



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



Étude expérimentale du comportement des chaussées flexibles en période de dégel partiel

Jean-Pascal Bilodeau, ing., Ph.D.

Guy Doré, ing., Ph.D.

Ahmed El Youssoufy, ing. Jr.

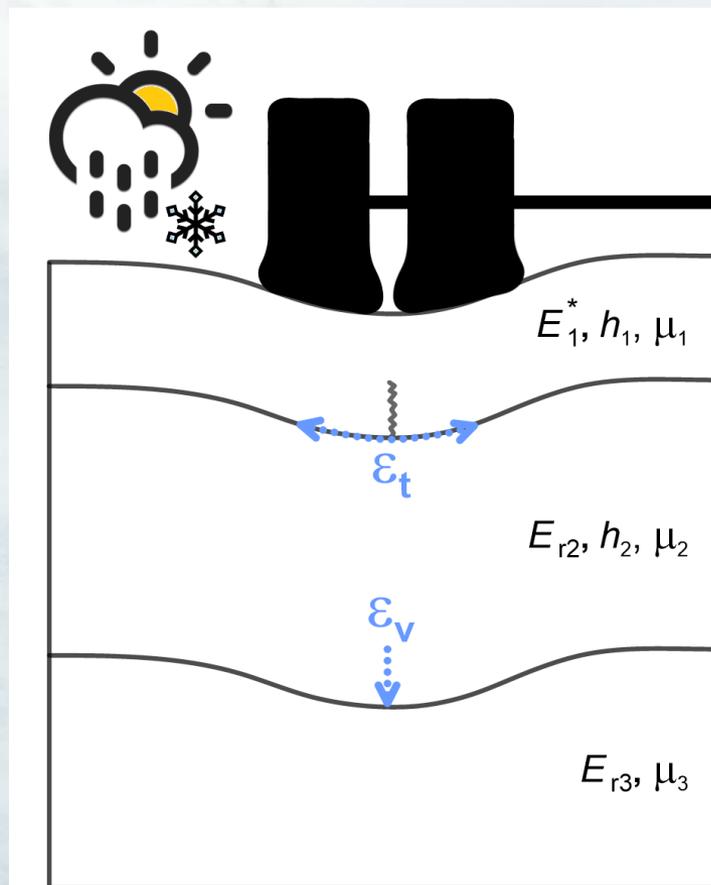


Faculté des Sciences et de génie
Département de génie civil



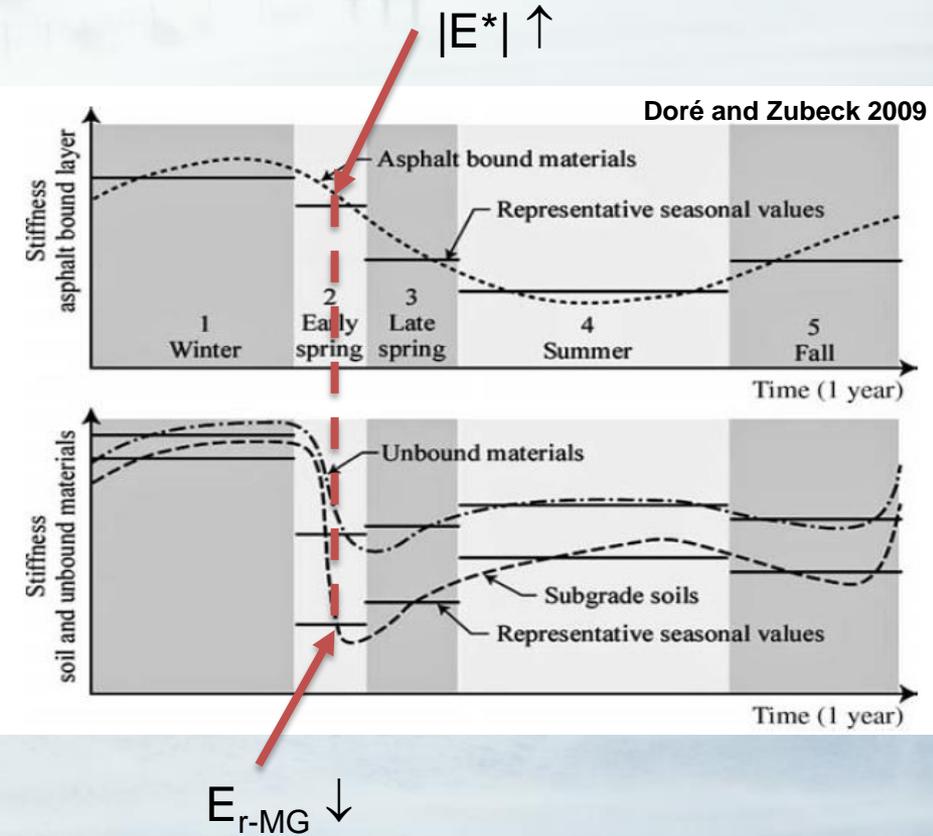
Introduction et problématique

- Endommagement des chaussées flexibles
 - Conséquence de l'action combinée des charges et du climat
- Effet des charges lourdes
 - Flexion de la chaussée
 - Déformation des couches
 - Fatigue et orniérage

