

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**

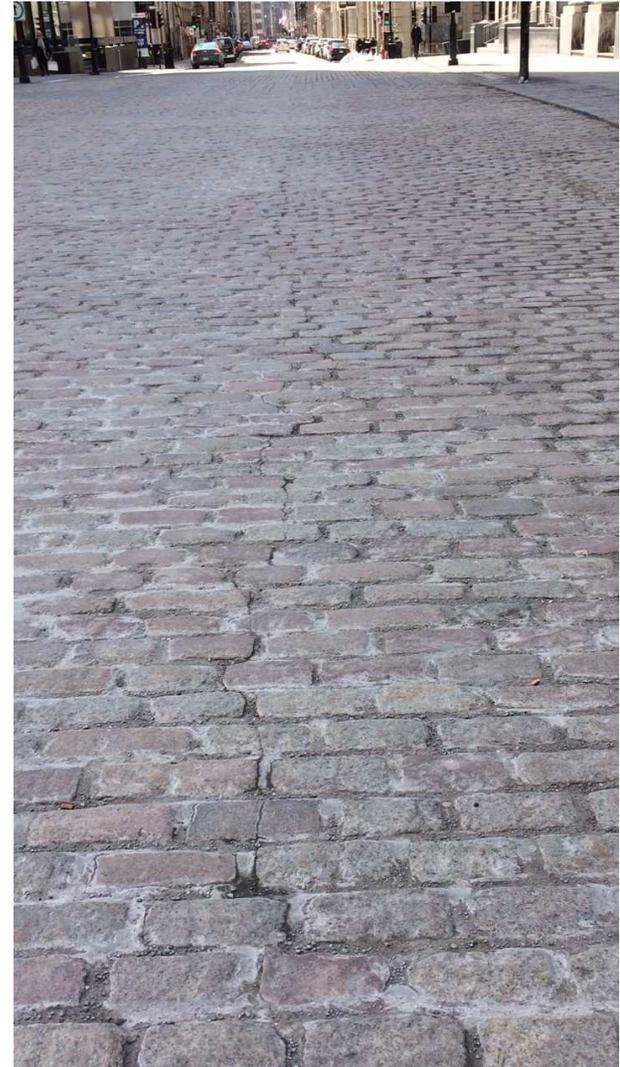
# Contexte

- 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.



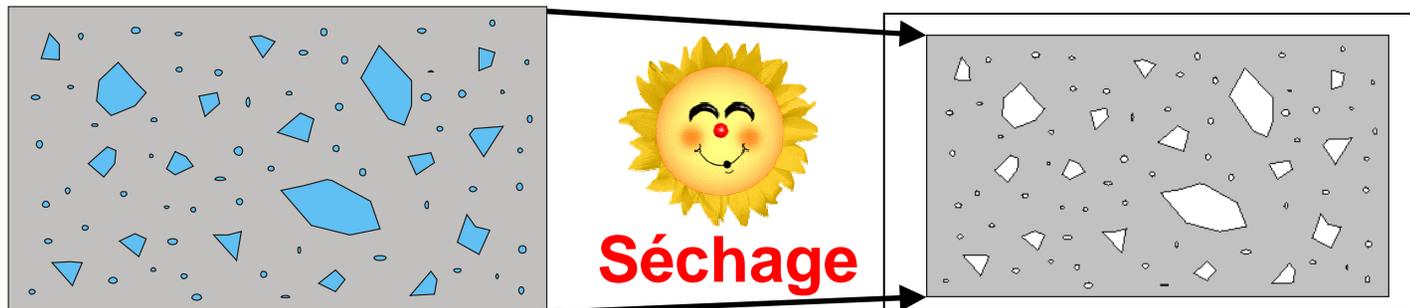
# Contexte

- **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



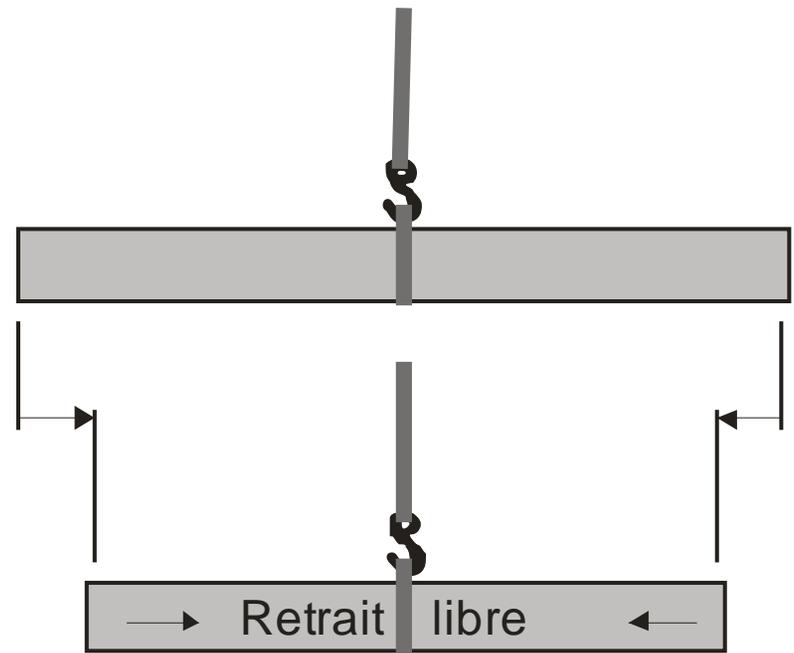
# Le retrait du béton

- **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

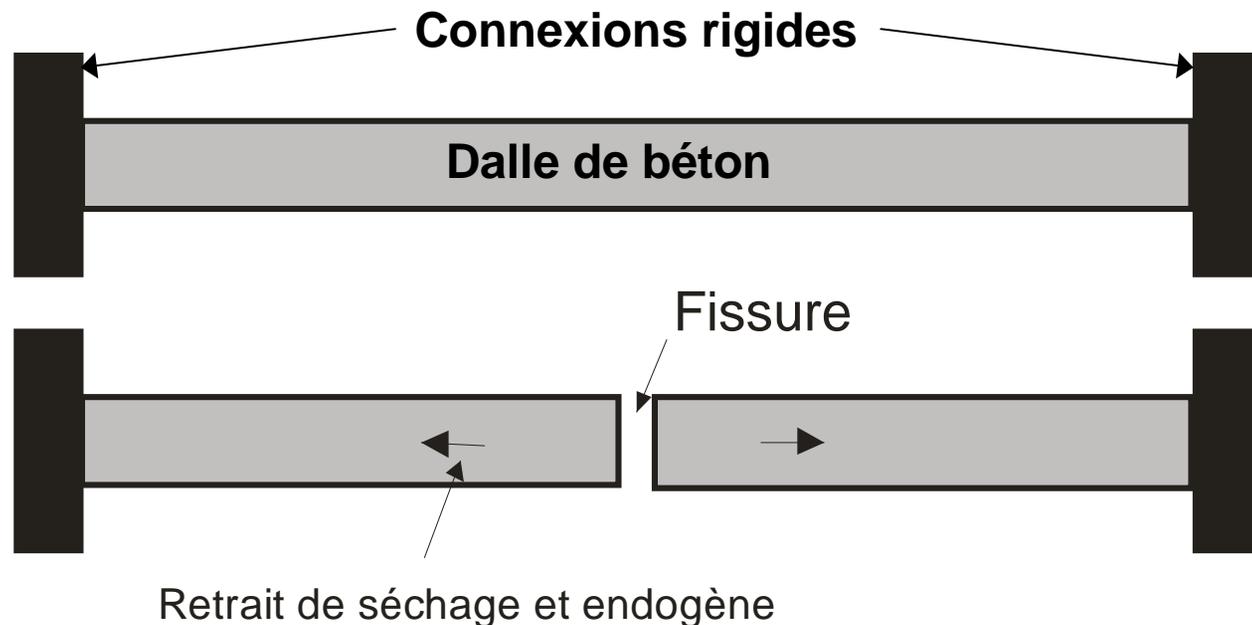
- **Comment les retraits du béton peuvent-ils engendrer de la fissuration?**
  - Il faut distinguer le retrait **libre** et le retrait **empêché**
  - **Le retrait libre n'engendre pas de fissuration !**



