 permet à la chaussée de supporter jusqu'à **6,15** fois plus de trafic qu'avec de la GB3 en couche de base. Compte tenu des différences de températures entre la France et le Canada, la question de la température de dimensionnement se pose à l'image du ratio de durée de vie de l'EME<sup>FR</sup> (dont l'exigence du module est 14 000MPa définie à 15°C) qui est proche du double de celui l'EME<sup>BQ</sup> (dont l'exigence du module est 14 000MPa définie à 10°C).

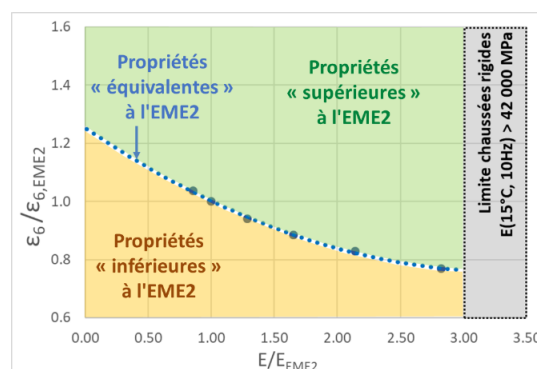


Evolution du ratio de durée de vie en fonction de la température de dimensionnement  
(Simulations à  $P=20$  ans,  $r=50\%$ ,  $e_{0^\circ\text{C}}=170\text{mm}$ ,  $e_{15^\circ\text{C}}=207\text{mm}$ ,  $e_{30^\circ\text{C}}=277\text{mm}$ )

## Equivalence des couples Module/Résistance à la fatigue

**Méthodologie** - Dans un second temps, des couples performanciers de module-fatigue cibles sont recherchés afin d'atteindre des coefficients de bonification semblables à ceux établis pour les structures de chaussées françaises étudiées dans la partie précédente.

**Résultats** - Ces simulations numériques mettent en évidence une courbe d'équivalence (voir ci-dessous) des couples module/résistance à la fatigue ( $E$ ,  $\epsilon_6$ ) équivalents à celui de l'EME2 français en termes de performance et de durée de vie. Cette courbe d'équivalence, délimitant deux zones de performances, semble montrer une certaine indépendance vis-à-vis de la durée de vie imposée et de la valeur de la pente de la droite de fatigue dans le cadre du cas type étudié. Les liens entre le dimensionnement et la performance sont mis en lumière par la duplication de cette courbe d'équivalence suivant différentes épaisseurs de la couche de base et différentes durées de vie.



Courbe d'équivalence des couples ( $E$ ,  $\epsilon_6$ ) et zones de performance  
(Simulations à  $\theta=15^\circ\text{C}$ ,  $P=20$ ans,  $r=50\%$ ,  $e=207\text{mm}$ ,  $N_{f,\text{site}}=30,9.10^6$ )

## Détermination de la température équivalente au Québec

**Méthodologie** - Compte tenu de la grande variété des profils de température au Canada, un calcul de la température équivalente est proposé pour la ville de **Montréal**. Ce calcul est inspiré de la méthode de calcul française décrite dans le Guide du SETRA LCPC de 1994 en s'adaptant aux particularités de ce pays en termes de profils de températures, de structure de chaussée et d'impact du cycle de gel-dégel.

**Résultats** - En France, la température équivalente utilisée pour le dimensionnement des chaussées est de 15,0°C. Pour la structure de chaussée étudiée, la température équivalente obtenue à Montréal est de **12,1°C** (avec le calcul classique) et de **10,2°C** (avec la prise en compte la modification de la capacité portante pendant les mois de gel et de dégel). La température de dimensionnement est un élément indissociable du dimensionnement des structures de chaussée québécoises compte tenu de l'impact des sollicitations climatiques sur les chaussées tout au long de l'année. A la vue de ces résultats, il serait intéressant d'intégrer la notion de température équivalente dans le dimensionnement des structures de chaussées au Québec.