

Développement d'un réseau de tubes de gel automatisés pour le Québec

Paul Dubé, ing.

Claude Lapointe, ing.

Frédéric Champagne, ing.

Ministère des Transports du Québec

Secteur des technologies d'exploitation

Direction du soutien aux opérations

Claude.Lapointe@mtq.gouv.qc.ca

Présenté par Alexandre Debs

Chef du Service des projets

Tunnels L.-H.-La Fontaine et Ville-Marie

Ministère des Transports du Québec

Alexandre.Debs@mtq.gouv.qc.ca

Transports
Québec 

Contenu

- À quoi ça sert?
- Ancienne méthode
- Objectif du changement de méthode
- Qu'est-ce qu'un tube de gel?
- C'est installé où?
- Comment c'est installé?
- Principe de fonctionnement
- Pourquoi développer un tube de gel à la DSO?
- Développement
- Précision des mesures
- Principales étapes
- Équipe
- Conclusion

À quoi ça sert?

- L'augmentation de la teneur en eau dans les fondations des chaussées les fragilise et les rend vulnérables par rapport au trafic lourd en période de dégel.
 - L'analyse des données est réalisée par la *Direction du laboratoire des chaussées*
 - La mesure du dégel dans les tubes de gel permet d'évaluer l'étendue du dégel sur le réseau routier et de déterminer les dates de restriction des charges décrétées en vue de préserver la durée de vie des chaussées.

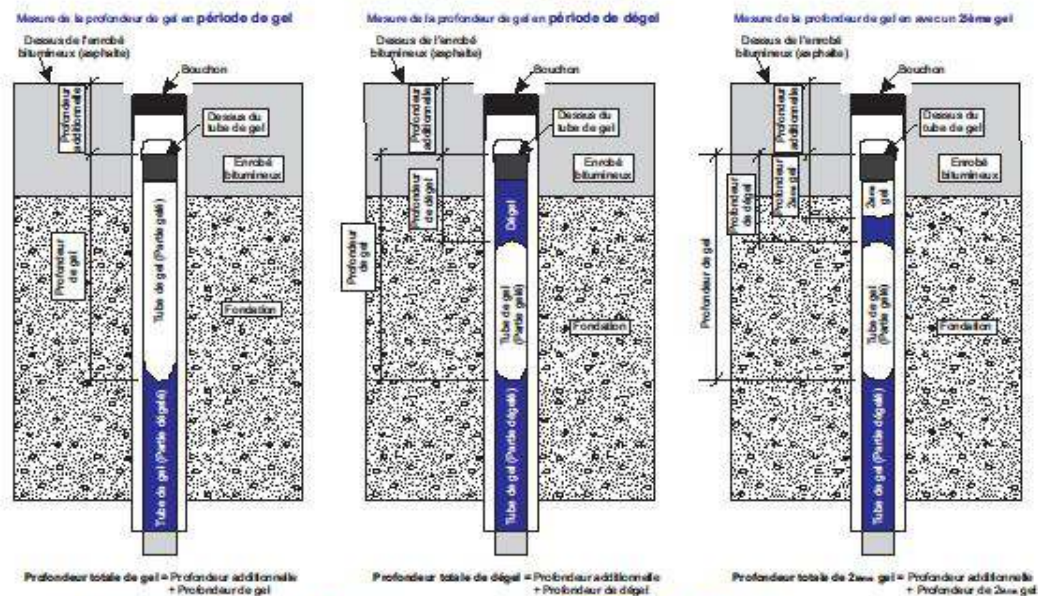
À quoi ça sert?