**Peu ou pas de  
contrainte interne**

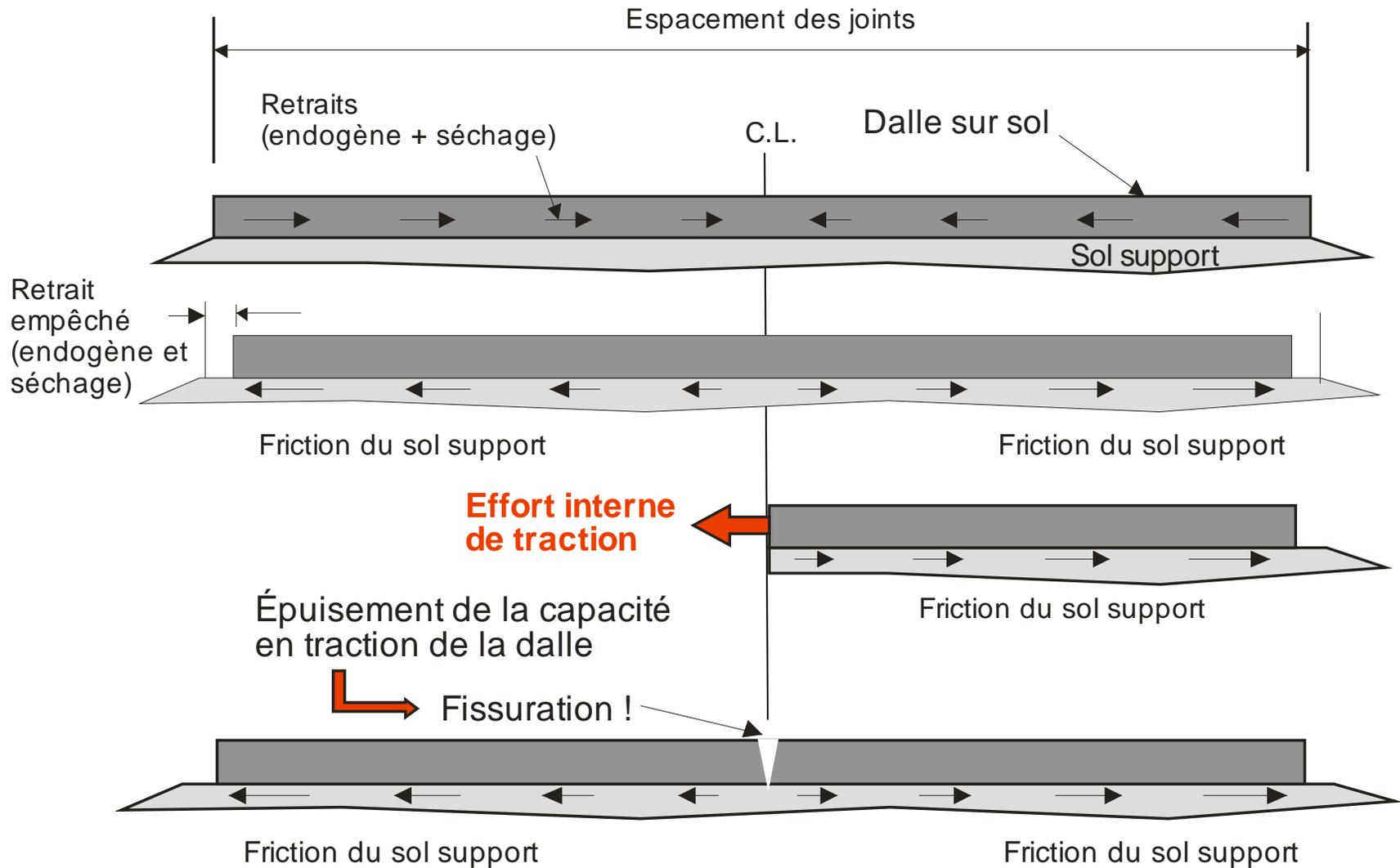
# Le retrait du béton

- **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

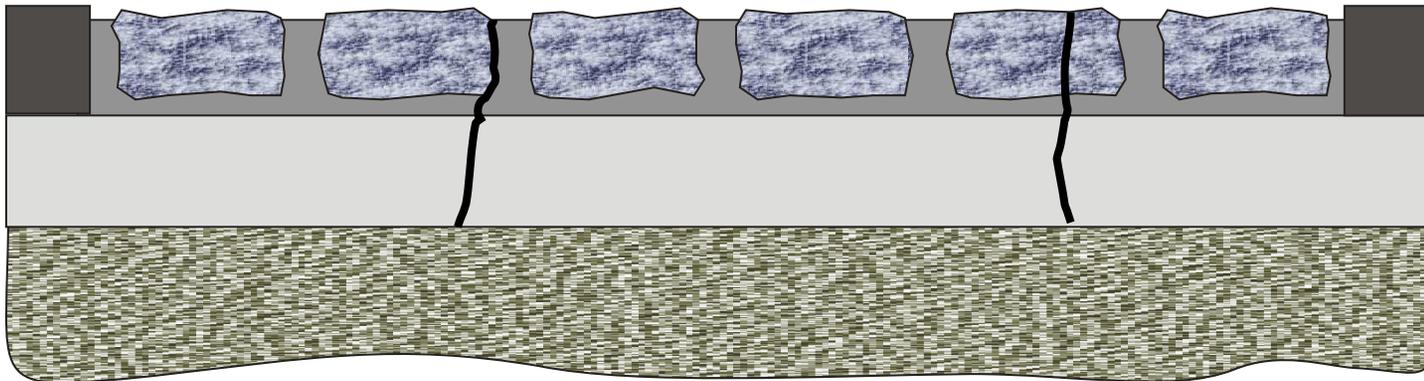
## Mécanisme de fissuration d'une dalle sur sol



