

Montréal 

Bétons avec agent expansif à la ville de Montréal

Ghofran Al Chami, ing. Ph.D.

Montréal 

Richard Gagné, ing. Ph.D.



UNIVERSITÉ DE
SHERBROOKE



Centre d'expertise et de recherche
en infrastructures urbaines

Québec 19-21 novembre 2018

Contenu

- **Contexte**
- **Le retrait du béton**
 - Origine du retrait du béton
 - Le mécanisme de fissuration
 - Le rôle de l'agent d'expansion
- **La précontrainte chimique**
 - Mécanisme interne
 - Impact sur la fissuration
- **Application aux pavages en pierres naturelles**
- **Utilisation de l'agent expansif dans des projets à Montréal**
 - Place d'armes 2010
 - Musée des beaux arts 2011
 - Patinoire réfrigérée 2012
 - Rues Bonsecours et Bonneau 2015
 - Rue Saint-Paul 2016
 - Rue Saint-Vincent 2018
- **Conclusions**

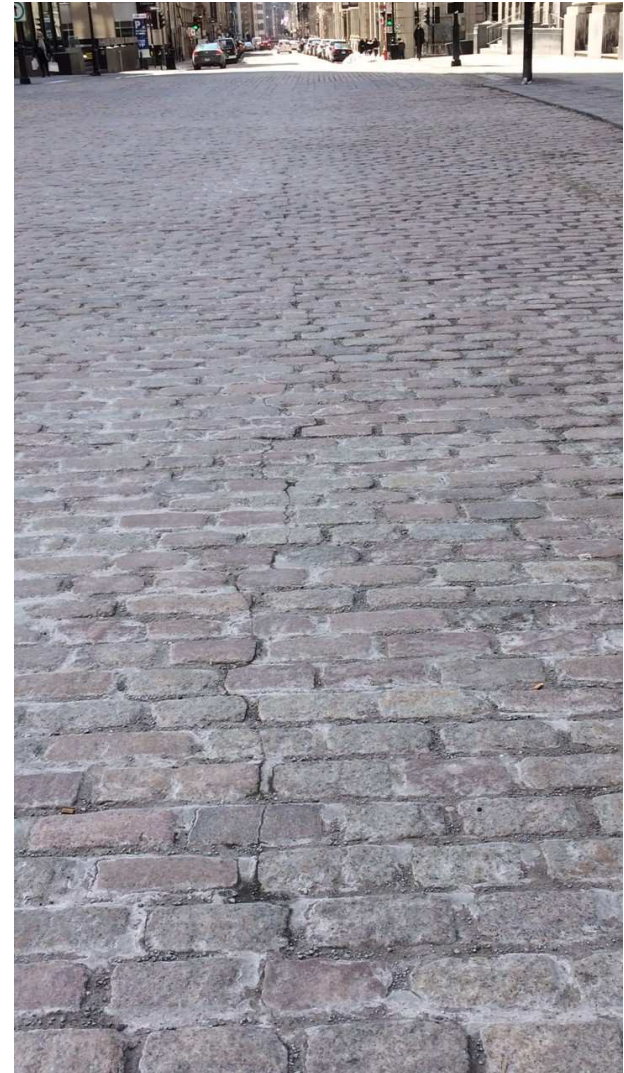
Contexte

- Pourquoi un agent expansif dans le béton?
 - Pour diminuer ou éliminer les retraits du béton
- Le **retrait empêché** est une des principales causes de la fissuration des bétons
 - Dalles sur sol
 - Murs de soutènement
 - Garde-corps
 - Barrière médianes
 - Trottoirs
 - Réparations minces en béton
 - Etc.



Contexte

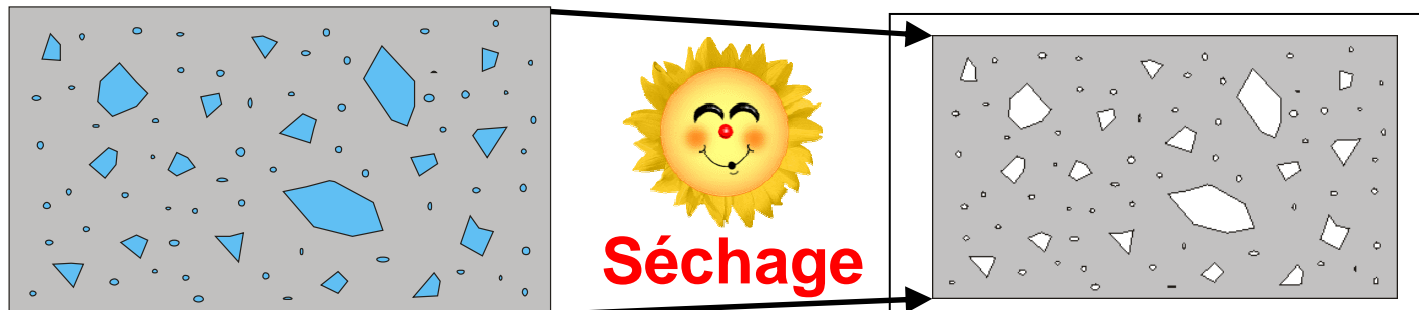
- **Les bétons « à retrait compensé » sont des bétons qui contiennent un agent d'expansion interne**
 - L'agent d'expansion est un additif en poudre qui est ajouté lors du malaxage du béton frais
- **Quelques types d'ouvrages en béton à retrait compensés à Montréal**
 - Resurfaçage en béton des tabliers de ponts
 - Dalles sur sol
 - Patinoires extérieures
 - Rues du vieux Montréal



Le retrait du béton

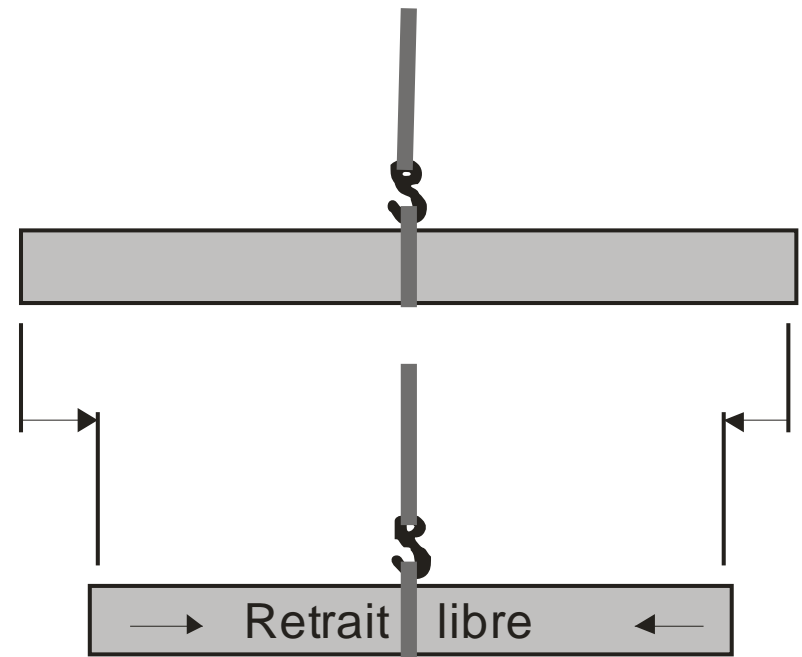
- **L'origine du retrait de séchage**
 - L'évaporation de l'eau dans les pores capillaires engendre des **ménisques**
 - Interfaces air – eau

 - Les ménisques entraînent une « **dépression capillaire** »
 - **Contraction de la pâte de ciment durcie**