- Le Québec est divisé en 3 zones



Ancienne méthode

Relevé des profondeurs de gel et de dégel

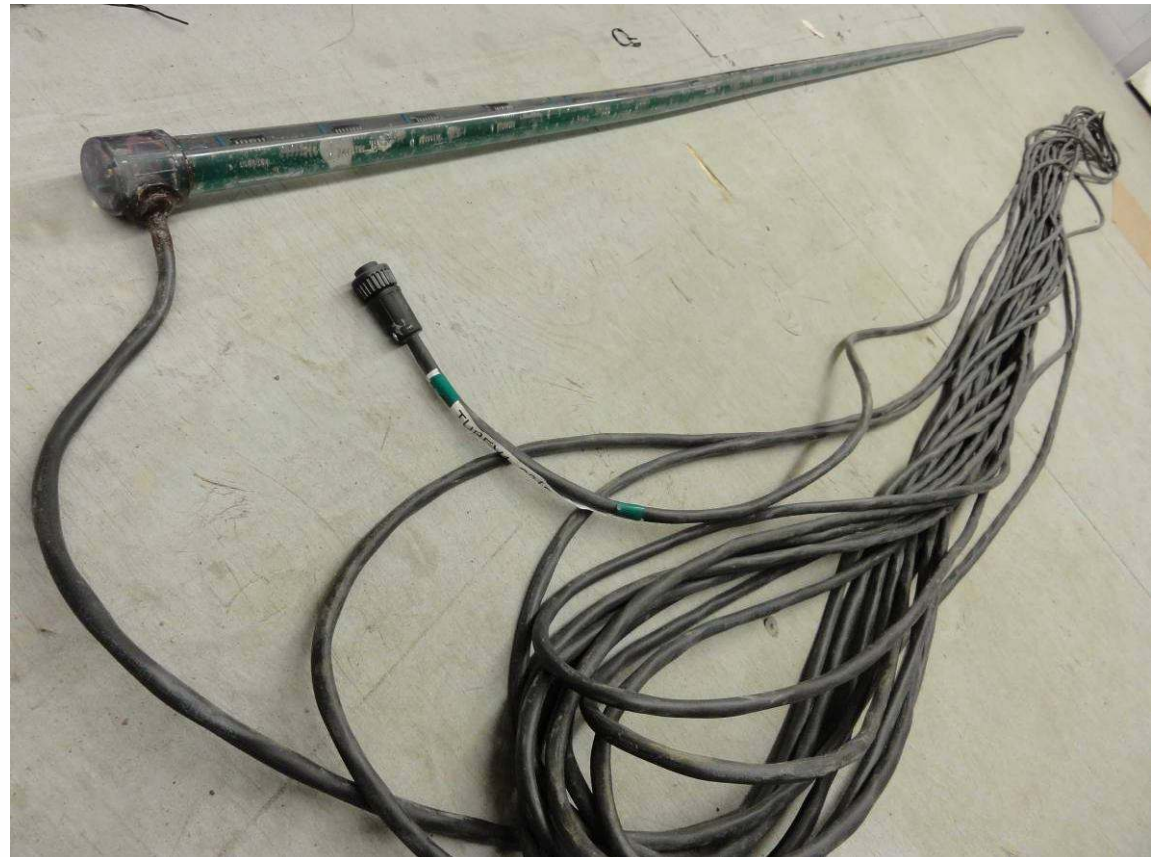


Objectifs du changement de méthode

- Productivité
- Fiabilité
- Sécurité des travailleurs
- Automatisation des relevés
- Obtenir les données en temps réel (10 min.)

Qu'est-ce qu'un tube de gel?

- Longueur habituelle : 3 m
- Autres longueurs : 4 m et 60 cm
- 60 m ou 80 m de fil



C'est installé où?

- Partout au Québec
- Il y a 50 tubes de gel automatiques
 - Installés dans les stations météo fixes
 - Fournissent des données en continu
- Sur 90 tubes manuels au glycol, il en reste environ 50
 - L'exploitation des tubes de gel (prise de lecture, transmission des données, etc.) et leur entretien ont été estimés à plus de 16 000 heures en 2008
 - Il n'y aura plus de tubes au glycol d'ici 2015



C'est installé où?



- Station météo fixe

Comment c'est installé?



Comment c'est installé?