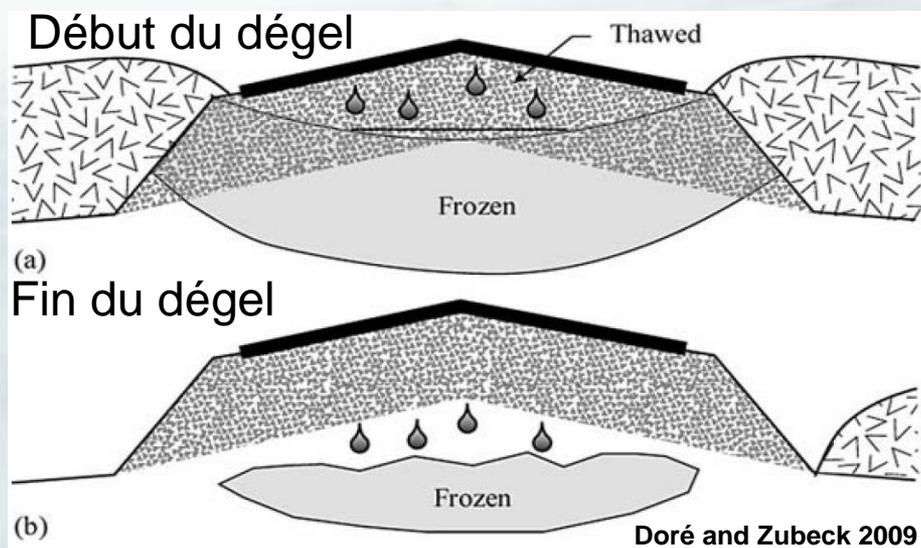


Introduction et problématique

- Les chaussées sont vulnérables aux charges en conditions de dégel
 - Déstructuration au gel
 - $\uparrow w$, Drainage déficient, $\uparrow \Delta u$
- \uparrow Dommages
 - Conditions critiques au début du dégel (Drolet 2015; Doré and Zubeck 2009)
 - $|E^*| \uparrow$ et $E_{r-MG} \downarrow$



Introduction et problématique



Objectif

- Étude du comportement des chaussées flexibles soumis au dégel partiel en conditions contrôlées de laboratoire



Méthodologie

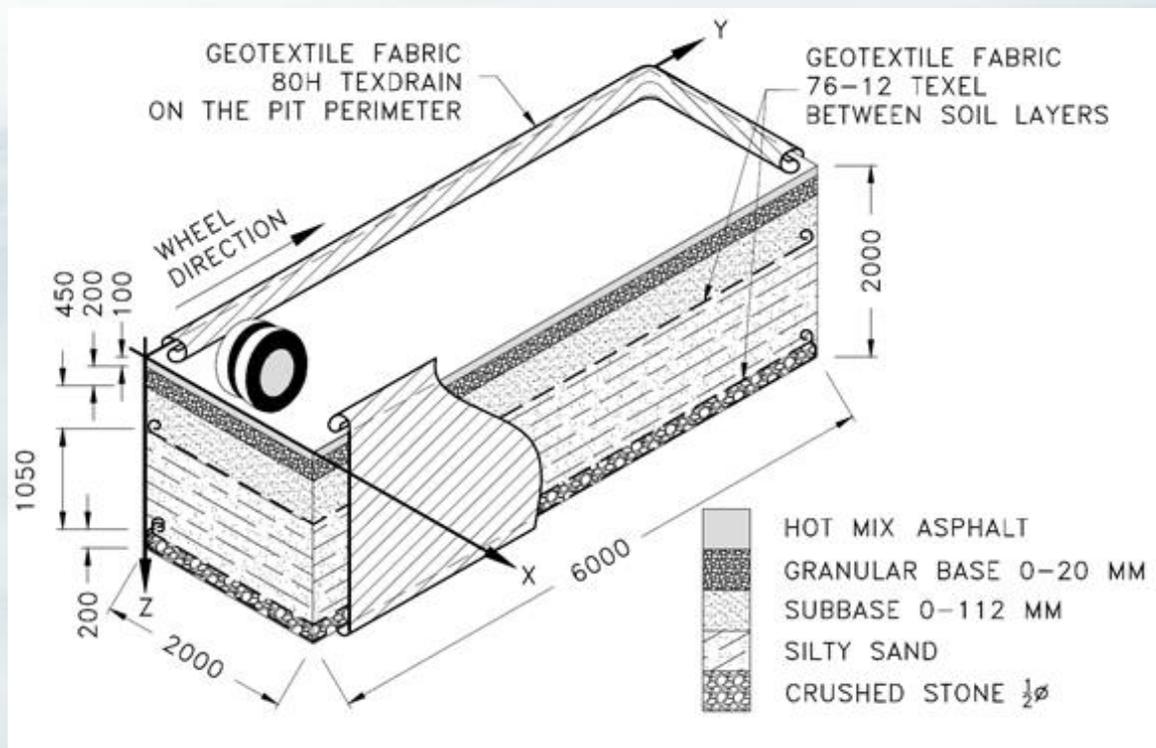
- Construction d'une chaussée flexible typique du Qc dans un fosse de laboratoire



Méthodologie

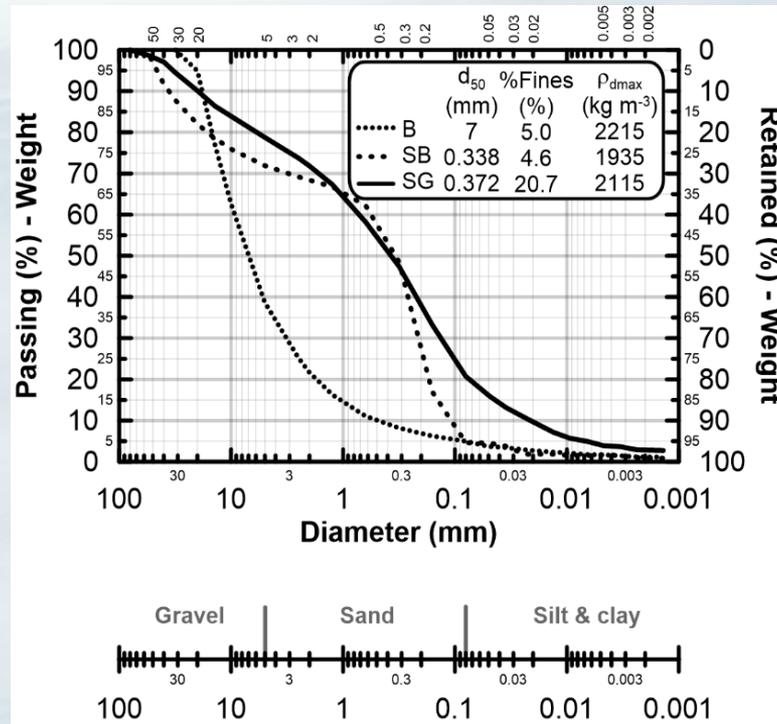
○ Caractéristiques des couches de la chaussée

