

# Pathologies du béton

Yves Dénomme, ing. M.Sc.A.  
Directeur technique  
Association béton Québec

12 novembre 2024



1

## Introduction

Mission de l'ABQ

- Promouvoir l'excellence au sein de l'industrie du béton en s'engageant à rassembler l'ensemble des parties prenantes de l'industrie, et ce, en visant l'amélioration constante de la qualité, la réduction de l'impact environnemental et la formation continue.



2

1

## Introduction

L'Association béton Québec en quelques lignes...

- Fondée en 1975
- Regroupe près de 100 entreprises associées à l'industrie du béton
- 2022, plus de 5 millions de m<sup>3</sup> de béton produit et livré au Québec
  - Soit plus de 95% de la production québécoise.
- Développement de système qualité depuis 1985



Association  
Béton  
Québec  
LA référence

3

## Documentation technique

Site web ABQ

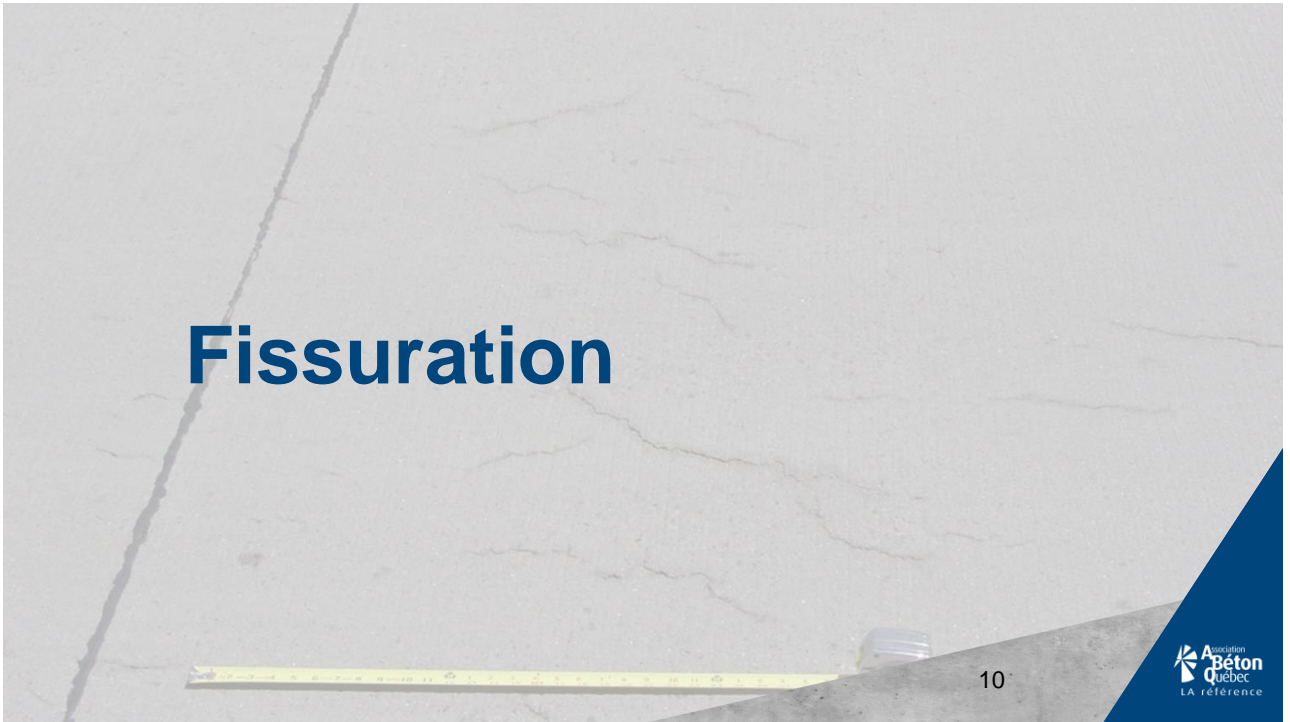


Consultez nos  
*Technobéton* au

[betonabq.org](http://betonabq.org)

Association  
Béton  
Québec  
LA référence

4



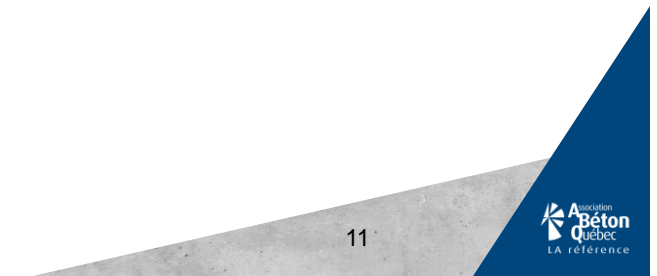
10

## Fissuration

Parmi les pathologies les plus rencontrées

- Les fissures peuvent avoir plusieurs origines:
  - Tassement plastique
  - Retrait plastique
  - Retrait de séchage
  - Retrait thermique
  - Retrait endogène
  - D'origine structurale
  - Faiençage
  - Réaction alcalis-granulats
  - Corrosion des armatures

11



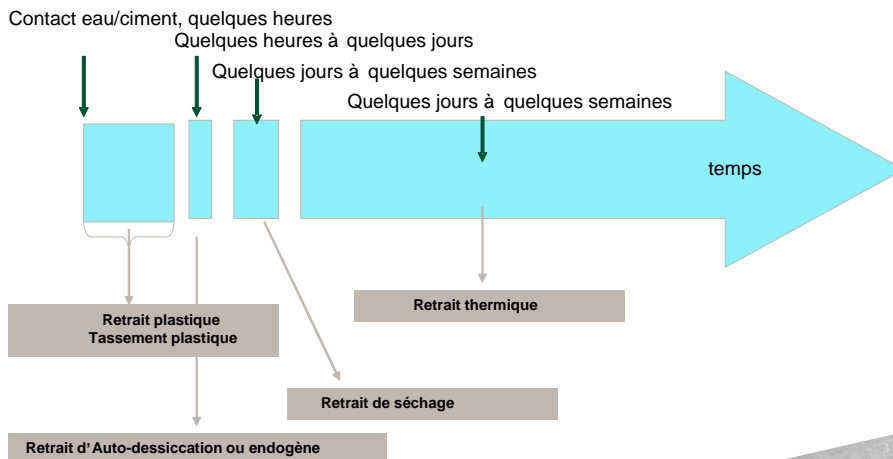
# Fissuration due aux différents retraits

