

## Production du béton en pratique

## On a discuté

- **Composants du béton**
- **Le processus de durcissement**
- **L'importance de l'eau ajouté – e/c**
- **Propriétés à jeune âge**
- **Resistance mecanique**
- **Changement de dimension et fissuration**

## Le pratique

- **Fabrication, mélange, transport**
- **Mise en Place**
- **Cure**

## Specification du béton, d'une Centrale à Béton

On doit specifier:

Le classe de resistance, ex B 35/25  
B 40/30  
B 45/35

Plus les specifications liées à l'expostion:

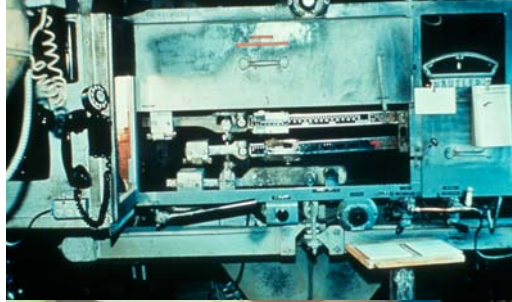
Etanche  
Resistant au gel/degel  
Resistant aux sulfates

Plus specifications pour les bétons « speciale »

Ex:  
Slump  
Type de ciment  
Ajouts  
Ajuvants  
Max taille des granulats

## Fabrication

Pesage des constituants dans une centrale à Béton

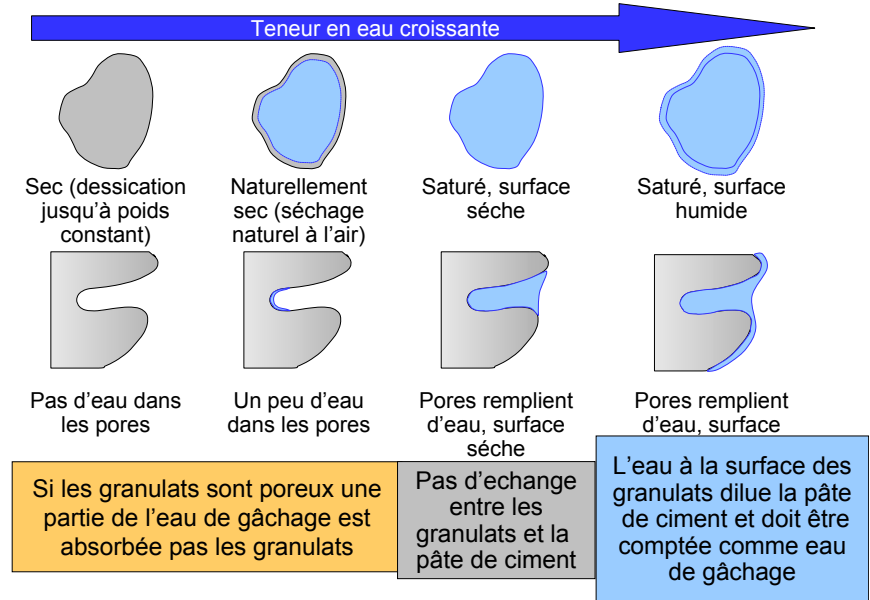


Fiabilité du pesage:

- le ciment 1%
- les granulats 2%
- L'eau 1%
- les adjuvants 3%



## Teneur en eau des Granulats

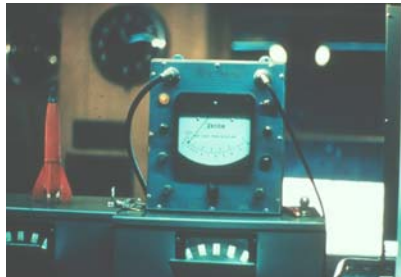


Il faut ajuster l'eau ajoutée pour prendre en compte l'état des granulats

Pour avoir l' E/C correct

En labo, les granulats sont sec, mesure d'absorption jusqu'à l'état saturé surface sèche ajouter cette quantité à l'eau de malaxage

En centrale mesure humidité,



## Qualité de l'eau

Si vous pouvez la boire, C'est bon pour le béton!



Il faut, par exemple éviter l'eau de mer

## Malaxage

"Tout béton doit être intensément malaxé jusqu'à obtenir une structure homogène, avec tout les ingrédients uniformément mélangés"



Centrale à béton - circa 1900

*PCA Slides*

## Béton "prêt à l'emploi"

"Le béton prêt à l'emploi est préparé dans des centrales situées hors de la zone de construction. Il est livré sur le chantier à l'état frais"

Methode:

### 1. Béton mélangé en centrale

Il est transporté par camion - benne ou mieux par camion-malaxeur, qui en maintenant le béton continuellement agité, permet d'éviter toute ségrégation (séparation des phases).