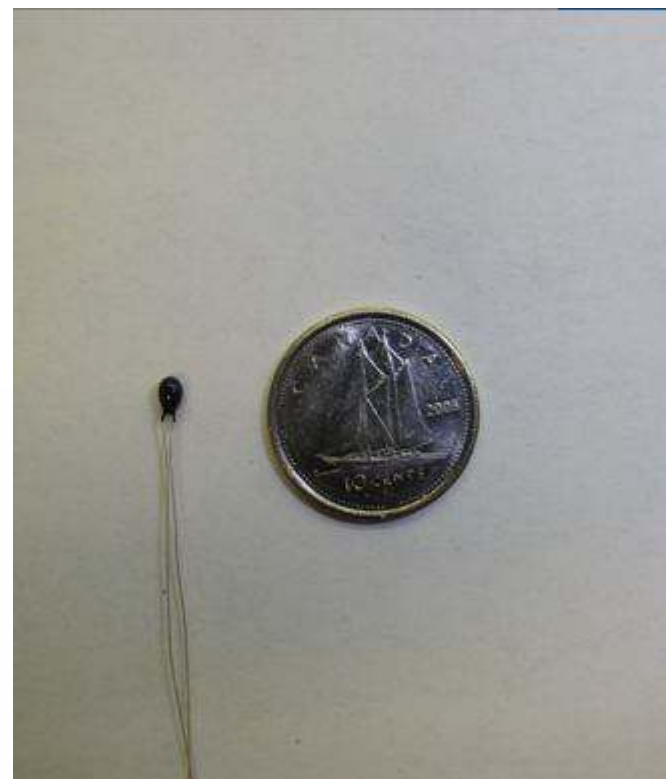


Comment c'est installé?



Principe de fonctionnement

- La température est déterminée à l'aide d'un composant électronique appelé thermistance
- La résistance de la thermistance varie de façon très précise en fonction de la variation de la température
- Les thermistances sont placées en série à des distances précises sur toute la longueur du tube et elles sont lues séquentiellement par l'électronique
- Il y a 18 thermistances dans un tube de 3 m



Pourquoi développer un tube de gel à la DSO?

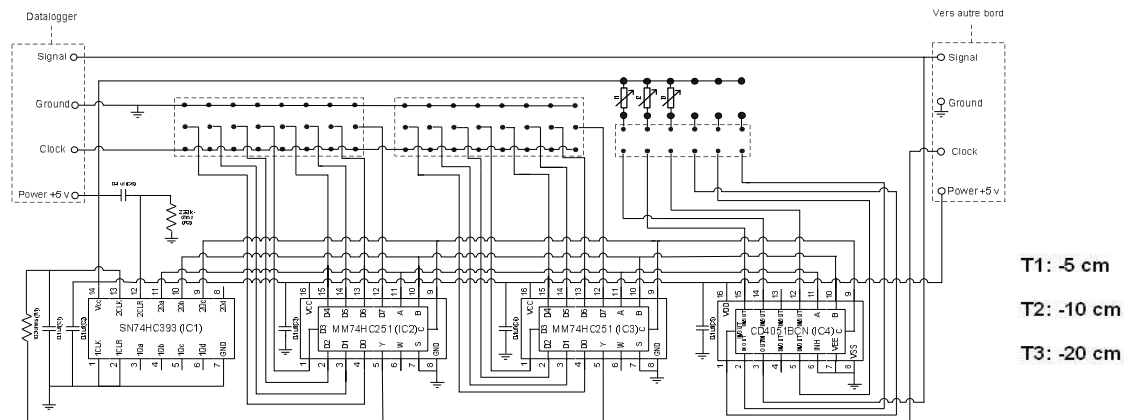
- Le propriétaire de l'unique compagnie fabriquant des tubes de gel est décédé
- ...difficulté d'approvisionnement
- Le secteur *Technologies d'exploitation* a donc eu le mandat de développer un nouveau tube de gel à l'interne

- Électronique
- Époxy

- Design du système
 - « Reverse engineering » à partir des anciens tubes
 - Amélioration du design
- Recherche des composants

Électronique

Section 1 (première)