# Le retrait du béton

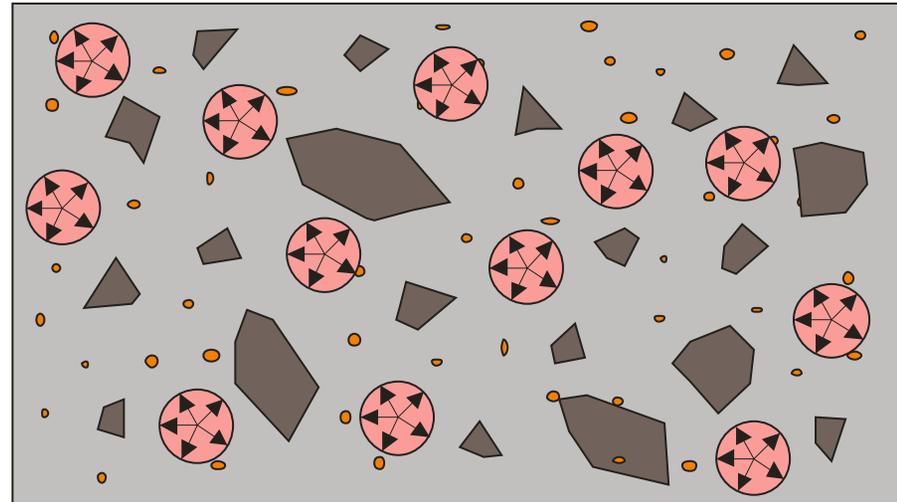
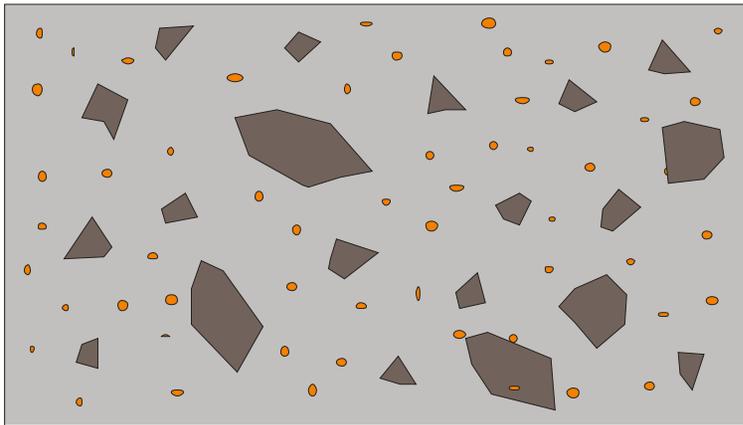
**Mécanisme de fissuration d'une dalle sur sol supportant un pavage en pierres naturelles**

**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

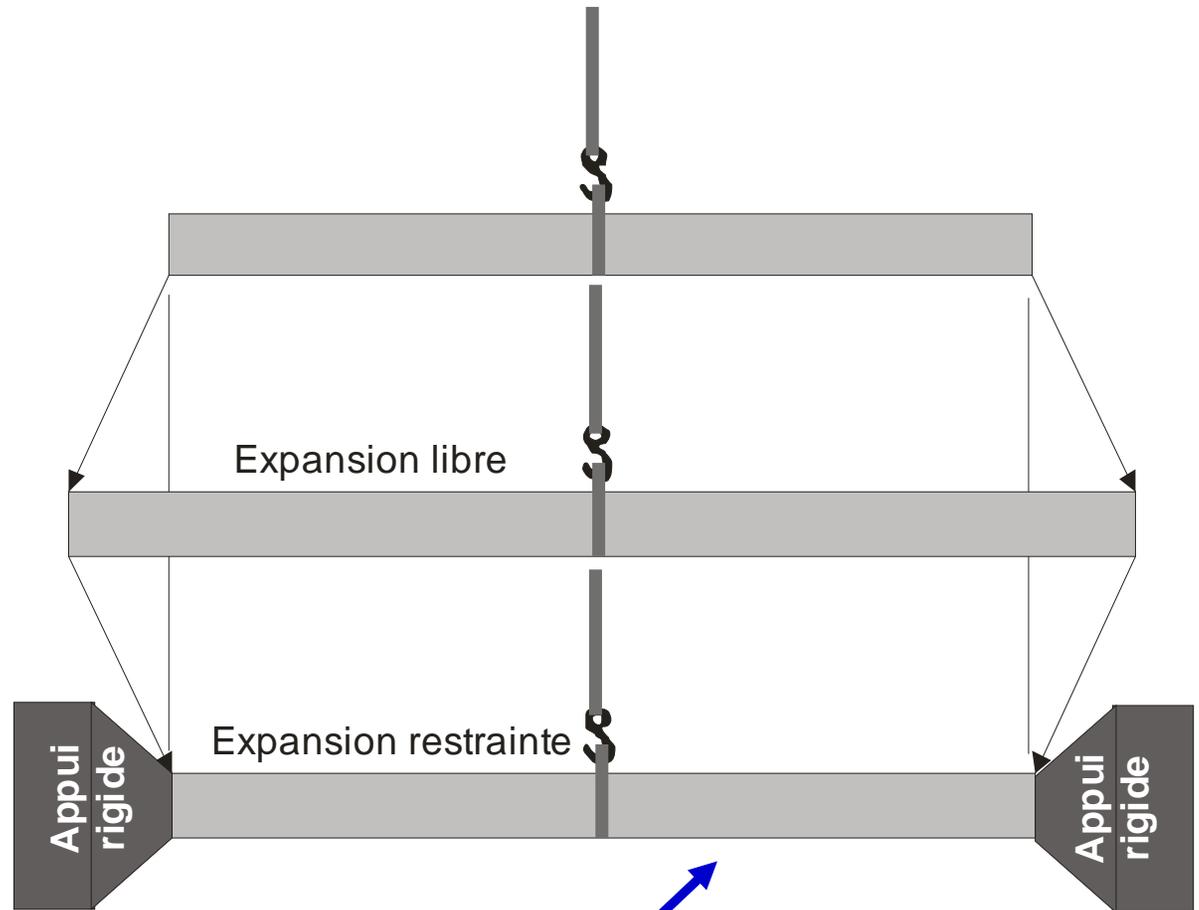
## Le rôle de l'agent d'expansion interne

– Expansion restreinte :



– précontrainte interne de compression

– Très favorable!