*PCA Slides*

## Béton "prêt à l'emploi"

"Le béton prêt à l'emploi est préparé dans des centrales situées hors du de la zone de construction. Il est livré sur le chantier à l'état frais"

Methode:

### 1 Béton mélangé en centrale

### 2 Mélange partiel

Le béton est partiellement mélangé à la centrale et le malaxage est poursuivi lors du transport dans le camion malaxeur



*PCA Slides*

## Béton "prêt à l'emploi"

"Le béton prêt à l'emploi est préparé dans des centrales situées hors du de la zone de construction. Il est livré sur le chantier à l'état frais"

Methode:

### 1 Béton mélangé en centrale

### 2 Mélange partiel

### 3 Mélange au camion malaxeur



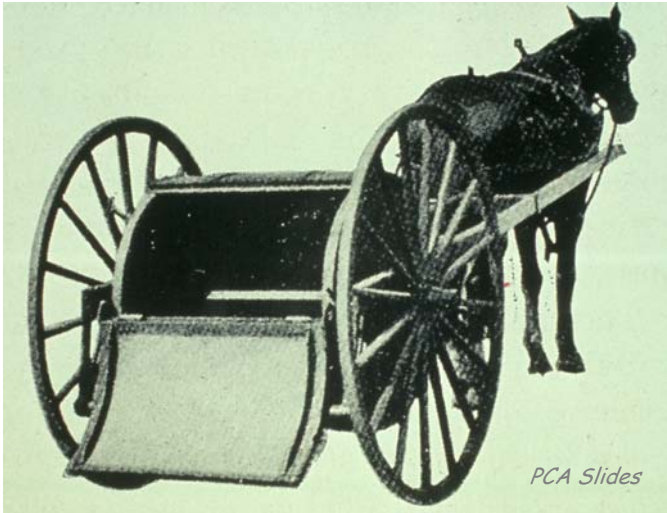
Le mélange est entièrement malaxé lors du transport



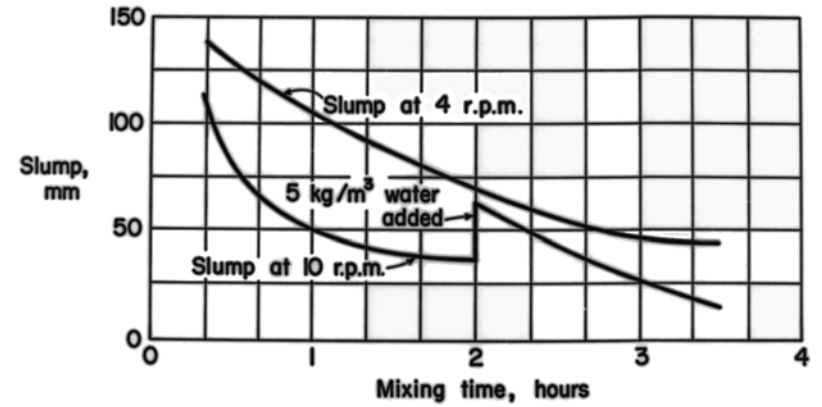
*PCA Slides*

Malaxeur hippomobile, d'une capacité 0.5 m<sup>3</sup>, en service au début des années 1900.

L'efficacité du malaxage dépendait de la vitesse du cheval et donc de la quantité d'avoine donnée à la pauvre bête !



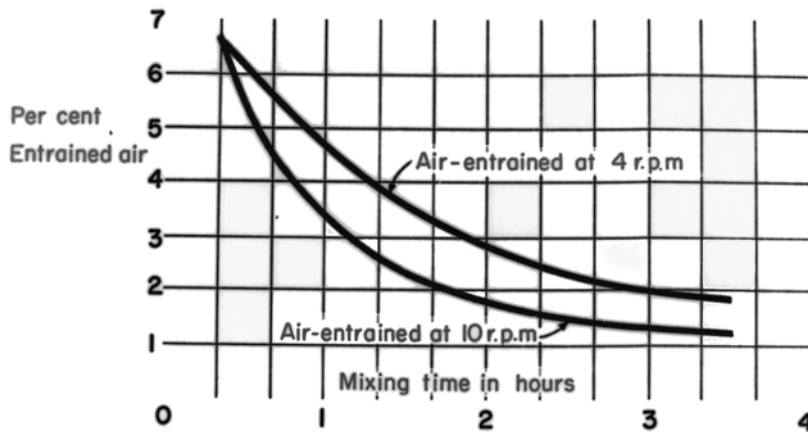
### EFFECT OF MIXING TIME ON SLUMP



Cumulative revolutions	at 4 r.p.m.	200	400	600	800
	at 10 r.p.m.	400	900	1400	1900