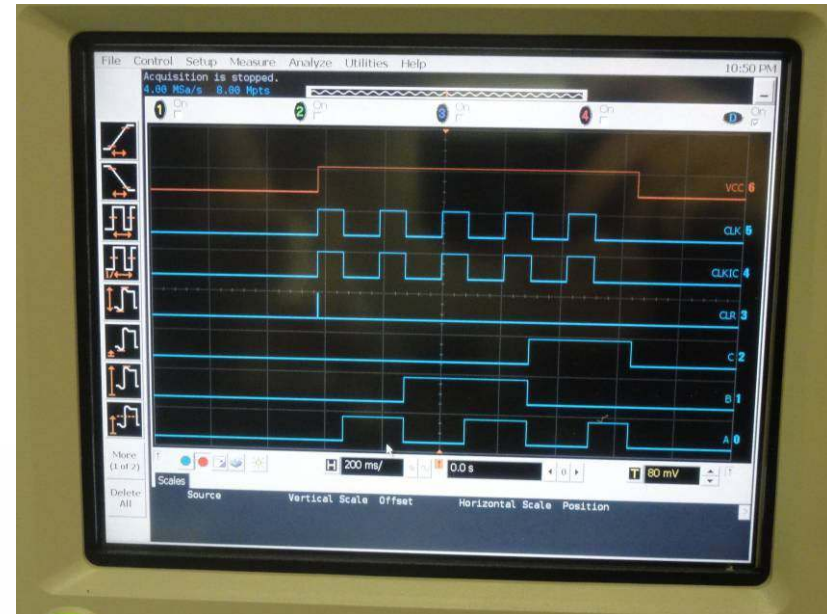
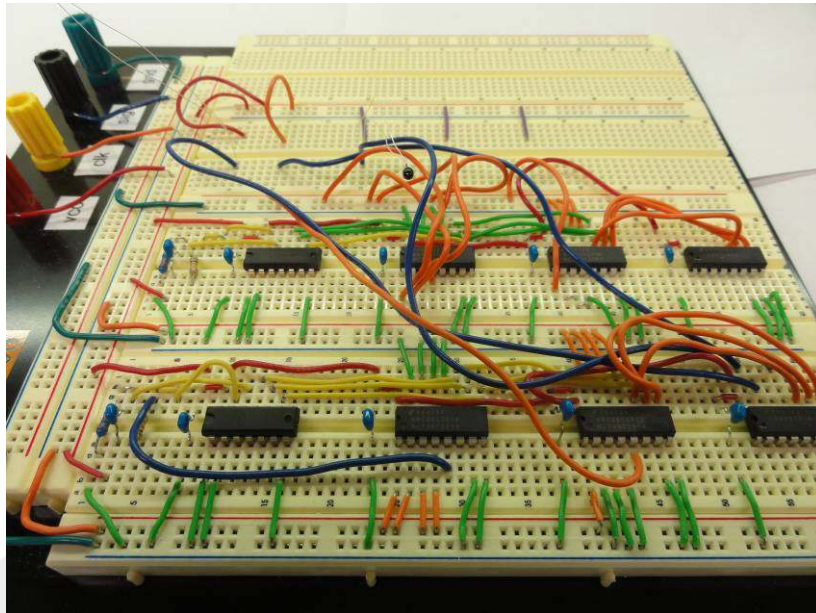
Branchement du tp101		
Couleur	Datalogger	Description
Rouge	Port #5	Power (+5v)
Noir	Ground	Ground
Orange	Port#4	Clock
Bleu	Signal	Signal

Branchement du connecteur ODP.6 (Datalogger)		
Couleur de câble	ODP Pin#	Vue du côté de la soudure
Orange	1	
Bleu	2	
Rouge	3	
Libre	4	
Noir	5	
Transparent	6	

SN74HC393N Dual 4 bit binary counters
 CD4051BCN Dual in line (JEDEC MS-001, 0.300 W)
 MC74HC251N Multiplexer 3ST 8 input
 87K150 Résistance de précision
 104M Condensateur de 0.1 u.f
 YSI44032 Precision thermistors

