

LA FISSURATION ET SA PRÉVENTION

Panorama et genèse de la fissuration

Principes généraux des dispositions
constructives préventives

Joseph ABDO
CIMBETON

GÉNÉRALITÉS SUR LES FISSURES

QU'EST CE QU'UNE FISSURE ?

En général, une fissure est définie comme :

- Une discontinuité,
- Séparant la matière sur une certaine surface,
- Se situe au niveau macroscopique,
- Peut être limitée ou étendue dans l'espace,
- Peut être figée ou évolutive dans le temps.



ORIGINE D'UNE FISSURE

- ❑ Toute fissure témoigne de l'existence de contraintes dans le matériau concerné.
- ❑ En principe, les éléments permettant de donner des indications sur les origines d'une fissure sont :
 - La nature de l'ouvrage et la nature du matériau fissuré;
 - La disposition de la fissure;
 - Le moment d'apparition de la fissure;
 - La forme, la longueur et la profondeur de la fissure;
 - La vitesse d'apparition de la fissure et sa structure.
- ❑ Ces indications peuvent être rétrospectivement importantes pour prévoir l'évolution de l'ouvrage ou utiles pour comprendre quand et comment le matériau s'est fissuré.

LES CONSÉQUENCES D'UNE FISSURE

- ❑ Une fissure peut se propager;
- ❑ Une fissure peut aussi s'élargir.
- ❑ Une fissure peut donc altérer le bon fonctionnement d'un ouvrage et affecter sa bonne tenue dans le temps.

Propagation d'une fissure



Jauge de mesure de l'activité d'une fissure



LA FISSURATION DU BÉTON GÊNE OU OPPORTUNITÉ; MAÎTRISE

Il est, dès lors, légitime de s'interroger sur:

- Les origines de la fissuration;
- Le caractère évolutif de la fissuration et les préjudices qu'elle peut entraîner sur l'ouvrage;
- Les possibilités d'éviter l'apparition des fissures; sinon, quelles sont les dispositions constructives ou les précautions à prendre pour limiter la probabilité d'apparition de la fissuration.

Pour apporter des réponses claires et satisfaisantes à toutes ces interrogations, je vous propose le plan de présentation qui suit.

LE PLAN DE LA PRÉSENTATION

- ❑ La fissuration dans les structures en béton armé
- ❑ La fissuration dans les revêtements en béton
 - Spécificités des revêtements en béton;
 - Panorama de la fissuration dans les revêtements en béton;
 - La genèse de la fissuration dans le béton frais et les dispositions constructives à adopter;
 - La genèse de la fissuration dans le béton durci en l'absence de trafic et les dispositions constructives à adopter;

LE PLAN DE LA PRÉSENTATION

- La genèse de la fissuration sur béton sollicité par le trafic et les dispositions constructives à adopter;
 - La genèse de la fissuration en rapport avec la conception de l'ouvrage et les dispositions constructives à adopter;
 - L'évolution de la fissuration d'un béton soumis au gel et aux sels de déverglaçage.
- Les dispositions constructives à adopter pour limiter la probabilité d'apparition de fissures.
 - La gestion de la fissuration.
 - Bibliographie.



**LA FISSURATION
DES BÉTONS DÉCORATIFS**
gêne ou opportunité ; maîtrise

LA FISSURATION DANS LES STRUCTURES EN BÉTON ARMÉ

LA FISSURATION DANS LES STRUCTURES EN BÉTON ARMÉ

- ❑ Un béton armé, même s'il est conçu selon les règles de l'art, peut se fissurer. La question est de savoir si l'ouverture de la fissure et son importance sont tolérables pour l'ouvrage.

Le 17 septembre 2015

JOURNÉE TECHNIQUE VECU

LA FISSURATION
DES BÉTONS DÉCORATIFS
gêne ou opportunité ; maîtrise

LA FISSURATION DANS LES STRUCTURES EN BÉTON ARMÉ

- ❑ La notion de fissure préjudiciable est définie dans les règles de calcul BAEL et l'Eurocode 2.

Ces règles stipulent que la maîtrise de la fissuration est assurée, soit par le calcul de l'ouverture des fissures, soit par l'utilisation des tables prescrivant une quantité minimale d'armatures dans des zones soumises à des contraintes de traction.