Le retrait du béton

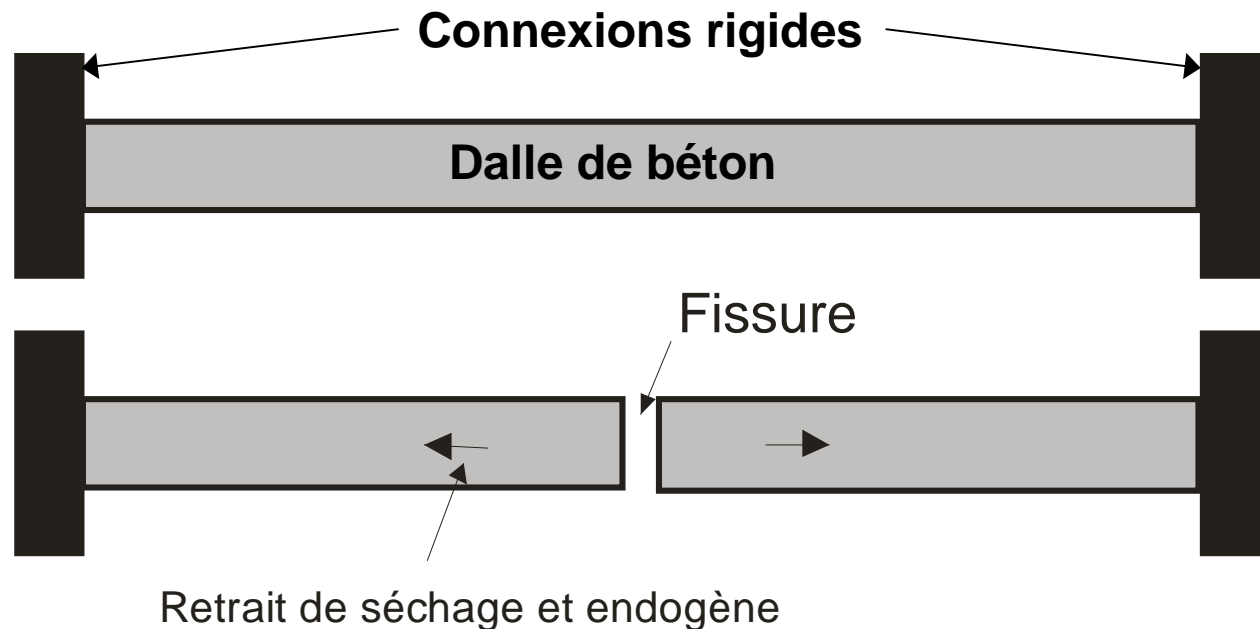
- **Comment les retraits du béton peuvent-ils engendrer de la fissuration?**
 - Il faut distinguer le retrait **libre** et le retrait **empêché**
 - **Le retrait libre n'engendre pas de fissuration !**



**Peu ou pas de
contrainte interne**

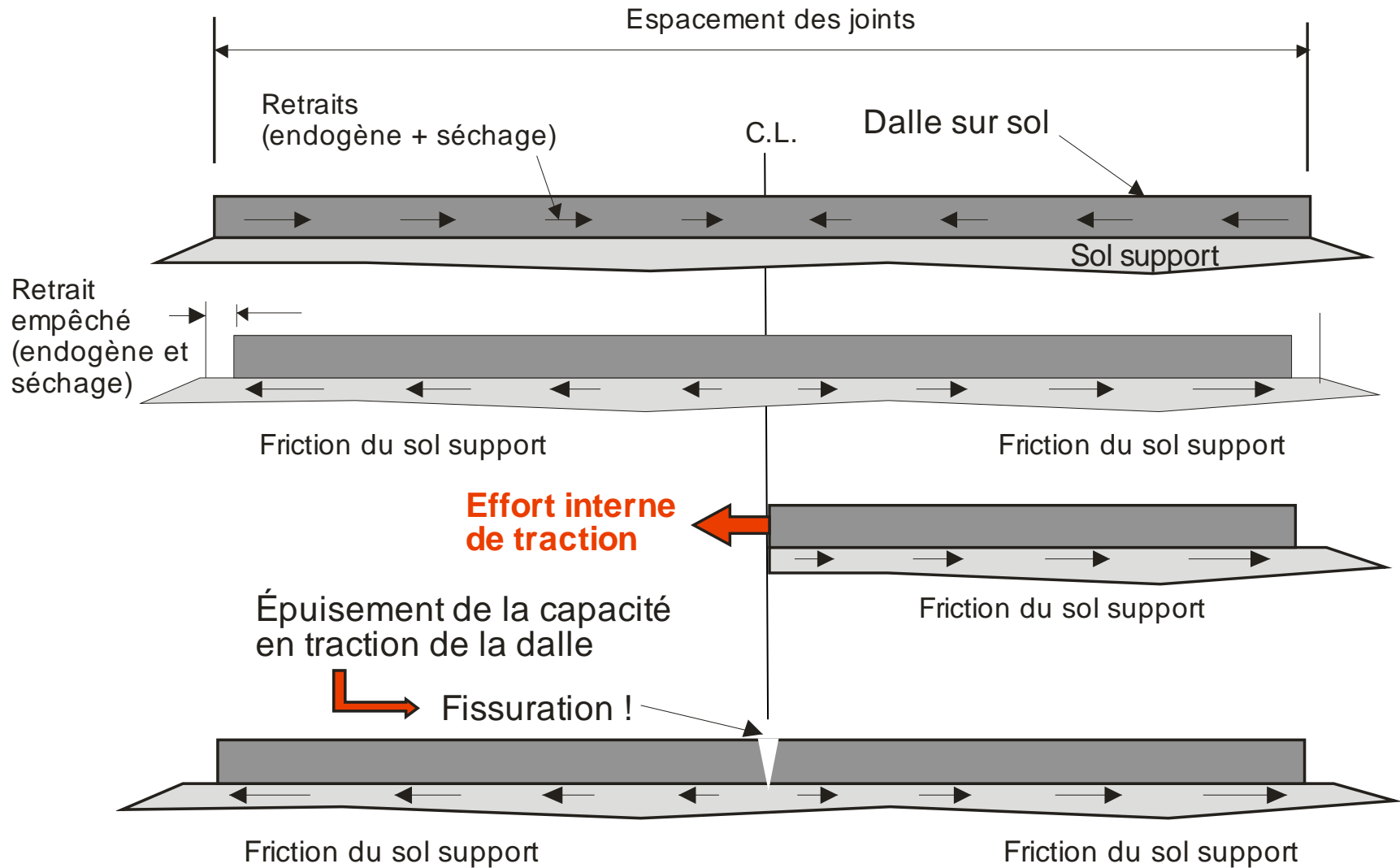
Le retrait du béton

- Comment les retraits du béton peuvent-ils engendrer de la fissuration?
- C'est le retrait **empêché** qui peut causer des problèmes



Le retrait du béton

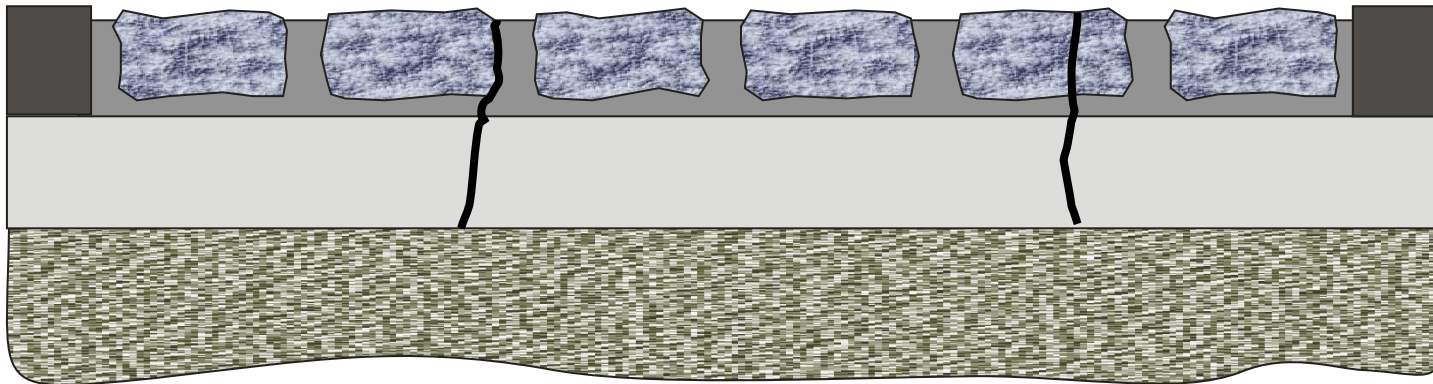
Mécanisme de fissuration d'une dalle sur sol