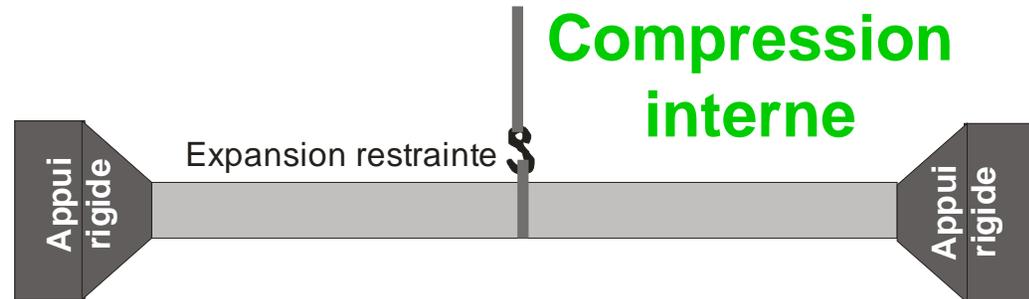


**Compression  
(précontrainte)**

# La précontrainte chimique

## Le rôle de l'agent d'expansion interne

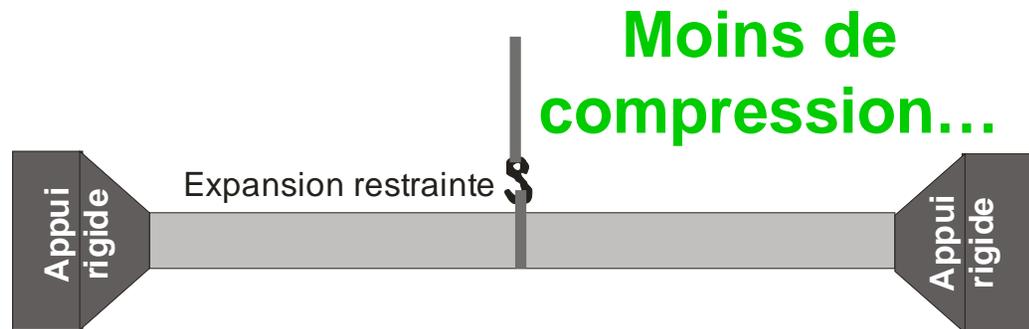
On part avec une compression



Retrait

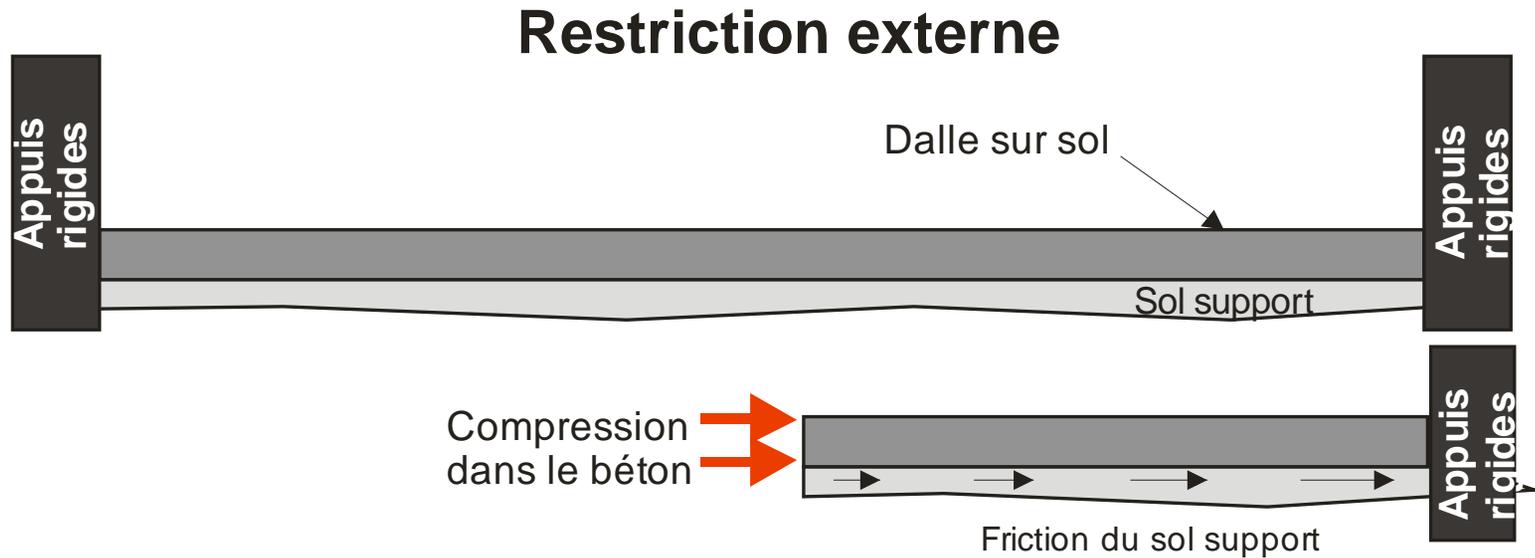


Les retraits doivent d'abord épuiser cette compression !