12

12

## Fissuration due aux différents retraits

Les délais d'apparition des fissures dues aux différents retraits



13

Adaptation de Sika

13

# Fissures de tassement (ou de sédimentation)

14



14

## Fissures de tassement (ou de sédimentation)

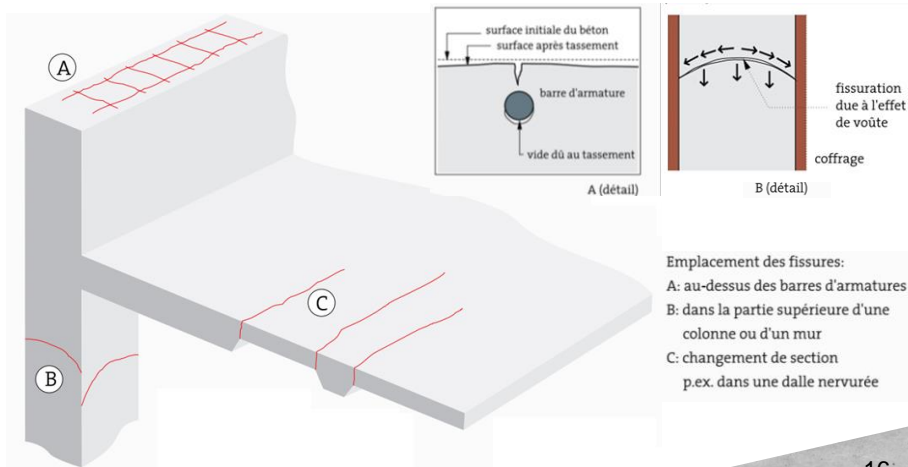
- **Fissures de tassement apparaissent** à l'état plastique généralement près d'une restriction. Exemples: au-dessus des barres d'armatures, partie supérieure d'une colonne (effet voûte), au droit d'un changement de section.
- Les causes:
  - Les composants plus lourds du béton frais descendent par gravité, avec comme conséquence une ségrégation, un tassement du béton et la formation d'un film d'eau en surface ressuage généralement excessif.
  - Facteurs aggravants: construction massive, température basse, retardateur, teneur en eau élevée, forte évaporation à la surface

15



15

## Fissures de tassement (ou de sédimentation)

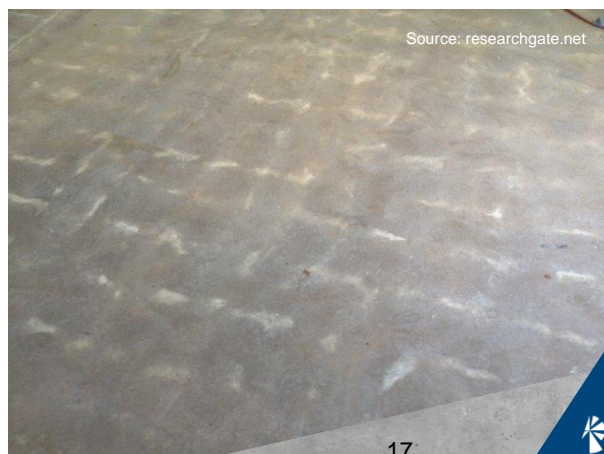


Source: Febelcem

16

16

## Fissures de tassement (ou de sédimentation)



17

17



# Fissures de retrait plastique

18

18

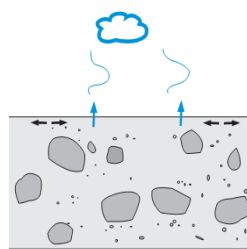
## Fissures de retrait plastique

- **Fissures de retrait plastiques** apparaissent à l'état plastique, peu après sa mise en place ou durant la finition. Elles apparaissent surtout sur les surfaces horizontales
- Les causes:
  - Les fissures plastiques se produisent lorsque l'eau de surface s'évapore plus rapidement que celle qui monte à la surface durant le processus naturel du ressuage.
  - Facteurs aggravants: Température de l'air élevée, température du béton élevée, faible humidité ambiante, fort vent.
  - Phénomène similaire peut être déclenché par un support très absorbant (assise de fondation, coffrage, ...).
  - Les dalles industrielles intérieures sont également exposées au vent (courants d'air!).
- **Attention au printemps!!!!**

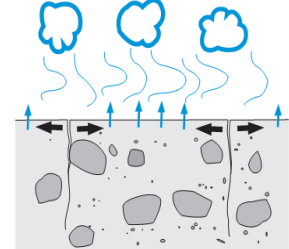
19

19

## Fissures de retrait plastique



évaporation limitée  
= peu de retrait  
= contraintes de traction faibles



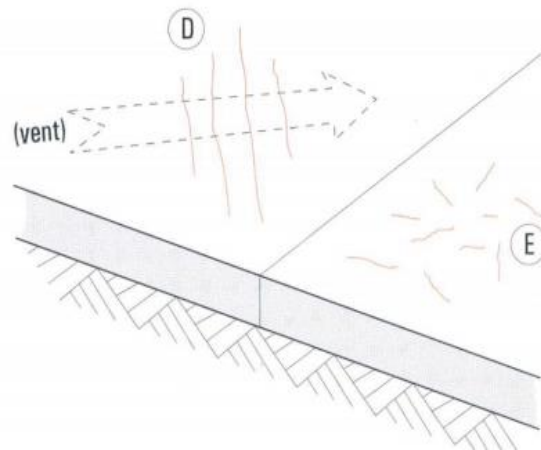
évaporation importante  
= retrait considérable  
= contraintes de traction élevées

20

Source: Febelcem

20

## Fissures de retrait plastique



- En présence de vent, les fissures plastiques se manifestent en groupes parallèles, perpendiculaires à la direction du vent dominant
- Sans vent, fissures désordonnées

21

Source: Febelcem

21



# Fissures de retrait plastique

## Calcul du taux d'évaporation

- Estimation du taux d'évaporation:

### ÉQUATION D'UNO :

$$E = 5 * ([T_b + 18]^{2,5} - r * [T_a + 18]^{2,5}) * (V + 4) * 10^{-6}$$

Avec :

E = Taux d'évaporation, en kilogramme/m<sup>2</sup>/h

T<sub>b</sub> = Température du béton, en degré Celsius

T<sub>a</sub> = Température de l'air, en degré Celsius

V = Vitesse du vent, en kilomètre/h

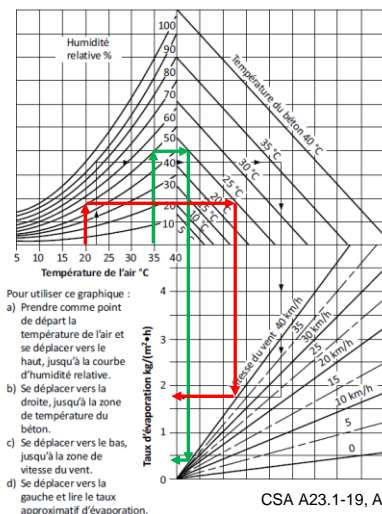
r = Humidité relative, en %

22

22

# Fissures de retrait plastique

## Calcul du taux d'évaporation



CSA A23.1-19, Annexe D

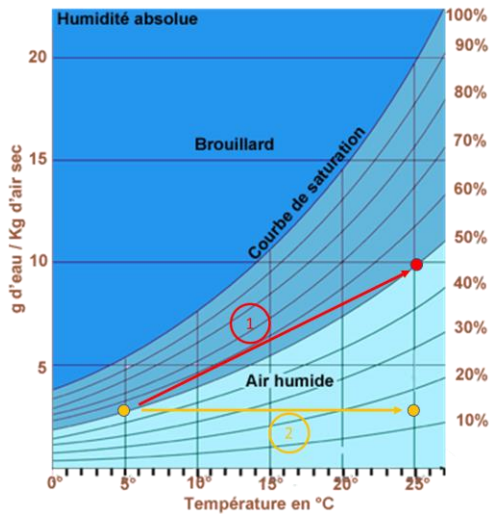
23

23

- Exemple :**
- Si on ne dispose pas d'information plus détaillée, on devrait considérer que les conditions d'assèchement extrêmes existent lorsque le taux d'évaporation de l'humidité superficielle dépasse 0,50 kg/m<sup>2</sup>/h.
  - Humidité relative: 90%
  - Température du béton: 25 °C
  - Vitesse du vent: 40 km/h
  - Température de l'air: 35°C en vert
  - Les mesures de la température de l'air, de l'humidité relative de la température du béton et de la vitesse du vent à 0,8 à 1,2 m au-dessus de la surface du béton. 2,0°C en rouge

# Fissures de retrait plastique

Fissures de retrait plastique: notion d'humidité relative



1 Pour une même humidité relative, l'air contient plus d'eau quand il fait chaud que lorsqu'il fait froid

2 Pour avoir la même quantité d'eau dans l'air, il faut avoir une plus grande humidité relative à basse température qu'à basse température

24

24

## Pense-bête: truc de la corde à linge



26

## Pense-bête: truc de la sueur

Si vous suiez et que la sueur ne s'évapore pas, votre béton se porte bien car l'air est humide.