- ❑ **L'objectif principal est de limiter la probabilité d'apparition de fissures dont l'ouverture est supérieure à celle qui serait tolérable en raison du rôle et de la situation de l'ouvrage.**

Le 17 septembre 2015

JOURNÉE TECHNIQUE VEGU


**LA FISSURATION
DES BÉTONS DÉCORATIFS**
gêne ou opportunité ; maîtrise

LA FISSURATION DANS LES REVÊTEMENTS EN BÉTON

SPÉCIFICITÉS DES REVÊTEMENTS EN BÉTON

Comparés à un béton armé de structure, les bétons routiers et d'aménagement possèdent les particularités suivantes:

- ❑ **Ce sont des bétons non armés** au sens du béton armé;
- ❑ **Ce sont des bétons «d'extérieur»**, mis en place à l'état plastique et qui le restent pendant un certain temps, donc particulièrement exposés aux conditions climatiques : variations de température, gel, sels de déverglaçage, pluie, vent, etc.
- ❑ **Ce sont des revêtements coulés à plat** et adhérents sur le support,
- ❑ **Ce sont des revêtements destinés à subir des sollicitations directes et dynamiques** : piétons, deux roues, patins à roulettes, véhicules légers, bus, poids lourds, etc.

Ces sollicitations peuvent être plus ou moins agressives. Elles peuvent engendrer l'apparition de différents types de fissures, exposées dans le panorama qui suit.

Le 17 septembre 2015

JOURNÉE TECHNIQUE VEGU


**LA FISSURATION
DES BÉTONS DÉCORATIFS**
gêne ou opportunité ; maîtrise

PANORAMA DE LA FISSURATION DANS LES REVÊTEMENTS EN BÉTON

LA FISSURATION DANS LES REVÊTEMENTS EN BÉTON

□ Différents types de fissure.

La fissure peut être :

- Fine,
- Ouverte.

Fissure ouverte



Fissure fine

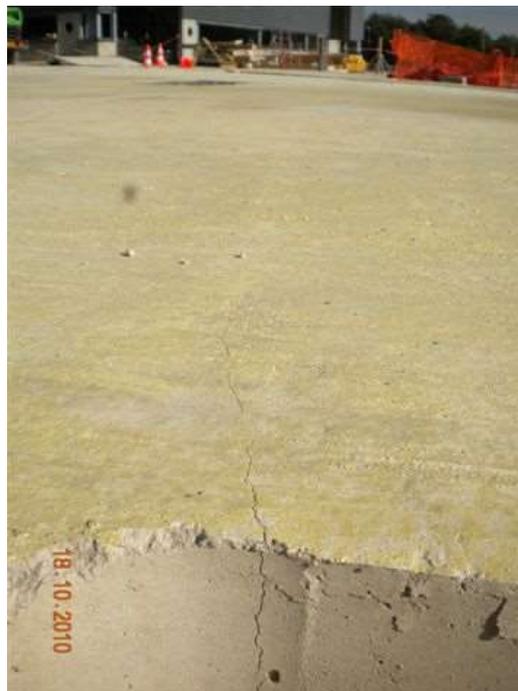
LA FISSURATION DANS LES REVÊTEMENTS EN BÉTON

□ Différents types de fissure.

La fissure peut être :

- Superficielle,
- Traversante.

Fissure
traversante



Fissure
superficielle

LA FISSURATION DANS LES REVÊTEMENTS EN BÉTON

□ Différents types de fissure.

La fissure peut être :

- Longue,
- ou
- Courte.

Fissure courte



Fissure longue

LA FISSURATION DANS LES REVÊTEMENTS EN BÉTON

□ Différents types de fissure.

La fissure peut être simple, multiple ou, ramifiée.