# La précontrainte chimique

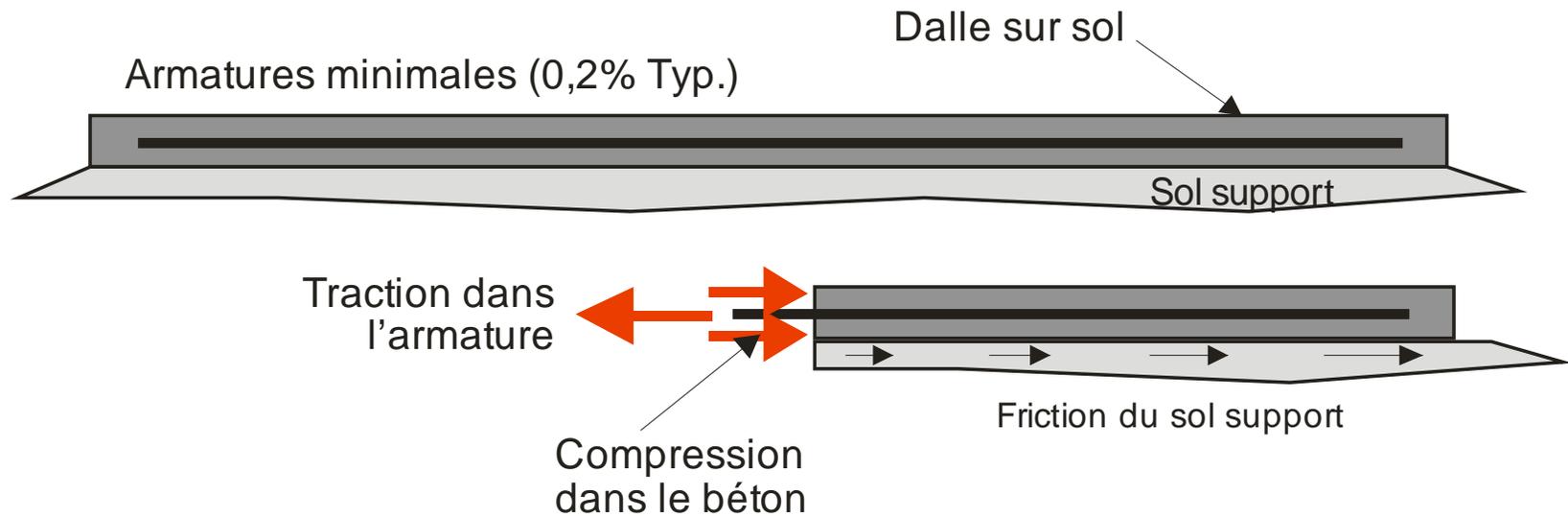
## Le cas d'une dalle sur sol



# La précontrainte chimique

## Le cas d'une dalle sur sol

### Restriction interne



# Contenu

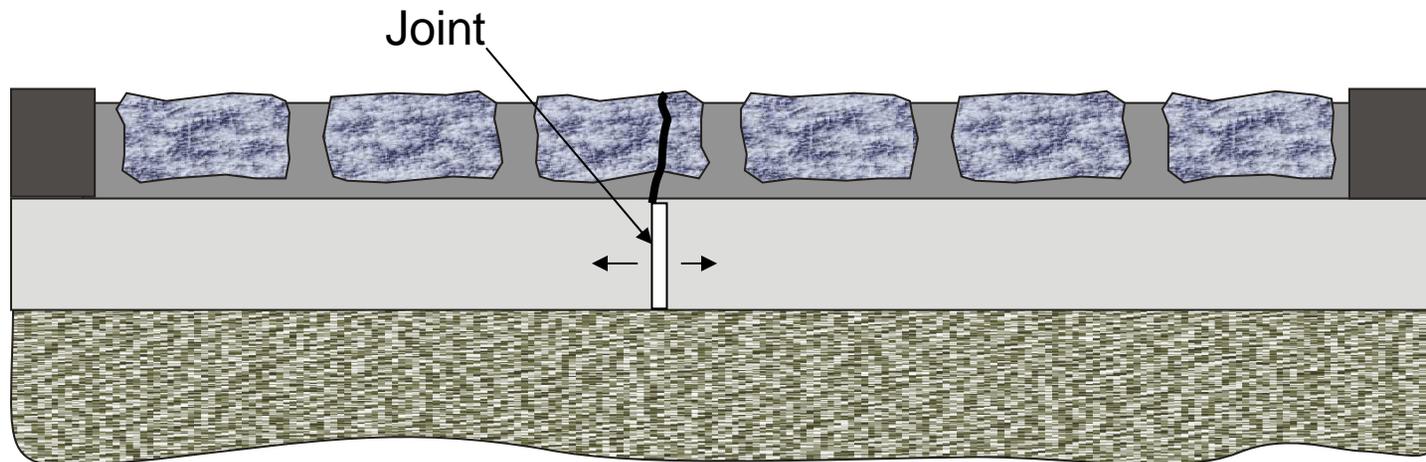
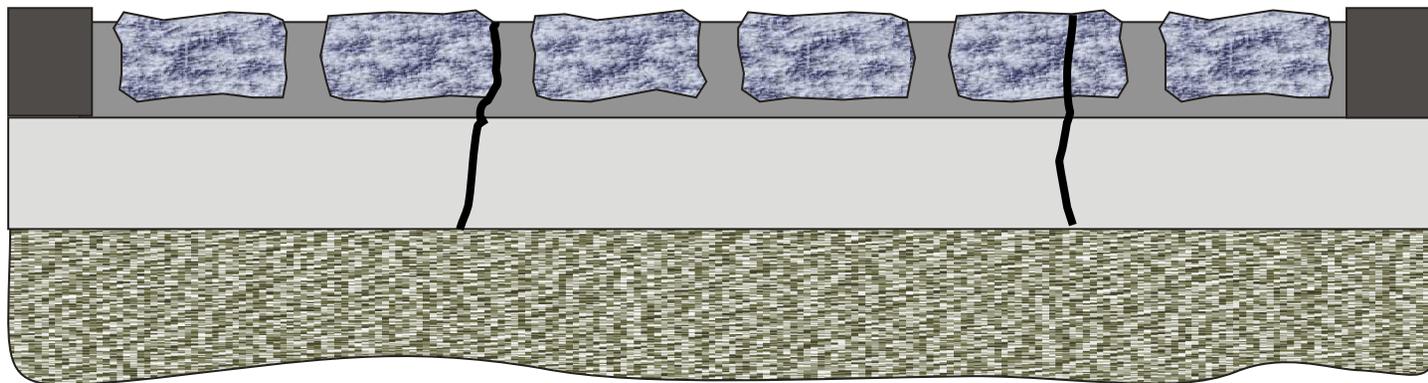
- **Contexte**
- **Le retrait du béton**
  - Origine du retrait du béton
  - Le mécanisme de fissuration
  - Le rôle de l'agent d'expansion
- **La précontrainte chimique**
  - Mécanisme interne
  - Impact sur la fissuration
- **Application aux pavages en pierres naturelles**
- **Utilisation de l'agent 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

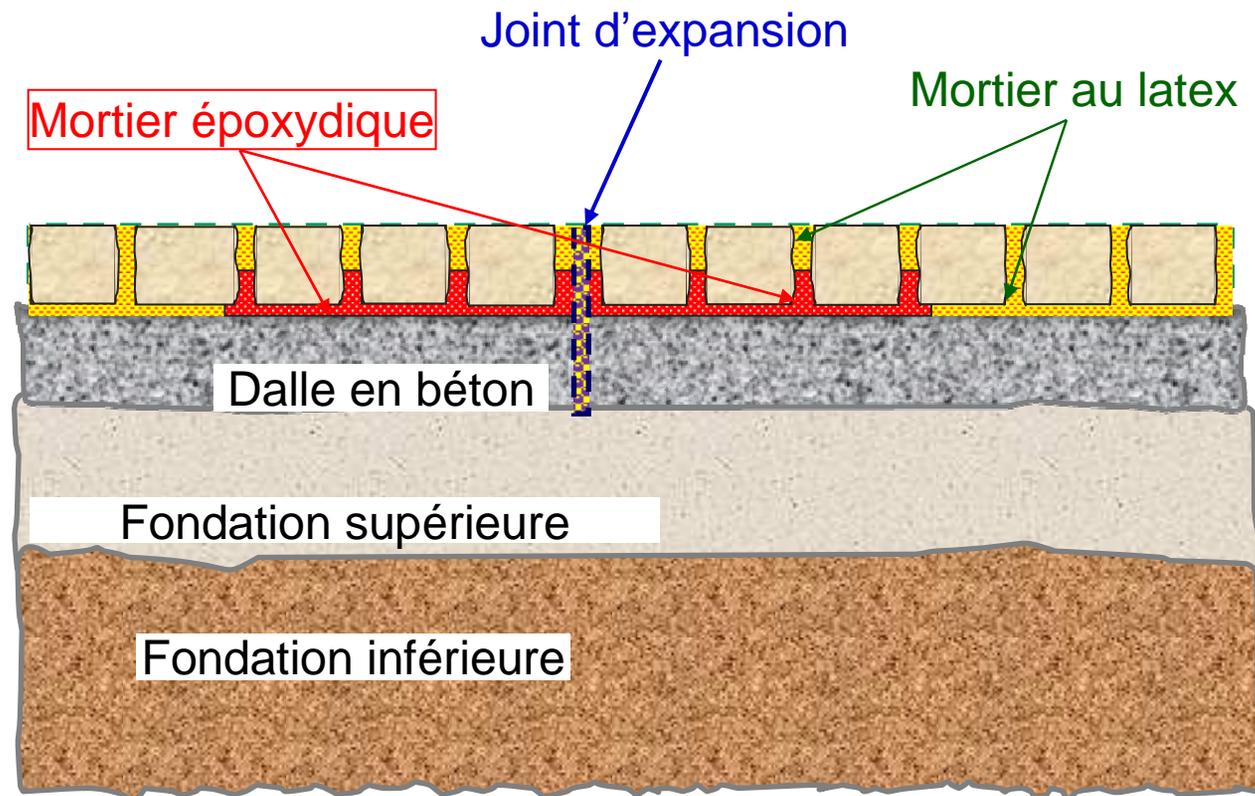
Pas de joint de retrait dans la dalle de support