Si vous ne suiez pas, penser à votre béton car :

- l'air est sec ; ou
- il y a un vent important

27

## Fissures de retrait endogène

28

28

## Fissures de retrait endogène

- Les fissures de retrait endogène sont dues aux déformations qui résultent du fait que le volume des produits de l'hydratation est plus petit que le volume des réactifs en présence. Cette déformation est présente même sans échange hydrique avec l'environnement.
  - Il se produit principalement au jeune âge ( entre 0 et 7 jours).
  - Le retrait endogène est négligeable pour les bétons habituellement utilisés pour les dalles sur sol (25 à 30 MPa).
  - Il est plus important pour les bétons a plus haute résistance (40 MPa et +).
  - Il peut devenir du même ordre de grandeur que le retrait de séchage d'un béton ordinaire.

29



29

## Fissures de retrait endogène

Comment diminuer le retrait endogène?

- Étroitement relié au rapport eau/liant
  - $E/L > 0,45$  : retrait endogène négligeable
  - $E/L$  0,45 à 0,35 : attention...
  - $E/L < 0,35$  : retrait endogène important
- La fumée de silice augmente le retrait endogène
- Prévoir un bon mûrissement au jeune âge
  - Dès que possible !
  - Pour saturer la porosité capillaire au jeune âge

30



30

# Fissures de retrait endogène

Comment diminuer le retrait endogène?

- Étroitement relié au rapport eau/liant
  - $E/L > 0,45$  : retrait endogène négligeable
  - $E/L$  0,45 à 0,35 : attention....
  - $E/L < 0,35$  : retrait endogène important
- La fumée de silice augmente le retrait endogène
- Prévoir un bon mûrissement au jeune âge
  - Dès que possible !
  - Pour saturer la porosité capillaire au jeune âge

31

31

# Fissures de retrait endogène



32

Source: MTQ

32



# Fissures de retrait de séchage

33



33

## Fissures de retrait de séchage

- **Les fissures de retrait de séchage** du béton résultent du séchage de la masse du béton. Cette évaporation peut s'étaler sur plusieurs années.
- Les causes:
  - L'évaporation de l'eau dans les pores capillaires engendre des ménisques provoquant ainsi des efforts de traction menant à la fissuration.
  - Les facteurs aggravants sont: rapport E/L élevé, faible humidité relative, formulation du béton (volume de pâte, type de liant, etc.), mouvement restreint.

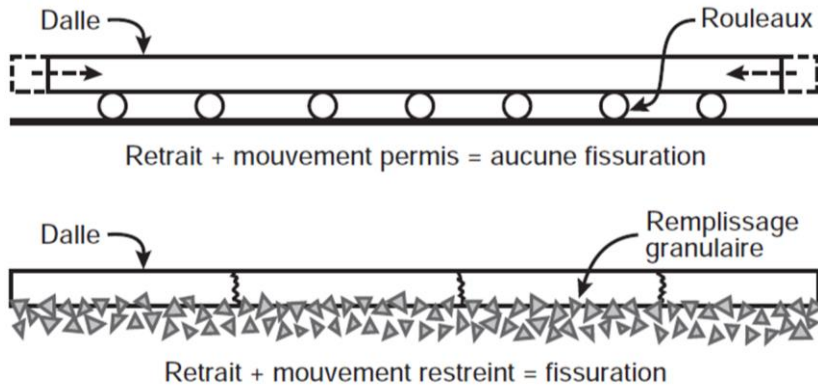
34



34



## Fissures de retrait de séchage



Source: Dosage et contrôle des mélanges de béton (DCMB)

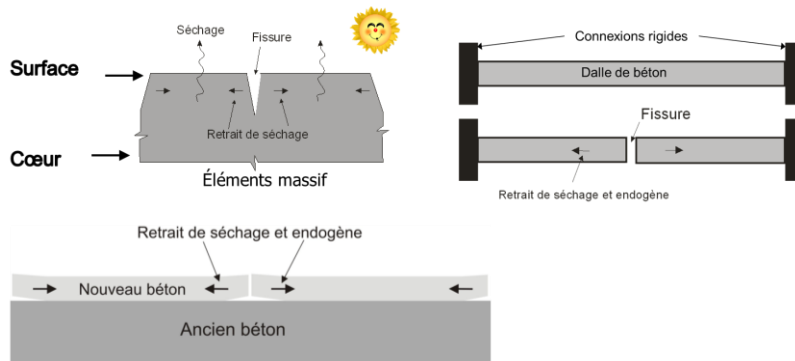
35

35

Association  
Béton  
Québec  
LA référence

## Fissures de retrait de séchage

Les retraits empêchés sont une des principales causes de la fissuration des bétons

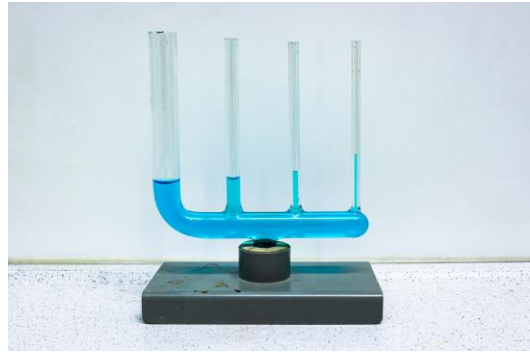
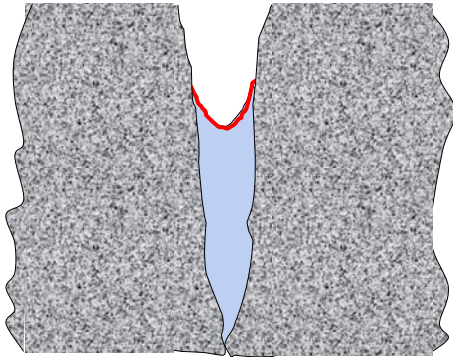


Source: Gagné et Lessard

36

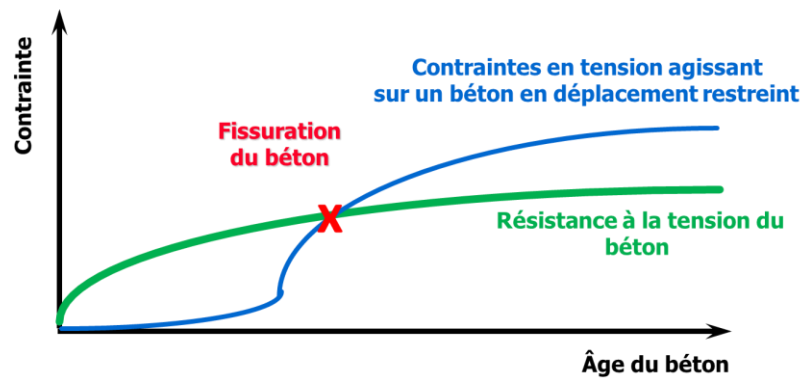
Association  
Béton  
Québec  
LA référence