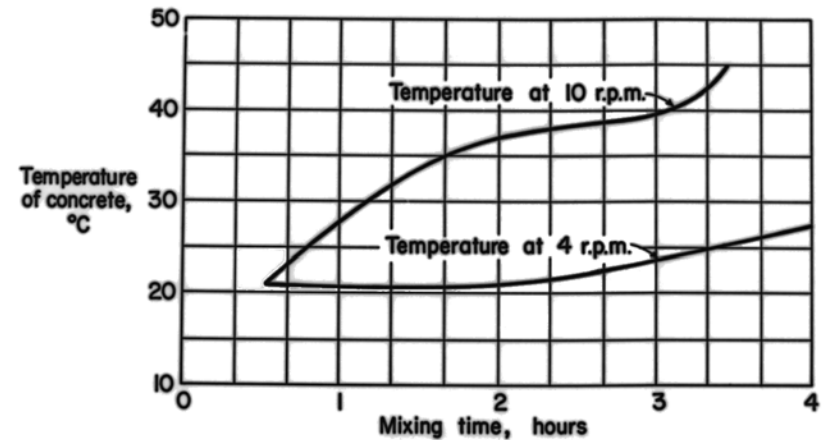
(Mixer was stopped for 5 minutes at intervals for sampling)

### EFFECT OF MIXING TIME ON AIR CONTENT



Cumulative revolutions	at 4 r.p.m.	200	400	600	800
	at 10 r.p.m.	400	900	1400	1900

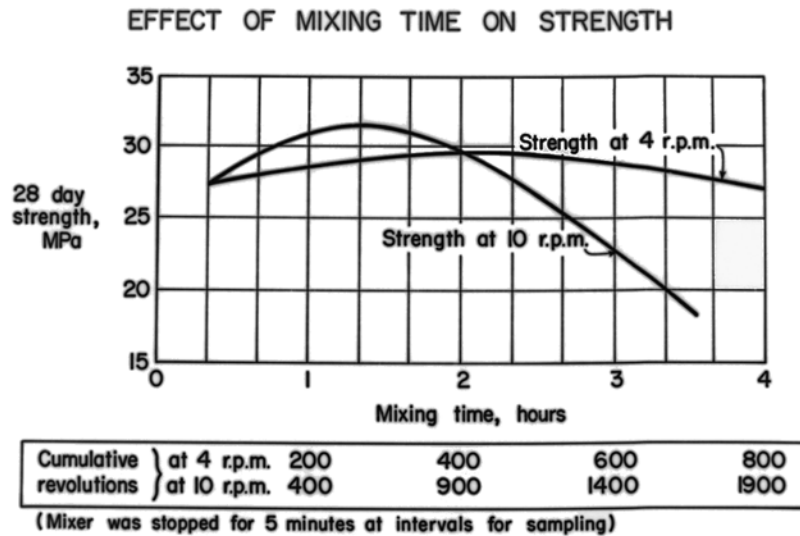
### EFFECT OF MIXING TIME ON TEMPERATURE



(Mixer was stopped for 5 minutes at intervals for sampling)

Cumulative revolutions	at 4 r.p.m.	200	400	600	800
	at 10 r.p.m.	400	900	1400	1900

## Ajouts d'eau au béton sur chantier



- Des fois, quand le béton arrive sur chantier l'ouvrabilité n'est plus suffisante.
- Les ajouts d'eau **limiter** (<10% d'eau initiale) peut être fait
- Mais, il faut:
  - Rehomogeniser le béton par malaxage
  - Documenter les ajouts!