Fissure multiple



Fissure ramifiée



Fissure simple

**LA FISSURATION
DES BÉTONS DÉCORATIFS**
gêne ou opportunité ; maîtrise

LA GENÈSE DE LA FISSURATION DANS LES REVÊTEMENTS EN BÉTON

LA GENÈSE DE LA FISSURATION DANS LES REVÊTEMENTS EN BÉTON

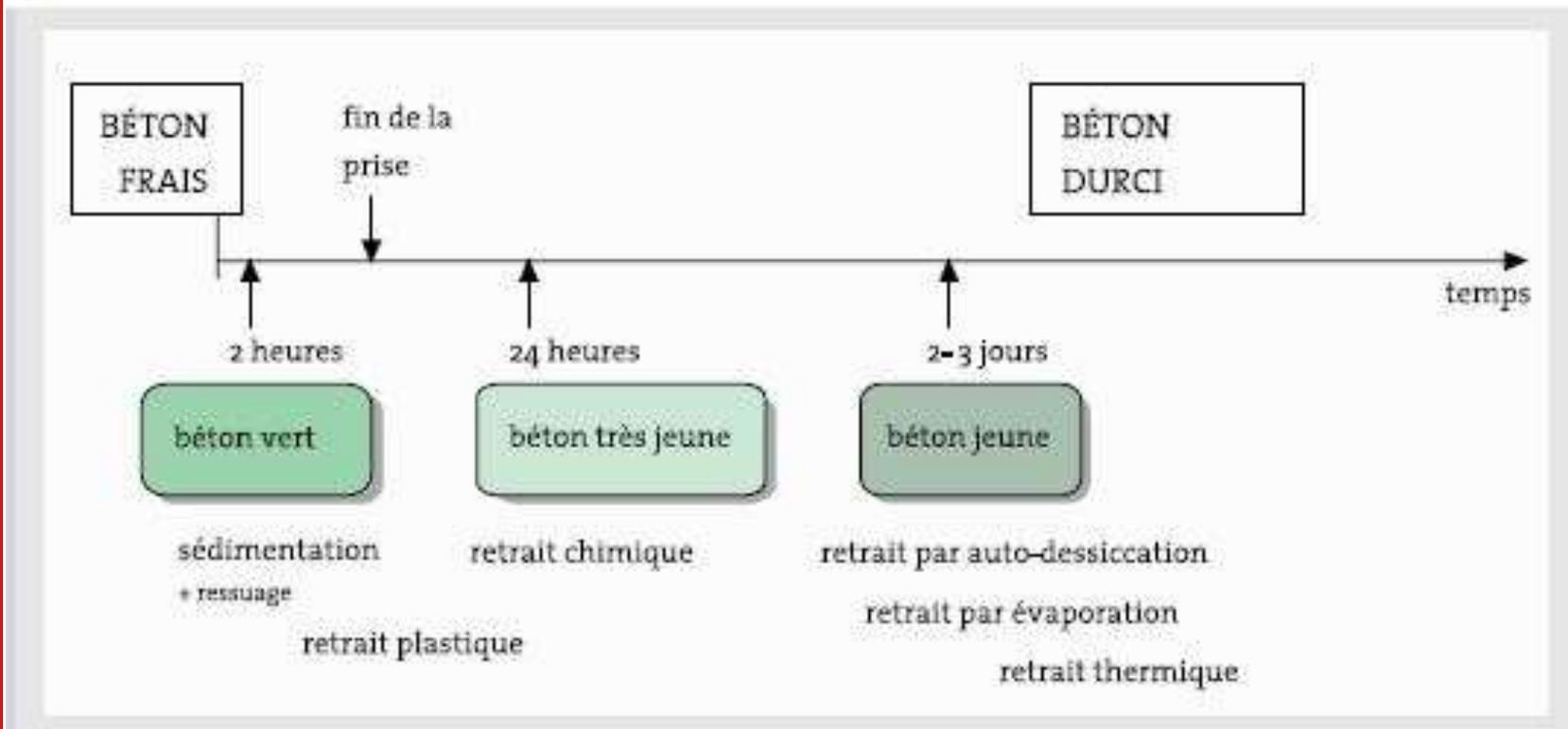
- ❑ Une fissure dans un revêtement en béton est une ligne de rupture, qui peut apparaître dans le béton, sous l'effet de facteurs internes ou externes, à différentes périodes de sa prise, après son durcissement ou durant la vie de l'ouvrage.
- ❑ Une fissure, même traversante, est supposée ne pas altérer le bon fonctionnement de l'ouvrage si son **ouverture est faible et s'il elle est rendue étanche. En effet, une fissure fine assure le transfert** des charges du fait de l'engrènement entre les lèvres ou bords de la fissure, c'est-à-dire une pseudo-continuité entre les deux parties du béton dorénavant dissociées.

LA GENÈSE DE LA FISSURATION DANS LES REVÊTEMENTS EN BÉTON

Le 17 septembre 2015

JOURNÉE TECHNIQUE VECU

LA FISSURATION DES BÉTONS DÉCORATIFS
gêne ou opportunité ; maîtrise



LA GENÈSE DE LA FISSURATION DANS LE BÉTON FRAIS

❑ Le retrait hygrométrique

Avant la prise, le béton peut être le siège d'un **départ d'eau** soit par **évaporation**, soit par **percolation dans le support**. Cette perte d'eau se traduit par un retrait que l'on désigne par «**le retrait hygrométrique**» ou «**premier retrait**».

