

Béton architectural

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.

Introduction

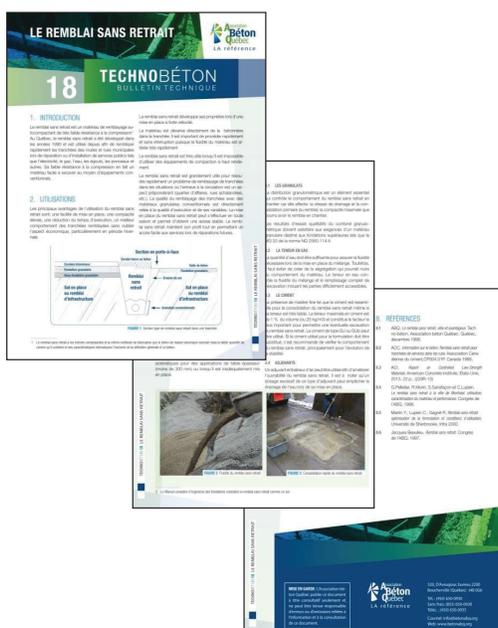
L'Association béton Québec en quelques lignes...

- Fondée en 1975
- Regroupe près de 100 entreprises associées à l'industrie du béton
- 2022, plus de 5 millions de m³ de béton produit et livré au Québec
 - Soit plus de 95% de la production québécoise.
- Développement de système qualité depuis 1985



Documentation technique

Site web ABQ



Consultez nos
Technobéton au

betonabq.org

Généralités

5

Qualités visuelles du béton

Teinte



Défauts d'apparence
liés à la teinte

- Hétérogénéité de teinte
- Efflorescence

Texture



Défauts d'apparence
liés à la texture

- Vides de compaction
- Nids d'abeille

6

Facteurs influençant les défauts d'apparence

Formulation

Ciment
Ajouts minéraux
Rapport E/C

Mise en place

Coffrage
Mise en place
Vibration

Vieillessement

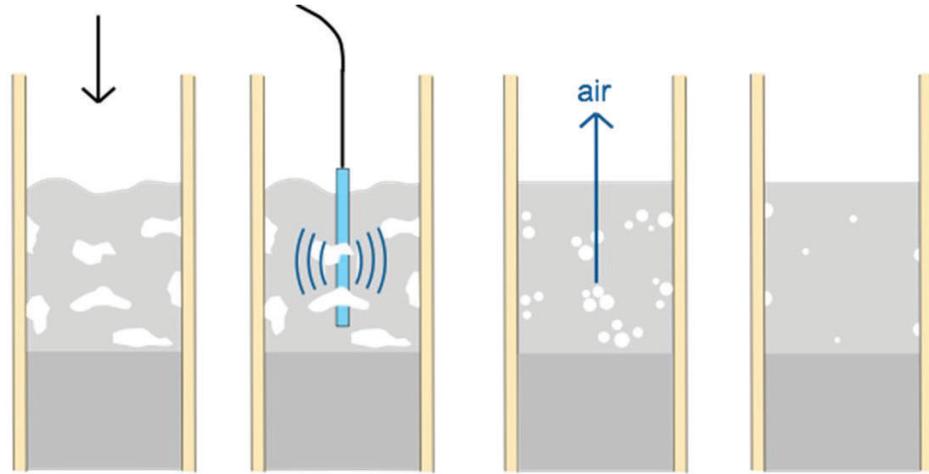
Décoffrage
Hygrométrie
Exposition

7

Facteurs liés à la mise en place

8

Consolidation du béton



le béton est versé dans le coffrage

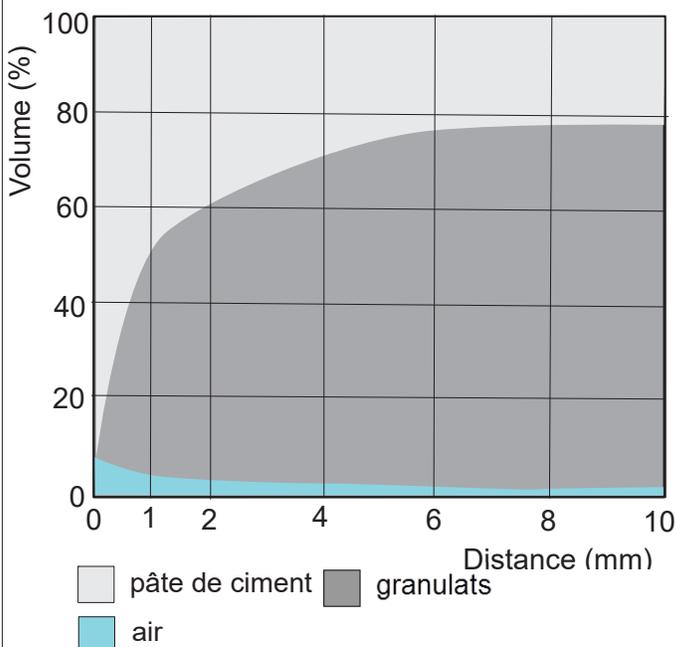
le béton est vibré avec une aiguille

l'air est fractionné et expulsé vers le haut

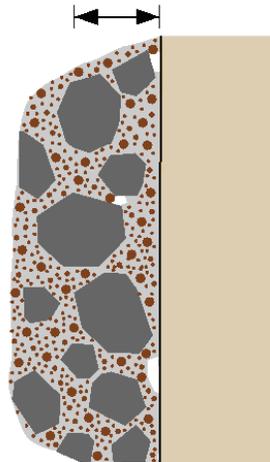
il ne subsiste que quelques vides en surface

9

Effet de paroi



effet de paroi
1 cm



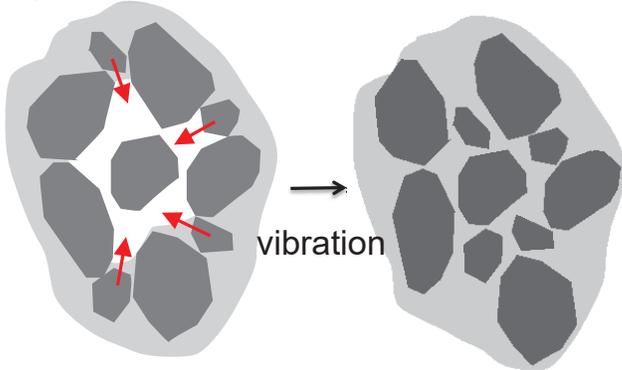
Près de la paroi du coffrage, l'empilement des grains est perturbé de sorte que le volume de pâte est beaucoup plus élevé près de la surface qu'au cœur de la masse.

- gros granulat
- sable
- air
- coffrage

10

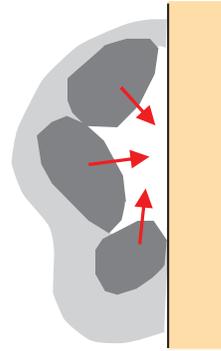
Formation des vides de compaction

les petits granulats et la pâte se déplacent pour combler les vides



La vibration met les particules en mouvement ce qui permet à la pâte de ciment et aux petites particules de s'immiscer entre les gros grains pour expulser l'air et remplir tout le volume du coffrage.

mouvement des granulats empêché lors de la vibration



près de la paroi du coffrage

Près de la paroi, les gros grains forment parfois des amas et le volume de pâte de ciment n'est pas suffisamment mobile pour remplir l'espace vide près du coffrage. Il en résulte des vides de compaction.

11

Influence du matériau de coffrage



**coffrage absorbant
(ex: bois)**

- teinte plus foncée (E/C faible)
- surface rugueuse et mate

12

Influence du matériau de coffrage



coffrage non-absorbant (ex: acier)

- teinte plus pâle (E/C élevé)
- surface lisse et plus brillante

13

Influence de l'absorption du coffrage sur la teinte



Sur ce parement les variations de teinte sont uniquement dues aux variations d'absorption du coffrage en bois.

zones très absorbantes

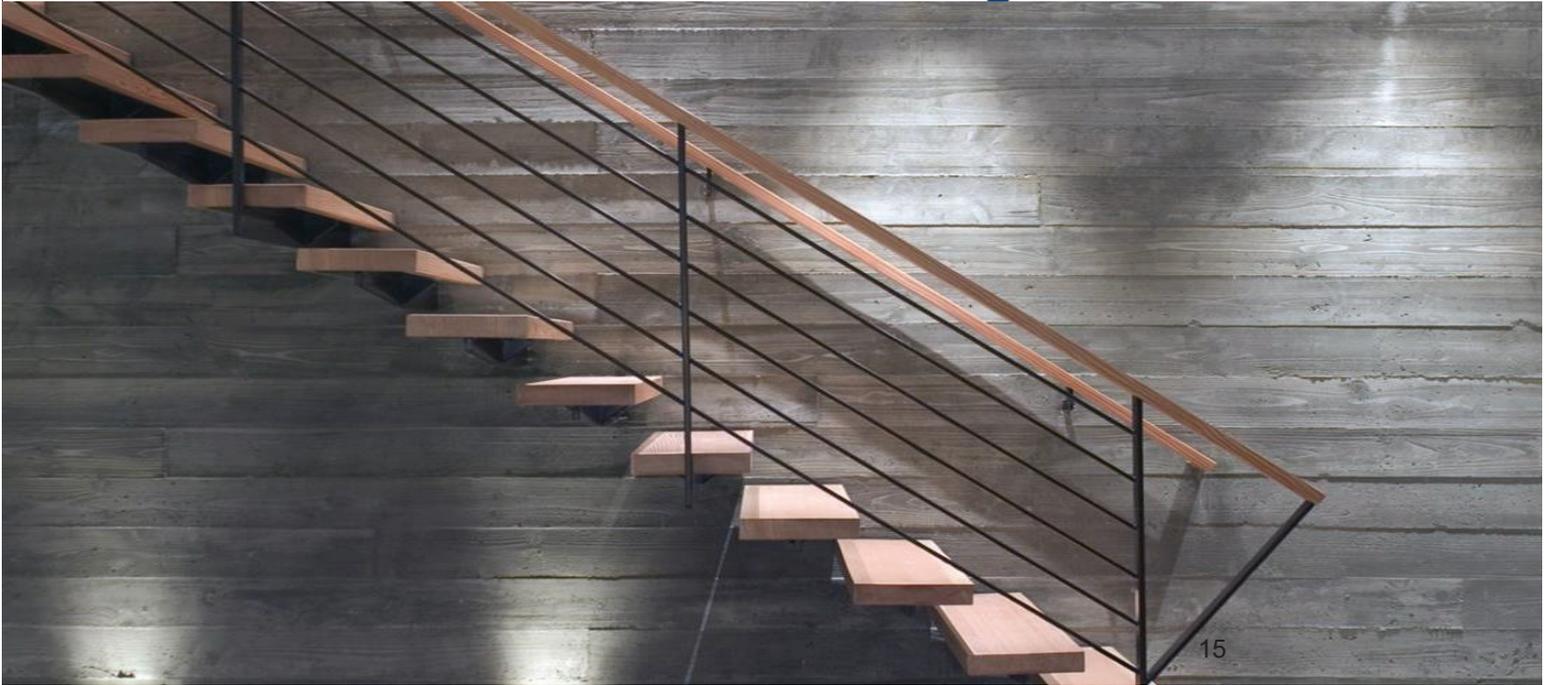
→ teinte plus foncée
(E/C faible)