## FACTORS AFFECTING READY MIXED CONCRETE (Per Cubic Meter)

5L Water +20 mm slump  
 1% extra air +20 mm slump  
 +10° C -30 mm slump

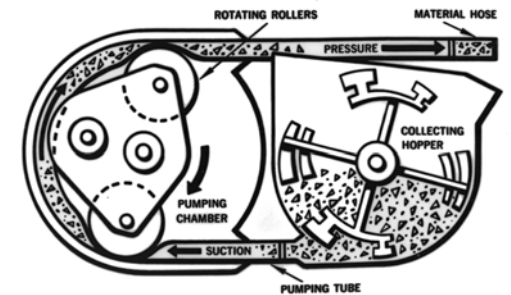
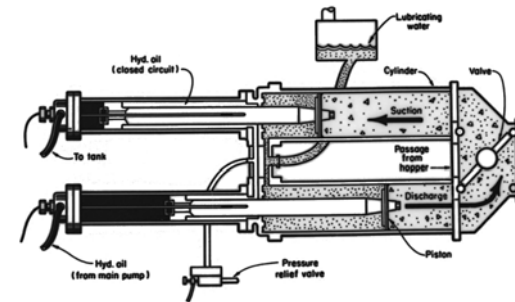
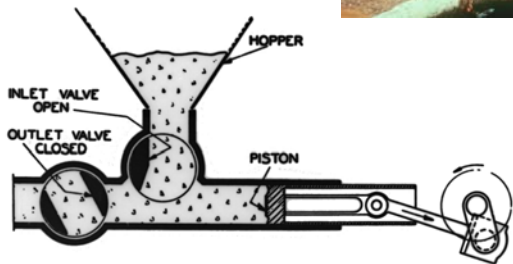
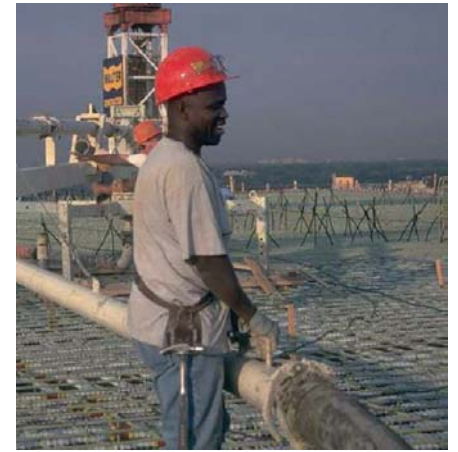
20L Water -5 MPa  
 1% extra air -1.4 MPa (20 MPa concrete)  
 1% extra air -2.8 MPa (35 MPa concrete)  
 +20° C -10 MPa

Livraison du béton





Pour le pompage du béton  
 Max taille des granulats:  
 Le plus petit de:  
 $\leq 1/3$  diamètre de tuyaux  
 $\leq 40$  mm





## Pour les bétons projetés et livrés par pompage, l'utilisation des adjuvant critique

3 type d'action des adjuvants:

- Accélération
- Retardation
- Reduction de demand en eau – superplastifiant (souvent en avec aussi un effet de retardation)

On va parler plus des adjuvants dans un prochaine cours

Quand il est utilisé pour **reduire le demand en eau** - le E/C peut être réduit pour le même slump - la resistance est augementée (et la durabilité ameliorée)

Quand il est utilisé comme **plastifiant** on gard le E/C constant et le slump augmente



*Photo courtesy of MBT*





## Superplastifiants

C'est possible d'obtenir les slumps dans la gamme 200 à 250 mm, peut être obtenu sans segregation ou ressuage.

Mais ces melages exigent une bonne maitrise de la formulation - souvent il faut utiliser plusieurs adjuvants.



Photos courtesy of MBT

On a besoin d'une très bonne ouvrabilité pour les structures avec beaucoup de renforcement



ou pour les bétons autoplacants

## Contrôle Qualité

Slump  
valeurs  
typique



SPECIFIED SLUMP FOR CONCRETE	
Type of Construction	Specified Slump (mm)
Mass concrete, pavements, topping concrete	40
Structural concrete, sidewalks, driveways, slabs on ground	80
Tremie concrete	170
Source: CSA A23.1-94	
Residential construction, footings, foundation walls	150
Source: CSA A438	

# Cylindres (ou cubes) fait sur chantier pour verifier la resistance à 28 jours



Après ils sont stockés dans le labo en chambre humide ou sous l'eau avant d'être testé



**Cylindres  
"in-situ"**

Pour quelques ouvrages les cylindres sont fait dans le béton de la structure pour mieux repliquer les conditions de la structure