# Application – Pavages en pierres naturelles

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

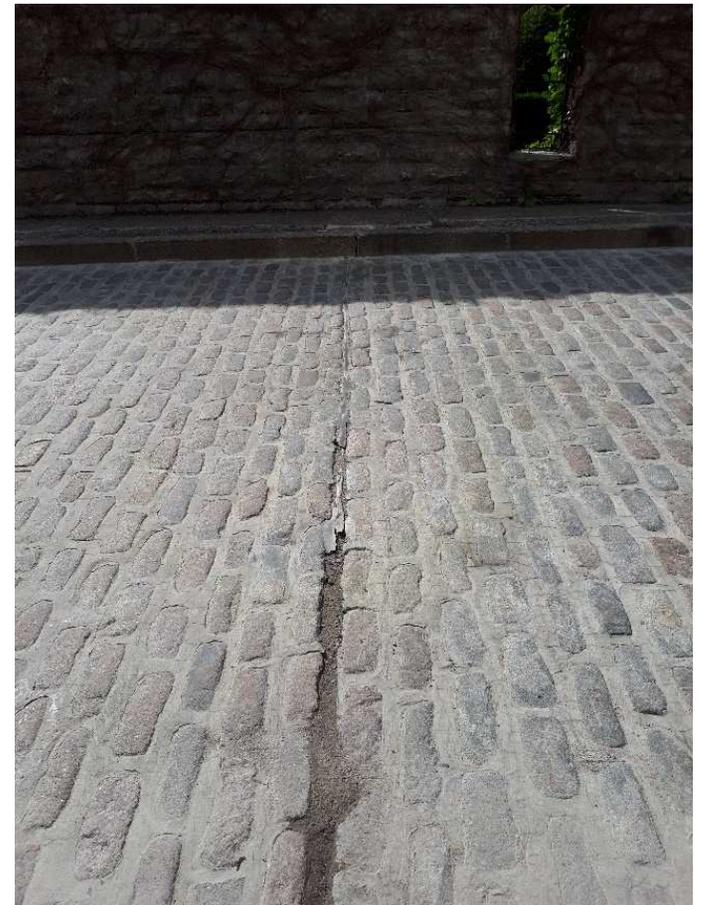
On souhaite minimiser le nombre de joint



# Application – Pavages en pierres naturelles



**Ruelle le Royer est**



## **Application – Pavages en pierres naturelles**

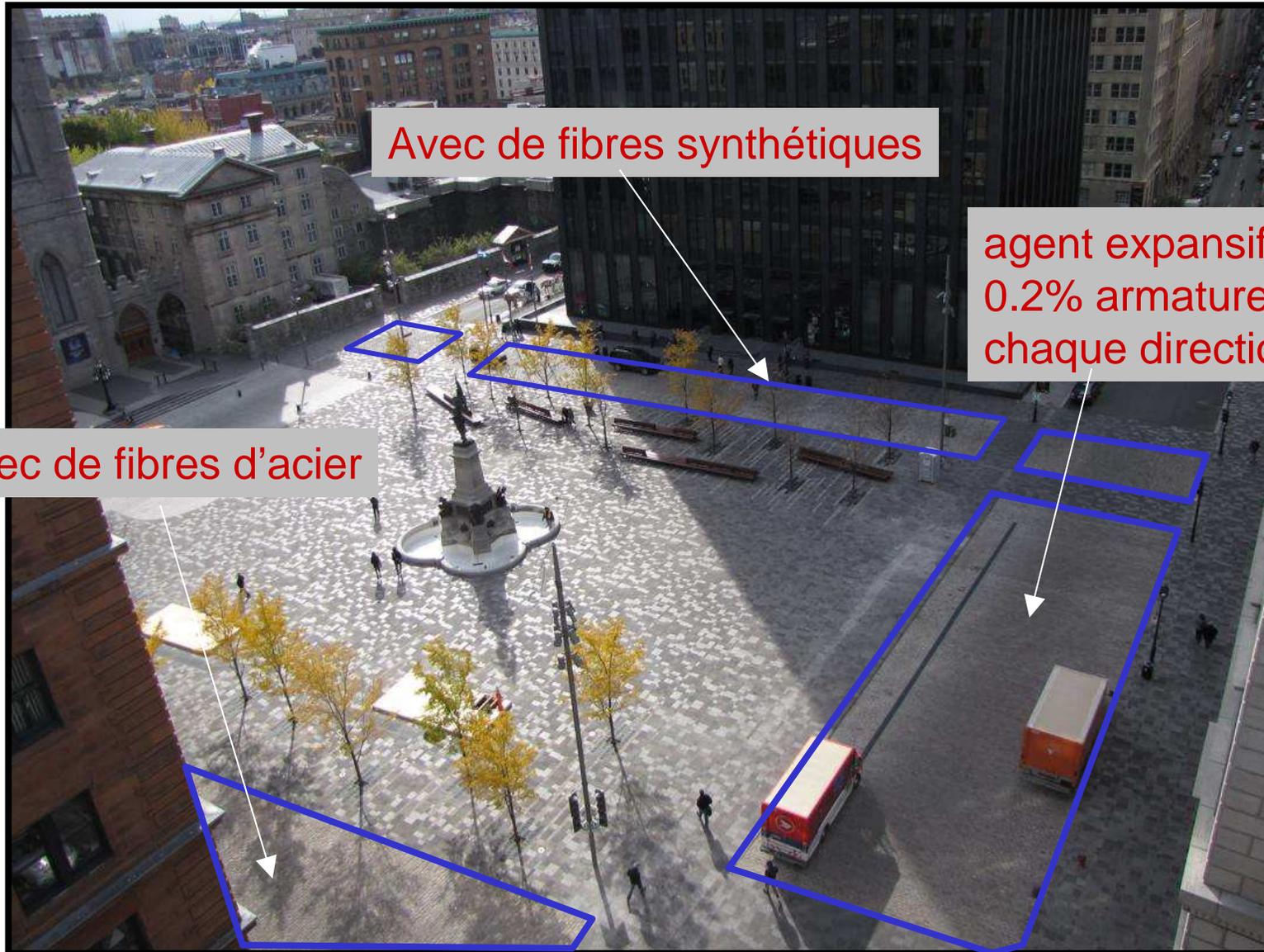
- **Pourquoi un béton à retrait compensé pour la construction de ce type de pavage ?**
  - **Pour diminuer le nombre de joints dans la dalle de support en béton armé**
    - **Diminution du temps de travail pour la pose des pavés**
    - **Diminution des coûts d'entretien des joints**
    - **Évite les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