Ce **retrait** est d'autant **plus important** que la **teneur en eau** du béton **est élevée**, que les **conditions atmosphériques** **sont défavorables** (température élevée, vent sec, etc.) et que le **support** est plus **absorbant**.

LA GENÈSE DE LA FISSURATION DANS LE BÉTON FRAIS

- **Conséquences du retrait hygrométrique**
En l'absence de dispositions constructives, le retrait hygrométrique peut entraîner l'apparition de **fissures dites de «retrait plastique»**. Elles se manifestent dès **les premières heures** sous forme de **fissures courtes**, en général **obliques** et parfois profondes. En principe, ces fissures n'évoluent pas.



LA GENÈSE DE LA FISSURATION DANS LE BÉTON FRAIS

□ Les dispositions constructives

Les dispositions constructives à adopter pour réduire les effets du retrait hygrométrique ou premier retrait :

- **Limiter la teneur en eau du béton $E/C \leq 0,45$ et compenser le manque de maniabilité en utilisant un adjuvant de type plastifiant,**
- **Limiter les pertes d'eau du béton frais :**
 - **Par évaporation à la surface du revêtement,**
 - **Par percolation dans le support, surtout en période de fortes chaleurs et/ou de faible hygrométrie.**

LA GENÈSE DE LA FISSURATION DANS LE BÉTON FRAIS

□ Les retraits d'hydratation et thermique

Dès le début de la prise et durant le durcissement, le béton est le siège de deux phénomènes :

- **Le ciment prélève une partie de l'eau** pour s'hydrater et cette hydratation s'accompagne inéluctablement d'une diminution de volume. **Le béton se contracte**. C'est le **retrait d'hydratation** ou **second retrait**.
- **Le béton** est aussi le siège de **sollicitations d'ordre thermique**, provoquées par les **variations journalières de la température** ambiante. **C'est le retrait thermique**.

Le retrait d'hydratation et **le retrait thermique** se traduisent par **des contractions** qui se manifestent au sein du revêtement béton.

LA GENÈSE DE LA FISSURATION DANS LE BÉTON FRAIS

- ❑ **Les conséquences des retraits d'hydratation et thermique**

Les contractions du revêtement sont **empêchées ou freinées** par l'**adhérence** ou le **frottement** du béton sur le support sous-jacent. Ce qui entraîne le développement d'une **contrainte de traction dans le revêtement béton.**

Cette contrainte est proportionnelle à :

- L'amplitude des retraits (hydratation+thermique) combinés,
- la longueur du revêtement,
- La valeur du coefficient de frottement entre béton et support.

Lorsque, à un moment et à un endroit particuliers, cette contrainte est supérieure à la résistance à la traction du béton, le revêtement en béton se fissure.

LA GENÈSE DE LA FISSURATION DANS LE BÉTON FRAIS

❑ Les dispositions constructives

A adopter pour réduire les effets des retraits d'hydratation et thermique :

- **Réduire l'amplitude** des retraits combinés. Ceci suppose :
 - **La réduction du retrait d'hydratation;**
 - **La réduction du retrait thermique;**
 - **La non superposition** du retrait d'hydratation et du retrait thermique.
- **Maîtriser le retrait en le concentrant dans des joints.**
- **Réduire la longueur entre deux joints successifs.**
- **Réduire le frottement entre le revêtement et le support.**

LA GENÈSE DE LA FISSURATION DANS LE BÉTON DURCI EN L'ABSENCE DE TRAFIC

- ❑ **Les retraits hygrométriques et thermiques** Après son durcissement, le béton continue à se contracter sous l'effet des retraits hygrométrique et thermique. Ces contractions entraînent l'ouverture des joints qui aura plusieurs conséquences : déficience du transfert de charge, infiltration d'eau, introduction d'objets divers.

Le 17 septembre 2015

JOURNÉE TECHNIQUE VECU

LA FISSURATION
DES BÉTONS DÉCORATIFS
gêne ou opportunité ; maîtrise

LA GENÈSE DE LA FISSURATION DANS LE BÉTON DURCI EN L'ABSENCE DE TRAFIC

□ La dilatation thermique

La dilatation d'une dalle en béton sous l'effet d'une augmentation de la température ambiante est reprise en partie par :

- ✓ Le frottement du béton sur son support
- ✓ Les souffles des joints de retrait réalisés pour maîtriser le retrait d'hydratation du béton.

