



Chaire de recherche industrielle
du CRSNG sur l'interaction
Charges lourdes/Climat/Chaussées



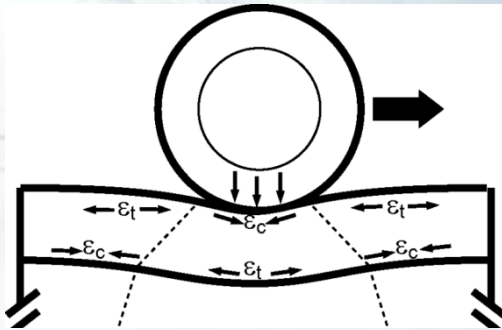
Déformation dans les couches d'enrobés bitumineux

09 novembre 2011

Damien Grellet

Jean-Pascal Bilodeau - Guy Doré

➤ Déformation dans les couches d'enrobés bitumineux



Déformation proche de la surface
=> Ornière par fluage/fissuration par le haut
(Données théoriques)

Déformation à la base du revêtement
=> Fissuration de fatigue
(Données théoriques et expérimentales)



=> Durée de vie de la structure est liée aux déformations de la chaussée sous la charge.

➤ Mise en contexte:

- Projet initié en 2008 visant à caractériser les déformations aux abords des arêtes du pneu.
 - Deux types de véhicule : autobus urbain (RTC) et camion
 - Trois pressions de gonflage: 120 Psi, 100 Psi et 80 Psi
 - Sollicitation dynamique : présence d'un obstacle sur la chaussée
 - Deux conditions climatiques: Printemps (dégel) et été
 - Deux types de pneus: pneus jumelés traditionnels versus pneu bande large



➤ Mise en contexte:

- Projet se poursuit au doctorat :
 - Caractérisation des déformations sous l'ensemble du pneu.
 - Deux types de pneus: pneus jumelés traditionnels versus pneu bande large
 - Deux températures de référence: modérée et chaude
 - Quatre niveaux de chargement: 4 T, 5 T, 5.8 T et 6.5 T par pneu
 - Deux sites expérimentaux: SERUL (Foret montmorency) ,L'IFSTTAR (Nantes-France)



➤ Plan de la présentation:

- Instrumentation mise au point au cours du projet
 - Carotte instrumentées
 - Plaque de déformation
- Les deux sites expérimentaux
- Extraits de résultats obtenus
 - Résultats basés sur deux indicateurs
- Conclusions



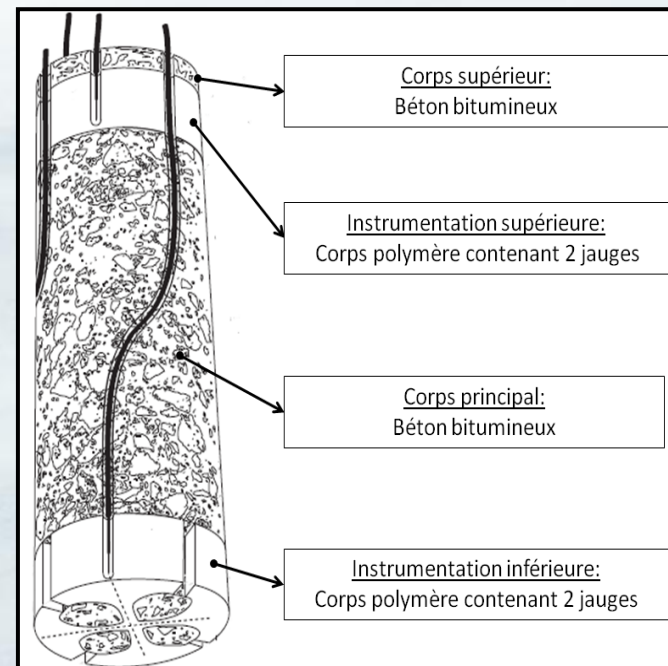
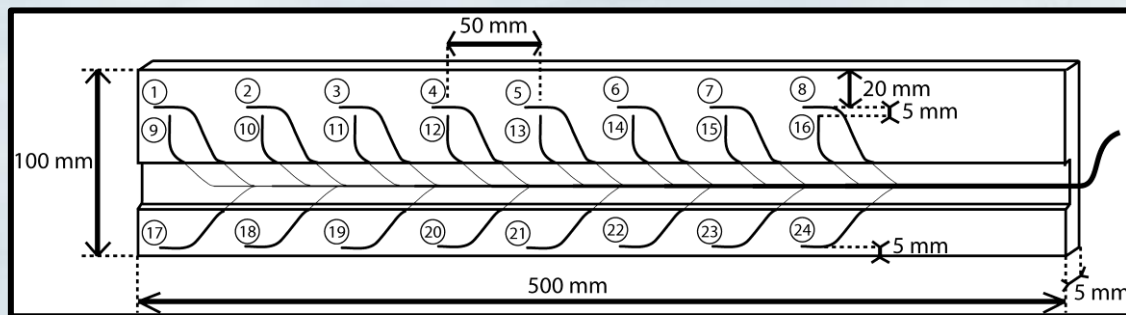
➤ Les jauges à fibre optique:



- Les jauges à fibre optique sont très fines (diamètre: 230 μm)
- Deux types de capteurs développés au cours du projet:

▪ La carotte instrumentée:

La carotte est prélevée sur place, instrumentée puis scellée sur site.

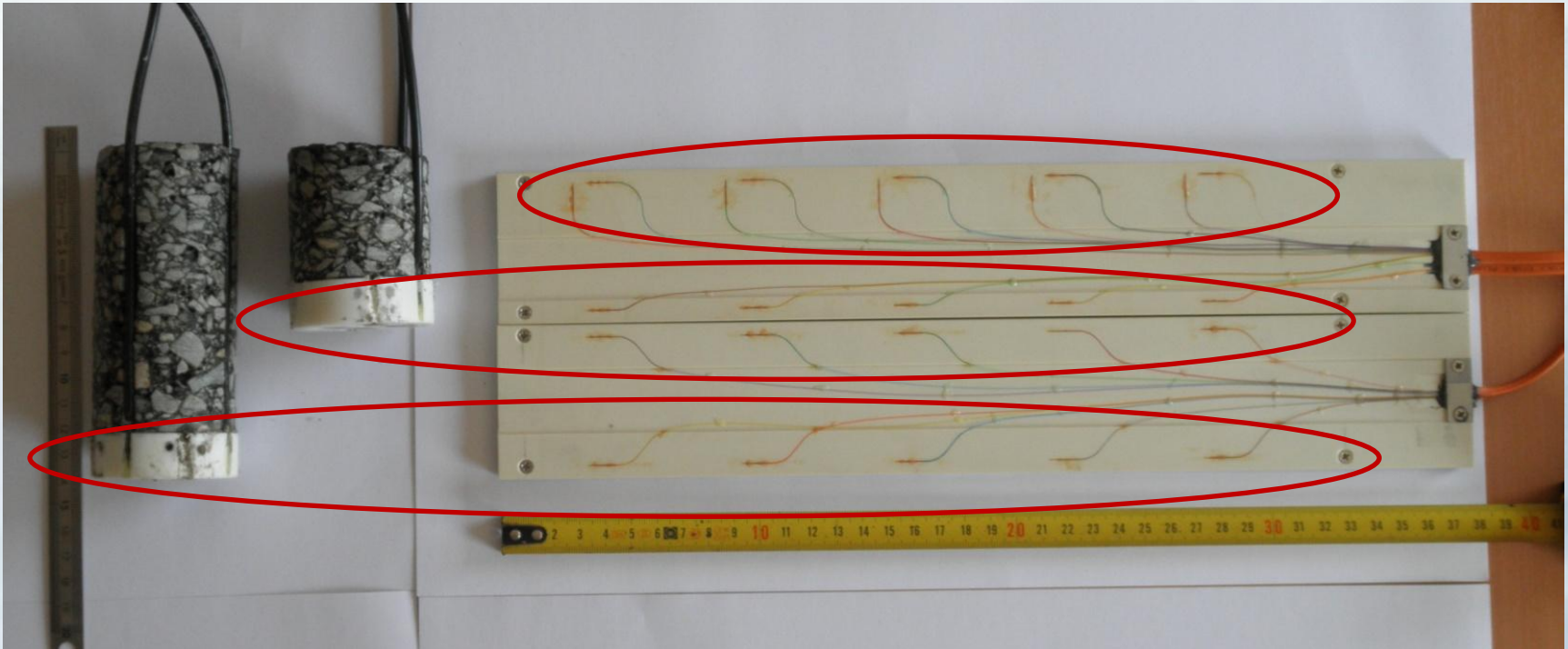


▪ La plaque de déformation:

Épaisse de 5 mm, elle est mise en place par un trait de scie.