- 100 mm EB
- 200 mm F (MG20)
- 450 mm SF (MG112)
- Sol : SM (20% fines)



Méthodologie

- Granulométrie des matériaux et sol



Méthodologie



Méthodologie



Sensors in asphalt

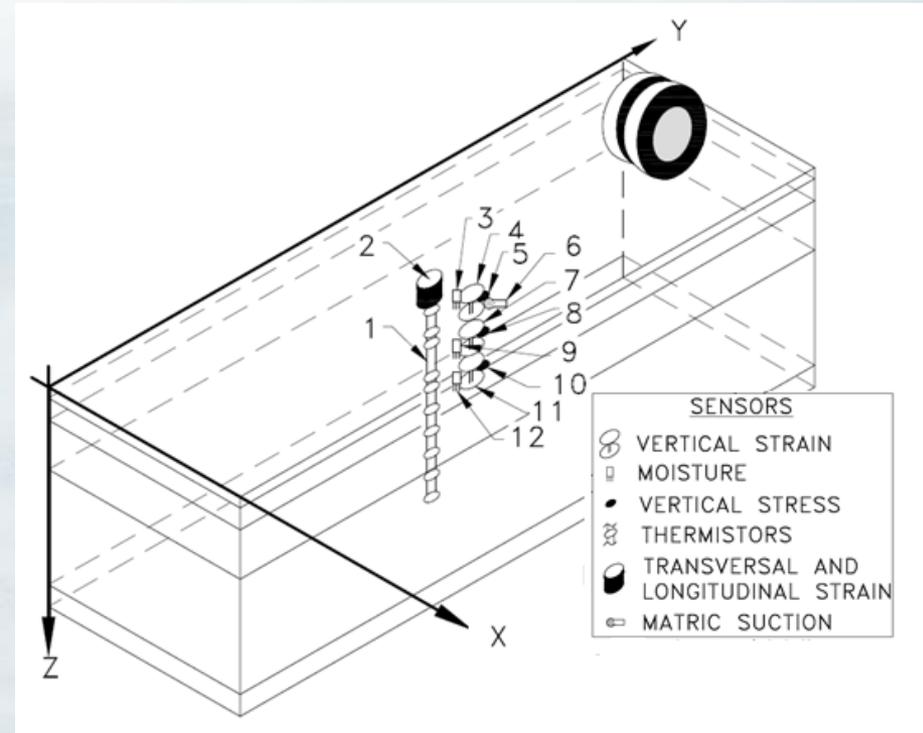


Sensors in subgrade



Méthodologie

No°	Gage / Test	Layer	Position (x,y,z) (mm)
1	Thermistors	All	(1000, 3000, z)
2	Longitudinal and transversal strain	AC	(1000, 3000, 100)
3	Water content	Base	(1000, 3100, 252)
4	Vertical strain	Base	(1000, 3250, 276)
5	Vertical stress	Base	(1000, 3370, 199)
6	Matric suction	Base	(1000, ±3200, 192)
7	Vertical strain	Subbase	(1000, 3250, 600)
8	Vertical stress	Subbase	(1000, 3370, 525)
9	Water content	Subbase	(1000, 3100, 556)
10	Vertical stress	Subgrade	(1000, 3370, 820)
11	Vertical strain	Subgrade	(1000, 3250, 900)
12	Water content	Subgrade	(1000, 3100, 837)



Méthodologie - Simulateur

Caractéristiques du simulateur

- Véhicule légal et mobile
(2,5 m x 16,1 m x 4,1 m)
- Productivité : 20 000 cycle/j;
- Vitesse du chariot : 0 à 10 km h⁻¹;
- Longueur maximale d'essai de 6 m
- Déplacement latéral de +/- 0,25 m
- Charge de 5 à 100 kN (demi-essieu)
- Équipé d'un système de chauffage permettant d'imposer et de contrôler la section d'essai entre 40°C et -20°C;



Méthodologie - Simulateur

Conditions d'essai

5000 kg

5 km/h

$P_{\text{pneu}} = 700 \text{ kPa}$

Nappe à 1,6 m

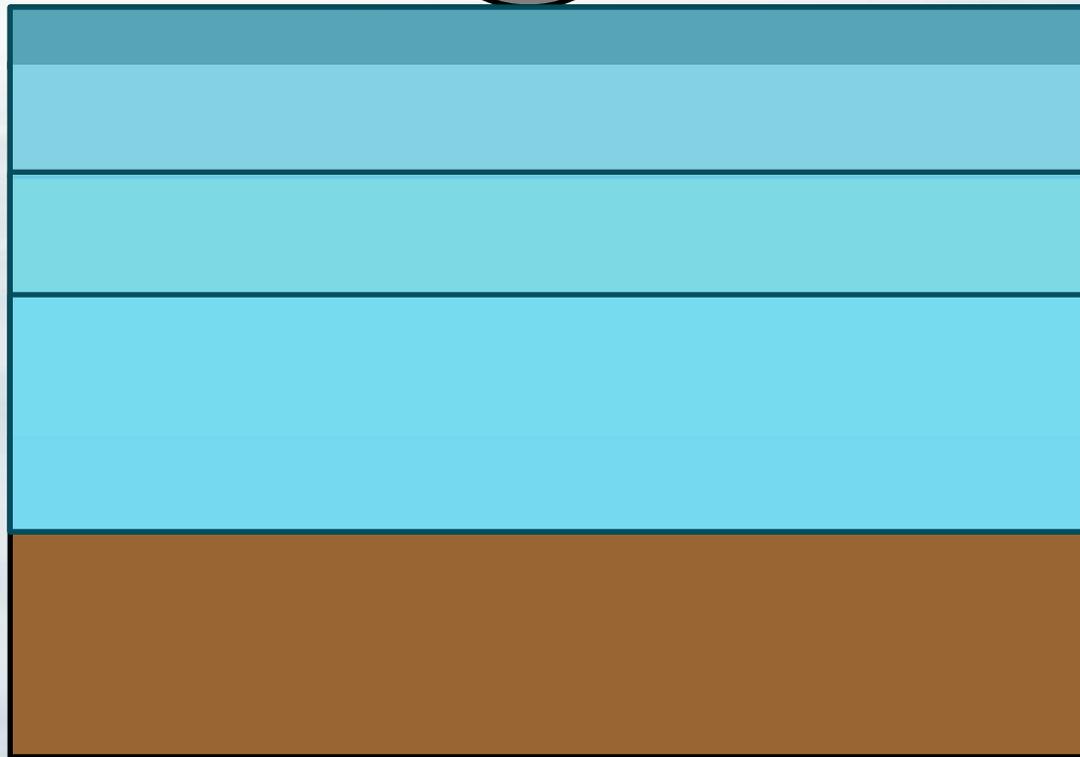
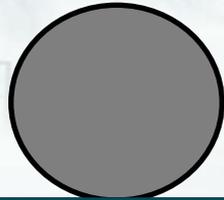
$T_{\text{gel}} = -10 \text{ °C}$