zone peu absorbantes

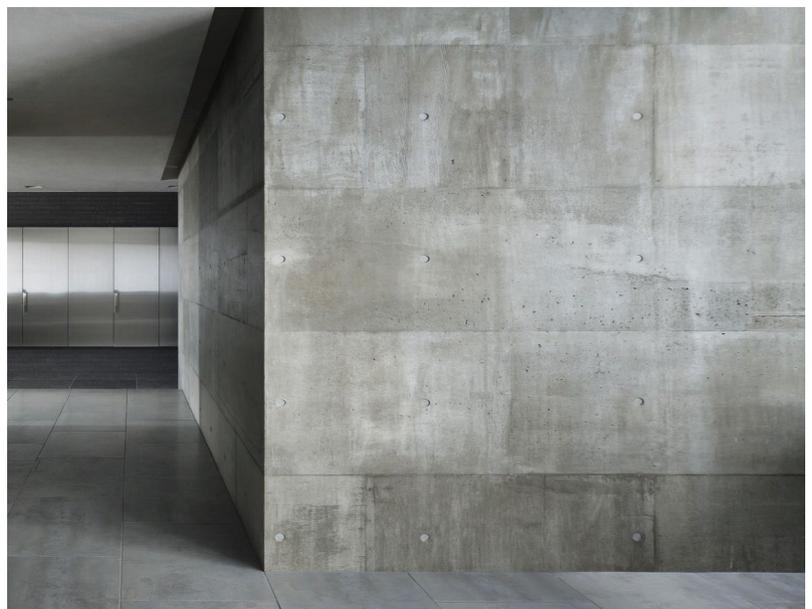
→ teinte plus pâle
(E/C élevé)

14

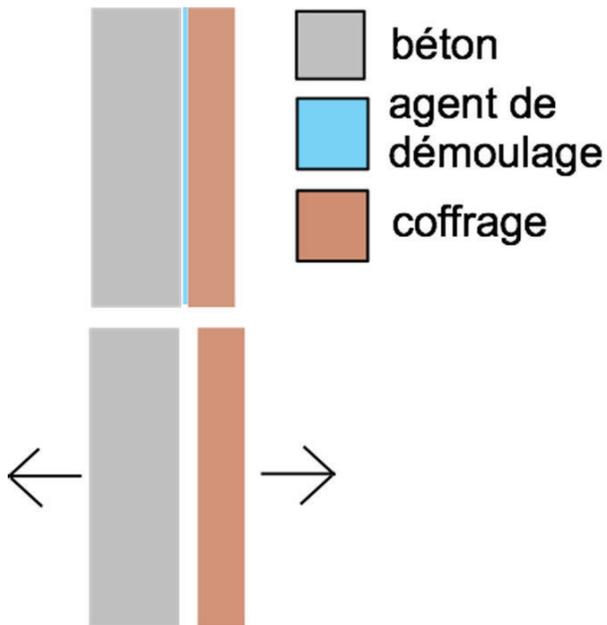
... mais elles peuvent aussi contribuer au cachet architectural de l'ouvrage



Des variations d'adsorption peuvent causer des hétérogénéités de teintes disgracieuses...



Importance de l'agent de démoulage



L'agent de démoulage a pour rôle de prévenir l'adhérence entre le béton et la paroi du coffrage.

Il est important d'utiliser un agent de démoulage propre et conçu à cet effet.

L'agent de démoulage doit être appliqué en une couche d'épaisseur uniforme peu de temps avant le bétonnage pour éviter qu'il ne s'évapore.

Importance de l'agent de démoulage

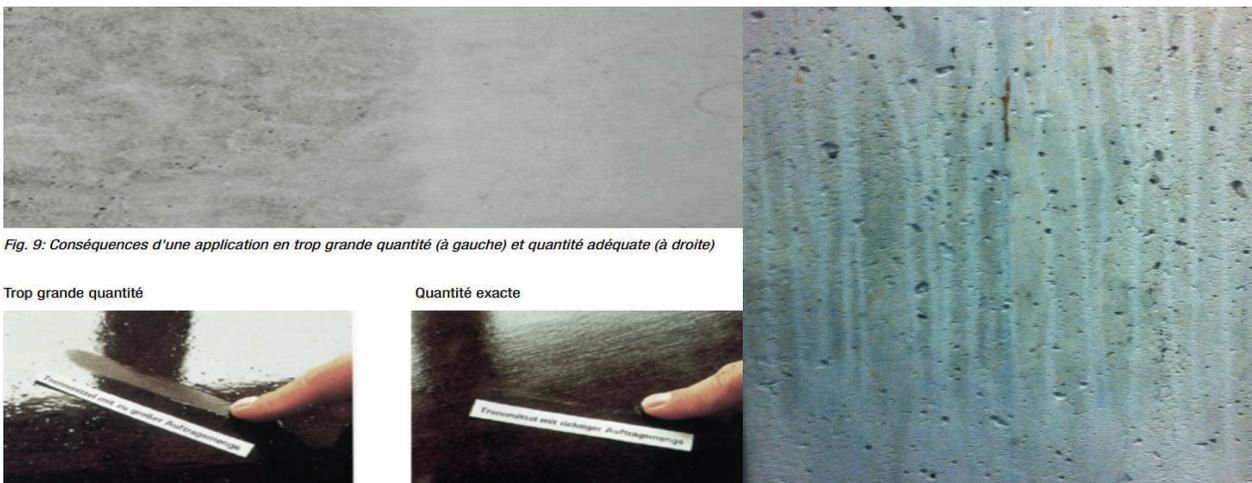


Fig. 9: Conséquences d'une application en trop grande quantité (à gauche) et quantité adéquate (à droite)

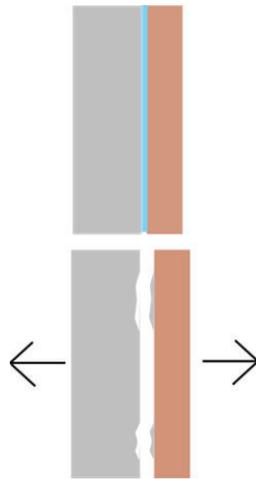
Trop grande quantité

Quantité exacte



- L'application d'une trop grande quantité d'agent de décoffrage peut provoquer des taches brunes, des pores ou des traînées verticales

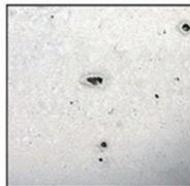
Importance de l'agent de démoulage



Si l'agent de démoulage est appliqué en couche inégale ou trop mince, ou si le coffrage n'est pas propre, des arrachements et des absorptions différentes causeront des hétérogénéités de teinte.

Propreté des coffrages

problème:



bulles d'air



*différences de teinte,
inégalités,
impuretés,
...*

cause:



produit de décoffrage
inadéquat sur
coffrage lisse



glace, givre

souillures, rouille

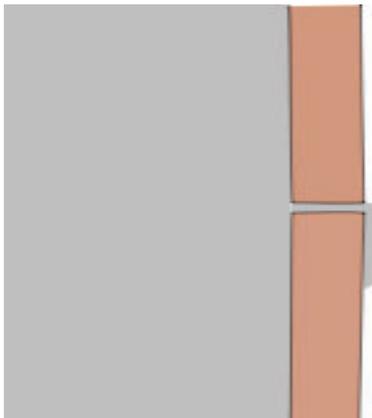
terre...

précautions:

choix du produit
de décoffrage,
de la technique de
compactage

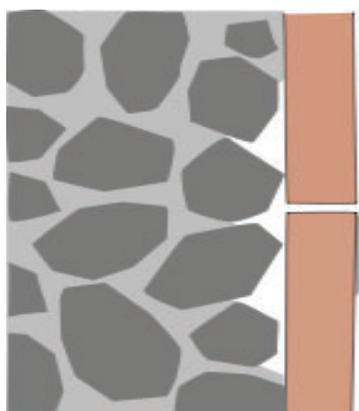
inspection du coffrage
avant le coulage
du béton

Étanchéité des coffrages



Un manque d'étanchéité des coffrages peut causer une fuite de laitance qui entraîne des hétérogénéités de teinte en surface.

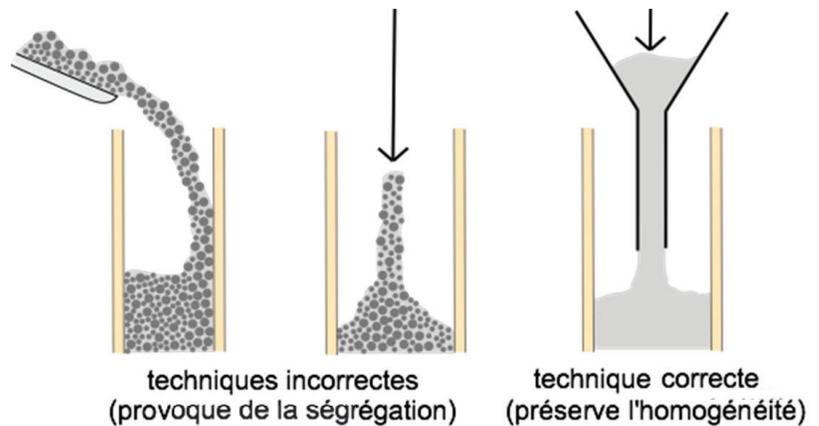
Étanchéité des coffrages



Un manque d'étanchéité des coffrages peut causer une fuite de laitance et provoquer des nids d'abeille en surface du béton.

