



Chaire de recherche industrielle
du CRSNG sur l'interaction
charges lourdes-climat-chaussées



Fissuration thermique des enrobés bitumineux mécanisme et contrôle

Youness Berraha

Candidat au doctorat

Sous la direction

Guy Doré (UL), Daniel Perraton (ETS) et Michel Vaillancourt (ETS)

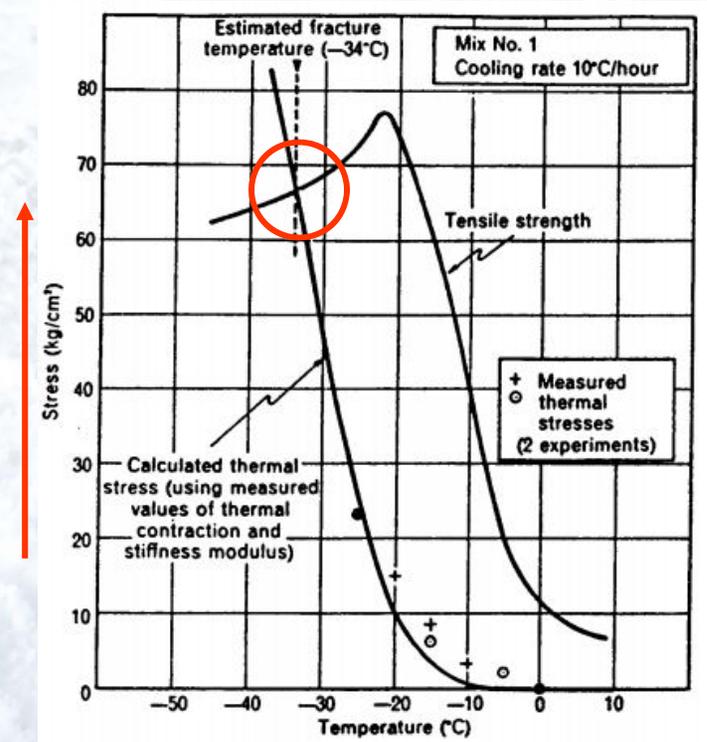
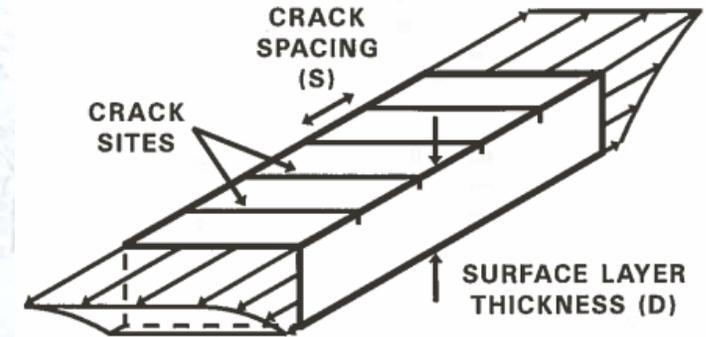


UNIVERSITÉ
LAVAL

Faculté des Sciences et de génie
Département de génie civil



Fissuration thermique des enrobés bitumineux ?



tiré de Hills and Brien (1966)



Problématique

- La fissuration thermique : dégradation importante des chaussées
- Favorise l'apparition d'autres détériorations (fissures secondaires, affaissement, nids de poules, ...)
- Travaux de recherches antérieurs : développés une **compréhension approfondie des mécanismes et facteurs affectant ce phénomène** (Marasteanu *et al.*, 2007 et 2012)

En revanche

- L'influence du phénomène sur la capacité structurale et sur le comportement au gel de la chaussée aux abords des fissures est **encore peu documentée**

Objectif du projet de recherche

- Améliorer la compréhension de l'effet de la fissuration thermique sur le comportement mécanique et comportement au gel des chaussées.
- Développer des approches efficaces pour la prévention de la fissuration



Méthodologie

1. Essais expérimentaux

Fosse d'essai : construire une chaussée et y créer une **fissure idéalisée**.
Mesurer des contraintes et déformations sous sollicitation d'un véhicule
lourd

2. Modélisation numérique

Développer un modèle numérique (lois d'endommagement) pour évaluer
l'influence de différents facteurs (teneur en eau, température) sur
l'endommagement d'une chaussée fissurée