➤ Instrumentation:

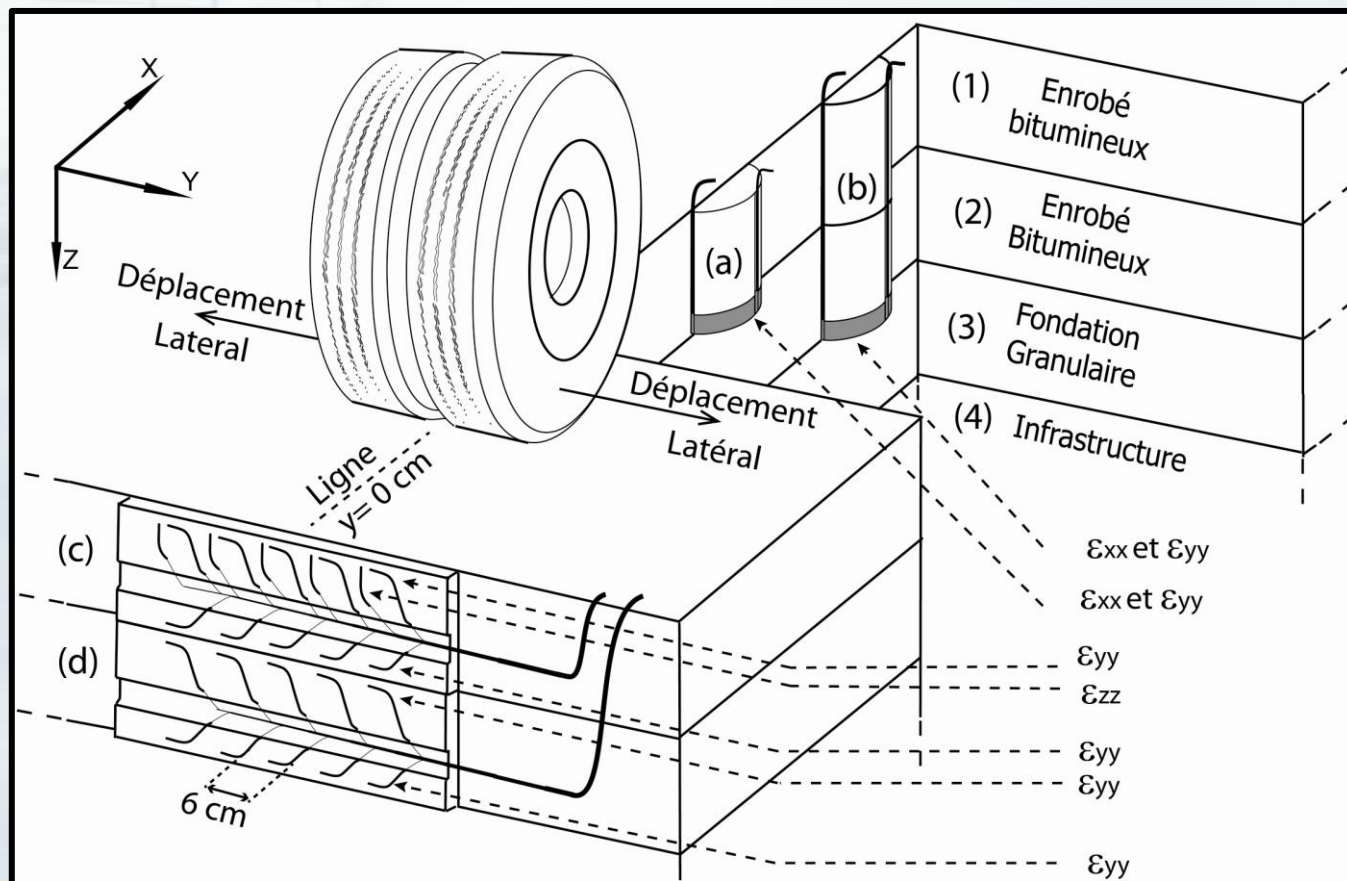
- Deux à trois niveaux d'instrumentation.
 - Bas de la couche (transversale et longitudinale)
 - Dans les premiers centimètres sous le pneu (transversale, longitudinale et verticale)
 - Au niveau de l'interface entre deux couches (transversale et longitudinale)



- Instrumentations validées par calculs analytiques et comparées à des jauges classiques