Mise en place dans les coffrages

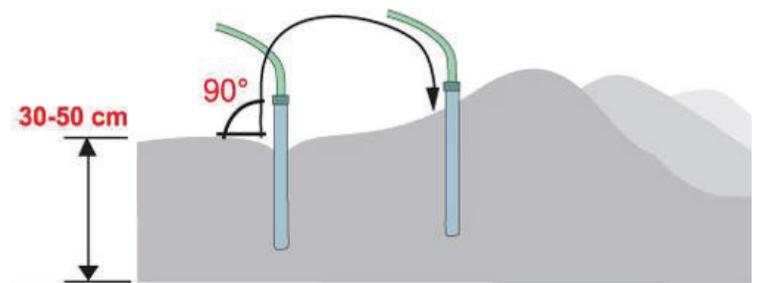
- Lors de la mise en place dans les coffrages, on doit éviter les problèmes de ségrégation qui pourraient causer des hétérogénéités de teinte, des vides de compaction ou des nids d'abeille.



- L'utilisation de trémies ou de pompes est fortement recommandée.

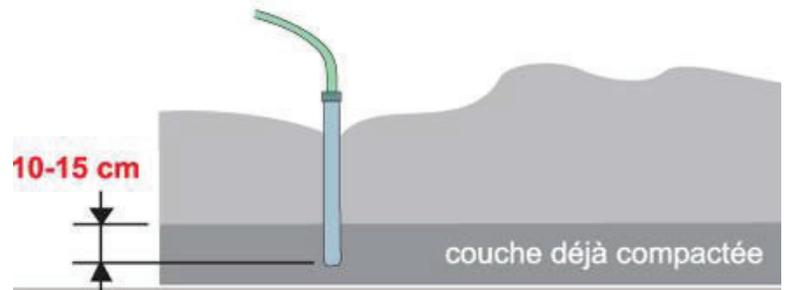
Consolidation par vibration externe

- Le béton est consolidé en utilisant des aiguilles vibrantes. La vibration permet au béton de se déplacer pour remplir le coffrage et expulser les vides d'air.
- Le coffrage doit être rempli en couches de 30 à 50 cm d'épaisseur.

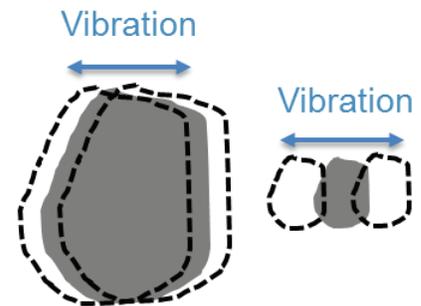
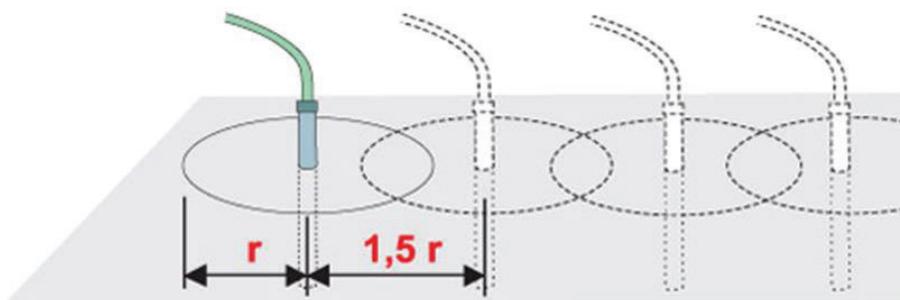


Consolidation par vibration externe

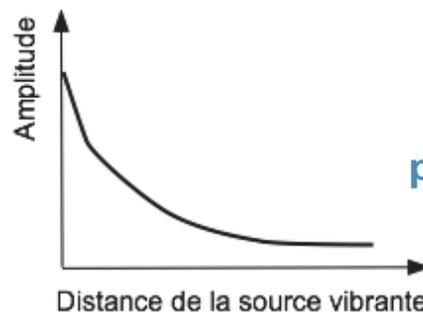
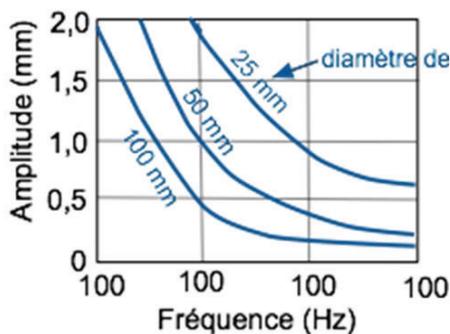
- La vibration doit chevaucher une couche d'environ 10 à 15 cm de hauteur.
- Les aiguilles doivent pénétrer verticalement dans le béton à intervalles réguliers. On doit éviter que l'aiguille touche le coffrage.
- Une vibration inadéquate ou non-homogène peut causer des hétérogénéités de teinte, des vides de compaction ou des nids d'abeille.



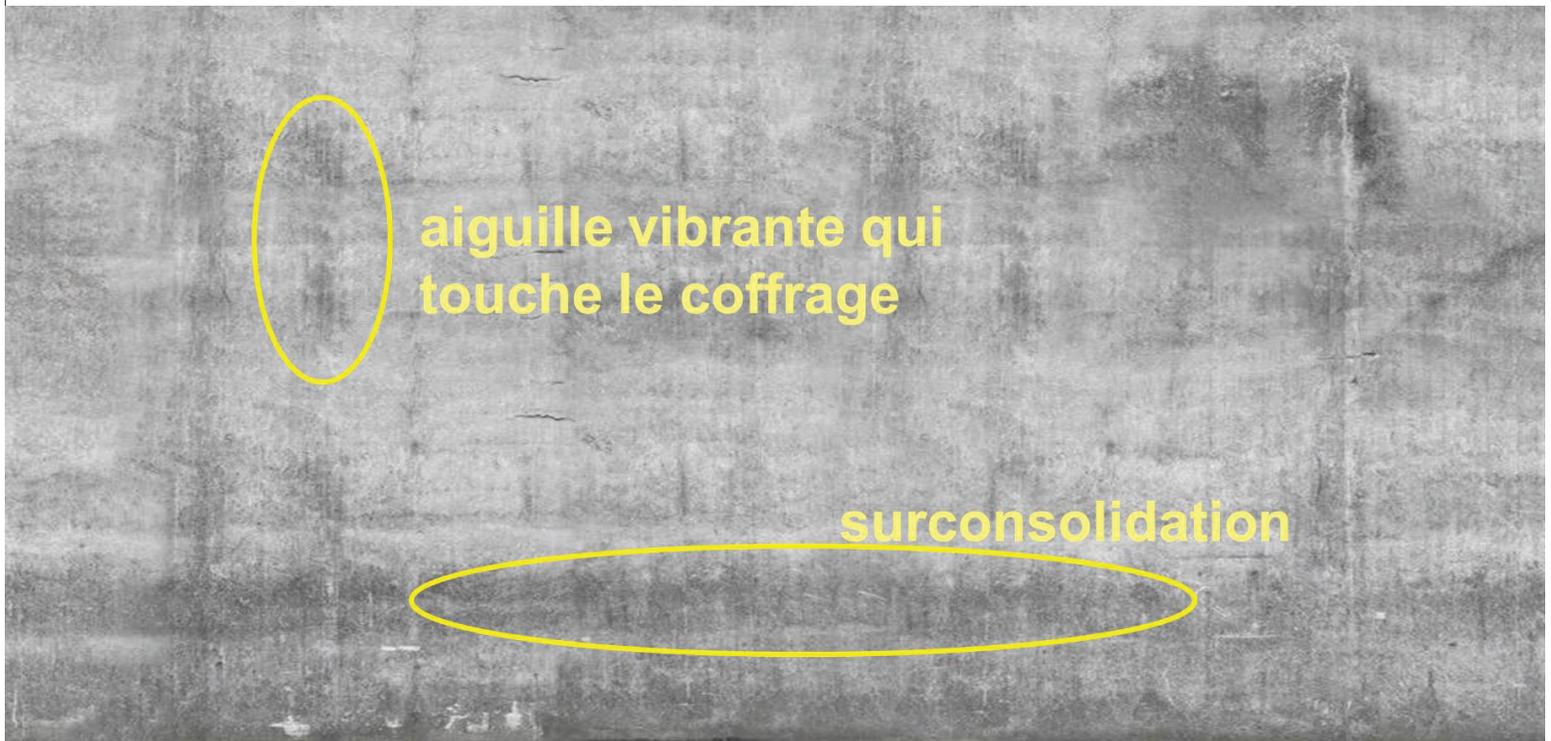
Caractérisation de la vibration externe



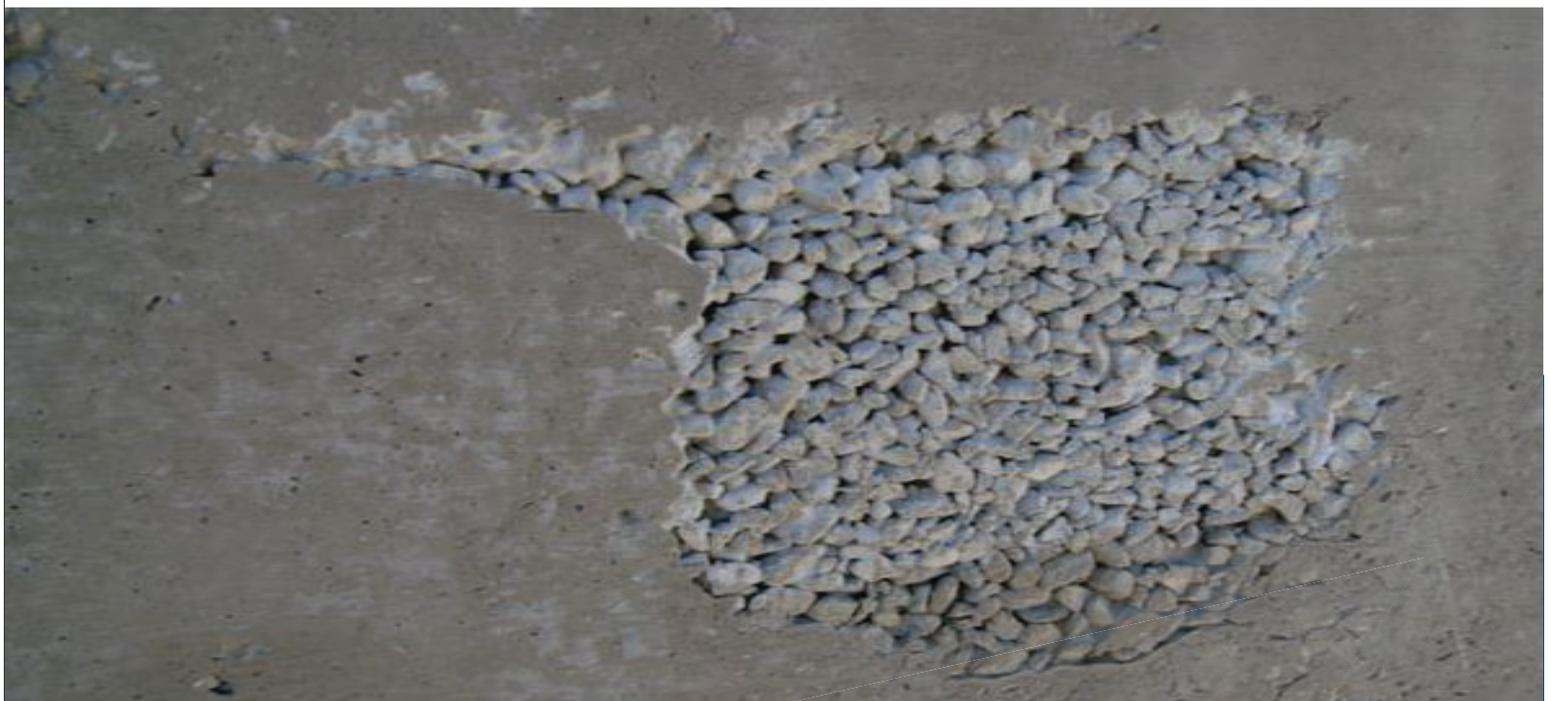
Les petites particules sont plus mobiles que les grosses