Le retrait du béton

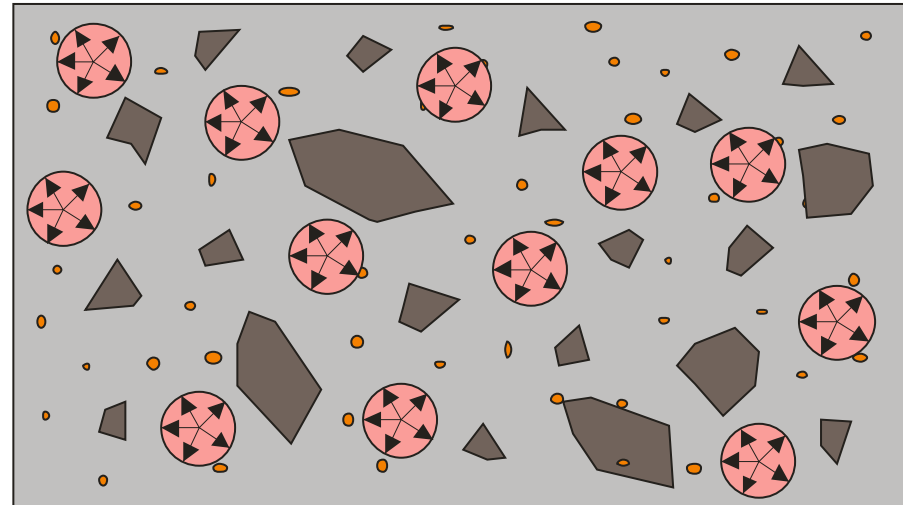
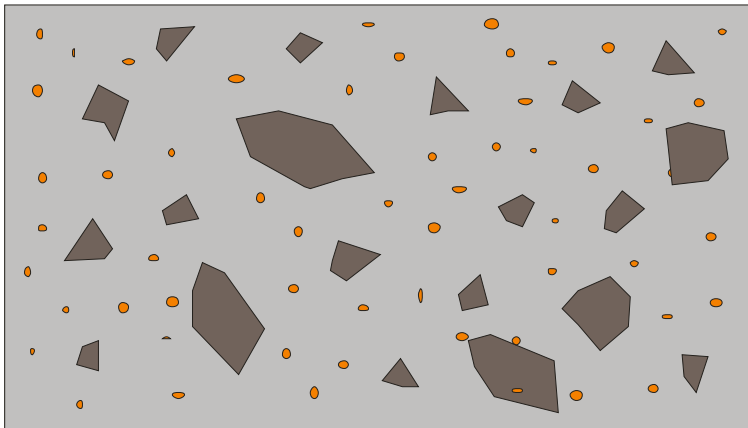
Mécanisme de fissuration d'une dalle sur sol supportant un pavage en pierres naturelles

Les fissures initiées dans la dalle se propagent dans le pavage au-dessus



Le retrait du béton

Le rôle de l'agent d'expansion interne



La précontrainte chimique

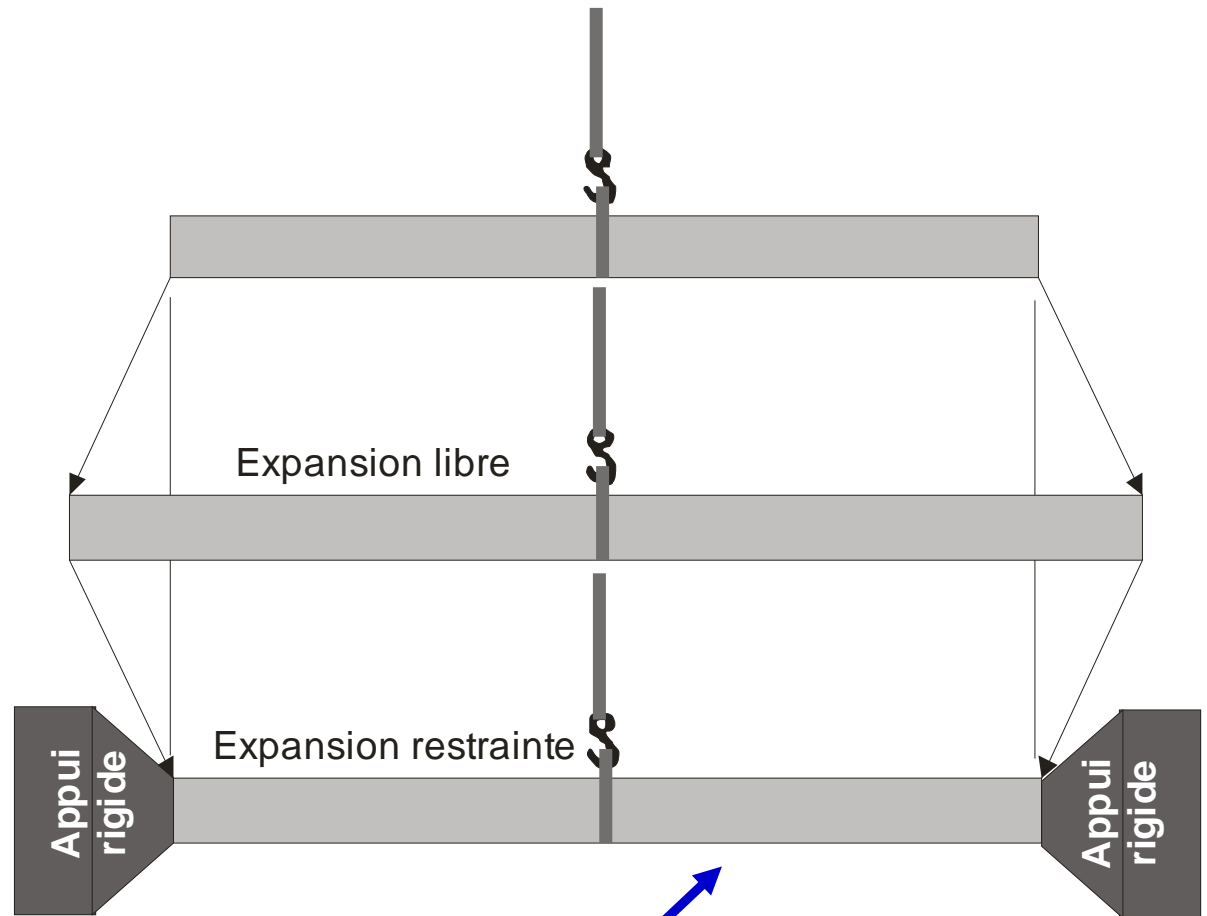
Le rôle de l'agent d'expansion interne

– Expansion restreinte :



– précontrainte interne de compression

– Très favorable!