## Fissures de retrait de séchage



37

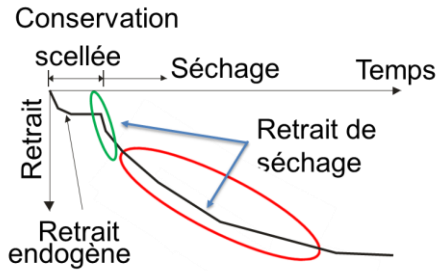
## Fissures de retrait de séchage



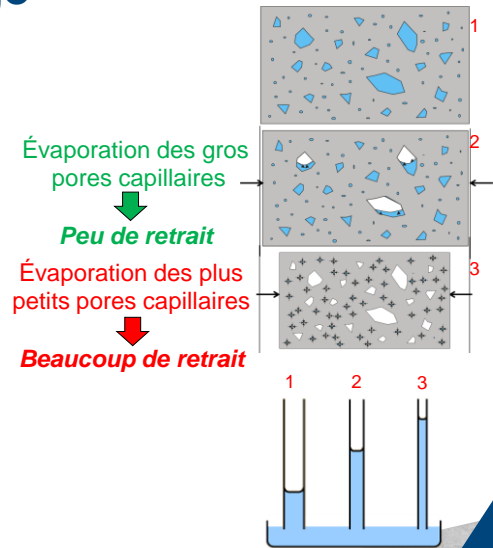
Source: Gagné et Lessard

38

# Fissures de retrait de séchage



Source: Gagné et Lessard



# Fissures de retrait de séchage





41

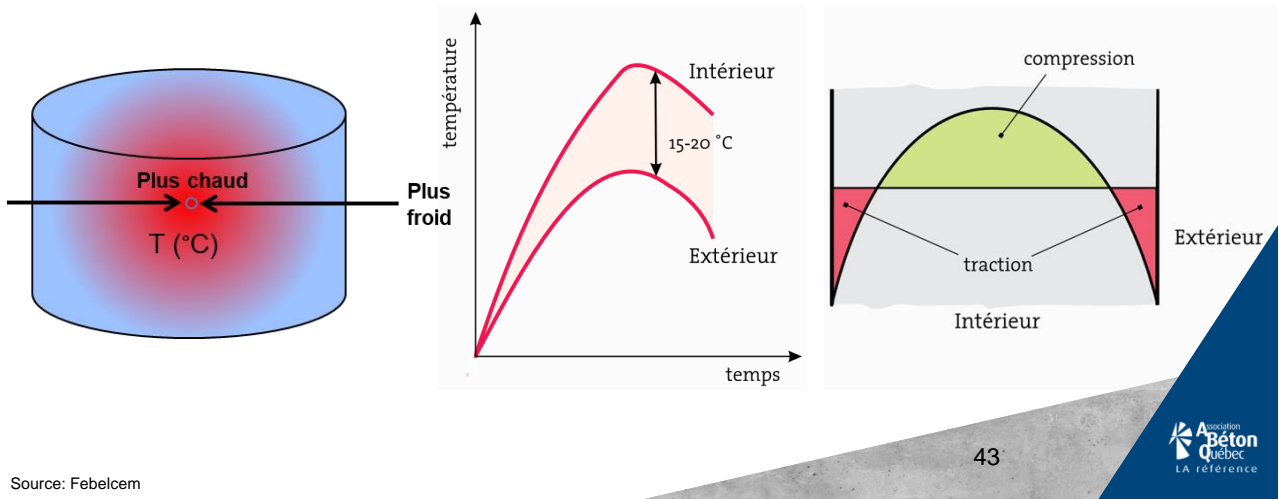
## Fissures de retrait thermique

- **Les fissures de retrait thermique** sont associées à une diminution de volume par refroidissement du béton. Rappel: l'hydratation du ciment produit de la chaleur
- Les causes:
  - Une évacuation trop rapide, insuffisante ou inégale de cette chaleur donne lieu à des écarts de température importants – et donc à des contraintes de traction – entre le noyau et la surface, entre le centre et les bords pouvant mener à la fissuration.
  - Les facteurs aggravants sont: éléments massifs, type et teneur en ciment, température ambiante et du béton

42

42

## Fissures de retrait thermique



## Fissures de retrait thermique



Source: Febelcem

44

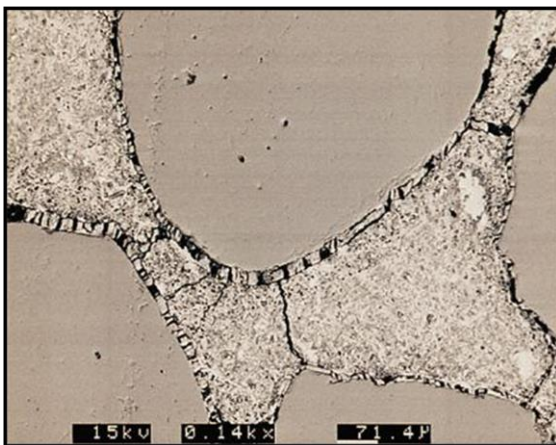
44



45

## Formation d'ettringite différée

### Généralités



- Réaction sulfatique interne provoquée par la formation différée d'ettringite dans un matériau cimentaire durci, plusieurs mois voire plusieurs années après la prise du ciment, et sans apport de sulfate externe.
- L'ettringite de formation différée concerne uniquement les bétons ayant subi au jeune âge un échauffement supérieur à 70°C

Source: Dosage et contrôle des mélanges de béton

46

46



## Formation d'ettringite différée

### Mécanisme d'action



- Au-delà d'une température critique, l'ettringite de formation primaire ne se forme pas au cours des réactions d'hydratation du ciment et/ou est décomposée.
- Après retour à la température ambiante et en présence d'humidité, l'ettringite peut se former ou se reformer. Elle est alors susceptible de générer des pressions de gonflement dans certaines conditions.