# Rue Bonsecours 2015



Espacement entre les joints; 50 m

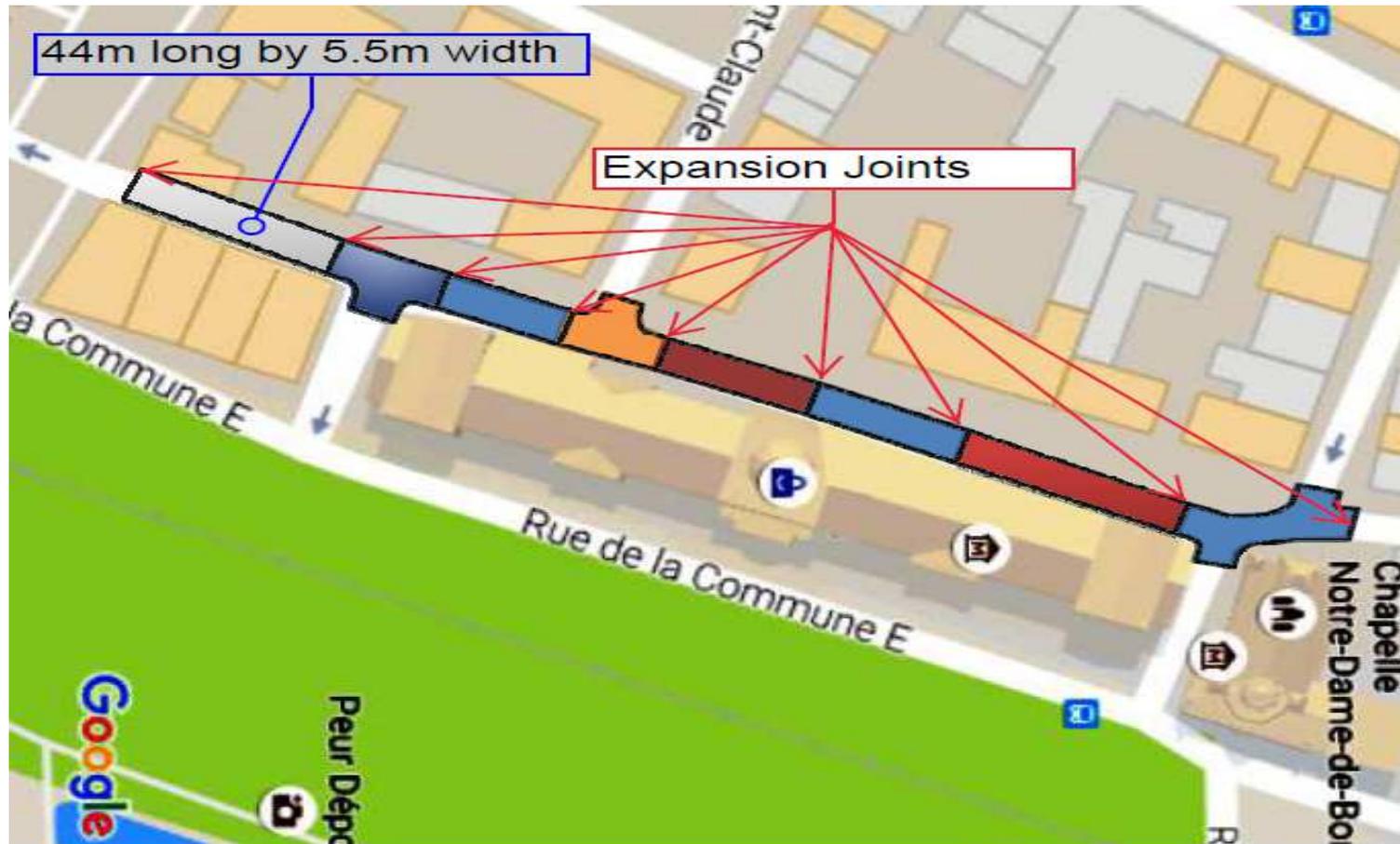
# Rue Bonsecours 2015

- 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)



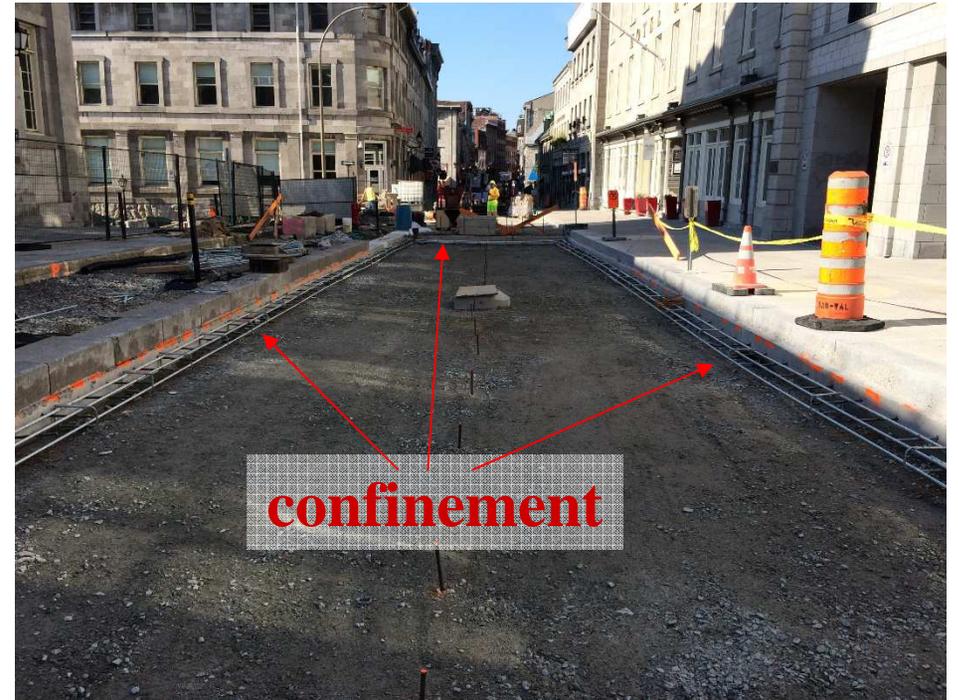
Tronçon de 250 m ; 8 sections, espacement maximum de 44 m

# 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

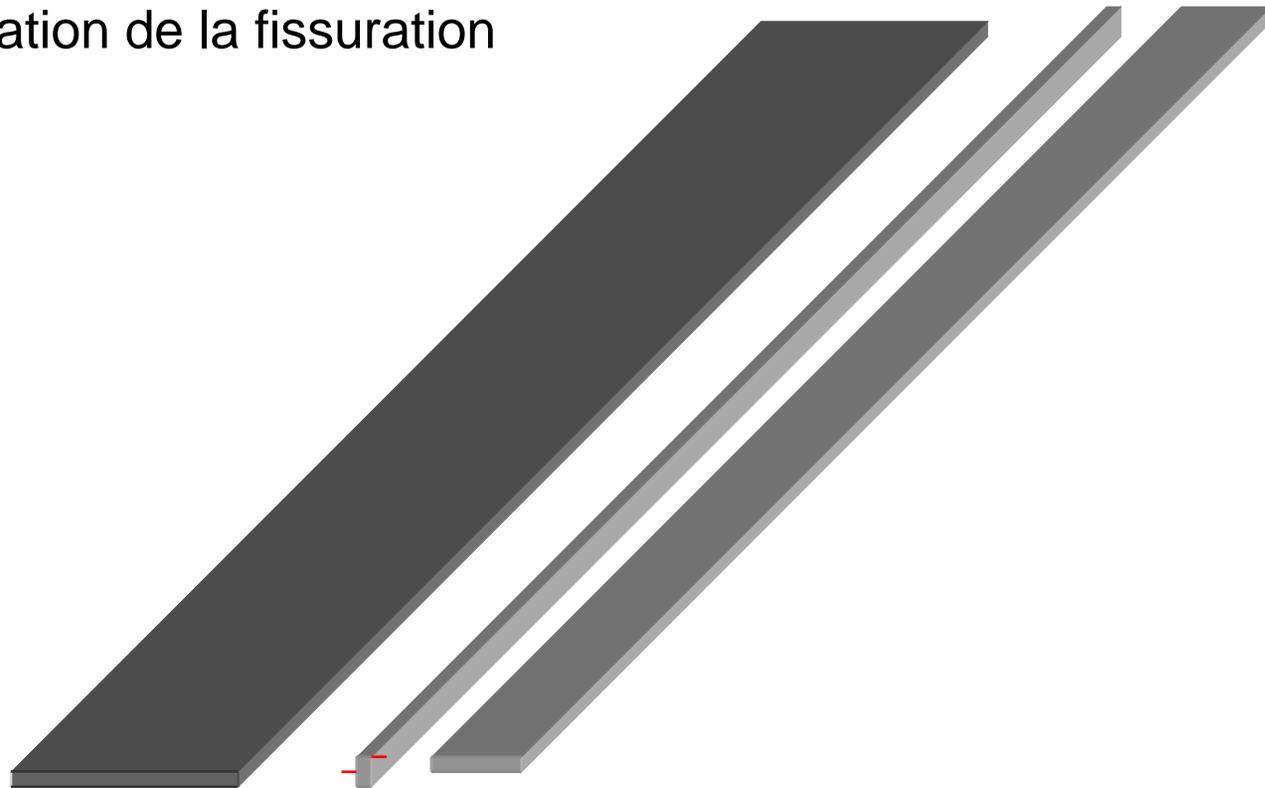
**Alignement des joints et liaison des éléments structuraux :**