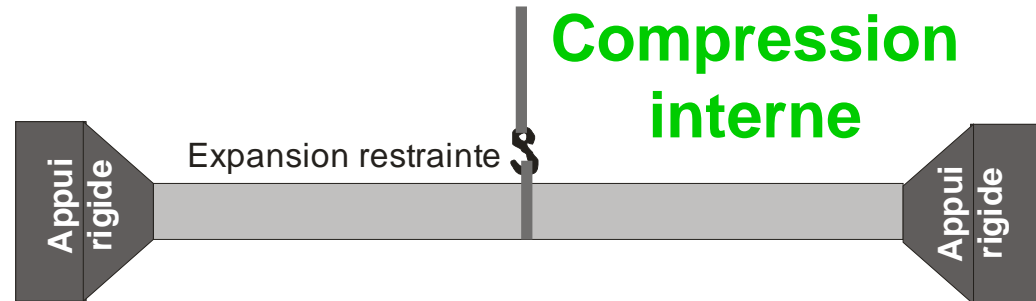


Compression
(précontrainte)

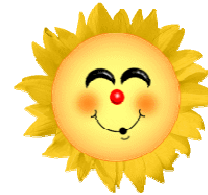
La précontrainte chimique

Le rôle de l'agent d'expansion interne

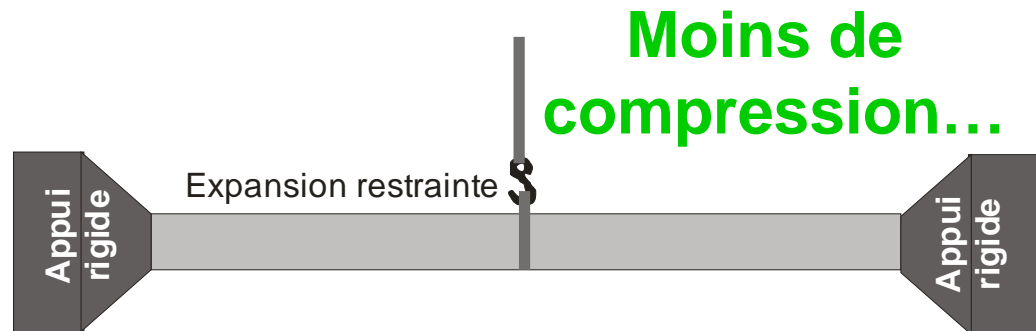
On part avec une compression



Retrait

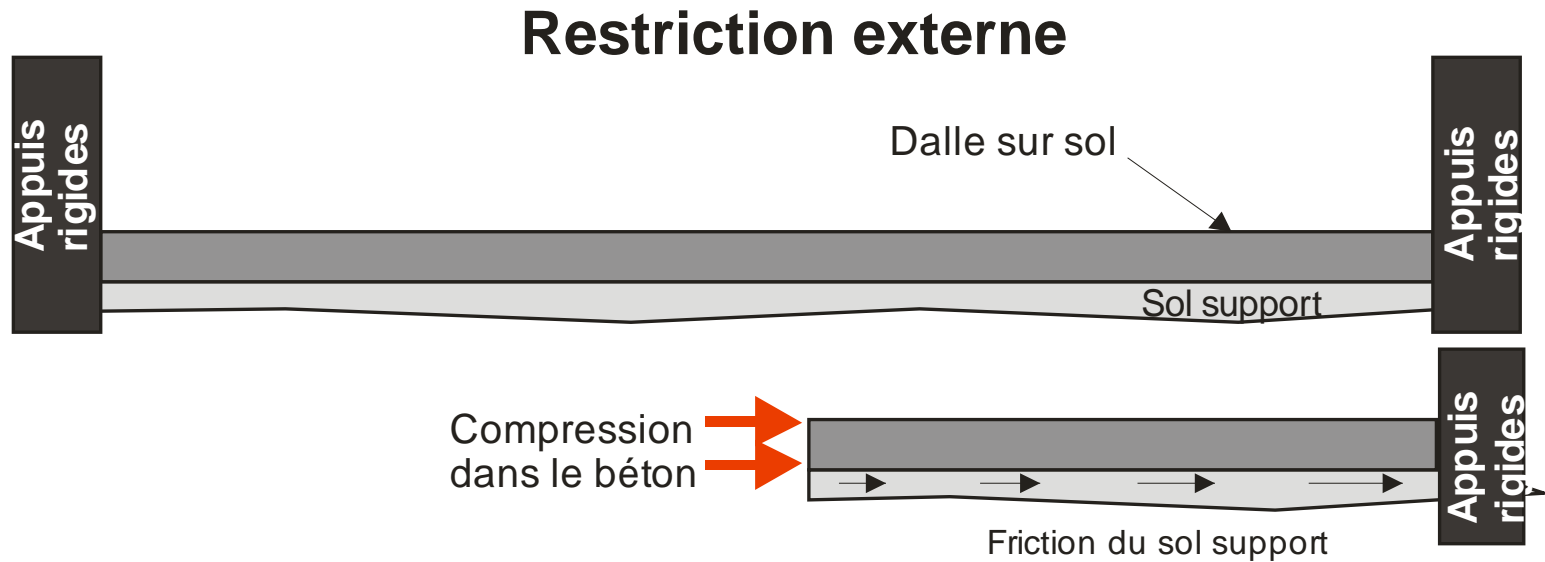


Les retraits doivent d'abord épuiser cette compression !