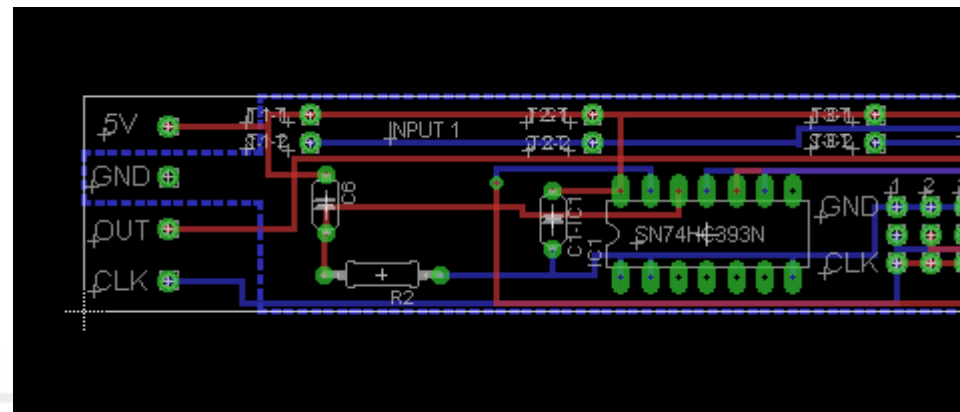
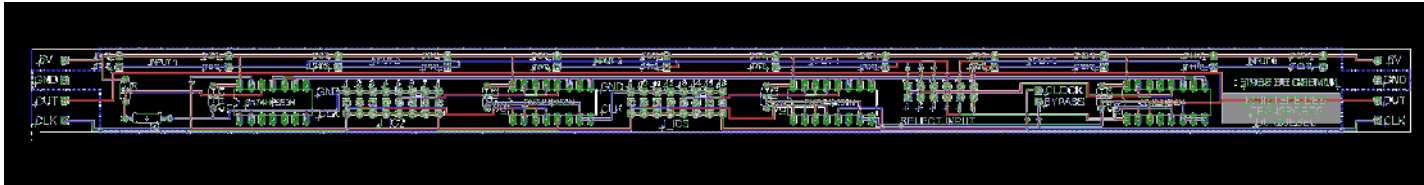
- Les branchements logiques sont établis entre les composants