$T_{\text{dégel}} = 20 \text{ °C}$

- Pour les profondeurs de dégel de 30, 60, 90 et 120 cm, mesure de la réponse pour $T_{\text{EB}} = 10, 0$ et -5 °C



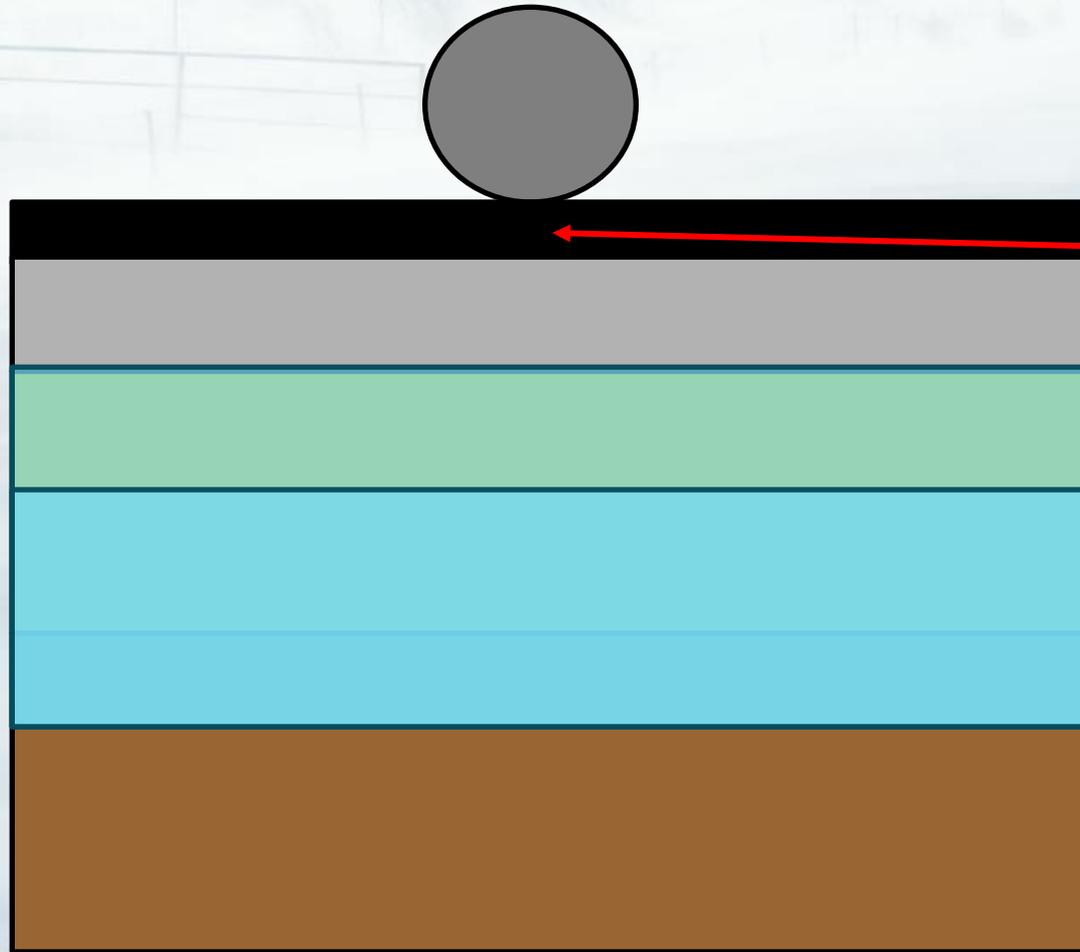
Méthodologie–Exemple procédure



1) Gel à -10 °C



Méthodologie–Exemple procédure