La précontrainte chimique

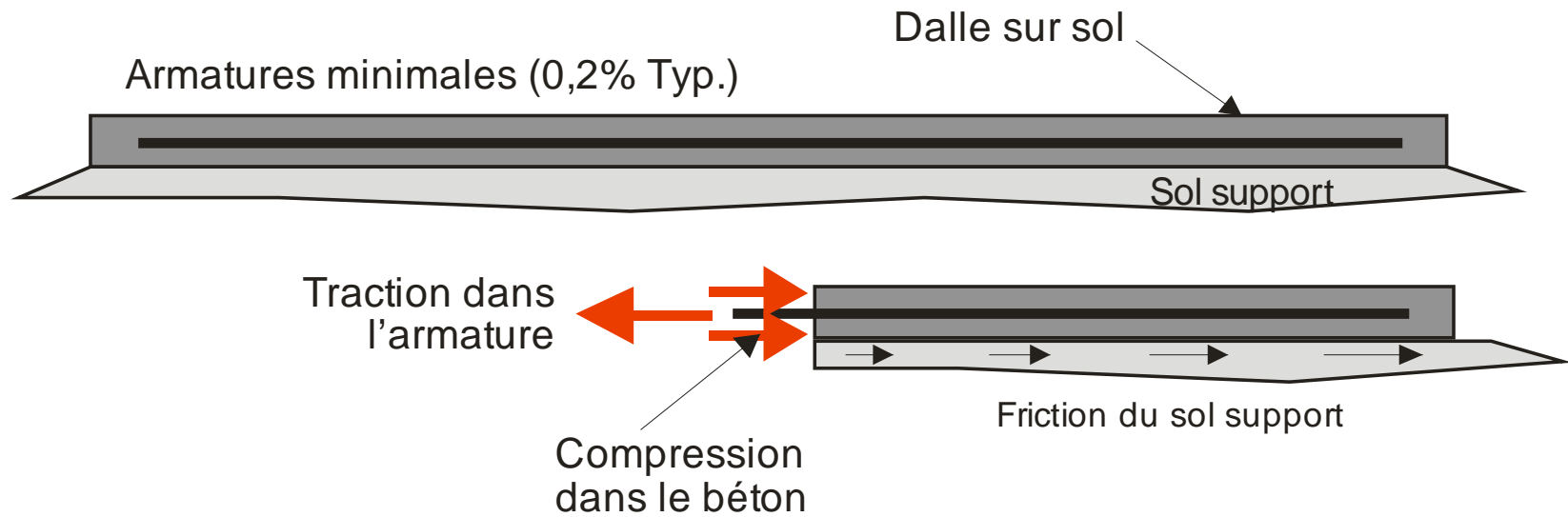
Le cas d'une dalle sur sol



La précontrainte chimique

Le cas d'une dalle sur sol

Restriction interne



Contenu

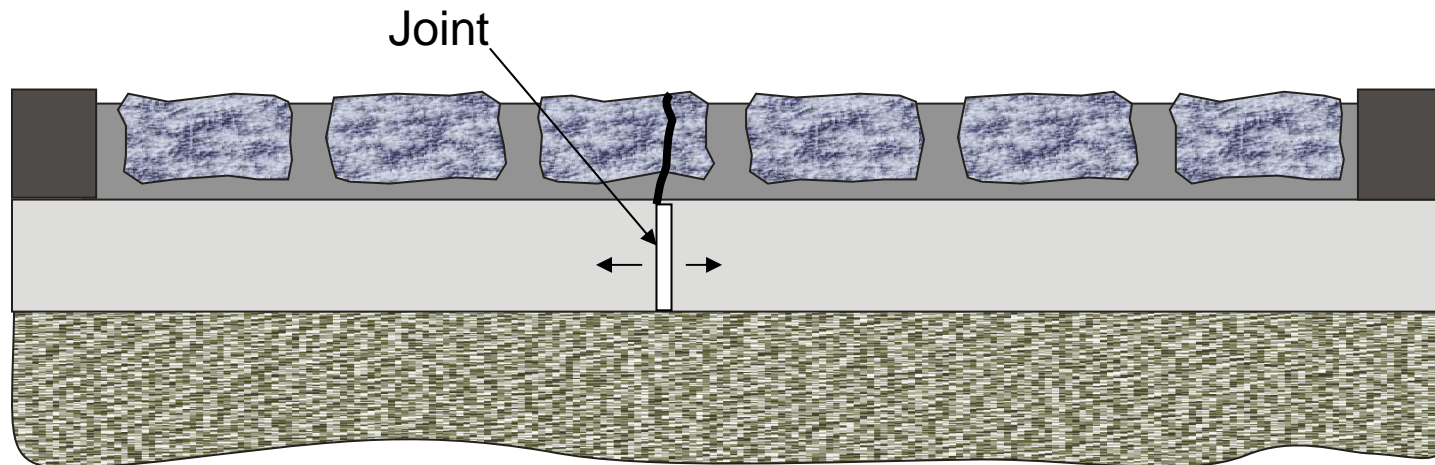
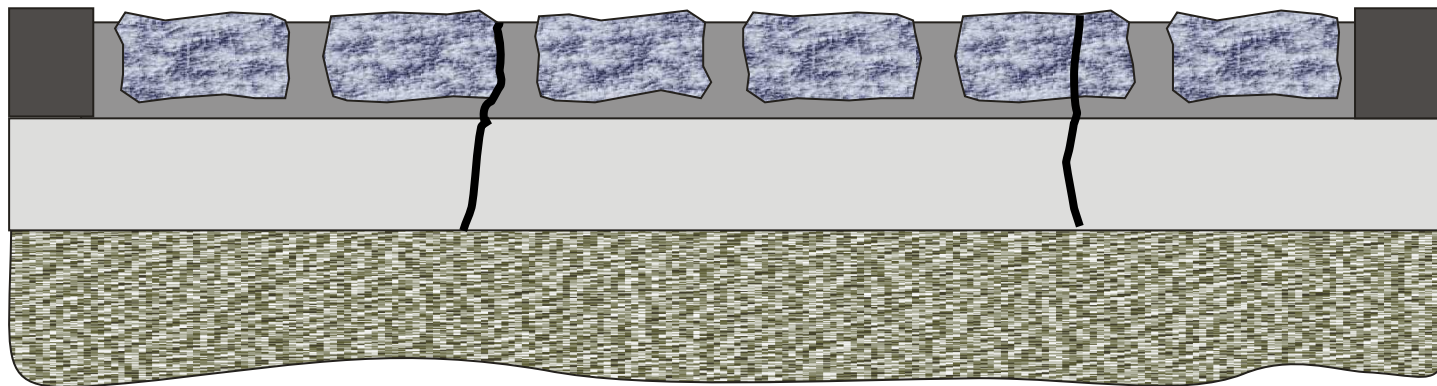
- **Contexte**
- **Le retrait du béton**
 - Origine du retrait du béton
 - Le mécanisme de fissuration
 - Le rôle de l'agent d'expansion
- **La précontrainte chimique**
 - Mécanisme interne
 - Impact sur la fissuration
- **Application aux pavages en pierres naturelles**
- **Utilisation de l'agent expansif dans des projets à Montréal**
 - Place d'armes 2010
 - Musée des beaux arts 2011
 - Patinoire réfrigérée 2012
 - Rues Bonsecours et Bonneau 2015
 - Rue Saint-Paul 2016
 - Rue Saint-Vincent 2018
- **Conclusions**

Un exemple d'application - Pavage en pierres naturelles

Pour éviter la réflexion des fissures dans les joints et les pavés:

Pas de fissure dans la dalle de support

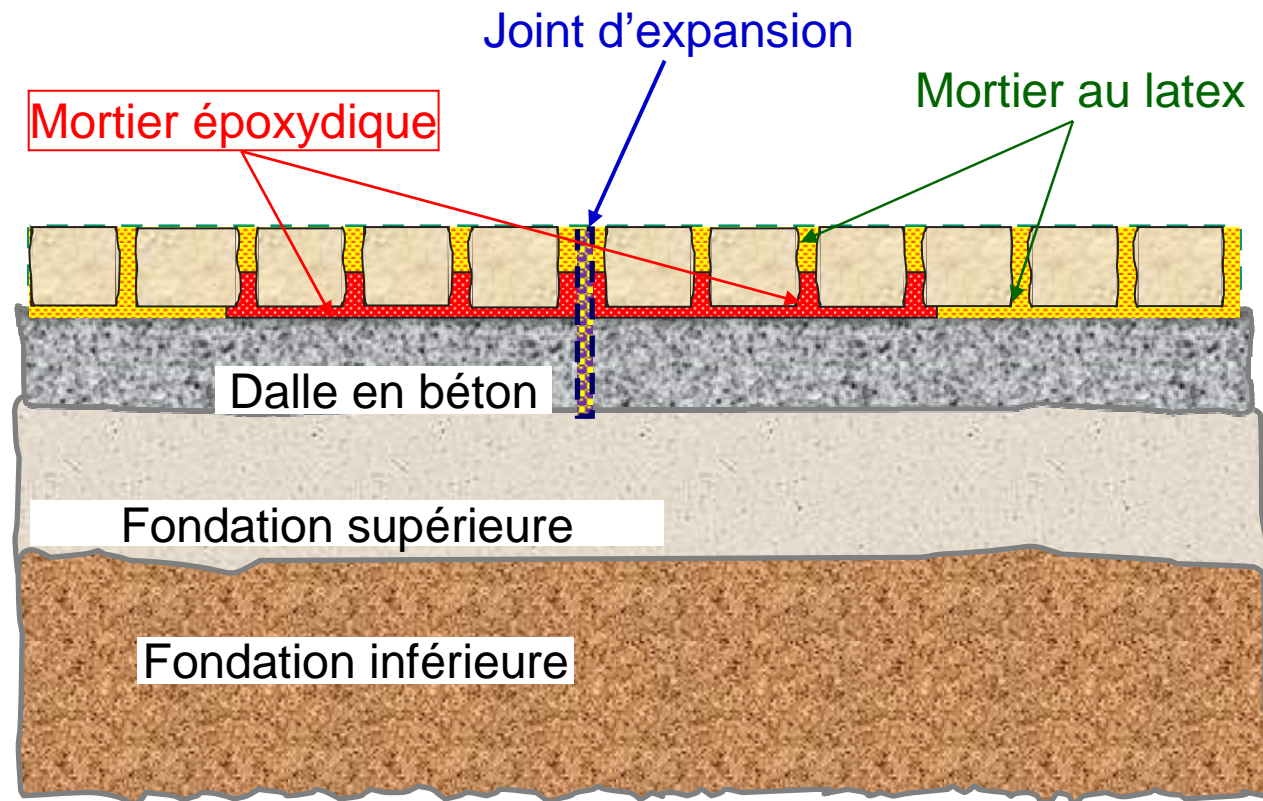
Pas de joint de retrait dans la dalle de support