Hétérogénéité de teinte causée par la vibration

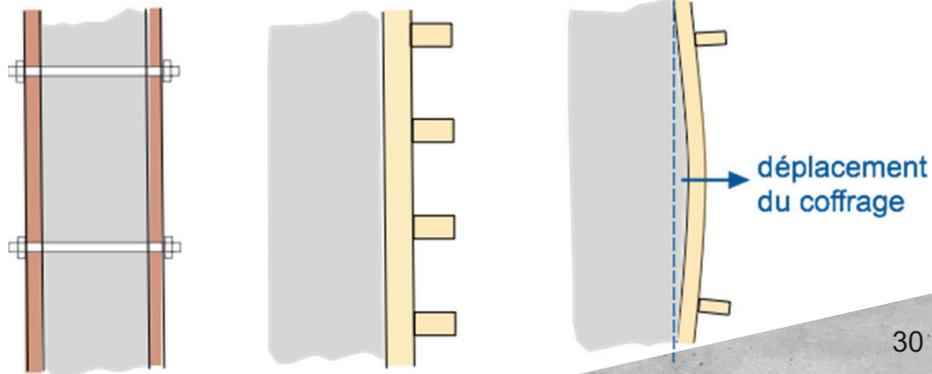


Nid d'abeille causé par un manque de vibration



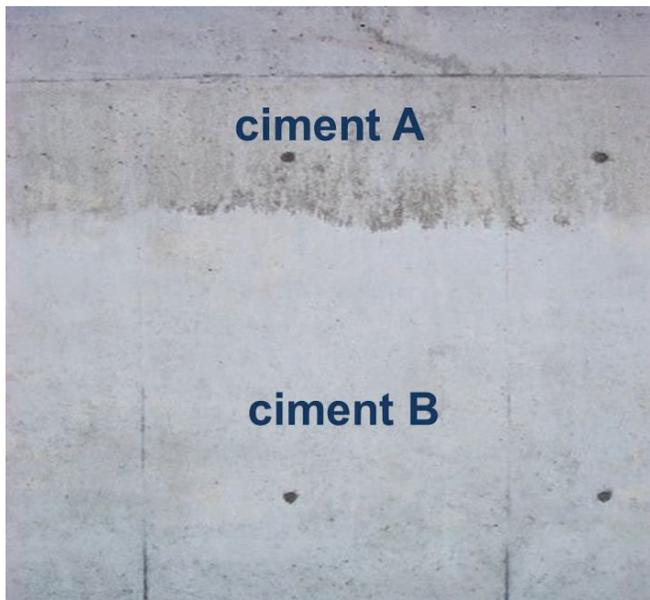
Rigidité du coffrage

- Le coffrage doit être suffisamment rigide (c.-à-d. les parois suffisamment épaisses et les étais suffisamment rapprochés) pour éviter que la paroi ne se déplace latéralement sous l'effet de la vibration. Un coffrage trop flexible provoquera des hétérogénéités de teinte et, parfois, des vides de compaction.



Facteurs liés à la formulation

Influence du type de ciment



- La teinte du béton dépend des matières premières utilisées pour fabriquer le ciment.
- L'œil humain est plus sensible aux différences de teinte dans les tons pâles que dans les tons foncés.
- Les surfaces rugueuses paraissent plus foncées que les surfaces lisses

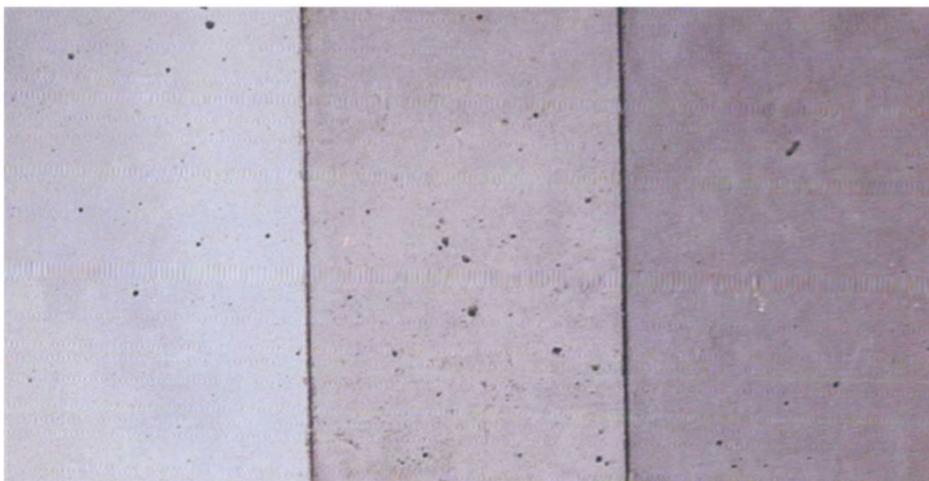
32

Influence du type de ciment

ciment CEM III/C

ciment CEM III/A

ciment CEM I



← volume de laitier →

CEM I

- minimum 95 % de clinker; et
- maximum 5 % de constituants secondaires.

CEM III/A

- 5 et 64 % de clinker; et
- minimum 36 % de laitier.

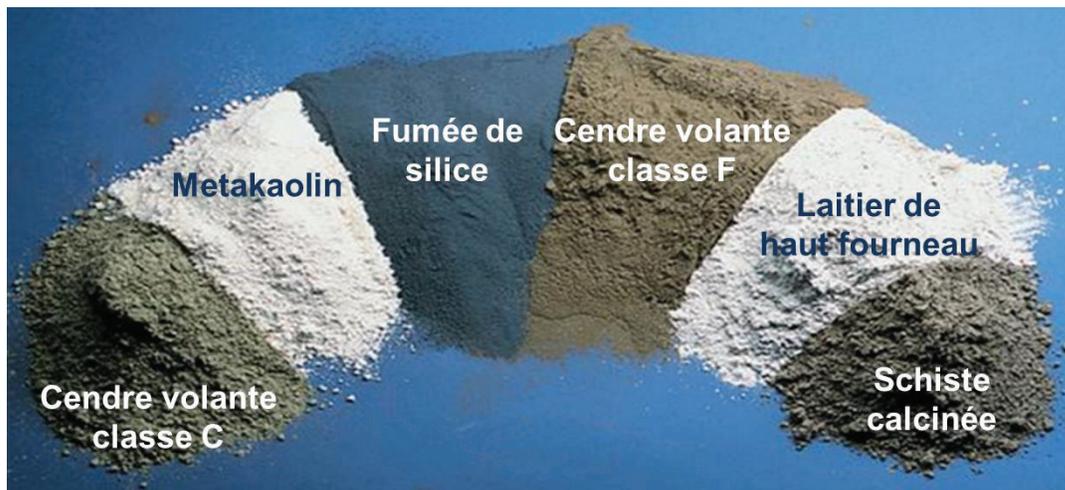
CEM III/C

- 5 et 19 % de clinker; et
- minimum 81 % de laitier.

33

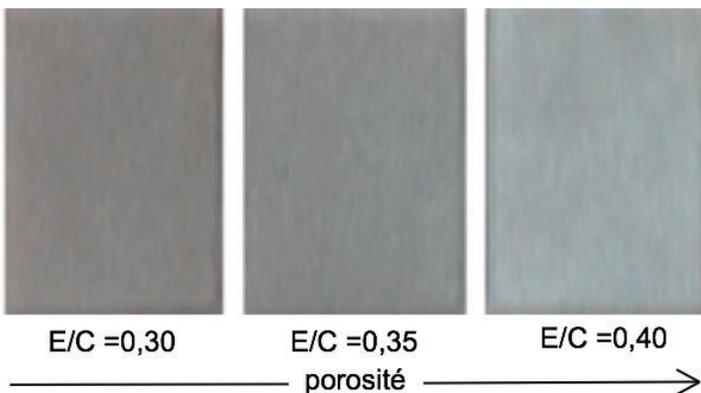
Influence des ajouts minéraux

- Ce sont les particules fines (ciment, ajouts minéraux et sable) qui déterminent la couleur du béton.