3. Solutions de mitigation

Réaliser une analyse des coûts/performances de **solutions préventives** à
l'apparition de fissures thermiques



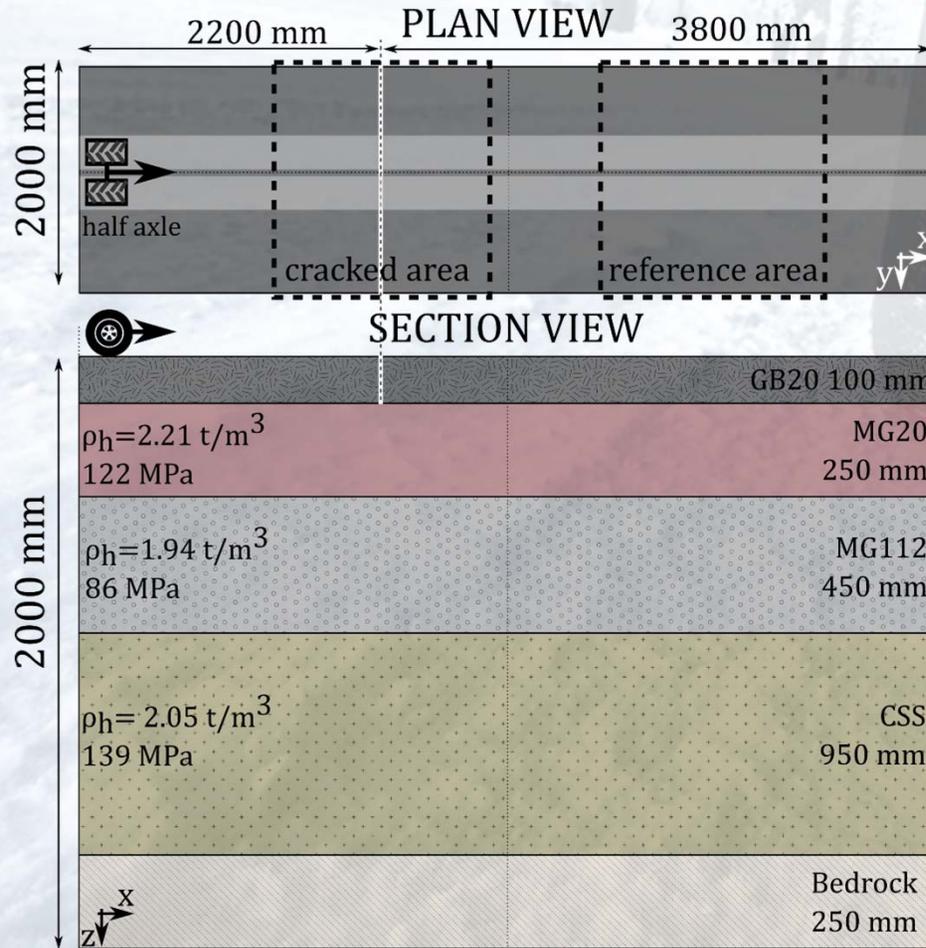
Essais expérimentaux

Fosse d'essai de l'Université Laval (i3c)