47

47

## Formation d'ettringite différée

### Facteurs affectant la formation d'ettringite différée



- la température du béton lors de son durcissement ;
  - les bétons traités thermiquement (ex.: certains cas de préfabrication)
  - les bétons coulés en place massifs, particulièrement par temps chaud
- la durée de maintien de cette température ;
- la teneur en sulfates du ciment ;
- la teneur en aluminates du ciment ;
- la teneur en alcalins du béton et les apports extérieurs ;
- les apports ultérieurs d'eau

48

48

# Faièncage

49

49

## Faièncage

### Généralités



- **Le faièncage** est une fissuration en réseaux plus ou moins hexagonaux à la surface du béton et affecte son apparence. Elles se développent rapidement, pouvant atteindre une profondeur de 3 mm, et apparaissent dans les jours suivant la finition du béton. Souvent visible lorsque la surface mouillée commence à sécher
- Les causes:
  - Cure inadéquate (retard ou séchage rapide après cure humide)
  - Aplanissage excessif (apport d'un surplus de pâte)
  - Ajout d'eau
  - Mise en place sur surface absorbante
  - Carbonatation
  - Ajout de ciment lors de la finition

50

50



51

## Déficiência estrutural

Généralités



- Fissuration de la structure du béton due à une déficiência estrutural.
- Les causes:
  - Mauvaise conception estrutural.
  - Mauvaise réalisation en chantier.
  - Mise en place du béton, armatures, étriers, etc.
  - Surcharge ou sollicitation excessive (séisme important, etc.).
  - Résistance insuffisante du béton

52

52

# Corrosion des aciers d'armature

53

53

## Corrosion des aciers d'armature

### Généralités



- Le pH élevé du béton protège les aciers d'armature en formant d'une couche protectrice d'oxyde passive. Si ce film passif est dégradé, il y a réaction de corrosion.
- Les causes:
  - La présence d'ions chlorure ou la carbonatation peuvent détruire le film passif. Les produits de la corrosion peuvent avoir un volume six fois supérieur au volume initial, provoquant la fissuration et l'éclatement du béton.
  - Facteurs aggravants : béton non-adapté, mauvais enrobage ou recouvrement des armatures, présence d'ions chlorure, carbonatation, etc.

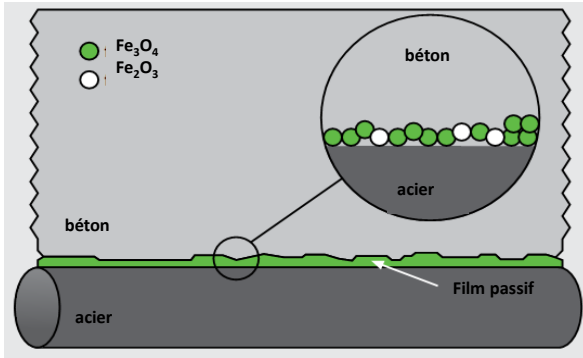
54

54



# Corrosion des aciers d'armature

Béton sain: bonne protection contre la corrosion



- Le béton est un milieu très alcalin (pH=13) et assure alors la protection de l'acier.
- Une mince couche d'oxyde, ou film passif (solution solide de  $\text{Fe}_3\text{O}_4 - \text{Fe}_2\text{O}_3$  dont l'épaisseur est de  $10^{-3}$  à  $10^{-1}$   $\mu\text{m}$ ), se forme et protège la barre d'armature.
- La corrosion des aciers d'armature peut débuter si le film passif est détruit ou si le pH de la solution interstitielle devient trop faible.

Adaptation de W.R. Grace

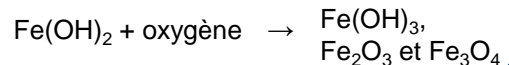
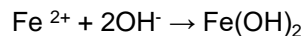
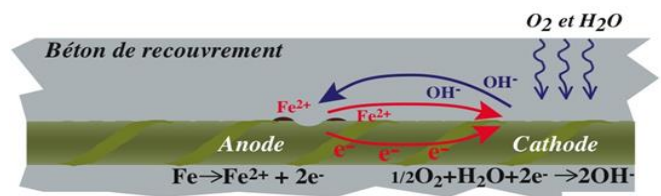
55

55

# Corrosion des aciers d'armature

Initiation de la corrosion

- Dépassivation progressive de l'acier par essentiellement:
  - carbonatation (baisse du pH);
  - pénétration des ions chlorure.
- Propagation de la rouille produite par des réactions d'oxydation à la surface du métal. Formation de produits fortement gonflants (6x).
- Aux endroits où la couche a été détruite, l'acier se dissout (zone anodique), alors que le reste de la surface encore passivée correspond à la zone cathodique.

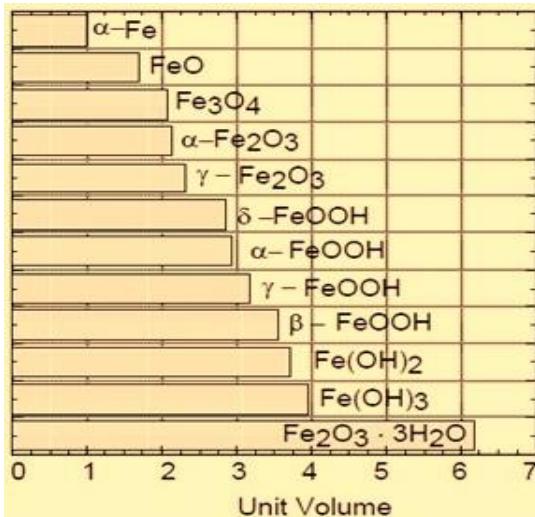


56

56

# Corrosion des aciers d'armature

Formation de produits gonflants



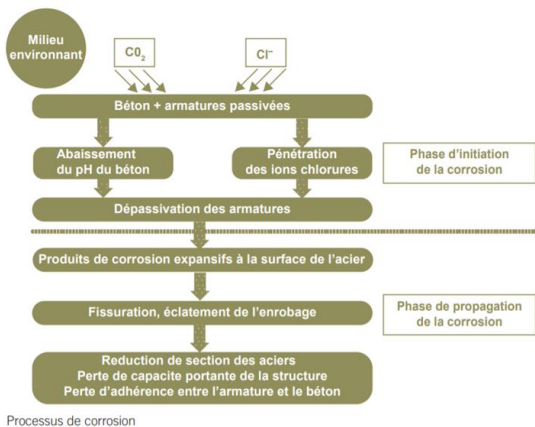
- Propagation de la rouille produite par des réactions d'oxydation à la surface de la barre. Formation produits fortement gonflants (6x)

57

57

# Corrosion des aciers d'armature

On distingue traditionnellement deux phases de corrosion :



Processus de corrosion

1. une phase d'initiation de la corrosion (ou phase d'incubation) qui va jusqu'à la dépassivation des aciers et pour laquelle il existe une modélisation abondante sur les phénomènes de transfert dans le béton ;
2. une phase de propagation de la corrosion qui va jusqu'à la ruine de la structure et pour laquelle peu de modèles fiables existent.

Source: Diagnostic de l'état des matériaux, Béton D1-1, Diagnostic de corrosion du béton armé, Ifsttar

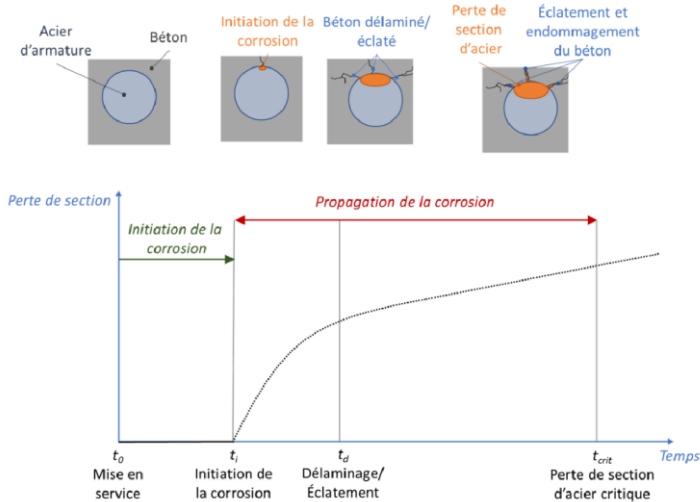
58

58



# Corrosion des aciers d'armature

On distingue traditionnellement deux phases de corrosion :