Influence de la porosité

Rapport eau/liant

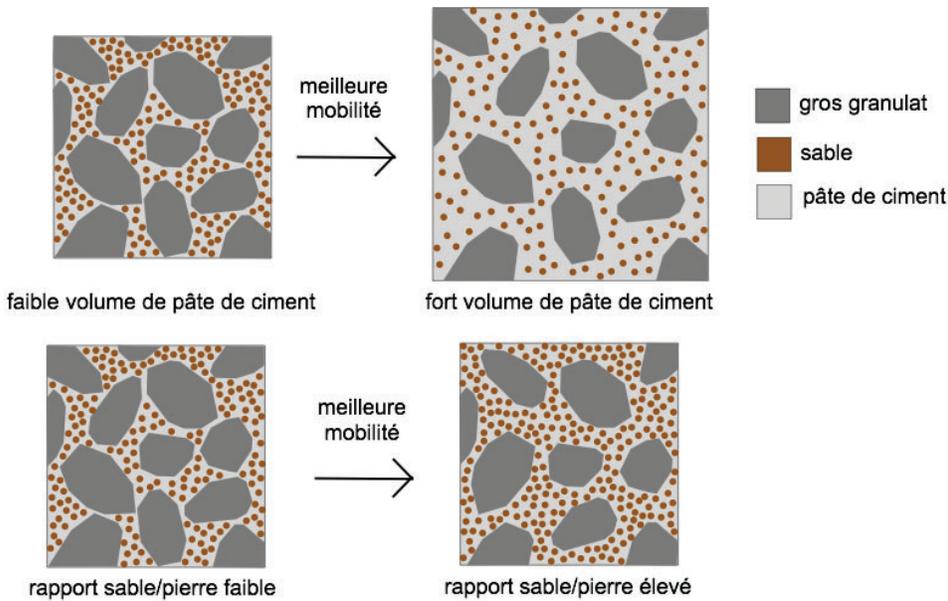


Attention aux ajouts d'eau non conformes en chantier



Risque de non-uniformité des teintes

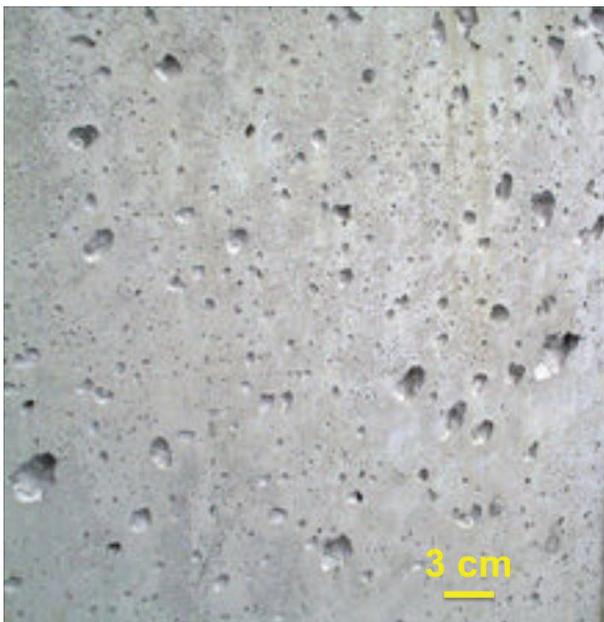
Influence du dosage des constituants sur les vides de compaction



- L'augmentation du volume de pâte (quantité de ciment) et/ou du rapport sable/pierre accroît la mobilité des particules et réduit le nombre et la grosseur des vides de compaction

36

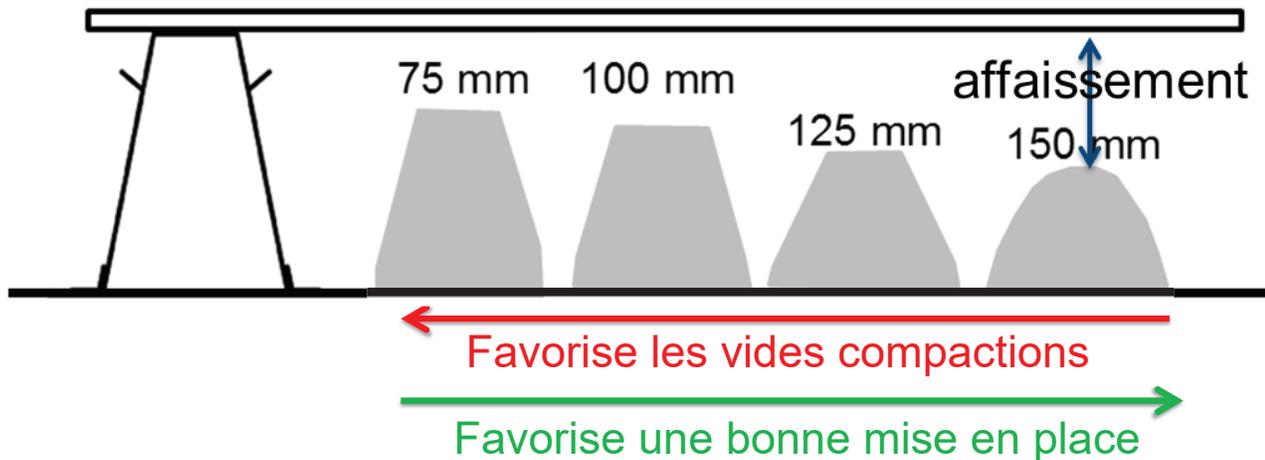
Vides de compaction liés à la formulation



- En utilisant des granulats de plus petite dimension, on limite l'effet de paroi ce qui réduit le nombre et la grosseur des vides de compaction.

37

Influence de la maniabilité



Seul l'emploi d'un superplastifiant ou de réducteurs d'eau permet d'augmenter l'affaissement sans provoquer de ségrégation. **Attention aux ajouts d'eau!!!!**

38

Bétons autoplaçants

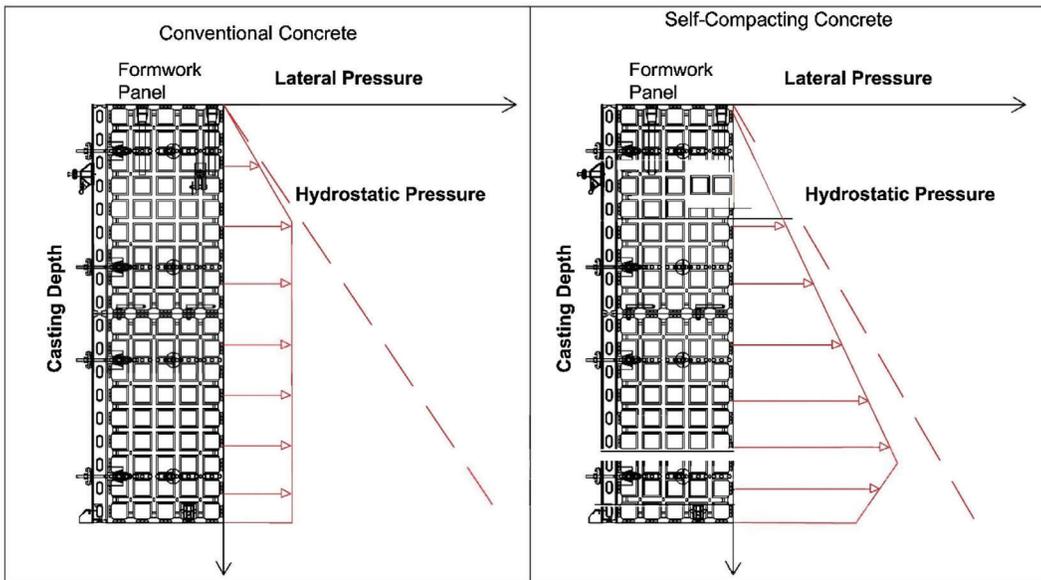
Généralités

- Les bétons autoplaçants sont des bétons de très grande fluidité qui peuvent être mis en place sans vibration tout en demeurant parfaitement homogènes.
- Ces bétons reproduisent fidèlement les moindres détails du coffrage, même pour des formes très complexes, sans emprisonner de vides de compaction.
- Leur couleur demeure très uniforme.
- La texture de ces bétons peut varier d'un aspect très mat à un aspect très brillant selon la nature du coffrage.
- La qualité esthétique de ces bétons est exceptionnelle.