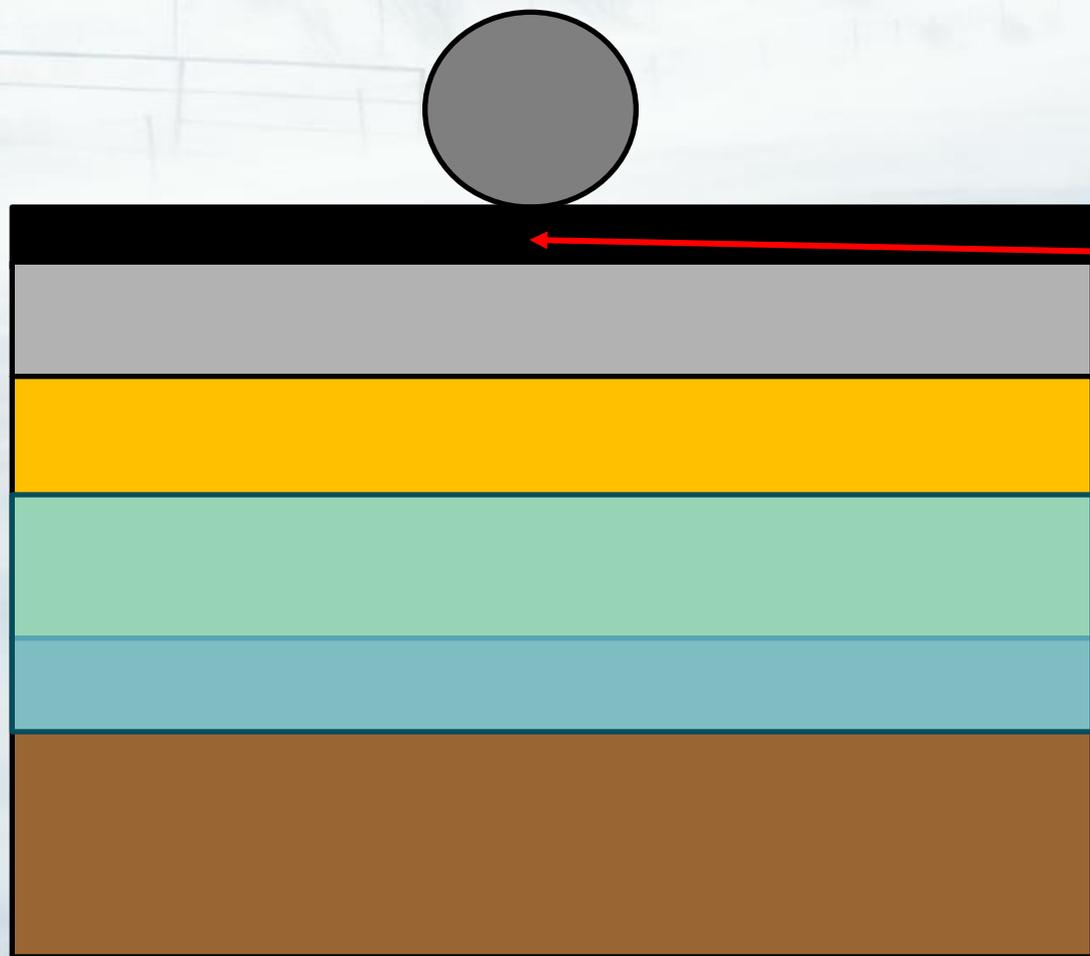


2) Dégel à 30 cm (20°C)

3) Essais à 10, 0 et -5 °C
au centre de l'EB



Méthodologie–Exemple procédure



4) Dégel à 60 cm (20°C)

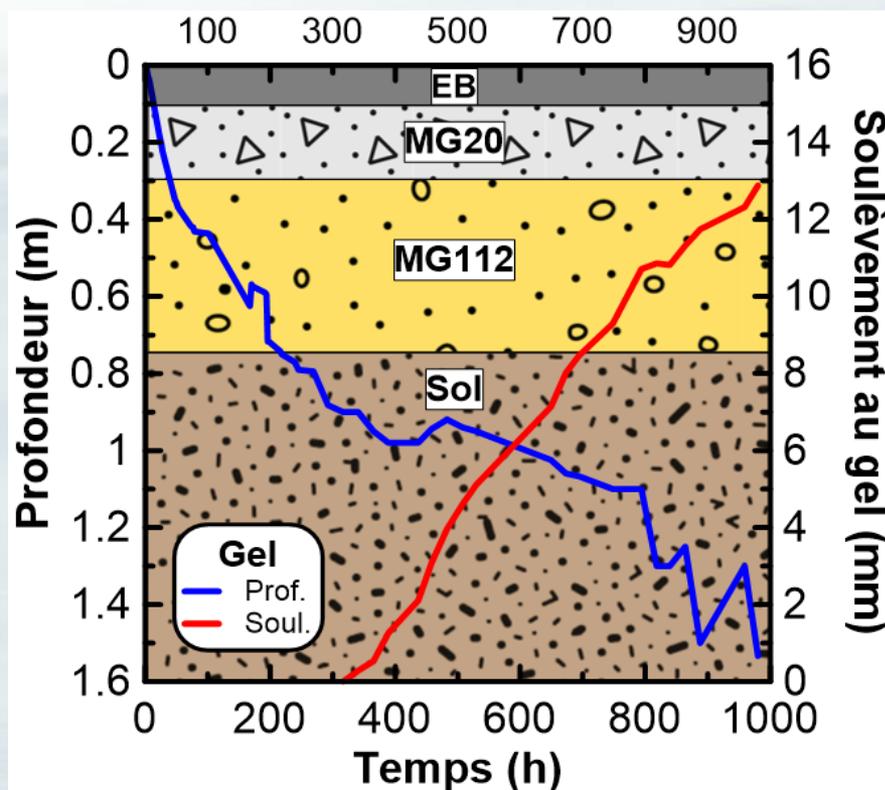
5) Essais à 10, 0 et -5 °C
au centre de l'EB

6) ...