L'excédent de dilatation, le cas échéant, peut provoquer l'apparition dans la dalle de contraintes de compression que le béton supporte bien, en général.

LA GENÈSE DE LA FISSURATION DANS LE BÉTON DURCI EN L'ABSENCE DE TRAFIC

- ❑ **Les conséquences de la dilatation thermique**
Des contraintes de compression excessives peuvent engendrer des dégradations en des points particuliers : virages à faible rayon de courbure, zones à rupture de pente, aux alentours d'objets fixes ou émergences dans le revêtement et à l'approche de carrefours ou d'ouvrages d'art.

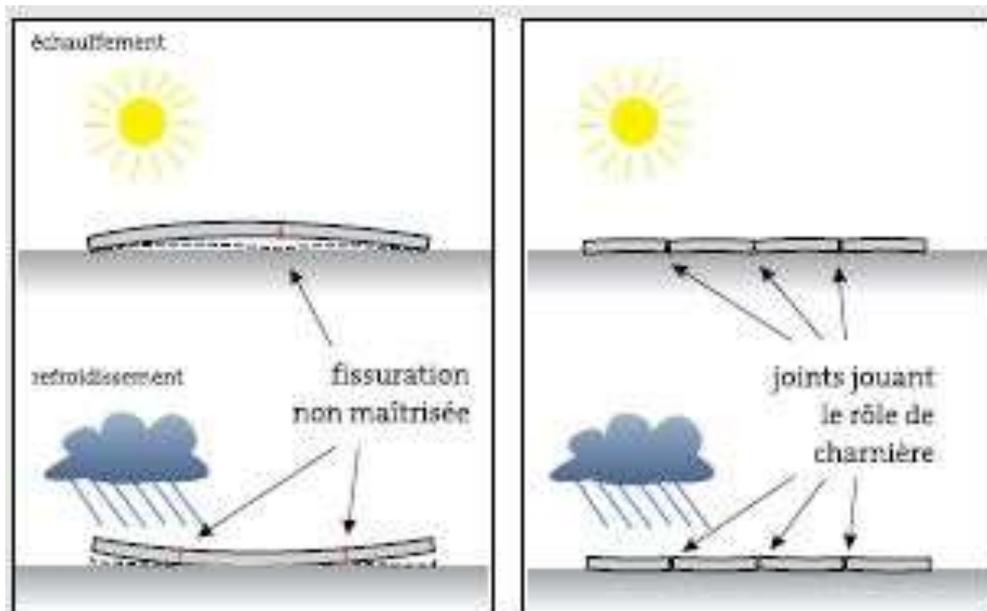


LA GENÈSE DE LA FISSURATION DANS LE BÉTON DURCI EN L'ABSENCE DE TRAFIC

□ Le gradient de température

Il se traduit par une différence de température entre les faces supérieures et inférieures du revêtement.

Ce gradient tend à déformer les dalles mais ces déformations sont contrecarrées par le poids propre du béton. Il en résulte des contraintes internes dans la dalle qui sont d'autant plus élevées que le gradient est important et que la dalle est longue, large et épaisse.



LA GENÈSE DE LA FISSURATION DANS LE BÉTON DURCI EN L'ABSENCE DE TRAFIC

□ Les dispositions constructives à adopter :

- Réduire les effets des retraits hygrométrique et thermique.
- Réduire les effets de la dilatation thermique : des joints de dilatation à prévoir régulièrement, autour des émergences ou des obstacles fixes et à l'approche des virages à faible rayon de courbure et des ouvrages d'art.
- Remédier aux contraintes dues au gradient de température :
 - Réduire la longueur des dalles (25 fois l'épaisseur)
 - Réduire la largeur des dalles (25 fois l'épaisseur)

LA GENÈSE DE LA FISSURATION SUR BÉTON DURCI SOLLICITÉ PAR LE TRAFIC

❑ Les sollicitations dues au trafic

- **Structurelle** : charge et répétition de charges prises en compte par le dimensionnement
- **Superficielle** : usure de surface prise en compte dans la formulation du béton.