39

Bétons autoplaçants

Poussées hydrostatiques



Source: Nadarajah Gowripalan et coll

**ATTENTION : LES
COFFRAGES
DOIVENT ÊTRE
ÉTANCHES ET
RÉSISTER À LA
POUSSÉE
HYDROSTATIQUE**

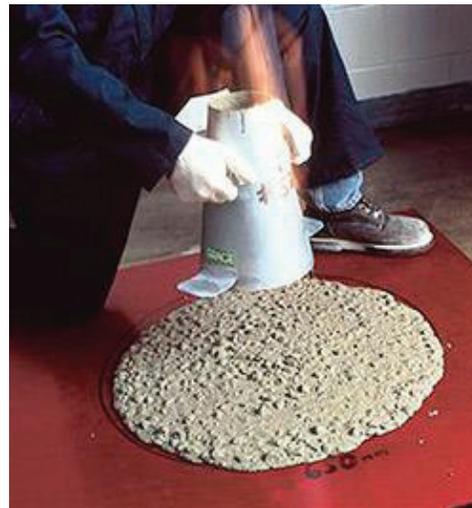
40

Bétons autoplaçants

Consistance



béton conventionnel



béton autoplaçant

41

Bétons autoplaçants

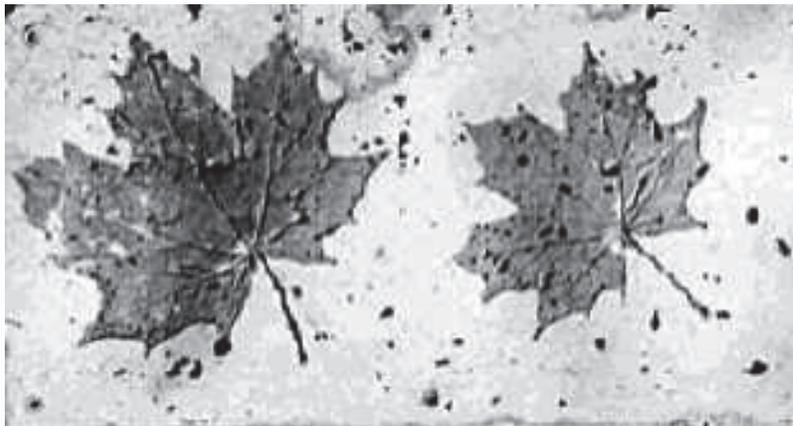
Vidéo



42

Bétons autoplaçants

Qualité de finition des parements



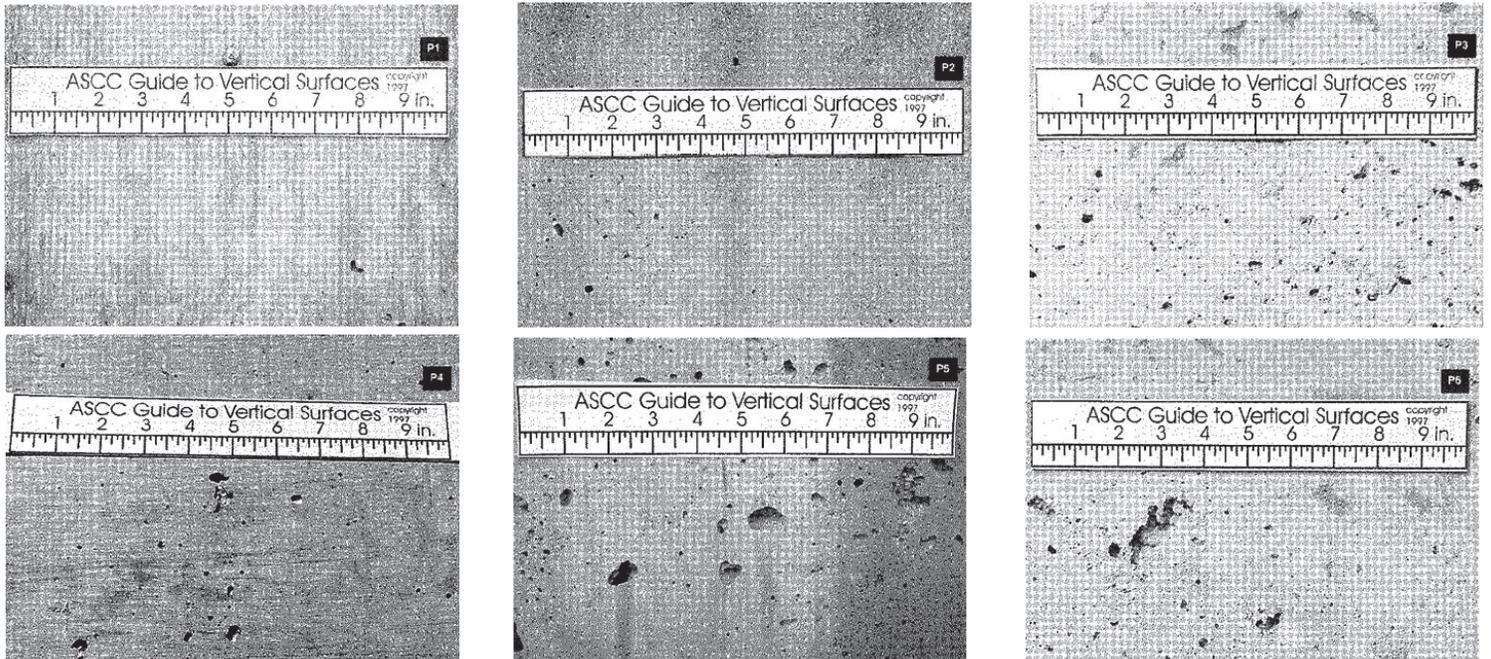
béton conventionnel



béton autoplaçant

43

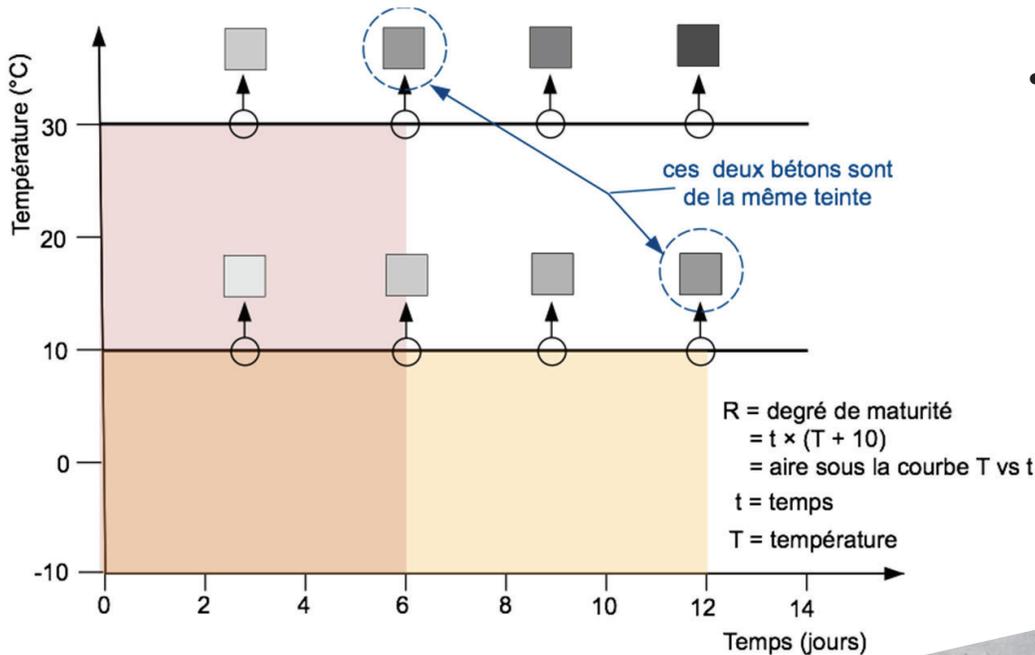
Maquette témoin pour caractériser le bullage



SOURCE: Guide for Surface Finish of Formed Concrete de l'ASCC.

Facteurs liés au vieillissement

Degré de maturité du béton au décoffrage



- Uniformité de couleur à la même maturité du béton et non nécessairement au même âge.

46

Efflorescence

- Le béton contient toujours une quantité importante de chaux qui est très soluble dans l'eau. En présence d'humidité, cette chaux peut se dissoudre et se déposer en surface lorsque l'eau s'évapore pour former des taches blanches. Ces taches apparaissent souvent au droit des fissures.
- L'efflorescence est plus susceptible de survenir pour les bétons poreux (E/C élevé) et fissurés exposés à la pluie ou à un taux d'humidité élevé.



50

Efflorescence

- Facteurs extérieurs:
 - Température extérieure basse
 - Humidité ambiante élevée
 - Vent
- Précautions:
 - La diminution du rapport E/C
 - Utilisation d'ajouts cimentaires pour diminuer la quantité de chaux soluble et diminuer la perméabilité
 - Utiliser un scellant
 - Cure suffisante, surtout en hiver
 - Ne pas exposer trop tôt les surfaces aux intempéries



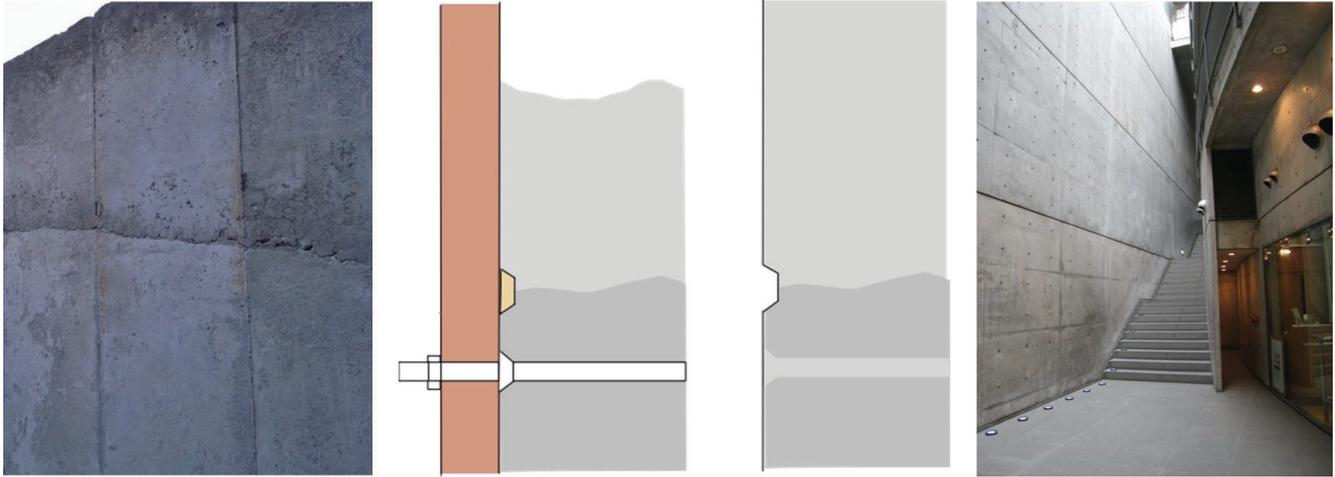
51

Facteurs liés aux dispositions architecturales



52

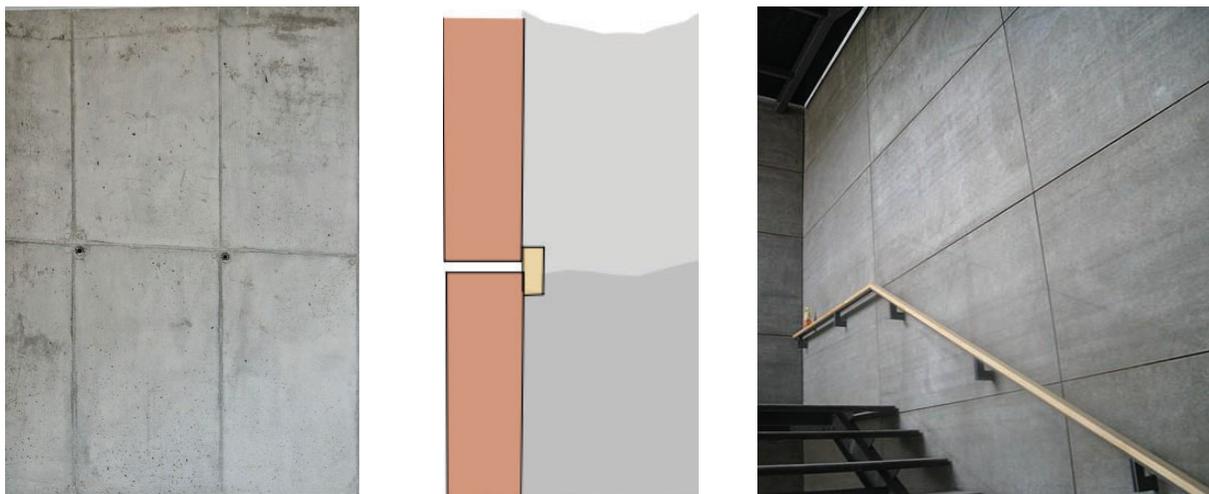
Joint de construction



- La réalisation d'un joint de construction permet de dissimuler l'aspect inesthétique des « joints froids »

53

Joint de coulée



- On peut dissimuler de la même façon les joints entre les panneaux de coffrage.