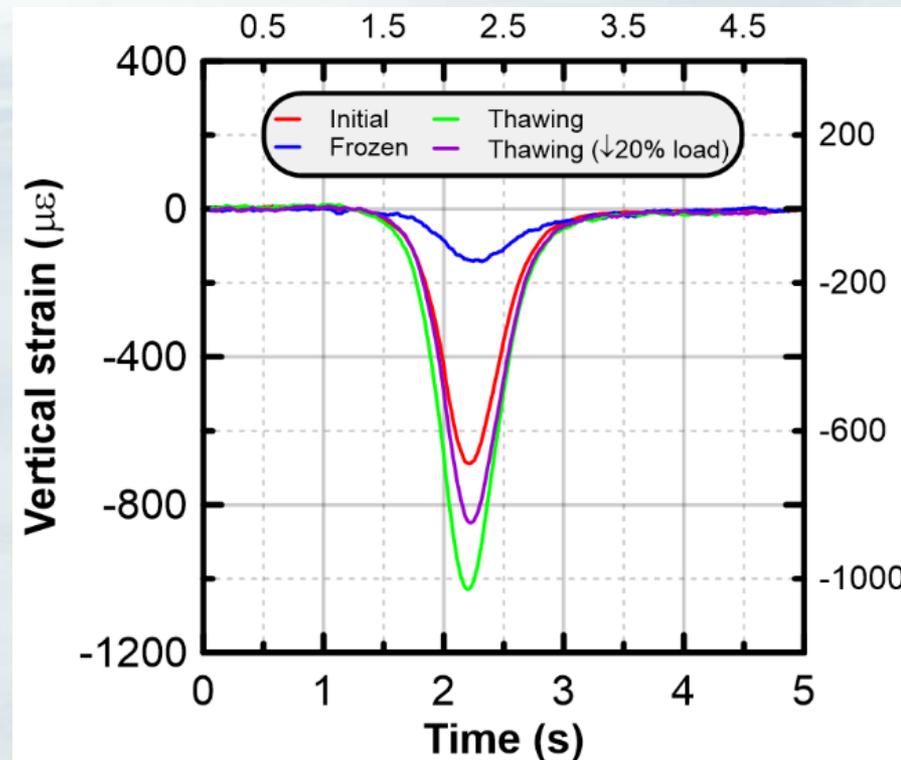
Exemple de résultats bruts

- Soulèvement au gel de la chaussée



Exemple de résultats bruts

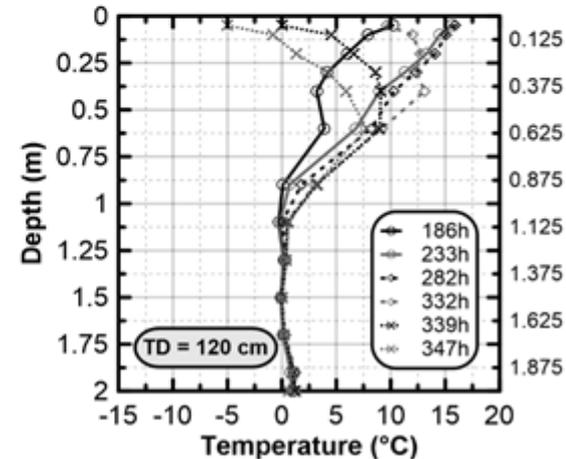
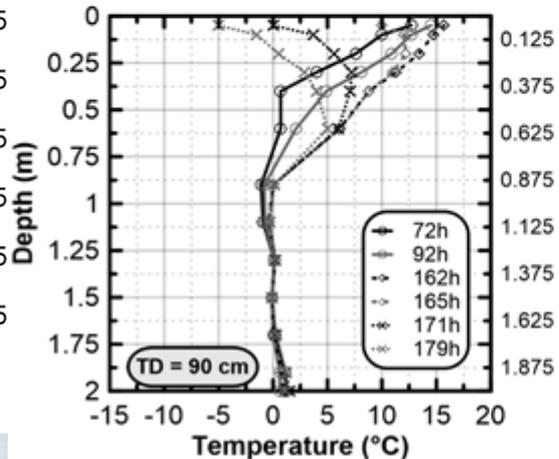
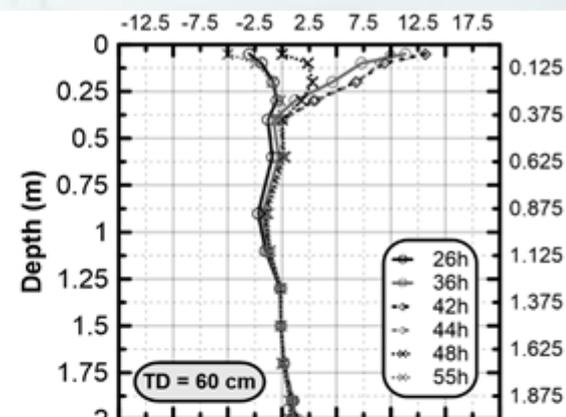
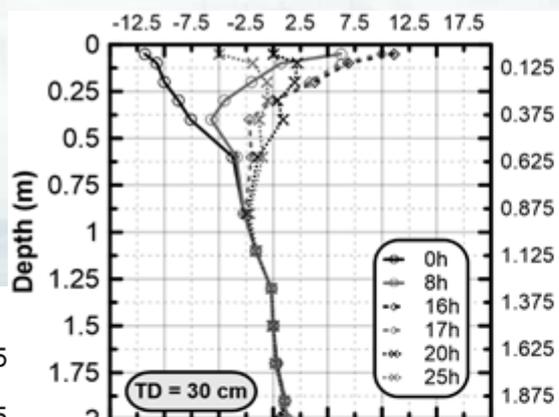
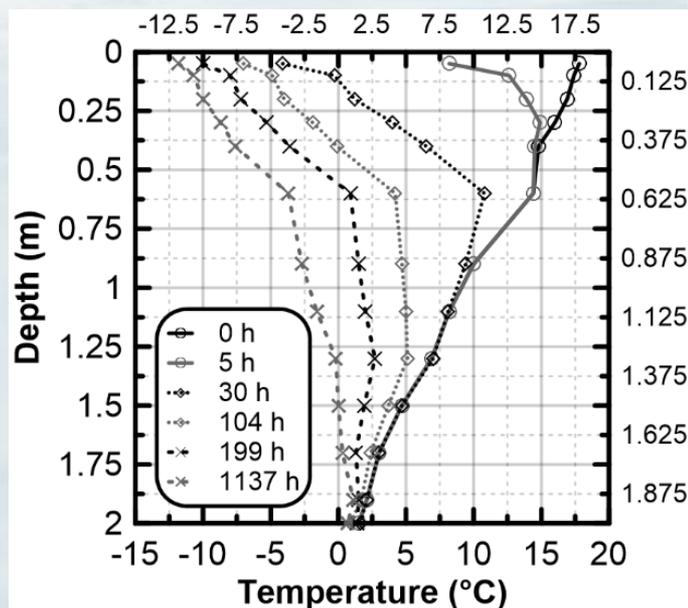
- Déformation verticale dans la SF