❑ Les précautions à respecter

- Bien concevoir et bien dimensionner la structure,
- Choisir un traitement de surface adapté au trafic
- Choisir un gravillon peu polissable, en particulier dans le cas du béton désactivé.

LES SOLLICITATIONS EN RAPPORT AVEC LA CONCEPTION DE L'OUVRAGE

- ❑ La fissuration du béton sous l'effet de contraintes excessives dues à:
 - Une réduction de la section transversale du béton, le cas des émergences,
 - Un blocage du joint goujonné,
 - Un sous-dimensionnement du revêtement (sous-estimation du trafic Poids Lourds, sous-évaluation de la portance du support, mauvaise qualité du béton).

LES SOLLICITATIONS EN RAPPORT AVEC LA CONCEPTION DE L'OUVRAGE

□ Dispositions constructives à adopter:

- **Forme des émergences; dispositions constructives à mettre en place autour des émergences pour éviter l'amorçage d'une fissuration (joints ou ferrailage),**
- **Pour se prémunir contre les effets d'un sous-dimensionnement, prévoir une surépaisseur de 2 cm.**



LES SOLLICITATIONS EN RAPPORT AVEC LA CONCEPTION DE L'OUVRAGE

□ Dispositions constructives à adopter:

- Bien disposer les goudjons parallèlement à l'axe de la voie,
- Assurer que les goudjons n'adhèrent pas au béton.



L'ÉVOLUTION DE LA FISSURATION D'UN BÉTON SOUMIS AU GEL ET AUX SELS DE DÉVERGLAÇAGE.

- ❑ De par leur configuration et leur situation (grande surface posée à même le sol), les revêtements routiers en béton peuvent être particulièrement exposés aux effets du gel et des sels de déverglaçage. Ces effets combinés à la présence d'une fissure constituent un facteur aggravant. Il faut vérifier, dans ce cas, que l'on ait bien pris en compte des précautions adéquates.
- ❑ Quelques précautions à prendre
 - Proscrire les gravillons gélifs,
 - Prescrire une classe d'exposition adaptée au lieu et aux conditions climatiques,
 - Exiger l'adjonction d'un adjuvant entraîneur d'air,
 - Couvrir le béton frais si température sous 0°C.

LA GESTION DE LA FISSURATION

- ❑ L'apparition de fissures dans les voiries et dans les aménagements en béton est un phénomène dont les causes sont nombreuses et seule une expertise permet de savoir si elles sont préjudiciables.
- ❑ Les fissures qui apparaissent dans une dalle en béton correspondent souvent à une non-prise en compte des dispositions constructives ou à un sous-dimensionnement ou aux aléas inhérents aux conditions climatiques régnant au moment du bétonnage.
- ❑ Lorsque la présence de fissures est signalée, il est impératif d'aller sur le site pour les repérer et les identifier selon leur nature.
- ❑ On distinguera les fissures de centre de dalles (longitudinales ou transversales), les fissures près des joints (transversales ou en coin) et les fissures au droit des émergences car la cause de leur apparition est différente.

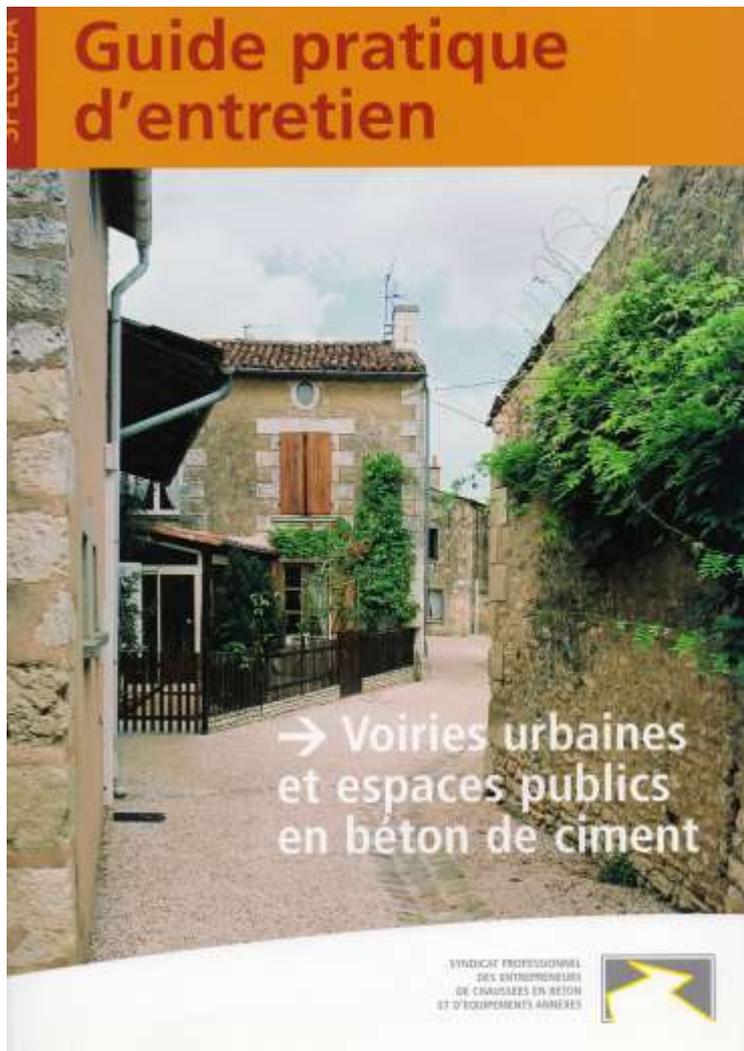
Ceci fera l'objet d'une présentation détaillée par MM. MARCHAND et CONSTANS.