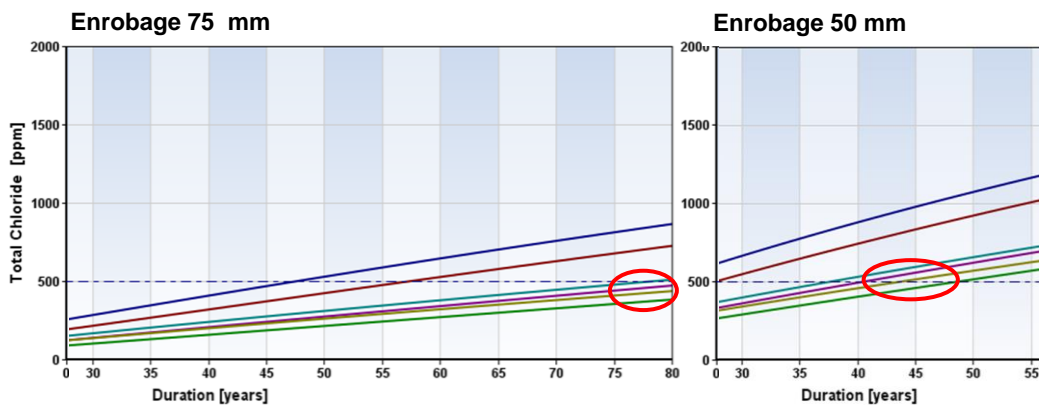
Source: Simco Technologies

59

59

# Corrosion des aciers d'armature

Importance de l'enrobage des aciers d'armature



Source: adaptation de SIMCO

60

60

# Corrosion des aciers d'armature

Règles de l'art pour prévenir la corrosion

- Choisir le bon béton:
  - Bétons armés exposés aux chlorures:
  - Utiliser un béton de classe C-1, A-1, A-XL ou C-XL
- Pour les bétons non-exposés aux chlorures et sujets à la carbonatation:
  - E/L pas trop élevé et bonne cure
- Respecter l'enrobage minimal des aciers d'armature
- *Au besoin, utiliser un inhibiteur de corrosion*

61

61

## Réactions alcalis-granulats (RAG)

Réaction alcalis-silice (RAS)

Réaction alcalis-carbonate(RAC)

66

66

## Réaction alcalis-silice (RAS)

Fissures associées à la réaction alcalis-silice



- **Les fissures associées à la réaction alcalis-silice** sont dues à une réaction chimique entre les composantes minérales actives de certains granulats (silice amorphe) et les hydroxydes alcalins de sodium et de potassium dans le béton.
- Les ions alcalis sont fournis à la solution interstitielle à partir de différentes sources telles que le ciment, les adjuvants chimiques, les granulats (moyen à long terme), les ajouts cimentaires, l'eau de mer et les sels déglaçants.

67

67

## Réaction alcalis-silice (RAS)

Mécanisme d'action



- Hydroxydes alcalins + gel de silice réactif → produit de réaction (gel silico-alcalin)
- Gel produit par la réaction + humidité → expansion induisant ainsi de la fissuration et la détérioration du béton affecté



68

68

# Réaction alcalis-silice (RAS)

## Symptômes visuels



- Expansion différentielle des éléments de béton (déformation, mouvements, déplacements)
- Décoloration de surface autour des fissures
- Exsudations de gel (vs efflorescence)
- Éclatements (pop-outs)

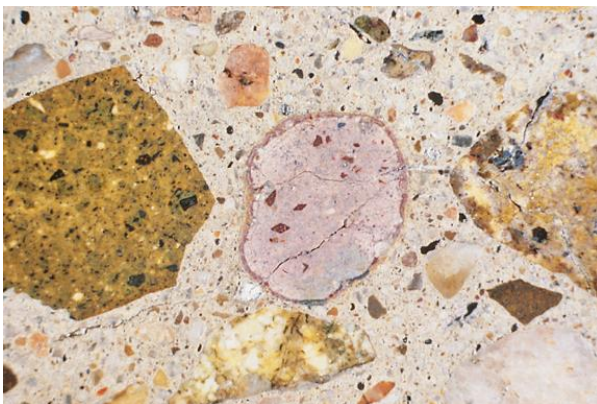


69

69

# Réaction alcalis-silice (RAS)

## Conditions essentielles pour le développement et le maintien de la RAS



1. Formes réactives de silice dans les granulats
2. Solution interstitielle ayant une teneur élevée en alcalis (pH)
3. Taux d'humidité suffisant

**Si l'une de ces conditions est absente, la RAS ne peut pas avoir lieu.**

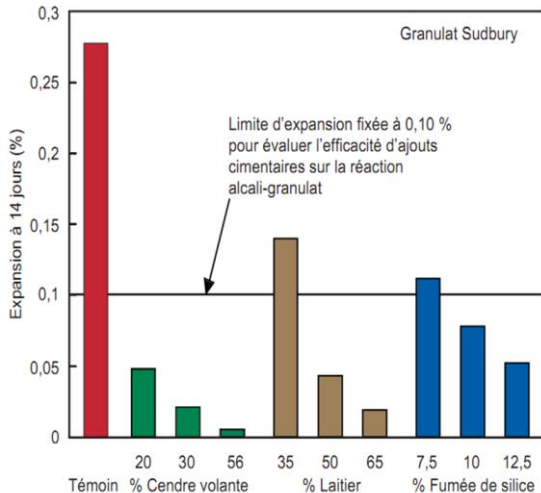
70

70



# Réaction alcalis-silice (RAS)

## Détermination des mesures préventives



Source: Dosage et contrôle des mélanges de béton

- A23.2-27A (selon le niveau de prévention)
  - a) utiliser un granulat non réactif et confirmer périodiquement le caractère non réactif du granulat
  - b) refuser le granulat proposé
  - c) limiter l'apport en alcalis du ciment Portland au béton à un seuil
  - d) utiliser suffisamment de matériaux cimentaires efficaces ou une combinaison de matériaux cimentaires efficaces
  - e) utiliser les options des alinéas c) et d).

### Autre mesure

- Adjuvants à base de lithium

71

71

# Réaction alcalis-carbonate (RAC)

## Fissures associées à la réaction alcalis-carbonate

- **Les fissures associées à la réaction alcalis-carbonate** sont associées à certains granulats de calcaires dolomitiques qui réagissent avec les ions hydroxyles associés aux alcalis du ciment (ou provenant d'autres sources telles que les sels déglaçants).
- Mécanisme d'action:
  - Hydroxides alcalins de la solution interstitielle du béton attaquent les cristaux de dolomite
  - L'expansion est alors associée à la réorganisation des produits de la dédolomitisation (brucite et calcite) et/ou au gonflement des minéraux argileux présents au sein de la matrice de la roche
- **La mesure préventive la plus commode et la plus efficace consiste à éviter d'utiliser ce type de granulats.**
- **Note : L'essai accéléré sur barres de mortier ne convient pas aux granulats sensibles aux réactions alcalis-carbonate.**

72

72

## Réaction alcalis-carbonate (RAC)

Fissures associées à la réaction alcalis-carbonate



73

Source: Pierre-Luc Fecteau

73



74

74



# Sulfures de fer (pyrrhotite)

## Généralités

- **Sulfures de fer** –Les sulfures de fer contenus dans les granulats réagissent avec l'eau. Cela produit de l'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ) et libère des ions ferreux ( $Fe^{2+}$ ).