Application – Pavages en pierres naturelles

Lorsqu'un joint est nécessaire, il doit faire l'objet d'une conception particulière

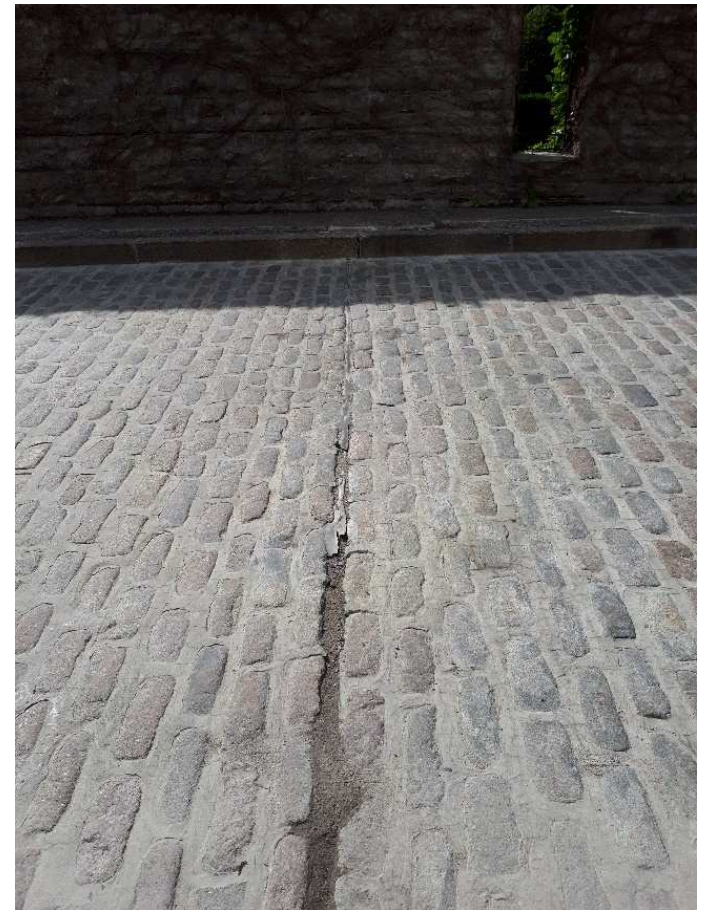
On souhaite minimiser le nombre de joint



Application – Pavages en pierres naturelles



Ruelle le Royer est



Application – Pavages en pierres naturelles

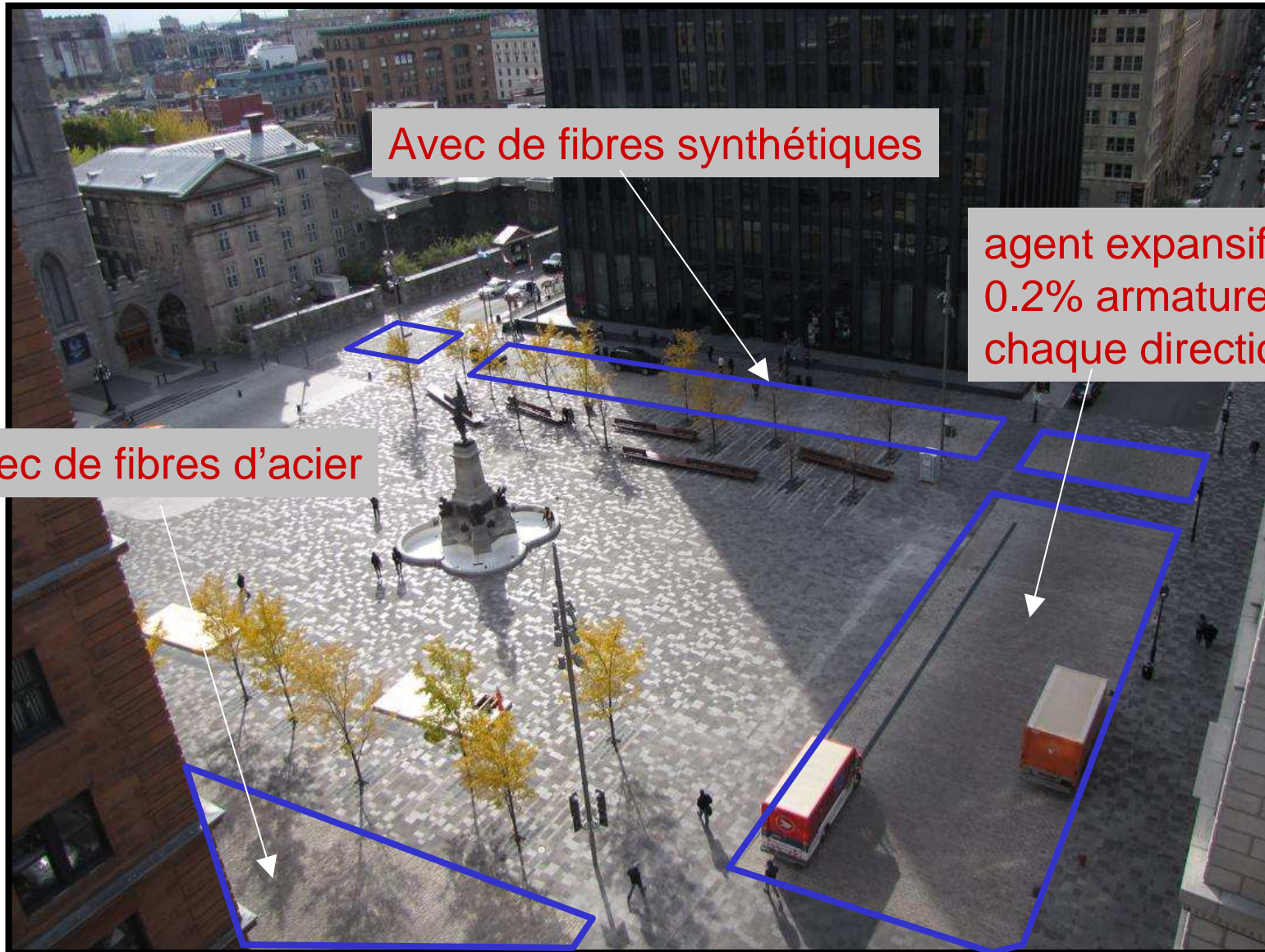
- **Pourquoi un béton à retrait compensé pour la construction de ce type de pavage ?**
 - **Pour diminuer le nombre de joints dans la dalle de support en béton armé**
 - **Diminution du temps de travail pour la pose des pavés**
 - **Diminution des coûts d'entretien des joints**
 - **Évite les fissures dans le pavage en pierres naturelles; but recherché**

Contenu

- **Contexte**
- **Le retrait du béton**
 - Origine du retrait du béton
 - Le mécanisme de fissuration
 - Le rôle de l'agent d'expansion
- **La précontrainte chimique**
 - Mécanisme interne
 - Impact sur la fissuration
- **Application aux pavages en pierres naturelles**
- **Utilisation de l'agent expansif dans des projets à Montréal**
 - Place d'armes 2010
 - Musée des beaux arts 2011
 - Patinoire réfrigérée 2012
 - Rues Bonsecours et Bonneau 2015
 - Rue Saint-Paul 2016
 - Rue Saint-Vincent 2018
- **Conclusions**