Électronique

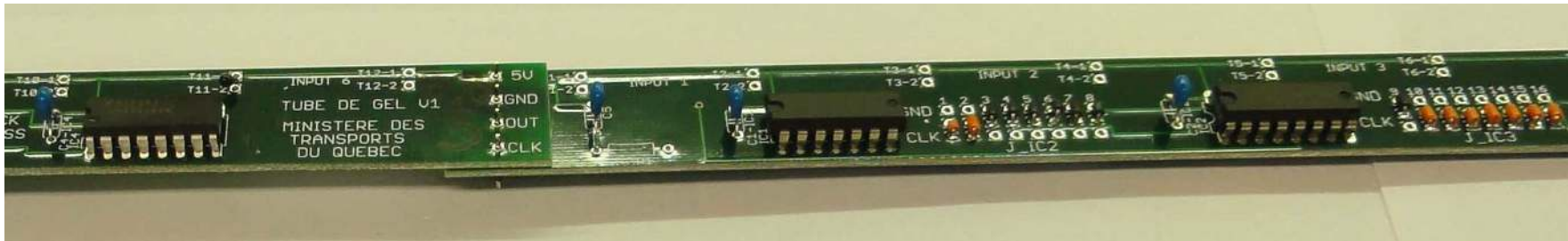


- Un test avec un « protoboard » a été réalisé

Électronique



- Le routage est fait sur 4 niveaux, car on ne peut croiser les branchements

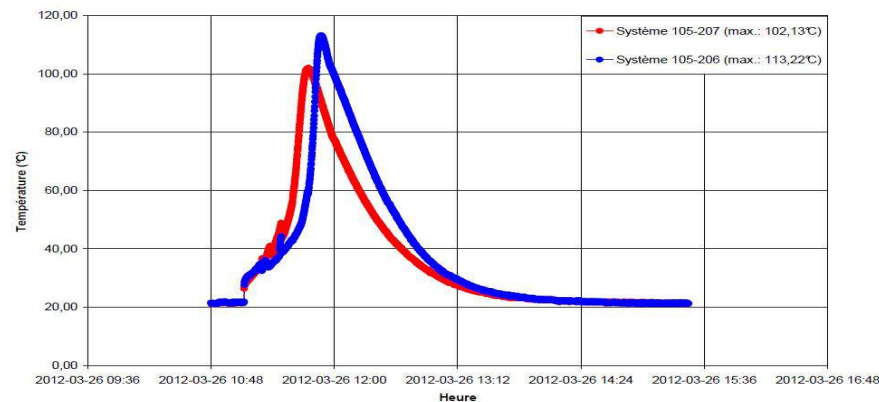


- Circuit imprimé 4 couches avec composants électroniques

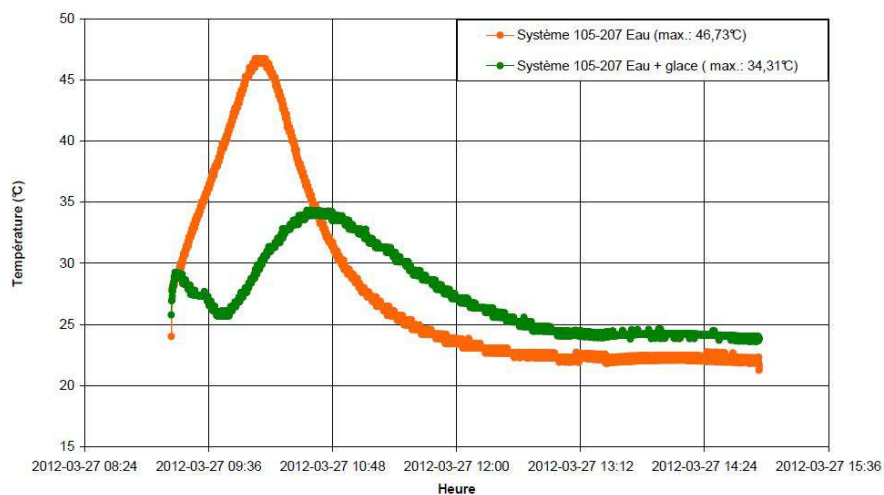
- Pour protéger l'électronique, on la met dans un tube de PVC et on coule de l'époxy pour éviter les courts-circuits qui seraient faits par l'eau

Époxy

Variation de la température des mélanges d'époxy en fonction du temps
(100 ml d'époxy dans un tube de 2,5 cm intérieur - Séchage dans l'air)



Variation de la température des mélanges d'époxy en fonction du temps (100 ml d'époxy dans un tube de 2,5 cm intérieur - Séchage dans un cylindre d'eau ou d'eau + glace)



Critères de sélection de l'époxy

- Temps de gel supérieur à 20 minutes
- Faible viscosité
- Absence de retrait lors du durcissement (shrink)
- Couleur ambrée ou incolore
- Faible température de polymérisation (réaction exothermique)