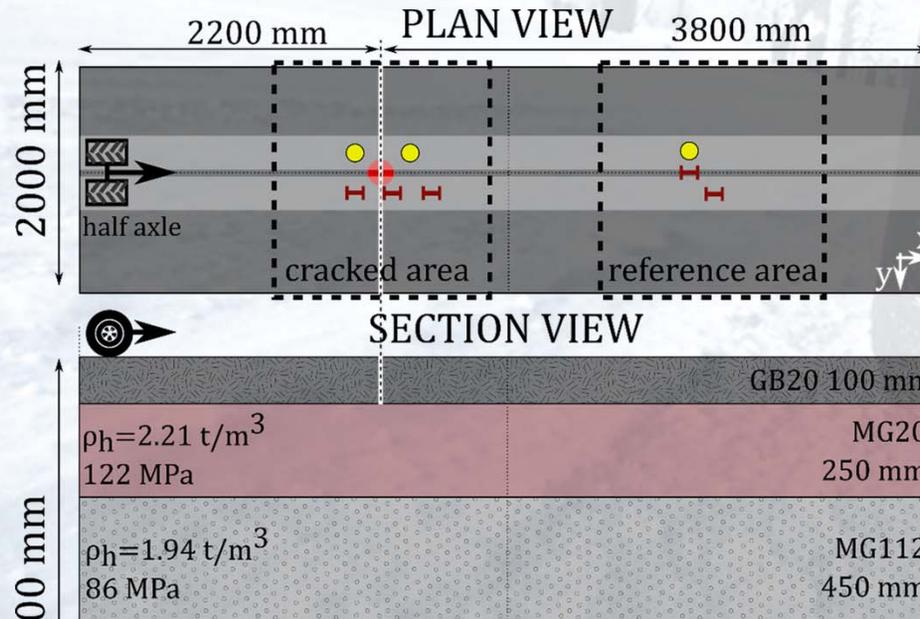
Essais expérimentaux

Fosse d'essai de l'Université Laval (i3c)



Essais expérimentaux

Fosse d'essai de l'Université Laval (i3c)

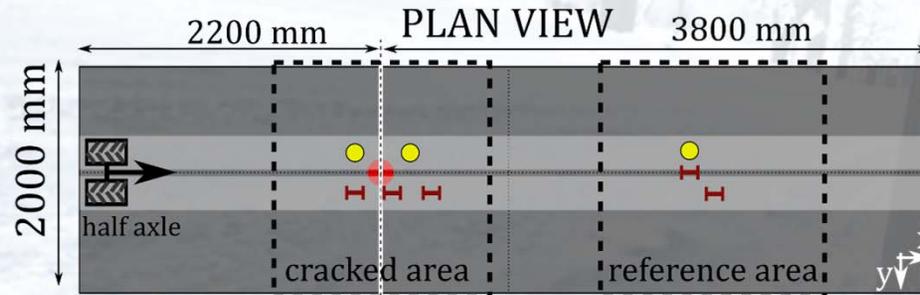


LEGENDE	
	optical strain gauge (long. & trans.)
	TML (longitudinal strain)

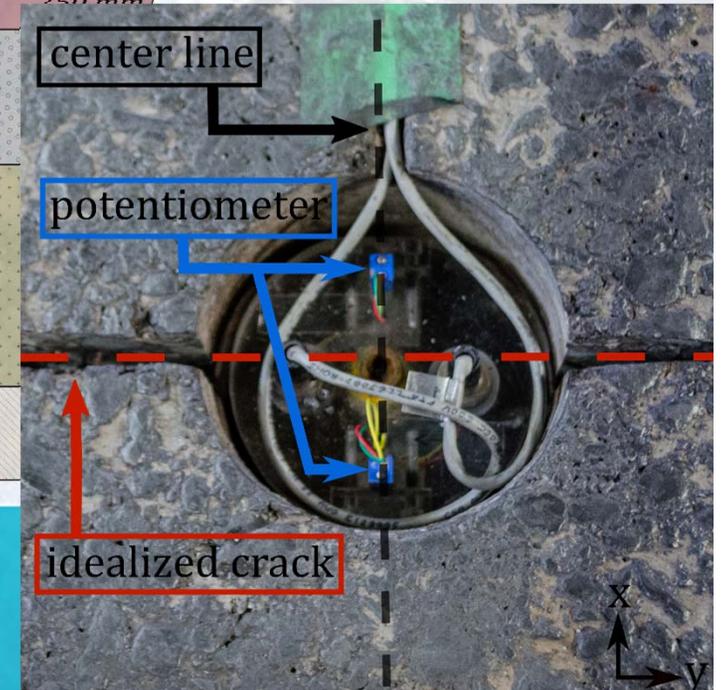
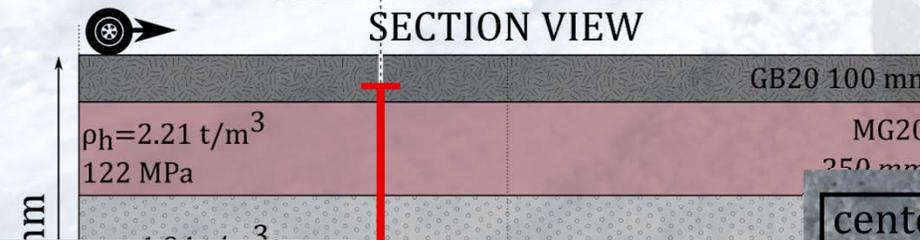