54

Joint de coulée



Church of the Light, Tadao Ando, Osaka 1999



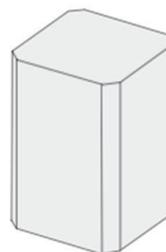
Médiathèque Estaminet, r+S architectures, France.

- Pour des raisons esthétiques, l'architecte peut contrôler l'emplacement des attaches de coffrage et des joints de construction.

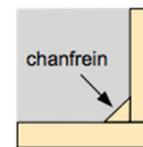
55

Traitement des arêtes

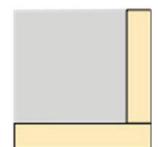
- Les arêtes à angle aigu ($\leq 90^\circ$) donnent souvent un profil irrégulier au décoffrage. L'utilisation d'un chanfrein de manière à créer un angle obtus donne des arêtes beaucoup plus nettes en plus de réduire les fuites de laitance qui sont fréquentes dans les angles et qui provoquent souvent des nids d'abeille.



arête bisautée

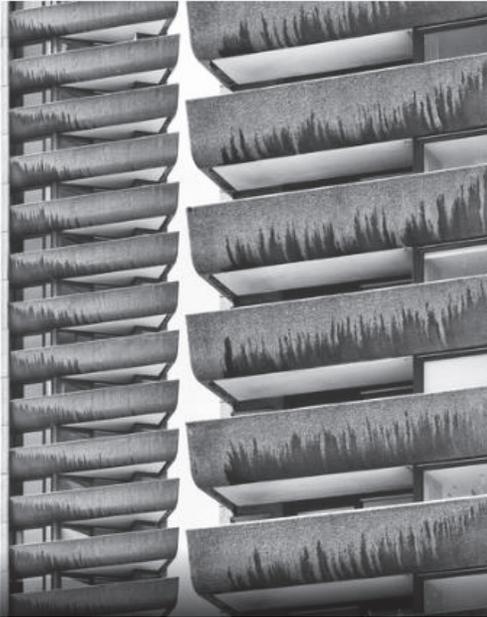


arête à 90°



56

Ruissellement de l'eau

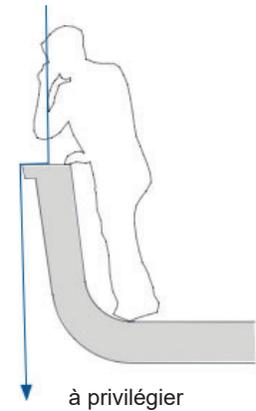
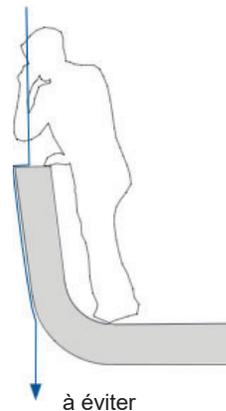


- Le ruissellement de l'eau à la surface du béton favorise les hétérogénéités de teinte, l'efflorescence et l'encrassement.

57

Ruissellement de l'eau

- Toute mesure constructive qui prévient le ruissellement de l'eau contribue à préserver l'apparence originale du béton. L'application d'un scellant à la surface du béton prévient aussi le vieillissement des surfaces.



58

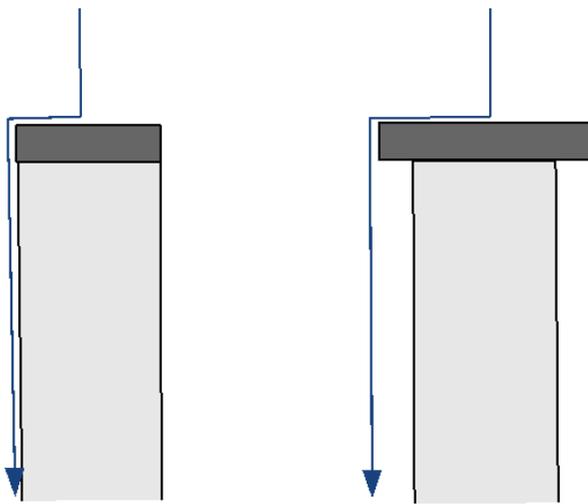
Ruissellement de l'eau



- Dans l'exemple illustré ici, le mur de béton est de la même largeur que la dalle de pierre qui le recouvre. Le ruissellement de l'eau transporte les saletés qui, avec le temps, s'incrument dans la porosité du béton.
- Cela favorise aussi l'efflorescence.

59

Ruissellement de l'eau



à éviter

à privilégier

- Une dalle de pierre plus large au sommet du mur aurait atténué ce phénomène. .



60

Bétons colorés

66

Béton blanc



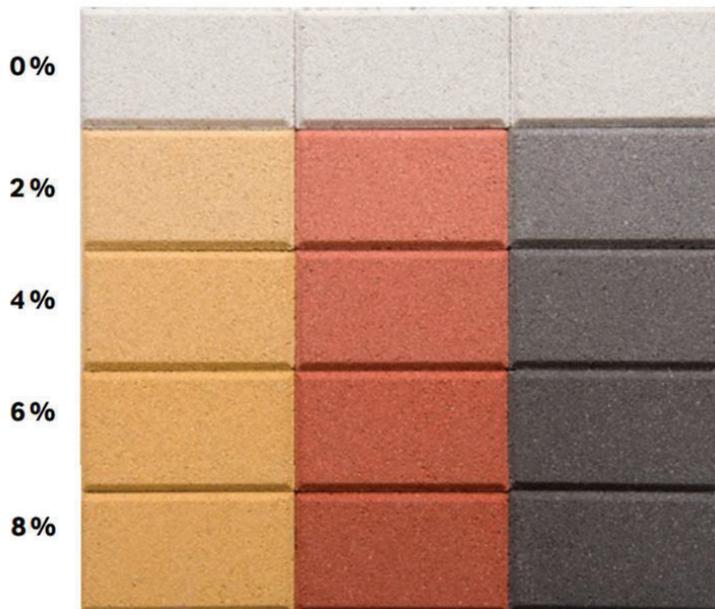
Eglise Dives in Misericordia, Rome

- En remplaçant le ciment portland ordinaire par du ciment blanc, on peut produire un béton très pâle, presque blanc.
- Ce type de béton exige cependant une attention particulière, car les défauts sont plus apparents sur des surfaces très pâles.

67

Bétons colorés

Dosages

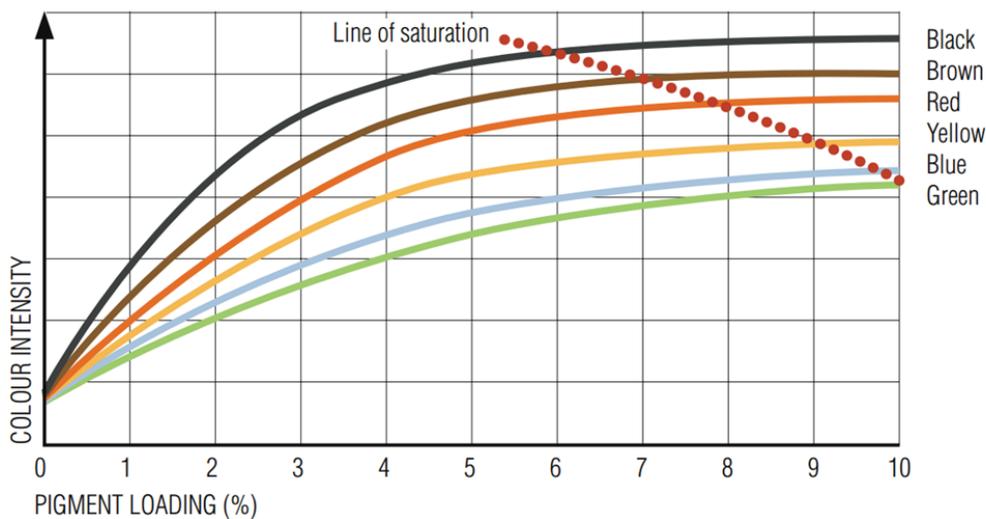


- Il est possible de colorer le béton en y ajoutant des pigments, généralement sous forme de poudre, à des dosages allant jusqu'à 5% de la masse de ciment.

68

Bétons colorés

Point de saturation



- L'intensité de la couleur augmente par rapport au dosage des pigments. Toutefois, à partir d'un certain seuil, l'ajout d'un dosage plus élevé n'a presque plus d'influence sur l'intensité de la couleur et devient ainsi improductif.

69

Bétons colorés

Influence de la teinte du liant

- L'utilisation d'un ciment blanc permet d'obtenir des couleurs plus franches et lumineuses, surtout dans les teintes pâles.

avec un ciment blanc

avec un ciment gris ordinaire



70

Bétons colorés

Influence de la teinte du granulat

- L'utilisation d'un granulat foncé va donner une teinte plus foncée qu'un granulat pâle

Avec granulat pâle

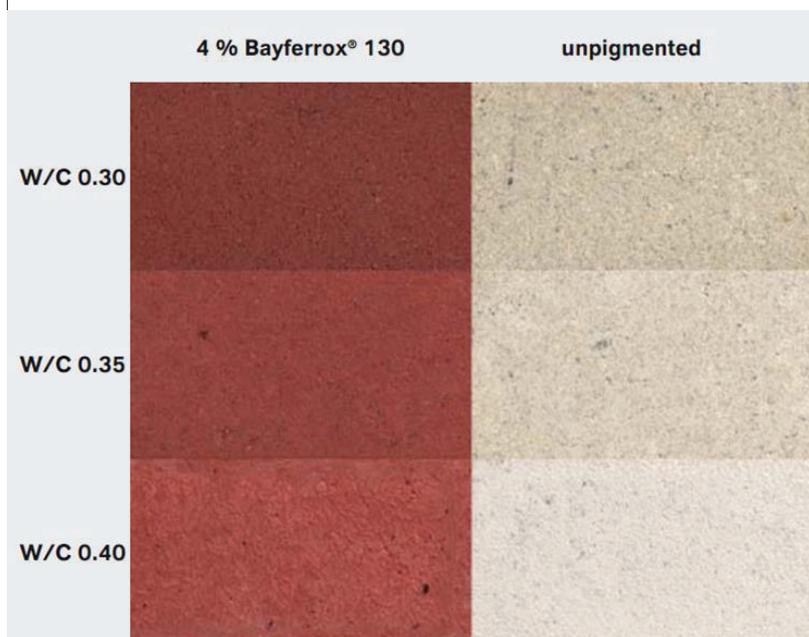
avec granulat foncé



71

Bétons colorés

Influence du rapport eau/liant



- Un béton avec un rapport E/L faible va donner des couleurs plus foncées qu'un rapport E/L élevé.