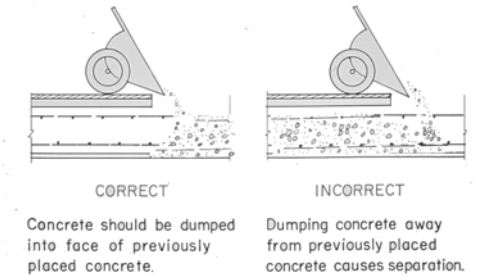
Mise en place

## Exigences de base pour la mise en place du béton

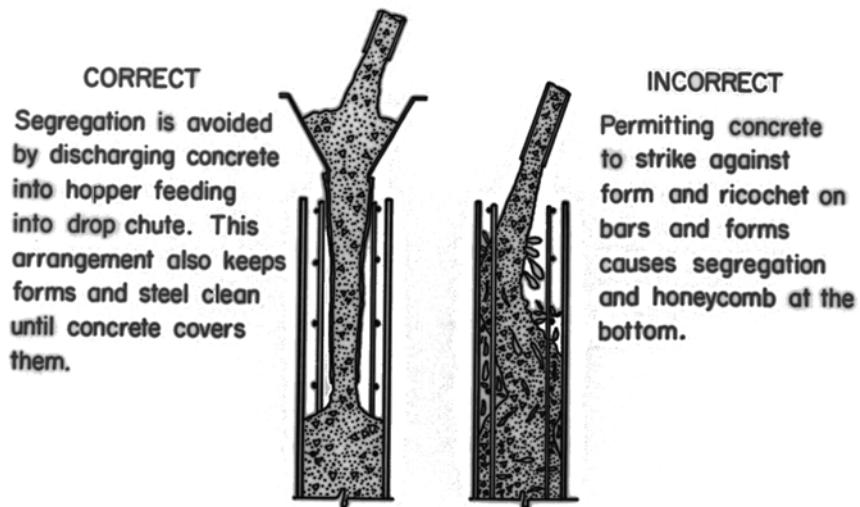
- Préserver les qualités du béton frais (homogénéité, consistance, teneur en air, etc.)
- Eviter la ségrégation
- Déverser le béton à proximité de sa destination finale
- Compacter le béton de façon efficace
- Planifier correctement les phases de mise en oeuvre
- Utiliser des moyens de mise en place adéquats



PLACING SLAB CONCRETE FROM BUGGIES



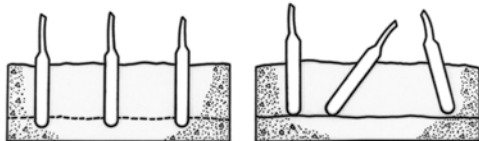
## PLACING IN TOP OF NARROW FORM



## Mise en place et Operations de finition

- Mise en place {
- Compactage ←
  - Mise en place, compactage
  - Egalisation
- Espace de temps*
- Finition {
- Façonnage des angles
  - Façonnage des joints
  - Lissage (Outil en Magnesium)
  - Texture de surface (brosse, rouleau denté)
  - Traitement de cure

SYSTEMATIC VIBRATION OF EACH NEW LIFT

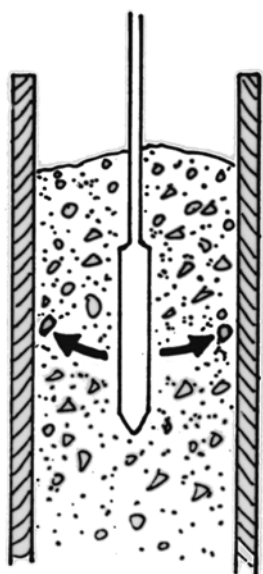


CORRECT

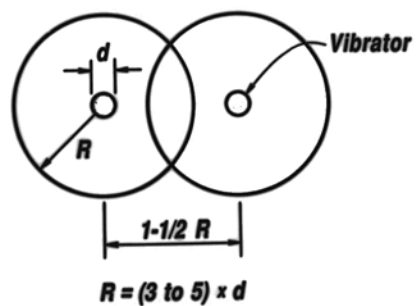
Vertical penetration of vibrator about 150 mm into previous lift (which should not yet be rigid) at systematic regular intervals will give adequate consolidation.

INCORRECT

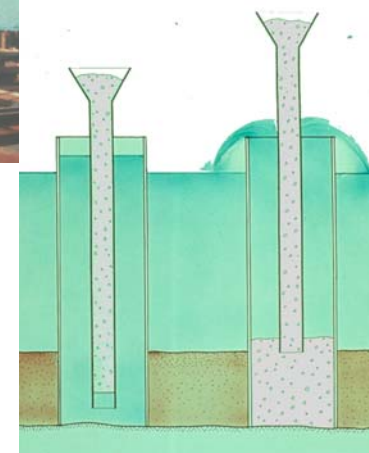
Haphazard random penetration of the vibrator at all angles and spacings without sufficient depth will not assure intimate combination of two layers.