dalle + bordure + trottoir

**Contrôle des variations volumétriques:**

retrait, expansion, contraction

**Objectif;** Élimination de la fissuration



# Précontrainte chimique

## Réalisation

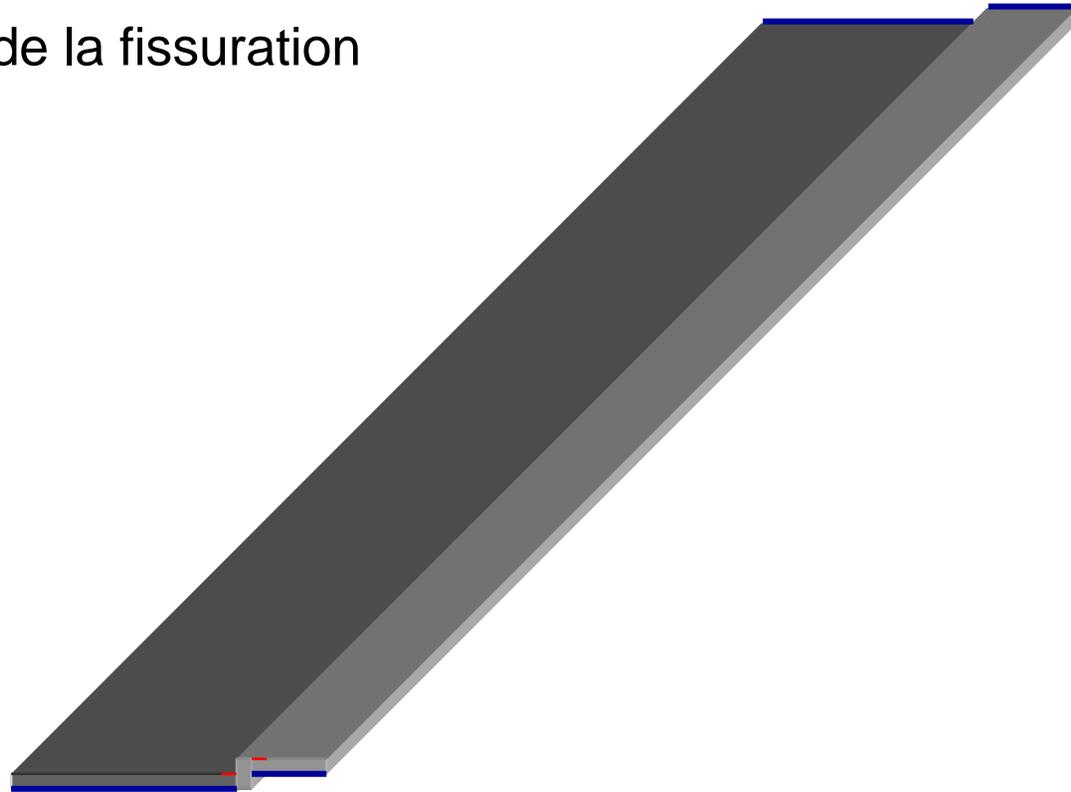
**Alignement des joints et liaison des éléments structuraux :**

dalle + bordure + trottoir

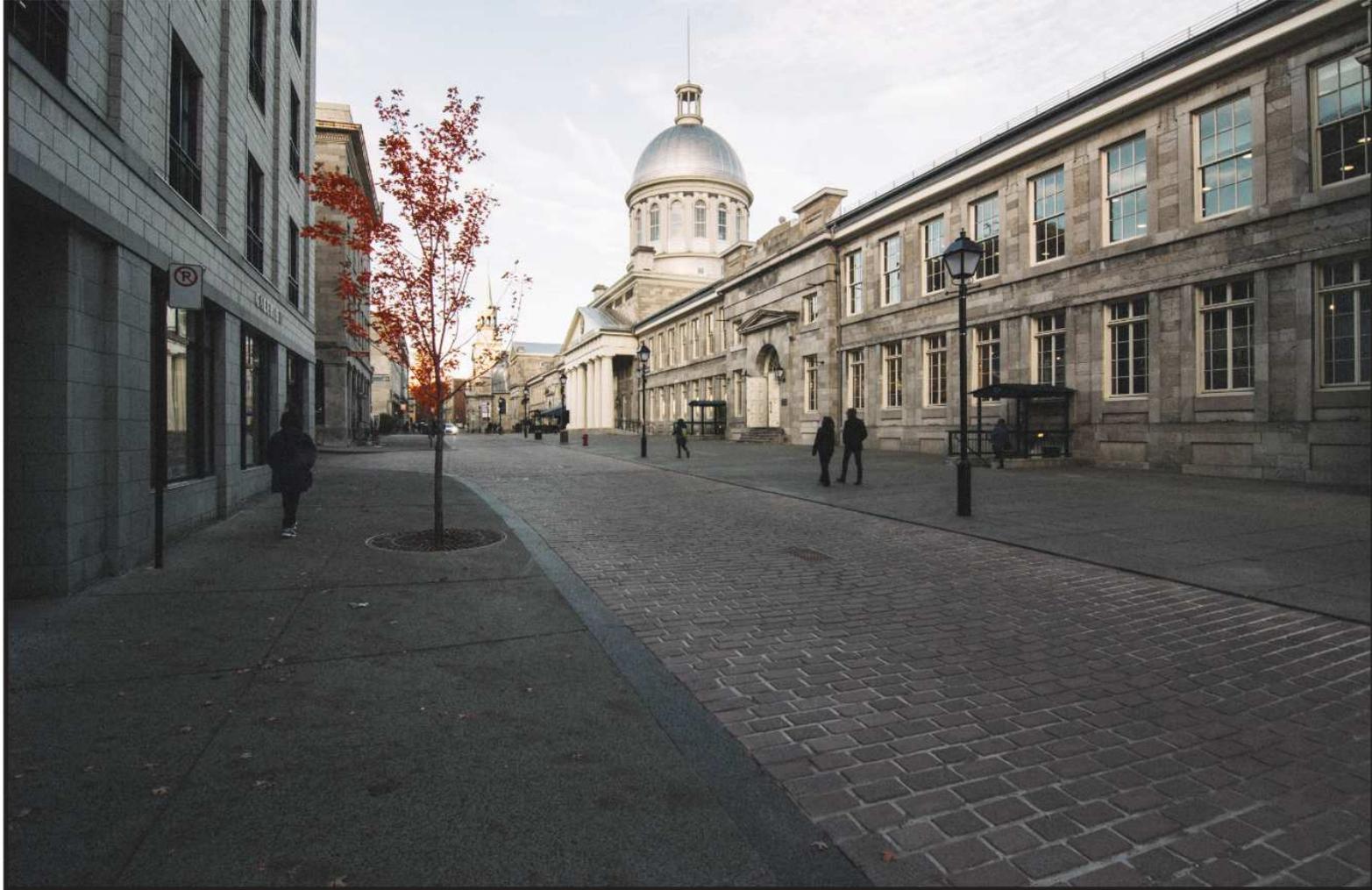
**Contrôle des variations volumétriques:**

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**