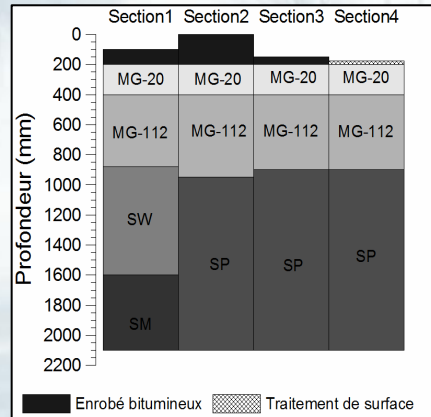
➤ Mise en place dans la structure

- Pose de l'instrumentation en une journée
- Durée de vie supérieure au million de chargement
- Capteurs secondaires hors des sentiers de roue



► Sites expérimentaux:

■ Site expérimental routier de l'Université Laval



- Passage successif des camions
- Sections de 50, 100 et 200 mm.
- Section longue de 100 m

■ Simulateur routier (IFSTTAR- Nantes)



- 4 bras en rotation
- Réglage de la vitesse, du chargement et de la position
- Sections de 70 et 130mm

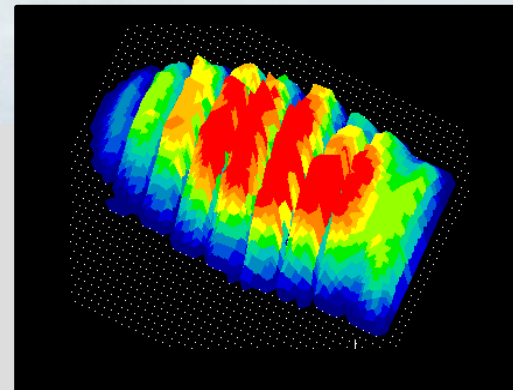
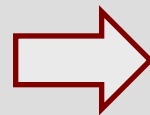
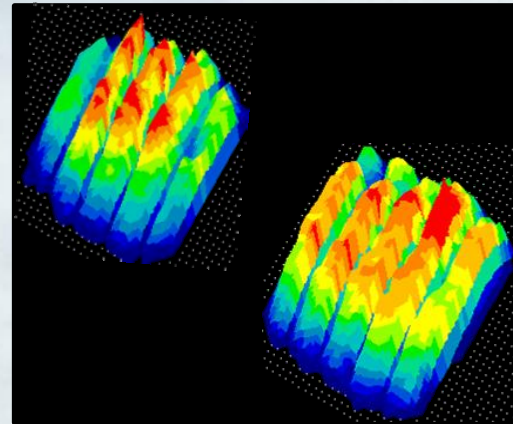


➤ Extraits de résultats obtenus:

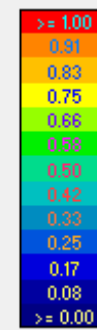
○ Effet du type de pneu: Pneu jumelé versus pneu a bande large

▪ Les études antérieures (littérature):

- Baisse de la résistance au roulement (supérieure à 10%)
- Diminution de la consommation d'essence (3 à 12%) et de l'émission des gaz polluants
- Réduction des coûts d'entretien des véhicules
- Meilleur contrôle de la pression de gonflage par rapport à des pneus jumelés