**RADIUS OF ACTION**



**TREMIE CONCRETE**



## Operations de finition Dallage extérieur

Placing

- Compactage
- Mise en place, compactage
- Egalisation

*Espace de temps*

Finishing

- Façonnage des angles
- Façonnage des joints
- Lissage (Outil en Magnesium)
- Texture de surface (brosse, rouleau denté)
- Traitement de cure



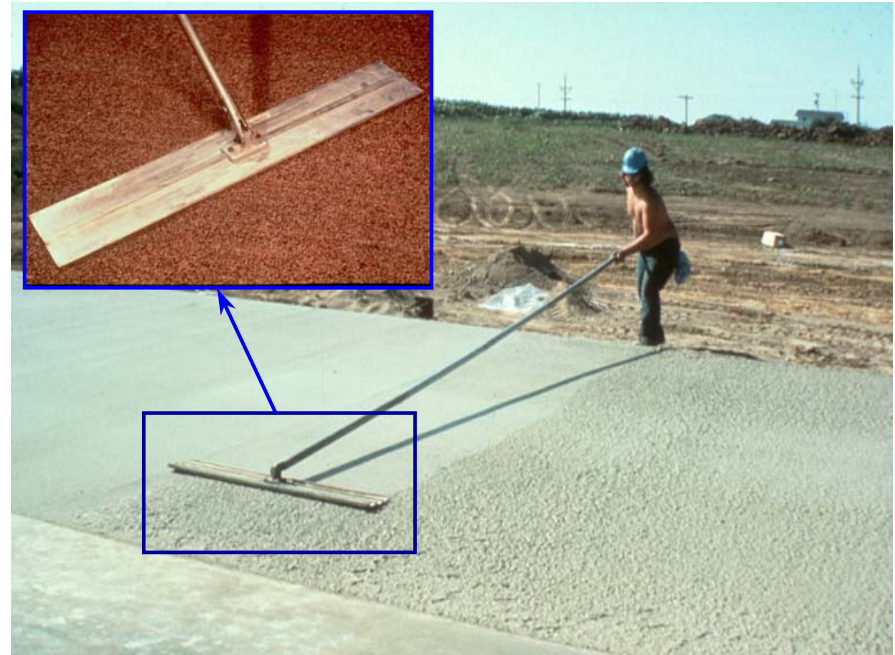


## Operations de finition Dallage extérieur

- Placing {
- Compactage
  - Mise en place, compactage
  - Egalisation ←

### *Espace de temps*

- Finishing {
- Façonnage des angles
  - Façonnage des joints
  - Lissage (Outil en Magnesium)
  - Texture de surface (brosse, rouleau denté)
  - Traitement de cure





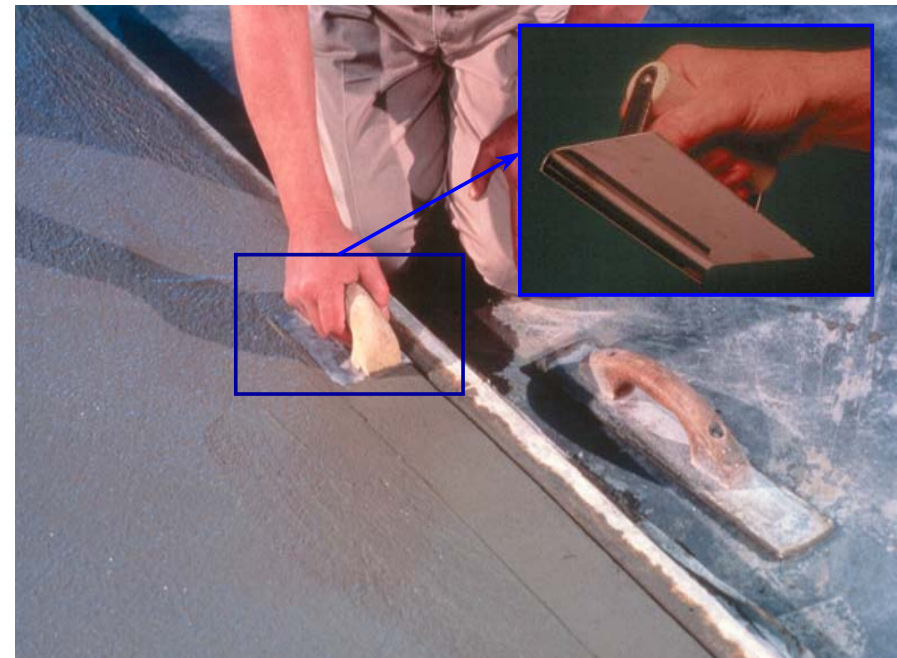
## Operations de finition

### Operations de finition Dallage extérieur

- Placing {
- Compactage
  - Mise en place, compactage
  - Egalisation

#### *Espace de temps*

- Finishing {
- Façonnage des angles ←
  - Façonnage des joints
  - Lissage (Outil en Magnesium)
  - Texture de surface (brosse, rouleau denté)
  - Traitement de cure