Place d'armes 2010/2011

Après 7 ans, pas de fissures visibles



Avec de fibres synthétiques

agent expansif et
0.2% armature dans
chaque direction

Avec de fibres d'acier

Musée des beaux arts 2011



Fissuration- performances améliorées mais non parfaites

Patinoire réfrigérée 2012

Cure dalle patinoire

23 octobre 2013



200' x 85' (environ 61 m x 26 m)



Janvier 2014

Rue Bonsecours 2015



Espacement entre les joints; 50 m

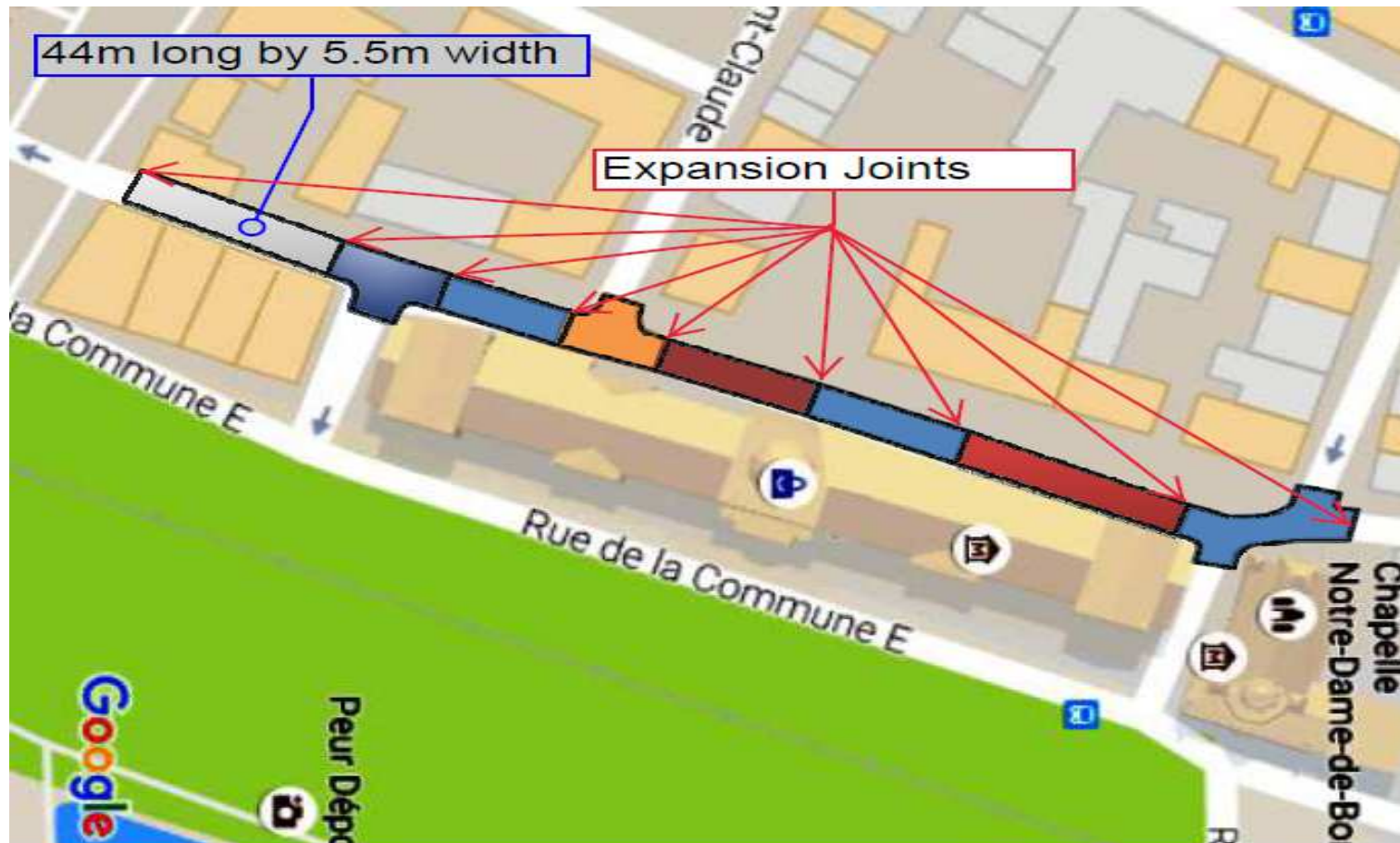
Rue Bonsecours 2015

- La cure à l'eau est cruciale pour un béton avec agent expansif



Rue St-Paul 2016

Les sections réalisées-rue St-Paul (avec un minimum de joints d'expansion)



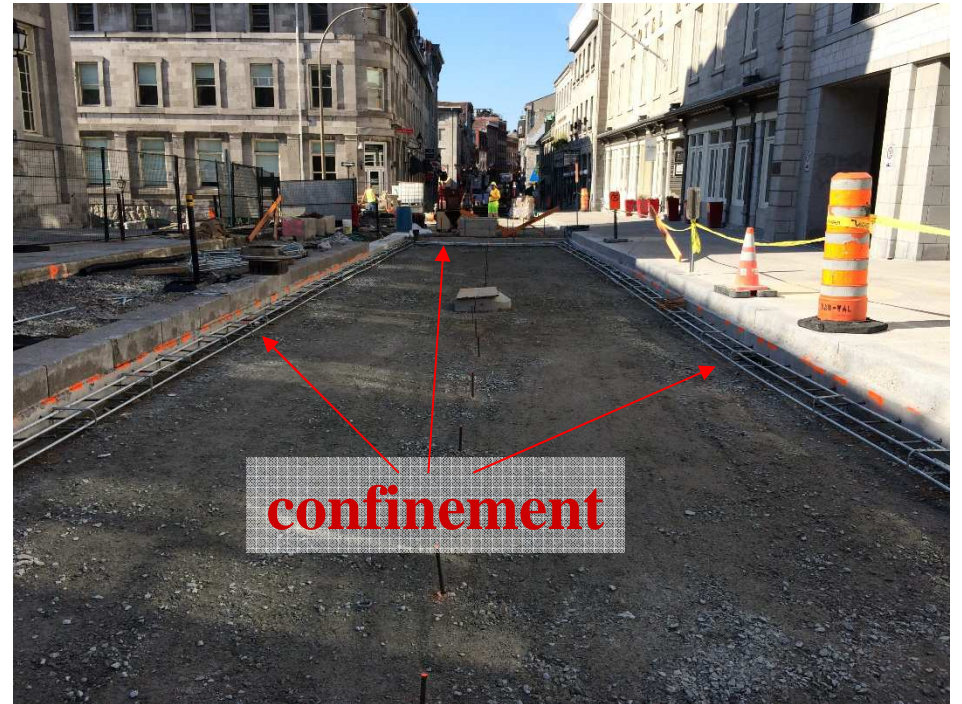
Tronçon de 250 m ; 8 sections, espacement maximum de 44 m

Rue St-Paul 2016



**Bétonnage du béton renforcé des fibres d'acier
déversement direct sur l'assise**

Rue St-Paul 2016



Ceinture d'armature- pour une dalle de béton avec un agent expansif
(réaménagement de la rue St-Paul)