L'acide sulfurique formé réagit avec les hydrates de calcium ( $Ca(OH)_2$ ). Cela génère des sulfates de calcium, tels que le gypse ( $CaSO_4$ ), et crée une pression à l'intérieur du béton.

### Note:

- Le granulat utilisé dans le béton doit être entièrement caractérisé par une analyse pétrographique selon CSA A23.2-15A.
- La conclusion de l'analyse doit conclure à l'aptitude du granulat à produire un béton de qualité.
- Protocole d'évaluation des granulats dans l'annexe P dans la CSA A23.1-19

75

75

# Sulfures de fer (pyrrhotite)



76

76



77

## Attaque par les sulfates

Généralités



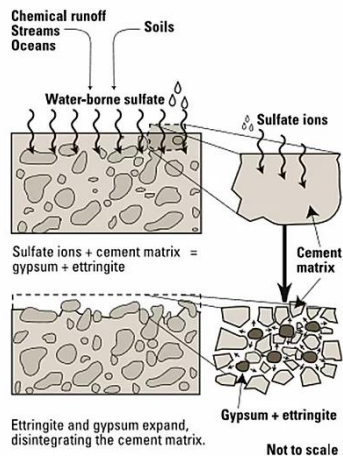
- Les sulfates peuvent attaquer le béton en réagissant avec les produits d'hydratation du ciment. Les produits de réaction sont beaucoup plus grands que ceux des corps qui leur ont donné naissance; il en résulte des contraintes qui peuvent détériorer la pâte et finalement désintégrer le béton.
- Facteurs aggravants:
  - Teneurs importantes en sulfates dans l'eau ou les sols.
  - Formulation de béton non-adaptée. Ne pas utiliser de ciment GUL seul en présence de sulfates.
  - Conditions humides et froides (0 à 10°C). Formation de thaumasite

78

78

## Attaque par les sulfates

Illustration de l'attaque par les sulfates



Source: CTLGroup-Qatar.com

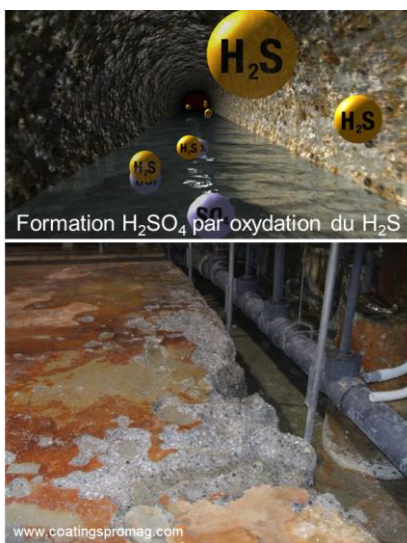
79

- Le sulfate de calcium attaque l'aluminat de calcium hydraté et forme de l'ettringite.
- Le sulfate de sodium réagit avec l'hydroxyde de calcium et l'aluminat de calcium hydraté pour former de l'ettringite et du gypse.
- Le sulfate de magnésium agit de façon similaire au sulfate de sodium pour former de l'ettringite, du gypse et de la brucite (hydroxyde de magnésium).

79

## Attaque par les acides

Généralités



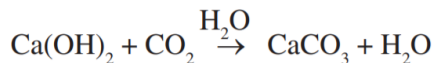
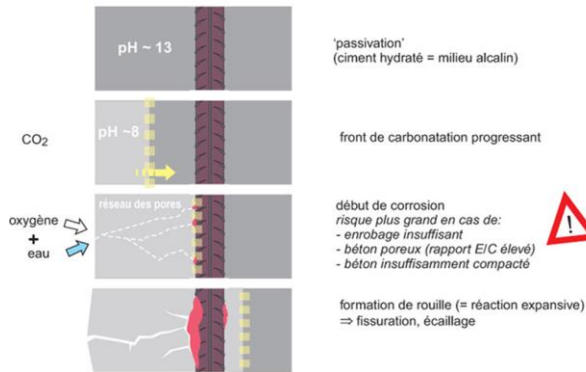
- Les acides attaquent le béton en dissolvant la pâte de ciment et le granulats calcaire.
- Facteurs aggravants:
  - Béton non-adapté. Privilégier les ajouts cimentaires pour diminuer la perméabilité.
  - Traitement de surface abîmé (ex.: environnement industriel)

80

80

# Carbonatation

## Généralités



Source: Febelcem

81

- Le CO<sub>2</sub> dans l'air et la chaux hydratée contenue dans le ciment réagissent pour former du carbonate de calcium abaissant ainsi le pH qui passe d'une valeur de 13 à une valeur inférieure à 9 → corrosion des armatures.

### Facteurs aggravants:

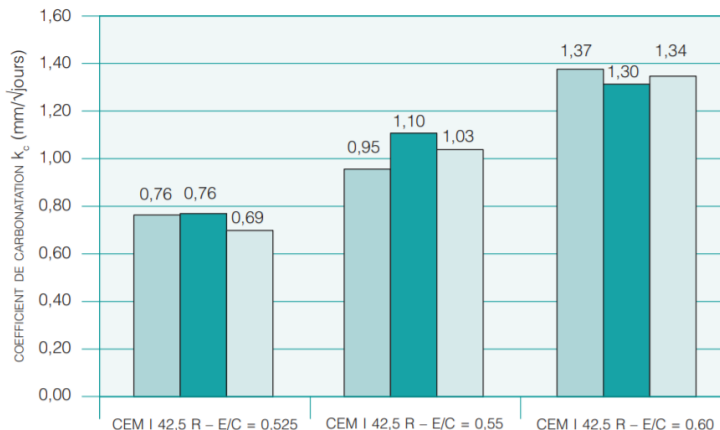
- Béton à haut rapport E/L.
- Appareil de chauffage direct (CO<sub>2</sub> en contact avec le béton)
- Mauvais enrobage
- Mauvaise cure
- Réaction maximale avec humidité relative comprise entre 60 et 80%.

81

# Carbonatation

## Béton à haut rapport E/L

**Fig. 3 Influence du rapport eau-ciment sur le coefficient de carbonatation des bétons à base de ciment CEM I 42,5 R dosé à 300 kg/m<sup>3</sup>.**



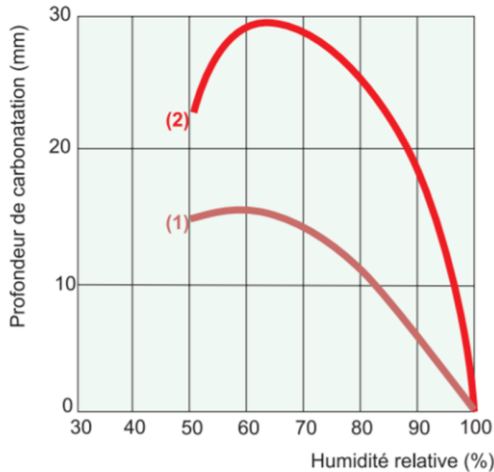
Source: Les Dossiers du CSTC – N° 3/2007 – Cahier n° 2

82

82

# Carbonatation

Humidité relative



(courbe 1 : E/C = 0,60 ; courbe 2 : E/C = 0,80)

Source : Université d'Hanovre

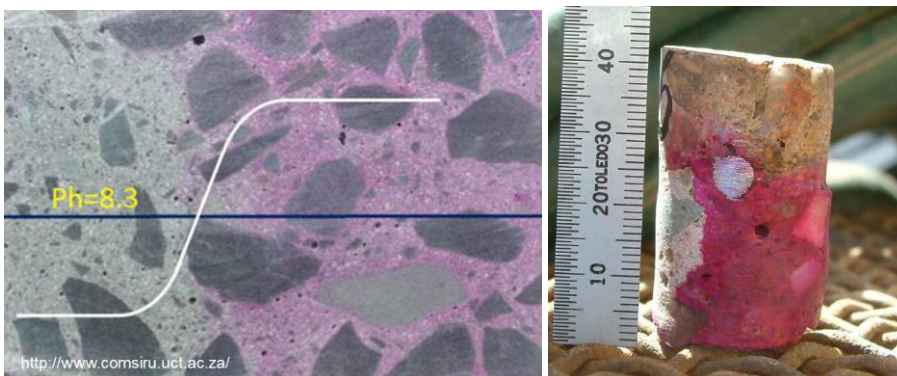
- Réaction maximale avec humidité relative comprise entre 60% et 80%.