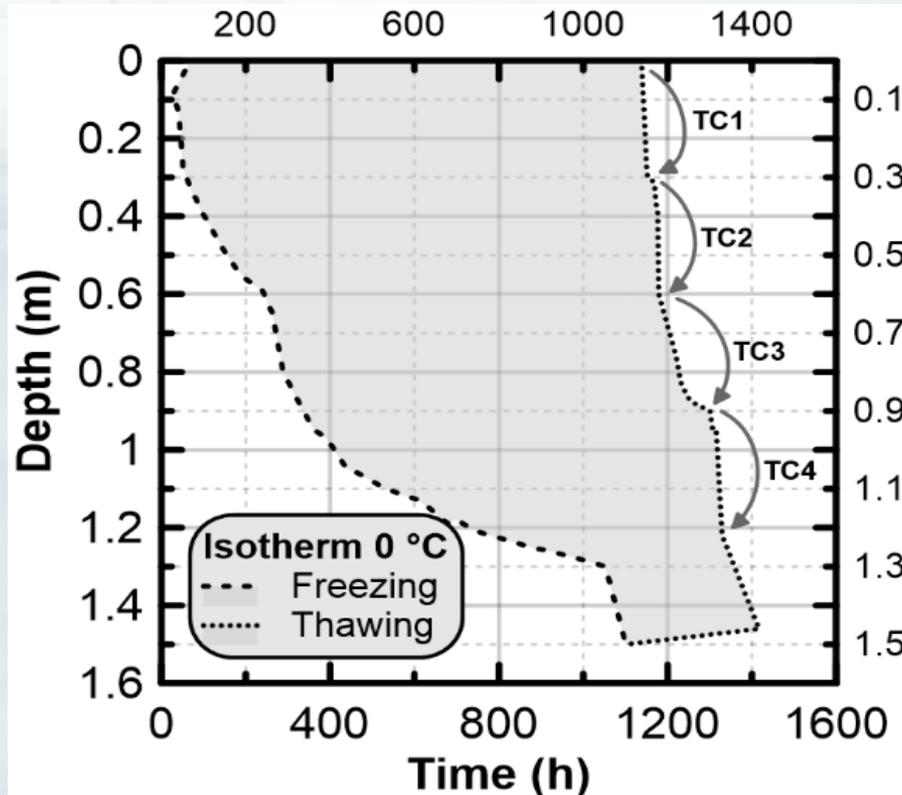
Résultats - T

Dégels partiels de la chaussée

Gel de la chaussée



Résultats - Températures



Résultats – Comportement mécanique

- Expression des résultats

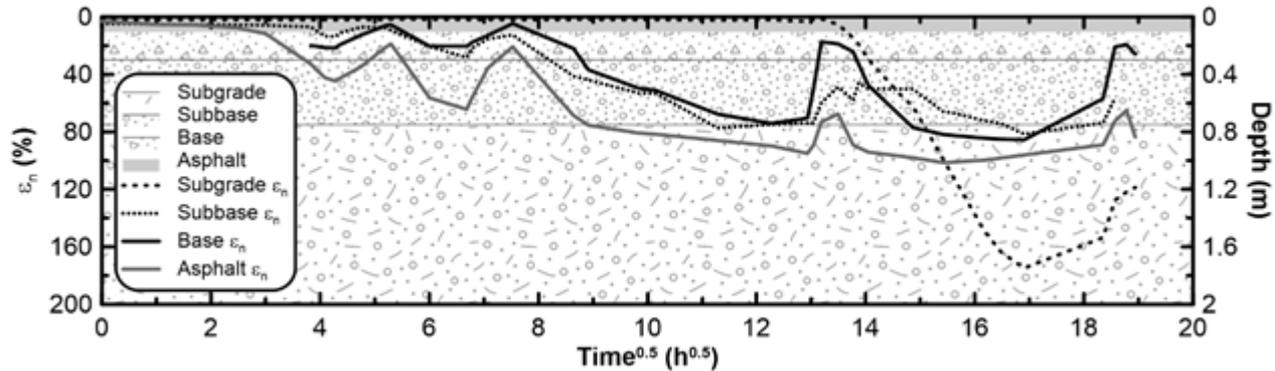
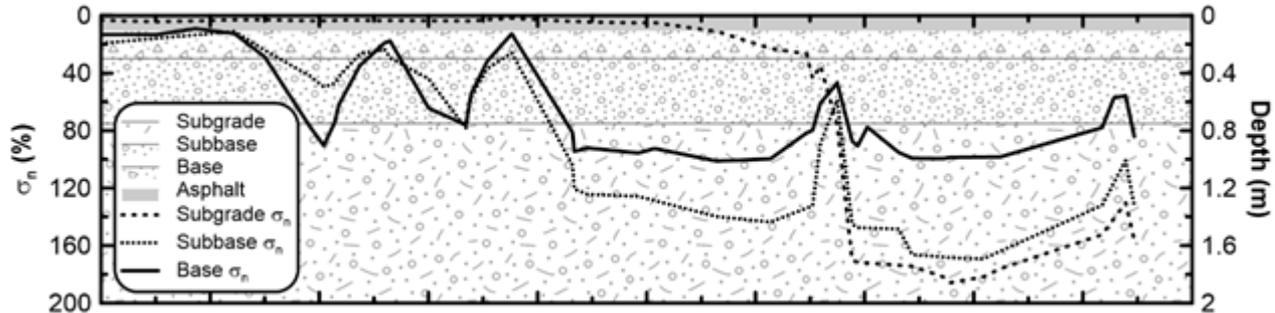
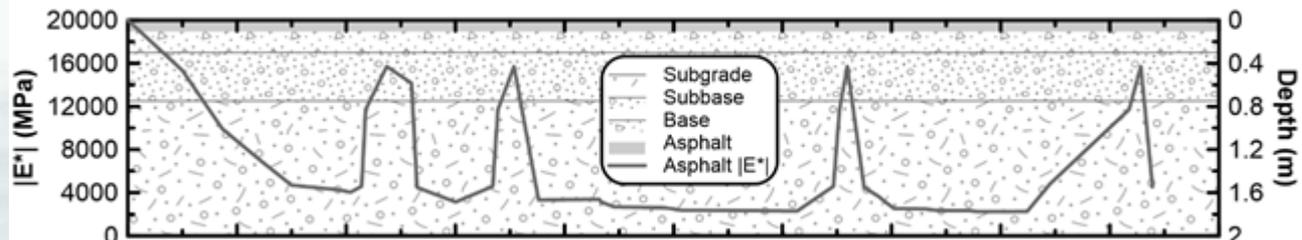
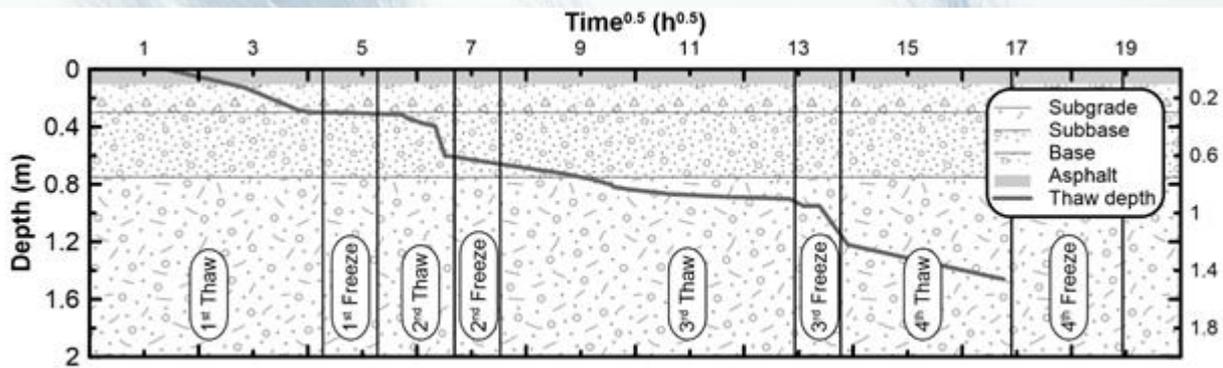
$$\sigma_n = \frac{\sigma(t)}{\sigma(t = 0h)}$$