Essais expérimentaux

Fosse d'essai de l'Université Laval (i3c)

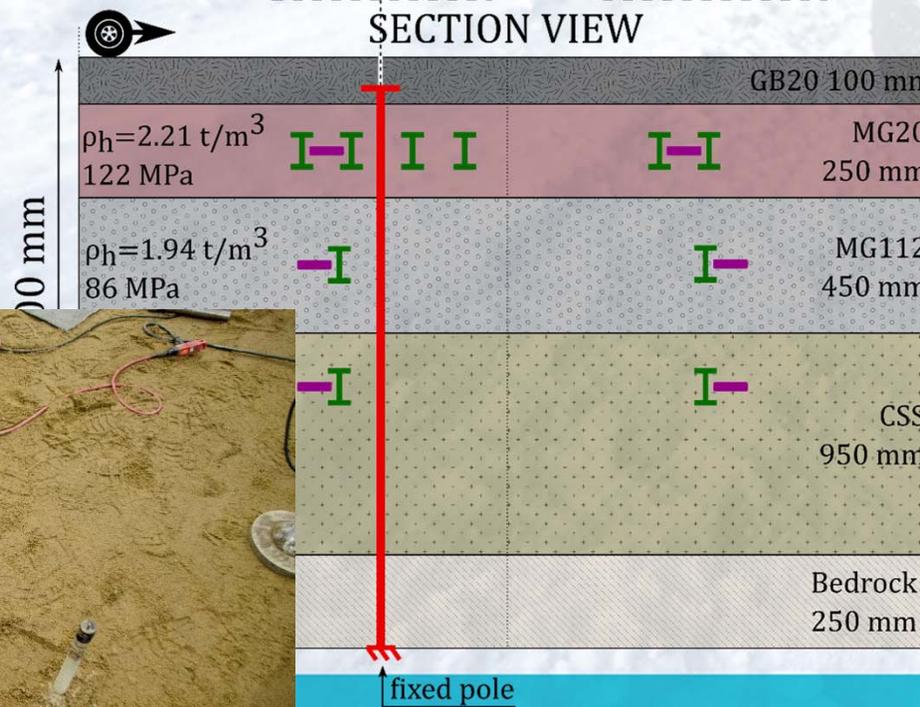
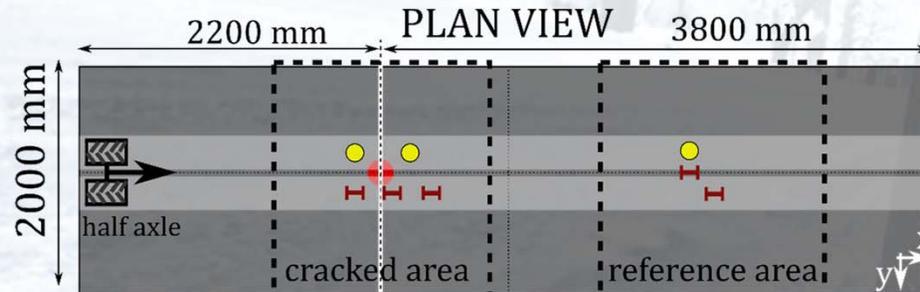


LEGENDE	
	optical strain gauge (long. & trans.)
	TML (longitudinal strain)
	vertical displacement (L_z)