GUIDE PRATIQUE D'ENTRETIEN

Le 17 septembre 2015

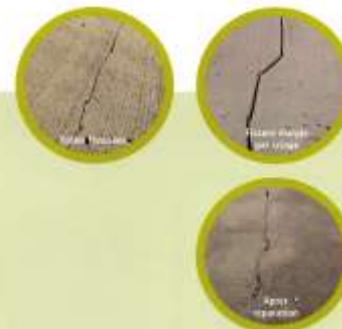
JOURNÉE TECHNIQUE VECU

**LA FISSURATION
DES BÉTONS DÉCORATIFS**
gêne ou opportunité ; maîtrise



Les fissures transversales ou longitudinales

SYMPTÔMES	<ul style="list-style-type: none"> Fissures courtes et transversales (< 3 mm) Longues superficielles Infrastructures d'eau
RENDEMENT	entre 100 à 200 kg/m ³ jusqu'à 2 personnes
DÉLAI	Produit à chaud : 1/2 heure Produit à froid : 4 heures à 20 °C
PRODUITS <i>(à titre d'exemple)</i>	Produit à chaud pour les domaines routiers, parkings, ... Acryplex 814, Flexshape, Composit 8, Carplast 15 Produit à froid pour les révisions sensibles aux agressions chimiques (aéroports, caves, canaux, stations-service) Acryplast 108, Resmac 280, Cléper 208 PS, Satis, Satis Fide
MATÉRIEL	<ul style="list-style-type: none"> Matériel pour l'élargissement de fissures (jettes, scies, busesuses ou fraises) Sac à sel thermique Bras armé rotatif pour nettoyage Fonction à base d'eau pour produit à chaud Mouchoire pour produit à froid
MÉTHODOLOGIE	<p>Préparation des fissures</p> <ul style="list-style-type: none"> Déplacement de la fissure par sciage ou fraissage en variant régulièrement le tracé Lavage à l'eau sous pression <p>Mise en place du produit d'étanchéité</p> <ul style="list-style-type: none"> Nettoyage à sec par soufflage individuel Saufrage à la ligne thermique si nécessaire Mise en place d'un fond de joint nivelé adapté à la largeur du joint Application d'un primaire d'accrochage sur la partie supérieure de la gorge de joint Application de produit de garnissage en respectant les épaisseurs prescrites par les fabricants, et en le tassant légèrement en retrait du bord supérieur de la gorge.



FISSURES DANS UN REVÊTEMENT EN BÉTON

- ❑ Sachant que, même s'il est conçu selon les règles de l'art, un revêtement en béton de ciment peut se fissurer à plus ou moins longues échéances.
- ❑ L'objectif principal est donc de limiter la probabilité d'apparition de ces fissures en respectant des dispositions constructives adéquates.

Ces dispositions constructives feront l'objet d'une présentation détaillée par MM. MAIRE ET JOLY.

Le 17 septembre 2015

JOURNÉE TECHNIQUE VECU


**LA FISSURATION
DES BÉTONS DÉCORATIFS**
gêne ou opportunité ; maîtrise

MERCI POUR VOTRE ATTENTION