Contrainte verticale
statique



→ ≥ 1 MPa

→ 0.5 MPa

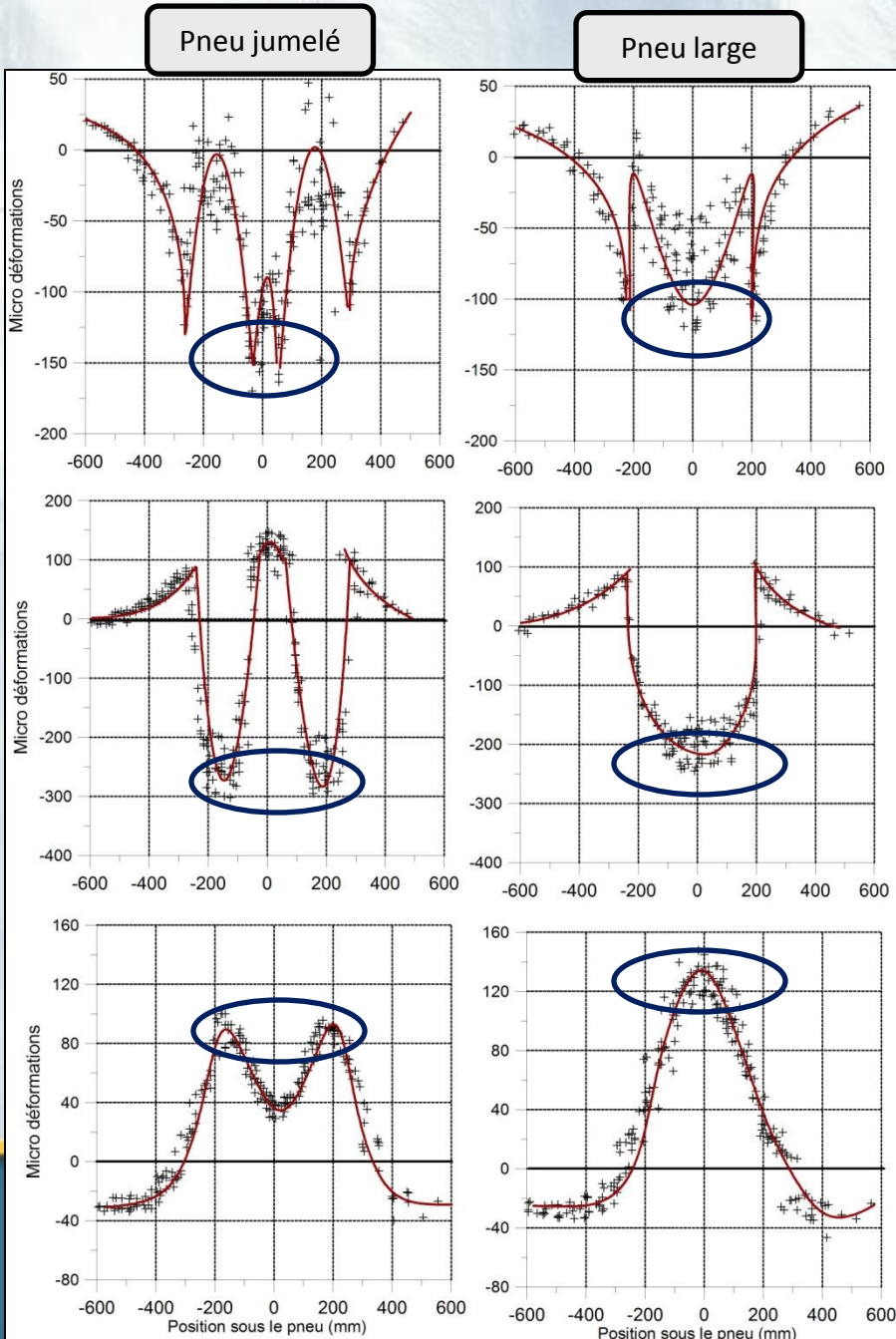
→ 0.0 MPa

- Effet du type de pneu: Pneu jumelé versus pneu à bande large
 - Augmentation des déformations au bas du revêtement en moyenne de 15%
 - **Données théoriques et expérimentales**
 - => Fissuration de fatigue de l'enrobé bitumineux
 - Baisse du cisaillement de 10 à 15 % dans les premiers centimètres du revêtement et baisse de 10 à 20 % dans la compression maximale proche de la surface.
 - **Données théoriques**
 - => Fissuration de surface et descendante (Top-down cracking) et orniérage
- ➡ • Plus de 40 cas d'essais in situ afin de valider ces données.



○ Effet du type de pneu: Pneu jumelé versus pneu à bande large

Structure de 200 mm d'épaisseur, chargement de 4 tonnes, pression de 100 Psi, Temperature de 15°C.



Transversale
Haute

-150 $\mu\epsilon$ versus -110 $\mu\epsilon$

Verticale
Haute

-260 $\mu\epsilon$ versus -210 $\mu\epsilon$

Transversale
Basse

90 $\mu\epsilon$ versus 135 $\mu\epsilon$

-Approche classique : amplitude maximale



○ Effet du type de pneu: Pneu jumelé versus pneu à bande large

Pneu jumelé

Pneu large

Structure de 200 mm d'épaisseur, chargement de 4 tonnes, pression de 100 Psi, Temperature de 15°C.