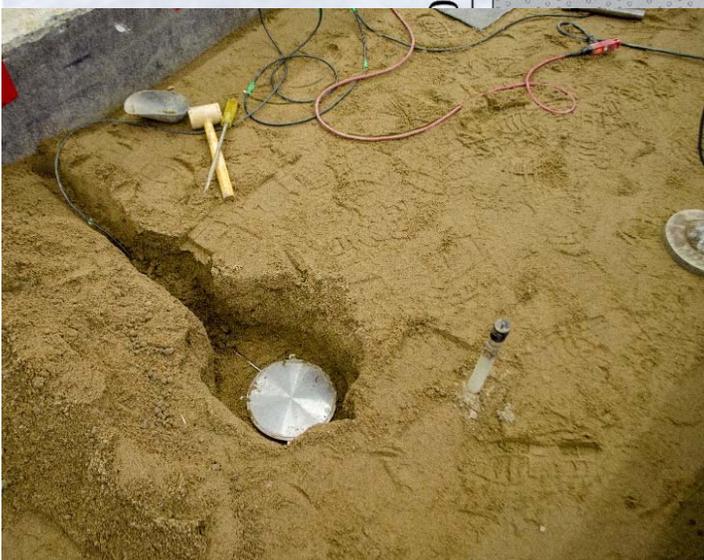


Essais expérimentaux

Fosse d'essai de l'Université Laval (i3c)

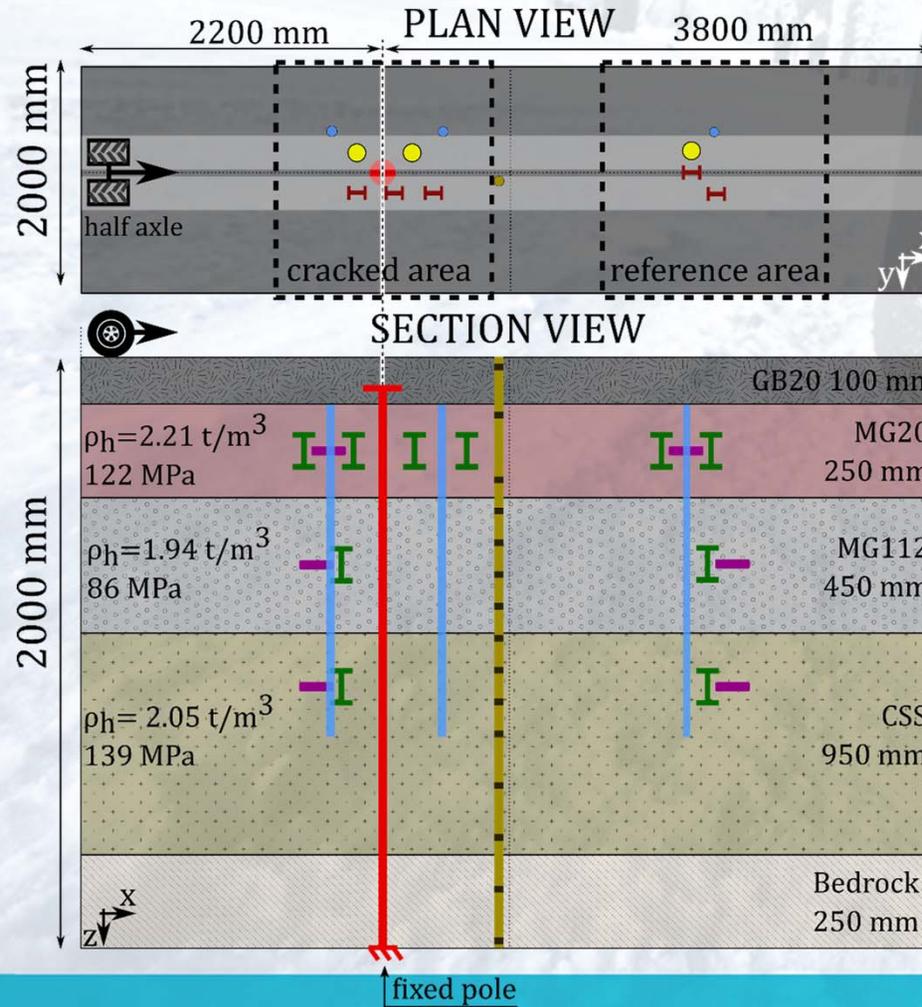


LEGENDE	
	optical strain gauge (long. & trans.)
	TML (longitudinal strain)
	vertical displacement (L_z)
	stress gauge
	strain gauge (vertical strain)



Essais expérimentaux

Fosse d'essai de l'Université Laval (i3c)



LEGENDE	
	optical strain gauge (long. & trans.)
	TML (longitudinal strain)
	vertical displacement (L_z)
	stress gauge
	strain gauge (vertical strain)
	water content (profile probe)
	temperature (thermocouples)



Essais expérimentaux

Fosse d'essai de l'Université Laval (i3c)