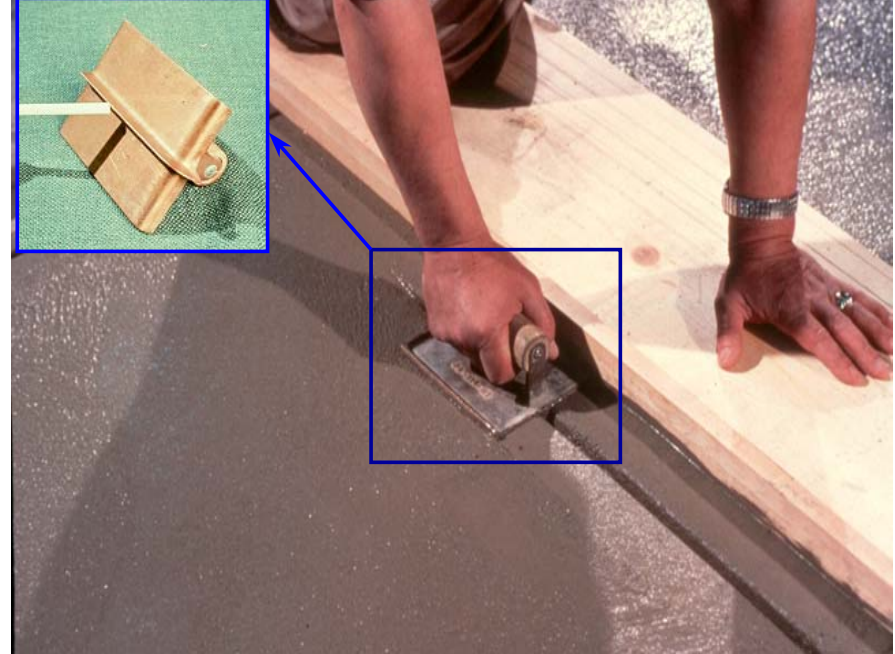


## Operations de finition Dallage extérieur

- Placing {
- Compactage
  - Mise en place, compactage
  - Egalisation

### *Espace de temps*

- Finishing {
- Façonnage des angles
  - Façonnage des joints ←
  - Lissage (Outil en Magnesium)
  - Texture de surface (brosse, rouleau denté)
  - Traitement de cure



## Operations de finition Dallage extérieur

- Placing {
- Compactage
  - Mise en place, compactage
  - Egalisation

### *Espace de temps*

- Finishing {
- Façonnage des angles
  - Façonnage des joints
  - Lissage (Outil en magnesium) ←
  - Texture de surface (brosse, rouleau denté)
  - Traitement de cure





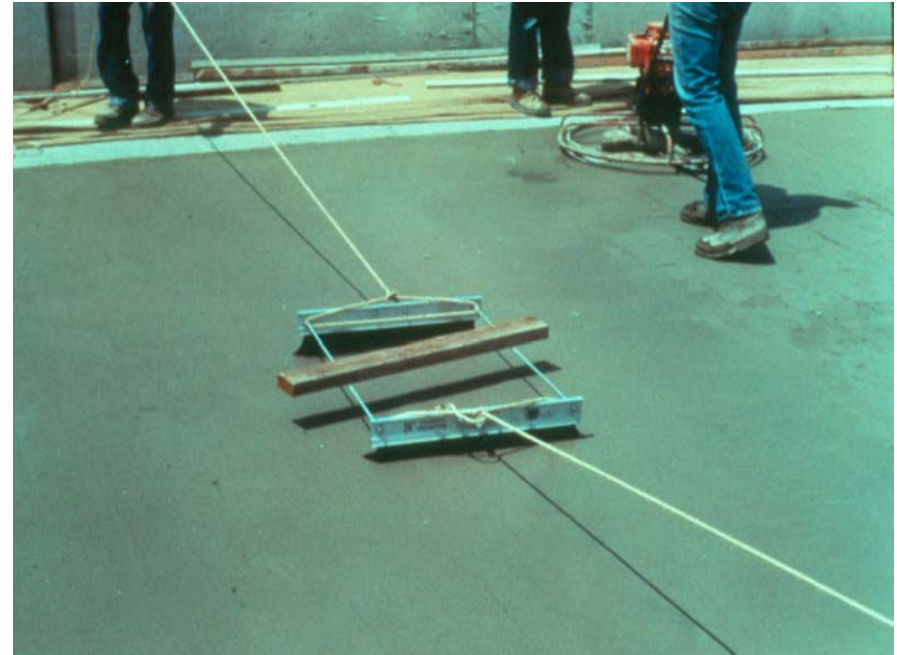


## Operations de finition Dallage extérieur

- Placing {
- Compactage
  - Mise en place, compactage
  - Egalisation

### *Espace de temps*

- Finishing {
- Façonnage des angles
  - Façonnage des joints
  - Lissage (Outil en Magnesium)
  - Texture de surface (brosse, rouleau denté) ←
  - Traitement de cure