72

Bétons à granulats exposés

be Stock | #434196082

73

Bétons à granulats exposés



- En retirant la couche superficielle de pâte de ciment, on élimine toutes les hétérogénéités de teinte ainsi que les vides de compaction. On obtient alors un fini de surface très homogène même si les conditions de mise en place ne sont pas optimales.

74

Bétons à granulats exposés

Techniques pour exposer les granulats



Utilisation d'un agent désactivant

Surfaces horizontales:

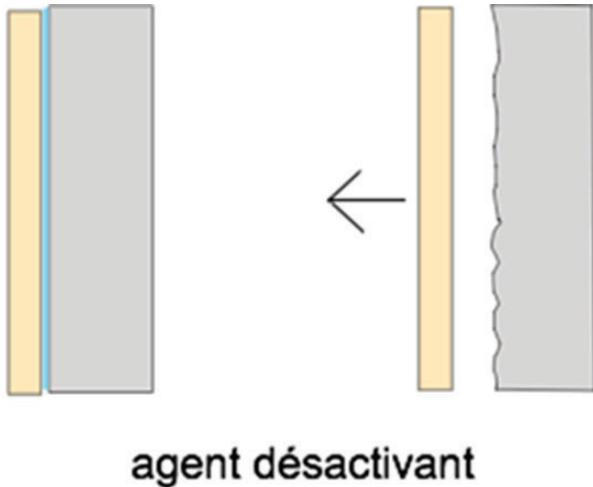
- Application d'un agent désactivant sous forme liquide sur la surface du béton frais. Cet agent inhibe la réaction chimique du béton.
- Après 5 à 24h, selon les conditions, un simple lavage à l'eau à haute pression retire la couche superficielle de pâte de ciment pour exposer les granulats. Aussi appelé béton désactivé.



75

Bétons à granulats exposés

Techniques pour exposer les granulats



Utilisation d'un agent désactivant

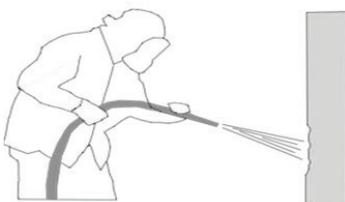
Surfaces coffrées:

- Application d'un agent désactivant sous forme à la surface du coffrage avant la coulée
- Au démoulage, un simple lavage à l'eau retire la couche superficielle de pâte de ciment pour exposer les granulats.

76

Bétons à granulats exposés

Techniques pour exposer les granulats



abrasion au jet de sable



Jet de sable

- De quelques heures à plusieurs années après le décoffrage, on peut aussi nettoyer la surface au jet de sable pour exposer les granulats. Possibilité de jouer avec des motifs

Source: hydropression.com

77

Bétons à granulats exposés

Techniques pour exposer les granulats



Cloutage

- Dépôt de granulats décoratifs à la surface de béton fraîchement coulé.
- Les granulats sont ensuite enfoncés dans le béton avec une truelle.
- Les granulats sont exposés à l'aide d'une brosse et d'un jet d'eau dès que le béton a fait sa prise initiale. On peut utiliser un retardateur de prise

Source: infociments.fr/

78

Bétons à granulats exposés

Variétés des couleurs et textures



- En modifiant le type de ciment, la nature et la taille des granulats (sable et pierre) et le dosage de l'agent désactivant (ou l'intensité du jet de sable), on peut produire une grande variété de couleurs et de textures.

79

Utilisation de matrices de coffrage

83

Utilisation de matrices de coffrage

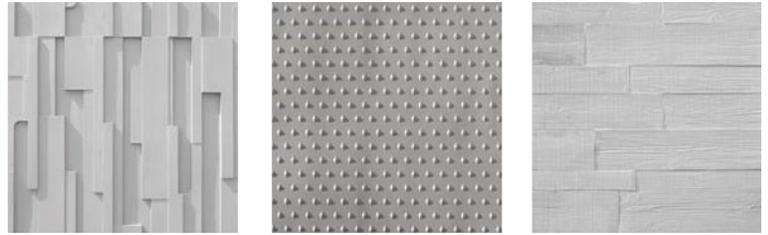


- On peut imprimer une texture aux murs de béton simplement en plaçant une matrice sur la paroi intérieure des coffrages. Ces matrices sont généralement fabriquées avec des matériaux polymères et une grande variété de motifs est disponible sur le marché. Au démoulage, la surface de béton reproduira le motif de la matrice. Les matrices peuvent être réutilisées plusieurs fois.

84

Utilisation de matrices de coffrage

Exemples de textures



- Exemples de différentes textures obtenues avec différentes matrices de coffrage.

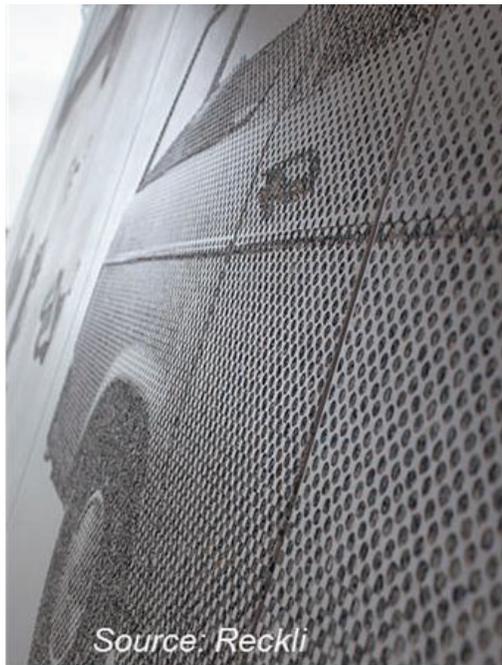
85

Bétons sérigraphiés

86

Bétons sérigraphiés

Avec désactivant



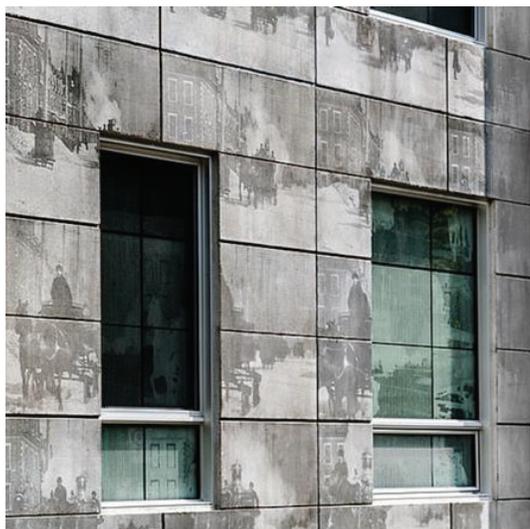
Méthode 1

- Désactivant appliqué sur une matrice et les effets de variation de luminosité apparaissent lors du lavage de la surface traitée.

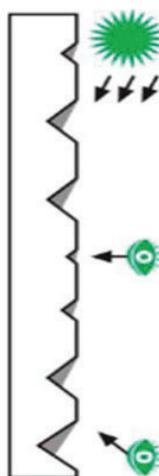
87

Bétons sérigraphiés

Avec matrice de coffrage



Résidence Edison, KANVA architectes, Montréal 2014



Méthode 2

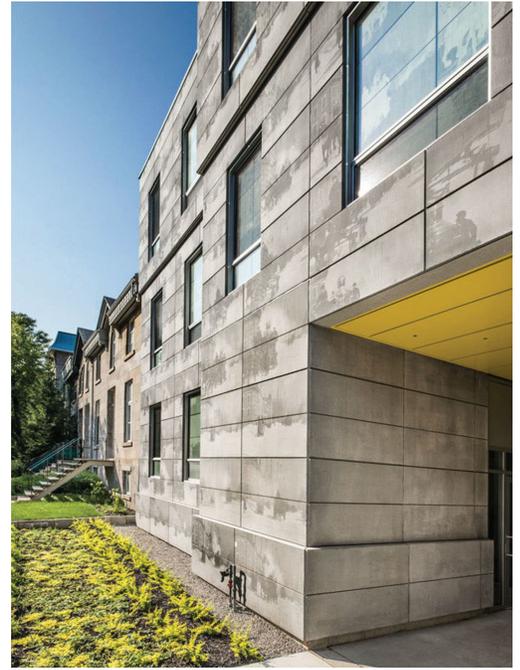
- Chaque niveau de gris d'une image définit une largeur de rainure. La matrice élastomère est appliquée sur les coffrages

88

Bétons sérigraphiés



Source: Reckli, université Paul Sabatier



Source: Résidence Edison, KANVA architectes, Montréal 2014

Béton poli



Béton poli



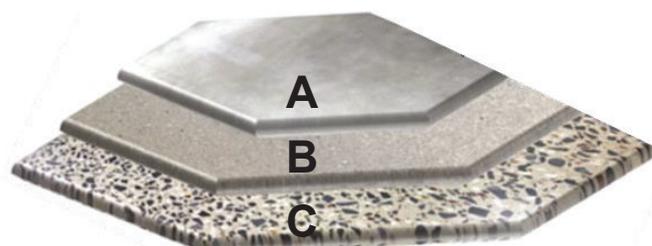
- Il est possible de polir des dalles de béton à l'aide d'une meuleuse à diamants ou de poudres abrasives.
- On obtient alors une surface très dure, lisse, brillante, durable et nécessitant peu d'entretien.
- Le béton peut être coloré et, en variant l'intensité des opérations de polissage, les granulats peuvent être plus ou moins exposés.
- La dalle de béton peut servir de masse thermique.
- Le béton poli peut aussi être utilisé pour fabriquer des éléments de mobilier.

91

Béton poli

Pourcentage d'exposition des granulats et du sable

Classe	Apparence	% de surface exposée
A	Crème (fines)	85 – 95 % : Pâte 5 – 15 % : sable
B	Sable	85 – 95 % : sable 5 – 15 % : mélange de pâte et gros granulat
C	Gros granulat	80 – 90 % : gros granulat 10 – 20% : Mélange de pâte et sable



92

Béton poli



plancher de béton poli
fini pâte



plancher de béton poli
avec granulats exposés

93

Béton poli

Uniformité du polissage



- Une dalle avec des déflexions ou une mauvaise planéité (avec aspérités) peut entraîner une non-uniformité du produit fini
- Réaliste avec l'uniformité

94

QUESTIONS

Code:

fini