$$\varepsilon_n = \frac{\varepsilon(t)}{\varepsilon(t = 0h)}$$

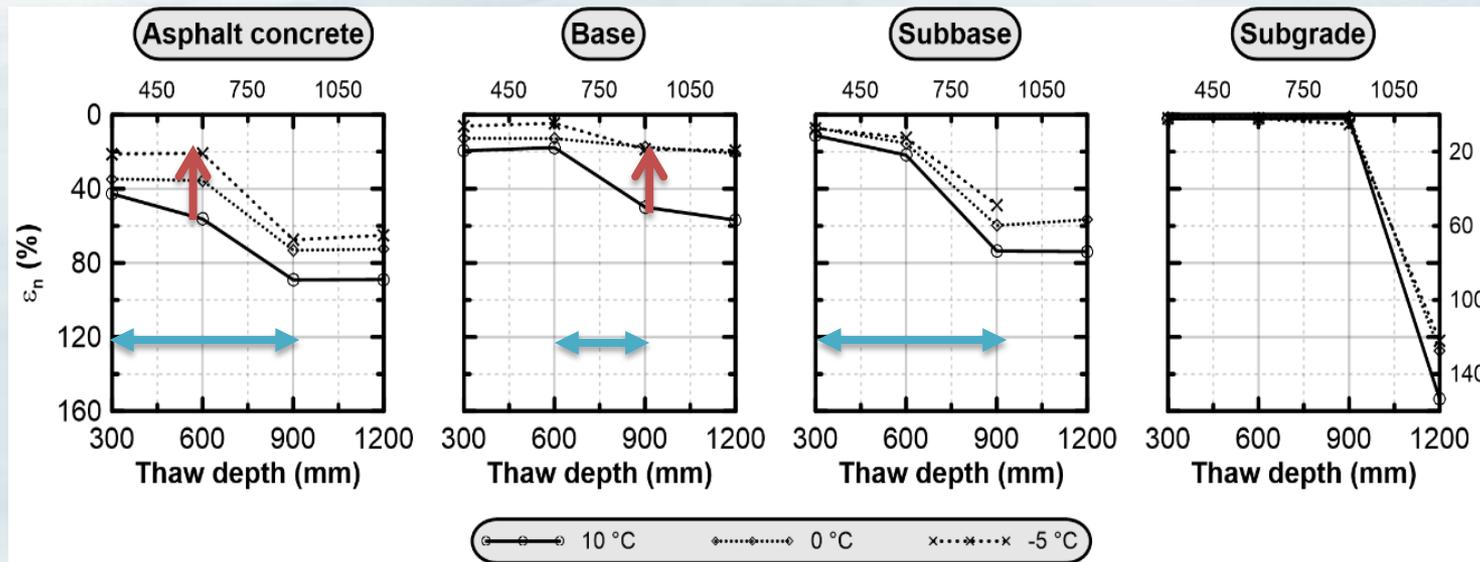
Résultats référence

	σ (kPa)	ε ($\mu\varepsilon$)
Asphalt concrete	NA	183
Base	229	-1528
Subbase	37	-901
Subgrade	24	-635





Résultats – Effet de la profondeur de dégel



Discussion

- Période de récupération à la fin de l'essai
 - Résultats finaux ne sont pas à l'état récupéré
- Effet de la teneur en eau et de la température de référence
- Profondeur de dégel critique de 900 mm pour les couches de la chaussée (zone affectée par le gel)
- Effet de la température plus important dans l'enrobé et dans la fondation



Conclusion

- Comportement des chaussées flexibles critique en période de dégel
 - % du dommage annuel important
- Le simulateur de véhicules lourds de l'UL est un outil exceptionnel pour l'étude de ces conditions critiques en environnement contrôlé
- Pour la chaussée testée et la procédure suivie
 - Dommages plus significatifs dans le sol d'infrastructure, peu de dommages dans les couches structurales (pas de changement de saturation)





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

Merci de votre attention !

QUESTIONS ?

PARTENAIRES 



LVM

DESSAU

GroupeCTI Group 



UNIVERSITÉ
LAVAL

Faculté des Sciences et de génie
Département de génie civil



Qualitas 



 Transport
Canada



Transports
Canada



Ministère
des Transports
Québec 



opSens 

Montréal 



PROFILS ET AGENCIE
EN INGÉNIERIE