Transversale Haute

- Approche complémentaire :
- Pente des bassins de déformation
 - Influence de l'espacement entre les deux pneus du jumelé.
 - Comportement aux abords des pneus

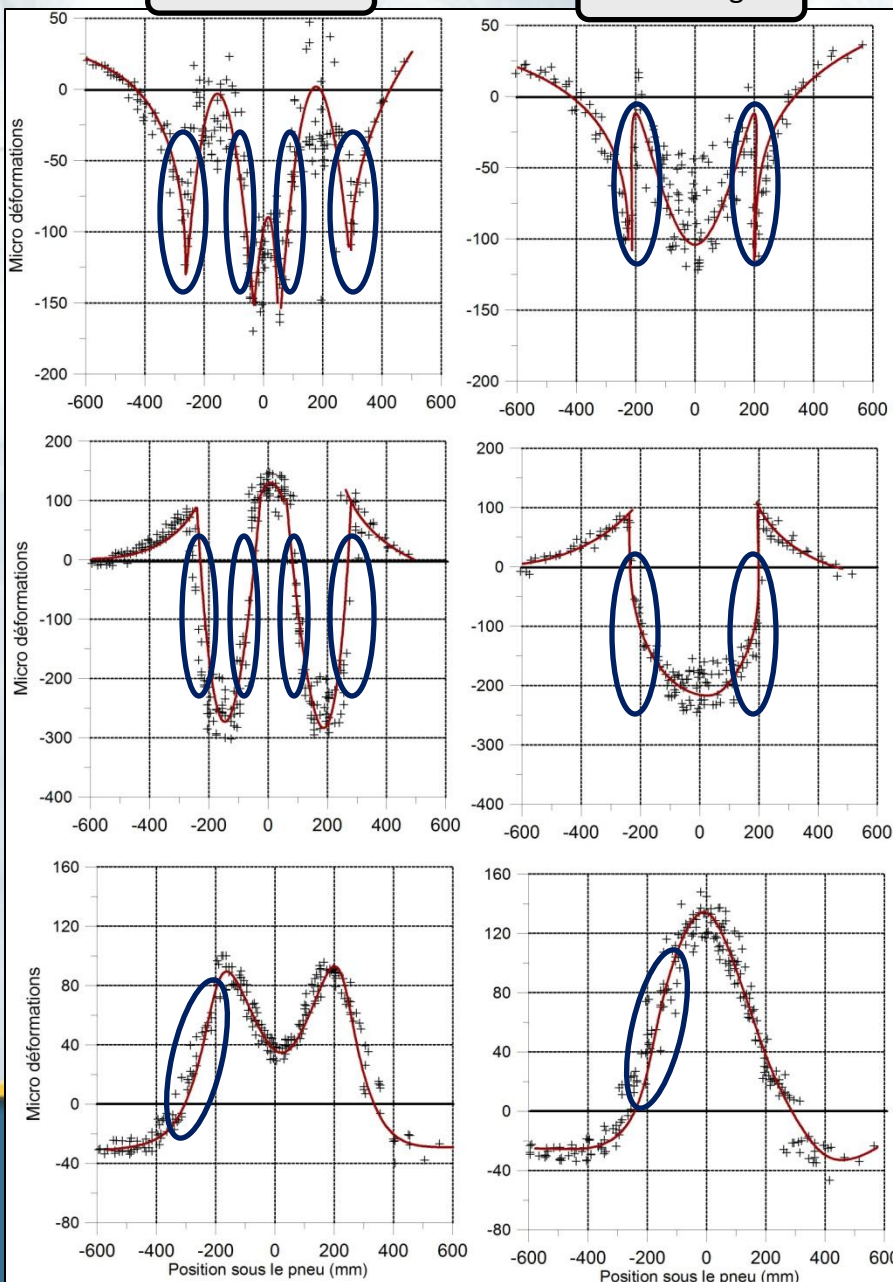
Verticale Haute

Considérer les déformations maximales engendrées dans la chaussée et y associer les pentes avec lesquelles elles sont appliquées.

Données expérimentales confirment les résultats théoriques.