Époxy retenu

105 Epoxy Resin / 207 Special Hardener
de West System inc.

Époxy



Époxy

- L'étanchéité a été très difficile à obtenir



Époxy

- L'étanchéité a été très difficile à obtenir



Époxy

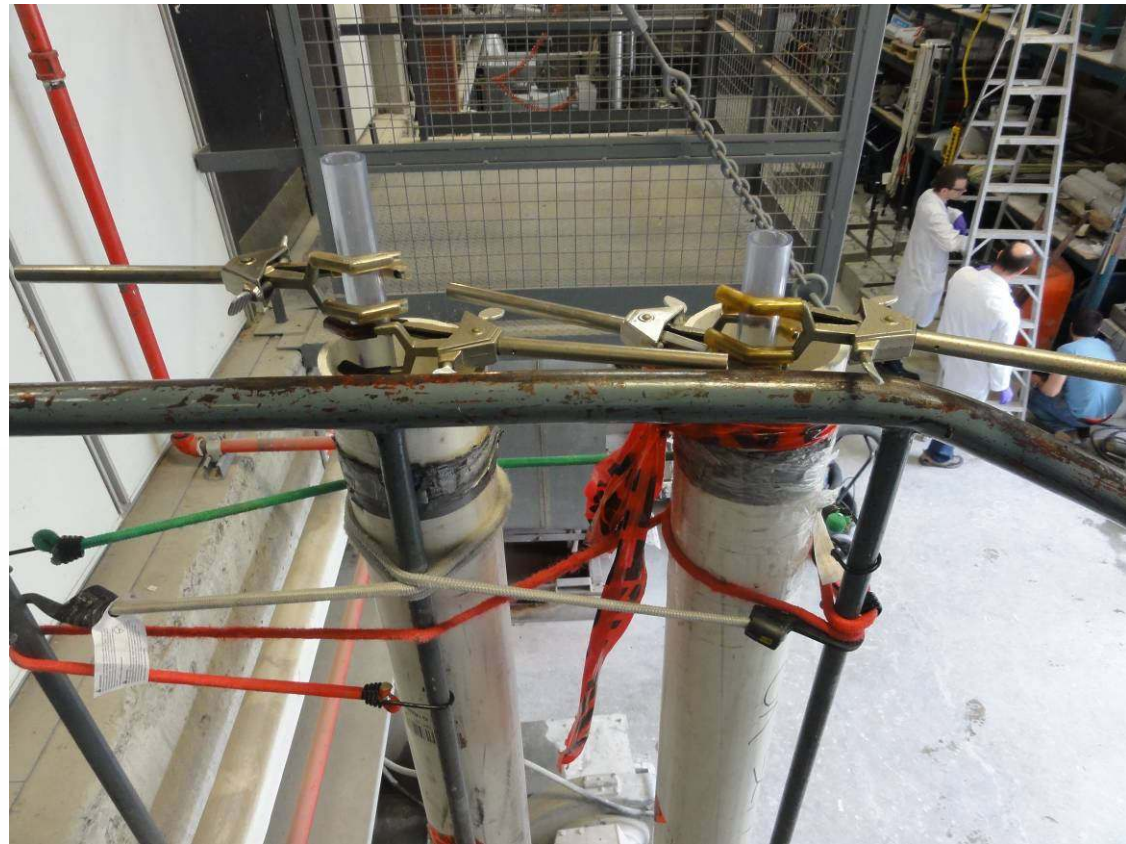
- Lorsque les 2 composants de l'époxy sont mélangés, la réaction chimique dégage beaucoup de chaleur



Époxy



- Essai dans l'eau pour tenter de diminuer le gauchissement et la succion d'air



Époxy

Un support a été
fabriqué pour
supporter les
tubes de gel



Précision des mesures

- Plusieurs essais ont permis de déterminer que la précision des températures fournies par les tubes de gel est de $\pm 0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Cette précision est suffisante pour déterminer les périodes de dégel
- Des tests sont réalisés pour s'assurer que tous les tubes installés sont fonctionnels et précis



Principales étapes

- R&D
 - essentiellement faite de février à juin 2012
- Production
 - 20 tubes fabriqués au 1^{er} juillet 2013
- Installation
 - 18 tubes installés à l'automne 2013
 - aucun problème répertorié

Équipe

- **Direction du laboratoire des chaussées**
Service des matériaux d'infrastructures
Secteur Liants hydrocarbonés et chimie
 - Frédéric Boily, M. Sc. chimiste
 - Éric Pelletier
 - Pierre Plamondon
- **Direction du soutien aux opérations**
Service de l'exploitation
Secteur Technologies d'exploitation
 - Nicolas Dion
 - David Gilbert
 - Nicolas Lamarre
 - Jonathan Roux
 - Jean-Yves Voyer
 - Claude Lapointe, ing., M.Sc., chargé de projet
 - claude.lapointe@mtq.gouv.qc.ca
 - 418 644-4490, poste 2478
 - Paul Dubé, ing., chargé de projet
 - paul.dube@mtq.gouv.qc.ca
 - 418 644-4490, poste 2331

Conclusion

- Les tubes de gel fournissent des informations essentielles pour protéger les routes.
- Les nouveaux tubes de gel développés par l'équipe du secteur *Technologies d'exploitation* en collaboration avec le secteur *Liants hydrocarbonés et chimie* sont une version améliorée et à moindre coût qui donnent d'excellents résultats de façon automatique.
- On peut envisager d'éliminer complètement les relevés manuels.

Pour information :

Ministère des Transports du Québec
Secteur des technologies de l'exploitation
Service de l'exploitation

700 boulevard René-Lévesque Est, 22^e étage
Québec (Québec)
Canada G1R-5H1

- paul.dube@mtq.gouv.qc.ca
+1 418 644-4490, poste 2331
- claudelapointe@mtq.gouv.qc.ca
+1 418 644-4490, poste 2478
- frederic.champagne@mtq.gouv.qc.ca
+1 418 644-4490, poste 2490