Précontrainte chimique

Réalisation

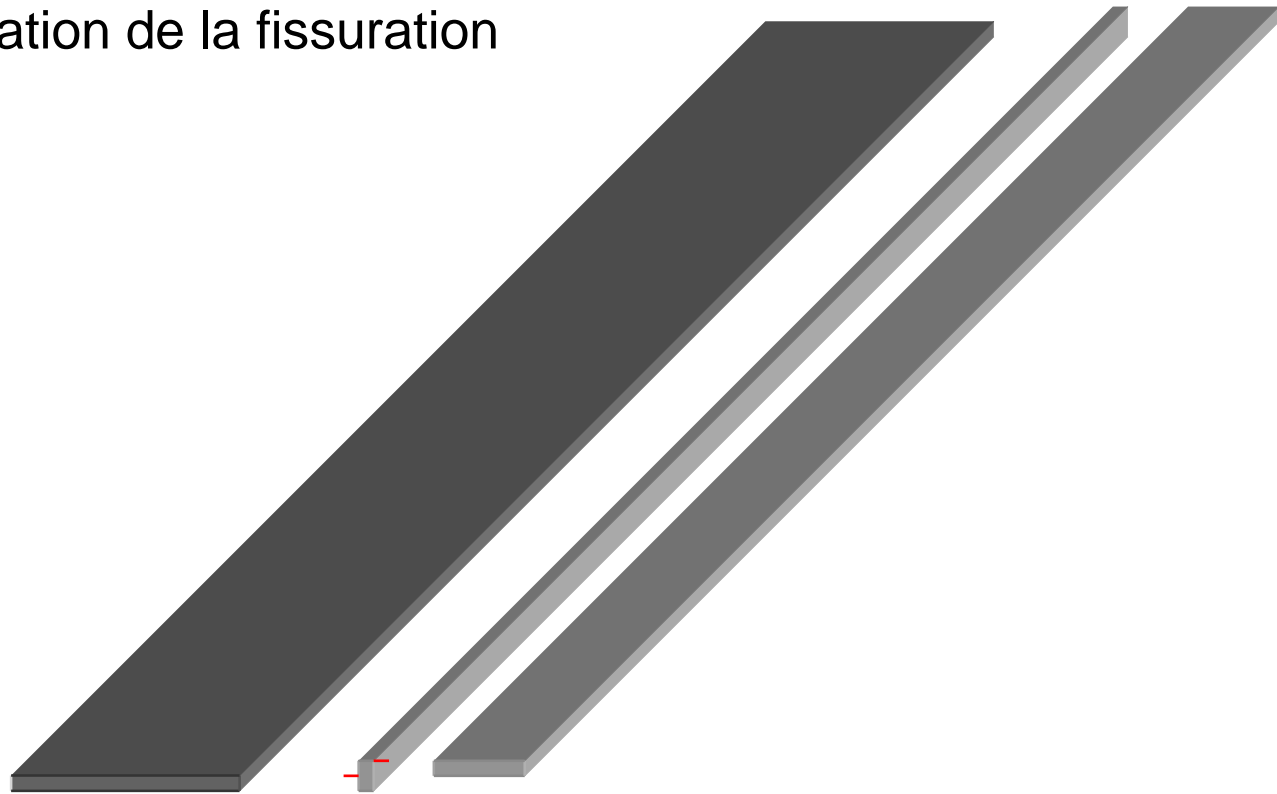
Alignement des joints et liaison des éléments structuraux :

dalle + bordure + trottoir

Contrôle des variations volumétriques:

retrait, expansion, contraction

Objectif; Élimination de la fissuration



Précontrainte chimique

Réalisation

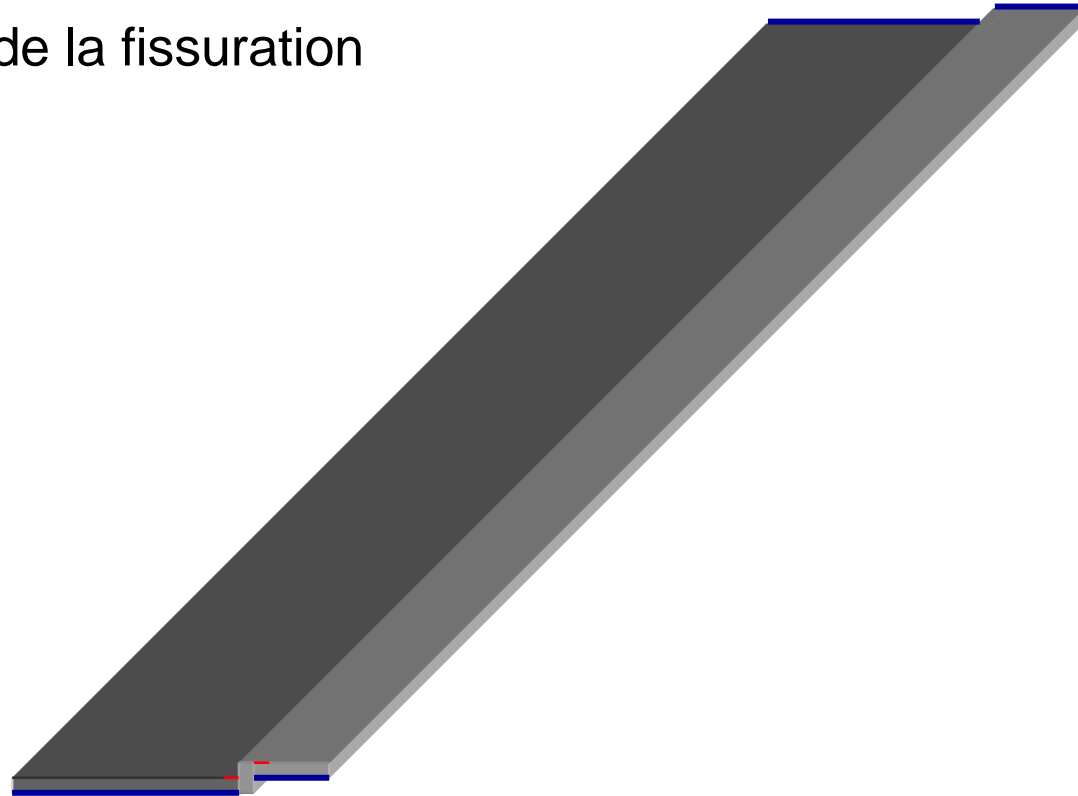
Alignement des joints et liaison des éléments structuraux :

dalle + bordure + trottoir

Contrôle des variations volumétriques:

retrait, expansion, contraction

Objectif; Élimination de la fissuration



Rue St-Paul 2016



Vue générale-rue St-Paul 2016

Rue Saint-Vincent 2018



Plan de présentation

- Introduction
- Problématique
 - Retrait de béton
- Mauvaise durabilité des joints d'expansion
- Solution proposée (précontrainte chimique)
- Utilisation de l'agent expansif dans des projets à Montréal
 - Passage inférieur Girouard 2005
 - Musée des beaux arts 2011
 - Place d'armes 2011
 - Patinoire réfrigérée 2012
 - Rues Bonsecours et Bonneau 2015
 - Rue Saint-Paul 2016
 - Rue Saint-Vincent 2018
- **Conclusions/Recommandations**

Conclusions/recommandations

Pour réussir la construction d'une longue dalle en béton sans fissure, il faut:

1. Un dosage adéquat en agent expansif,
2. Un confinement interne suffisant
 - fibre d'acier
 - ceinturage autour de la dalle ou armature,
3. Un confinement externe suffisant
 - blocage rigide en périphérie,
4. Une cure à l'eau pendant 7 jours

Conclusions/recommandations

L'utilisation d'agent expansif dans le béton permet de **diminuer** considérablement, et parfois d'**éliminer** complètement, **la fissuration**.

Technique pour les pavages en pierre naturelle du Vieux-Montréal est vraiment au point et nous sommes très satisfaits des résultats.

Merci pour votre attention