83

83

# Carbonatation

Mesure de la profondeur de la carbonatation du béton, ASTM C 856



- Application sur le béton d'un indicateur coloré de pH (phénolphtaléine).
- Phénolphtaléine est incolore pour un pH inférieur à 8,2 et rose soutenu pour un pH supérieur à 9,9

84

84



## Nids d'abeille (de cailloux)

### Généralités



- **Nid d'abeille** est une zone du parement où les granulats sont apparents dû à un manque de consolidation ou un manque d'étanchéité des coffrages.
- Facteurs aggravants:
  - Mélange mal adapté au chantier
  - Congestion des aciers d'armatures
  - Méthode de mise en place inappropriée
  - Ségrégation
  - Fuite de laitance

85

85

## Écaillage

### Généralités

- **Écaillage** est un phénomène de désagrégation des surfaces de béton provoqué par leur exposition au gel-dégel en présence d'humidité ou de sels déglçants.
- Facteurs aggravants:
  - Ajout d'eau en chantier
  - Mauvaise cure en chantier
  - Mauvaise finition (utilisation truelle d'acier, finition prématurée ou excessive ou en présence d'eau)
  - Mélange mal adapté : manque d'air entraîné, mauvais réseau d'air, teneur trop élevée en ajout cimentaire ou classe d'exposition inappropriée)



86

86

# Boursouflure (blister)

## Généralités



- Les boursouflures sont des zones soulevées sur la surface de diamètre variant de 10 à 50 mm formées par le ressuage de l'eau ou de l'air entrappé sous la surface.
- Facteurs aggravants:
  - Trop de fines
  - Trop ou trop peu de vibration
  - Finition hâtive (sceller la surface)
  - Couler sur une surface froide

87

87

# Délamination

## Généralités



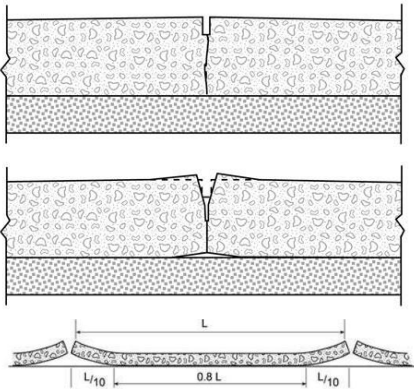
- **La délamination** se produit lorsque la surface de pâte est séparée de la masse par de l'eau de ressuage et l'air trappé lors de la finition. Varie de quelques centimètres à quelques mètres carrés. L'épaisseur de délamination de la dalle peut varier de 3 à 5 mm.
- Facteurs aggravants:
  - Attention aux teneurs en air supérieures à 3% pour la finition mécanique des dalles intérieures!!!
  - Finition hâtive (sceller la surface) avant que le ressuage soit terminé
  - Couler sur une surface froide

88

88

# Gauchissement (curling)

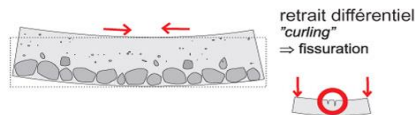
## Généralités



Source: CNRC

89

- **Le gauchissement** s'identifie par le soulèvement des coins des dalles dû au séchage de la surface de la dalle alors que la base demeure humide. La carbonatation et le retrait endogène peuvent aussi provoquer le gauchissement.
- Facteurs aggravants:
  - Chauffage rapide des zones bétonnées
  - Pare-vapeur



Source: Febelcem

89

Association  
Béton  
Québec  
LA référence

# Non-uniformité de la teinte

## Généralités



- **Non-uniformité de la teinte** est une variation non-désirée de la teinte du béton.
- Facteurs aggravants:
  - Utilisation de chlorure de calcium;
  - Application excessive agent décoffrage
  - Variation du béton (E/L et teinte des fines)
  - Section où l'eau de ressuage tarde à s'évaporer;
  - Surfaces soumises à un truillage excessif;
  - Application inégale des pellicules de plastique, de papier imperméable durant la cure ou tout autre matériau déposé sur la dalle

90

Association  
Béton  
Québec  
LA référence

90

# Empoussièremment

## Généralités



- **Empoussièremment** se caractérise par le développement de fines, matières poussiéreuses sur la surface du béton.
- Facteurs aggravants:
  - Finition avec de l'eau de ressuage en surface
  - Pluie
  - Épandage de ciment sur la surface
  - Gel de la surface
  - Granulat avec excès de poussières
  - Basse teneur en ciment
  - Teneur en eau trop élevée
  - Carbonatation causée par les appareils de chauffage

91

91

# Efflorescence

## Généralités



- **Efflorescence** se caractérise par l'apparition en surface de poudre blanchâtre. Ce sont des amas de chaux sous forme de plaques, voiles ou traînées blanchâtres. Aucune influence négative sur la résistance du béton et la stabilité de la construction
- Facteurs aggravants:
  - Béton «poreux» (E/L élevé)
  - Cure suffisante, surtout en hiver
  - Exposition hâtive des surfaces aux intempéries
  - Conditions atmosphériques: Température extérieure basse, humidité ambiante élevée et vent

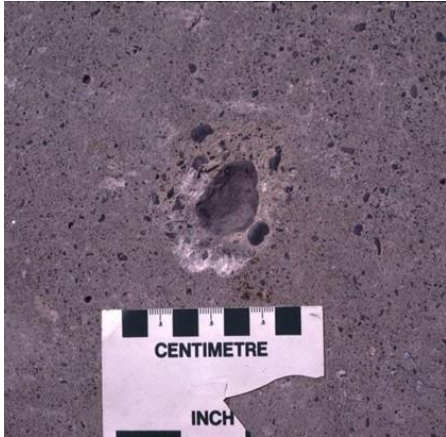
92

92



# Cône d'éclatement (pop-out)

## Généralités



- **Cône d'éclatement** – Fragment conique qui s'enlève de la surface de la dalle tout en créant un trou ou cratère. Désordre d'ordre esthétique.
- Facteurs aggravants:
  - l'expansion d'un granulat de faible performance (micro-Deval ou gel/dégel non confiné) avec un taux d'absorption élevé. Lorsque le granulat absorbe l'humidité et gèle, son expansion provoque une pression interne suffisante pour éclater la surface de la dalle

93

93

## QUESTIONS

Code:  
Cure



94

94