Transversale Basse

Pente de 0.7 $\mu\epsilon$ /mm versus 0.435 $\mu\epsilon$ /mm

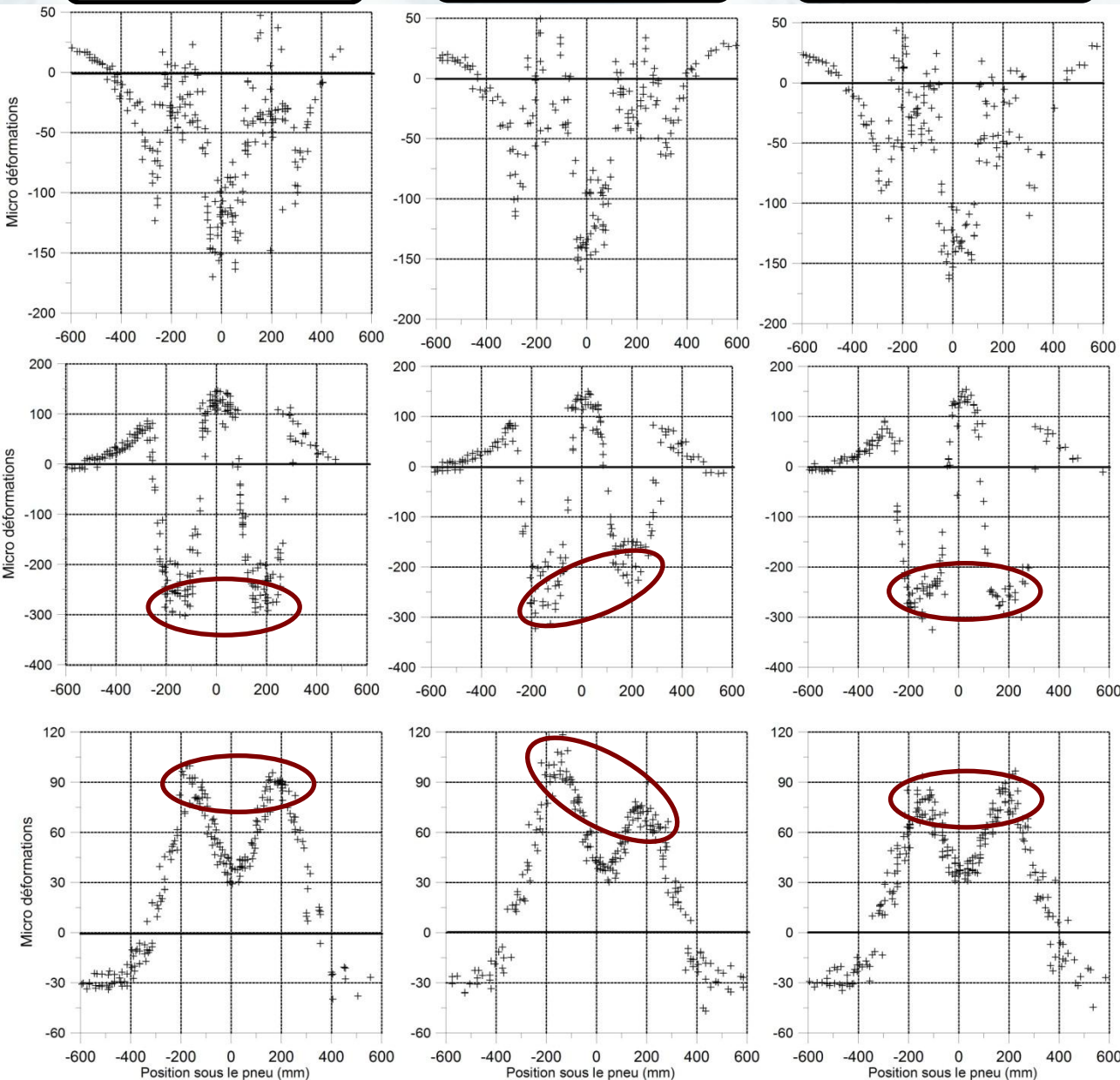


○ Effet de la pression de gonflage: Pneu jumelé

100 Psi / 100Psi

100 Psi / 80Psi

80 Psi / 80Psi



Transversale
Haute

Verticale
Haute

Transversale
Basse



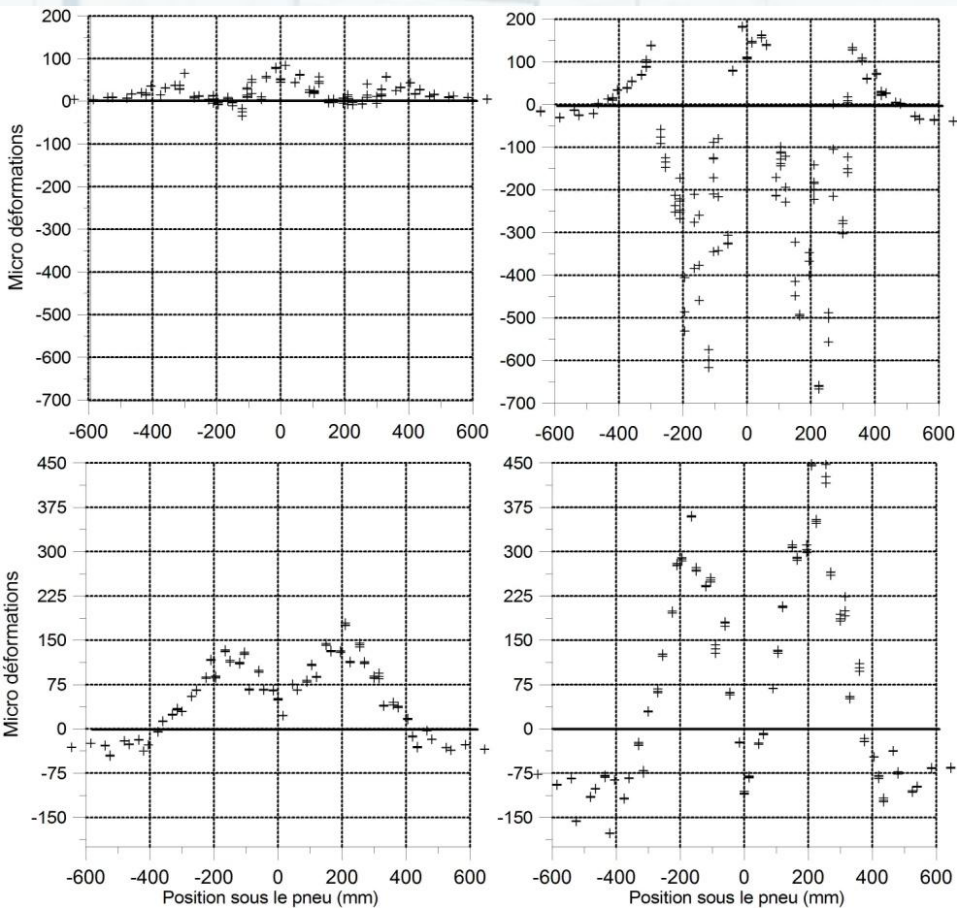
○ Effet de la température: Pneu jumelé

Structure de 130 mm d'épaisseur, chargement de 6.5 tonnes, pression de 120 Psi

20°C

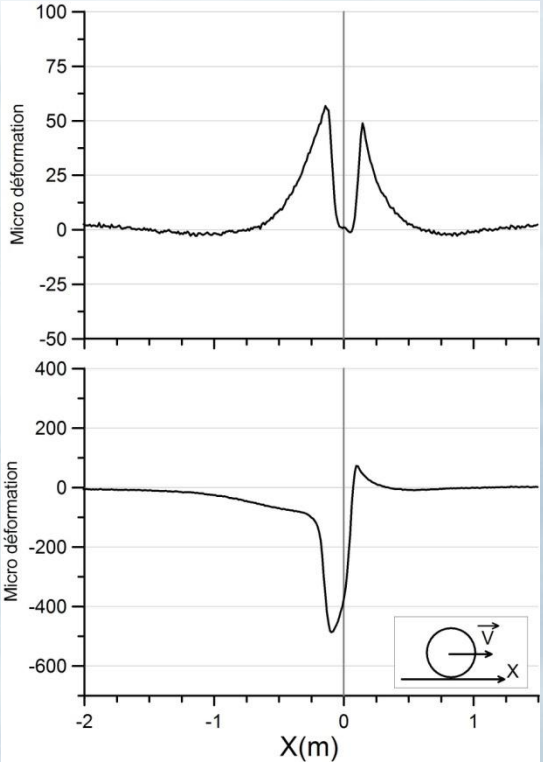
40°C

• Changement de comportement de l'enrobé bitumineux



Verticale
Haute

Transversale
Basse



➤ Conclusions:

- Instrumentation innovante et performante.
- Étude expérimentale très complète et représentative du réseau routier (structure de chaussée, condition de charge, température).
- Résultats expérimentaux en accord avec les données théoriques.
- Généralisation de l'influence de chaque paramètre de la charge.
- Deux comportements mécaniques très différents entre un pneu jumelé traditionnel et un pneu à bande large.
- Influence très prononcée des bords des pneus et de l'espacement situé entre les deux pneus du jumelage.
- Importance de quantifier l'ensemble du bassin des déformations sous le pneu





Chaire de recherche industrielle
du CRSNG sur l'interaction
Charges lourdes/Climat/Chaussées

Merci de votre attention

PARTENAIRES



LVM



DESSAU



Groupe CTT Group



UNIVERSITÉ
LAVAL

Faculté des Sciences et de génie
Département de génie civil



Qualitas



Transport Canada



CRSNG
NSERC



Ministère des Transports
Québec



Montréal



RECHERCHE ET INGENIERIE
EN INGENIERIE