Séquence d'essai

Chargement unidirectionnel :

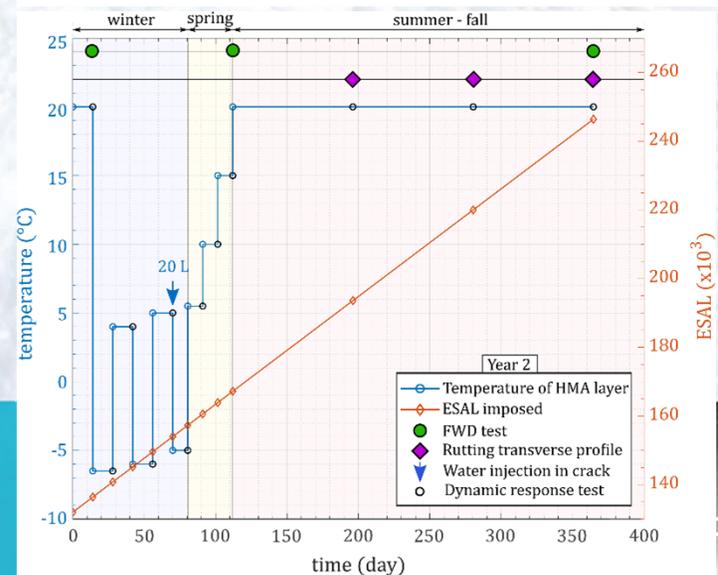
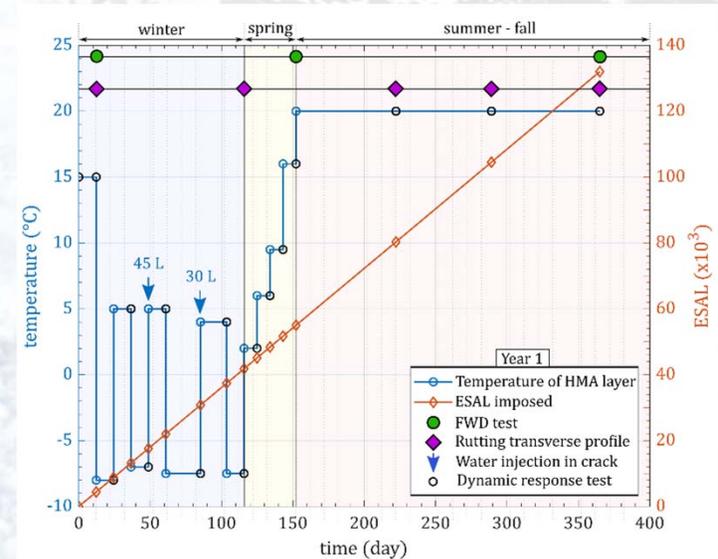
- 5000 kg @ 2m/s
- 350 000 ECAS* (120 000 passes)

** Equivalent de Charge Axiale Simple*

Température de la couche d'enrobé bit.

- hiver : cycles -10 °C / $+5\text{ °C}$
- printemps : paliers -10 °C → $+20\text{ °C}$
- été-automne : $+20\text{ °C}$

- Essais de réponse dynamique
- Relevés FWD et orniérage



Essais expérimentaux

Solutions préventives

Revêtement à albédo élevé
Dumais (2014), Richard (2018), ...



Grade de bitume	Viscosité (cP à 135°C)	Viscosité (cP à 165°C)
PG 52-34	196	68
PG 58-28	262	81
PG 58-34	368	123
PG 64-28	412	117
PG 64-34	735	227
PG 70-28	966	269



Hypothèse:

En augmentant l'albédo de l'EB, sa température maximale en été sera réduite
Il est alors plus facile de formuler des EB résistants à la fissuration thermique en hiver



Suite des travaux

- Modélisation numérique :
 - Développement d'un modèle pour l'endommagement des chaussées fissurées à partir des résultats de la fosse
- Prévention de la fissuration thermique
 - Essais de caractérisation
 - 3 bitumes sélectionnés (PG 58S-28, PG 46-34, PG 52-40)
 - formulations d'enrobés (retrait E^* , fatigue)
 - Évaluation du potentiel des solutions préventives



Merci pour votre attention