## Operations de finition Dallage extérieur

- Placing {
- Compactage
  - Mise en place, compactage
  - Egalisation

*Espace de temps*

- Finishing {
- Façonnage des angles
  - Façonnage des joints
  - Lissage (Outil en Magnesium)
  - Texture de surface (brosse, rouleau denté)
  - Traitement de cure ←



## Operations de finition Dallage extérieur

- Mise en place {
- Compactage
  - Mise en place, compactage
  - Egalisation

*Espace de temps*

- Finition {
- Façonnage des angles
  - Façonnage des joints
  - Surfaçage 1ère main (hélicoptère ou truelle) ←
  - Surfaçage 2ème main (hélicoptère ou truelle)

*Espace de temps*

- Finition à la main
- Traitement de cure



## Operations de finition

### Dallage extérieur

- Mise en place {
- Compactage
  - Mise en place, compactage
  - Egalisation

#### *Espace de temps*

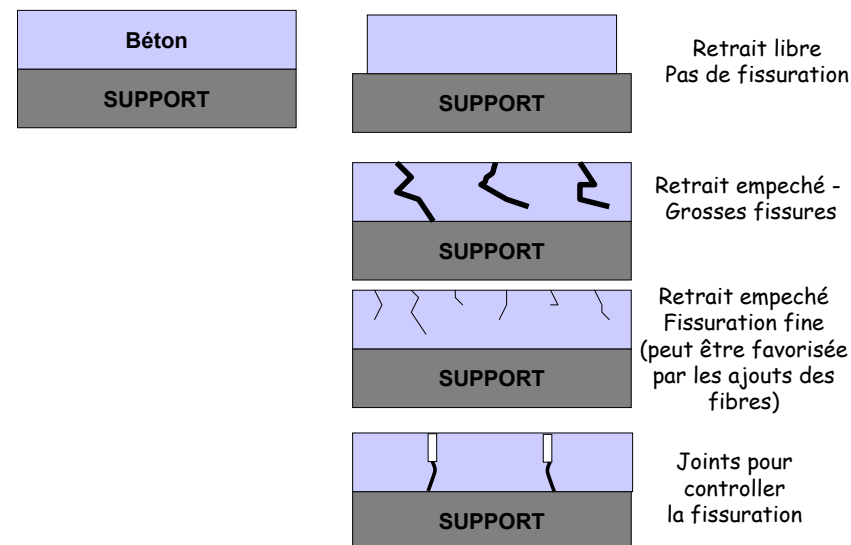
- Finition {
- Façonnage des angles } *Si nécessaire*
  - Façonnage des joints } *Si nécessaire*
  - Surfaçage 1ère main (hélicoptère ou truelle)
  - Surfaçage 2ème main (hélicoptère ou truelle)

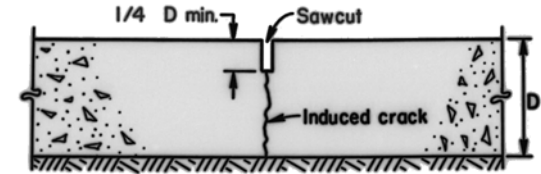
#### *Espace de temps*

- Finition à la main ←
- Traitement de cure

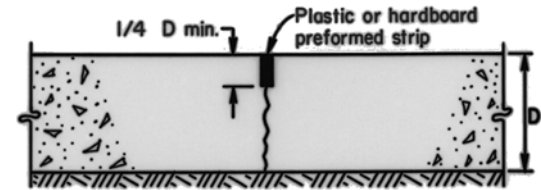


## Introduction des joints





SAWED CONTROL JOINT



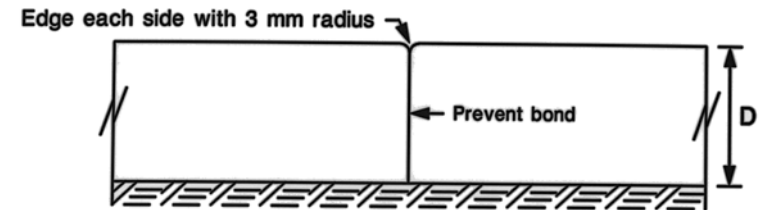
PREMOLDED INSERT CONTROL JOINT

## SUGGESTED SPACING OF CONTROL JOINTS\*

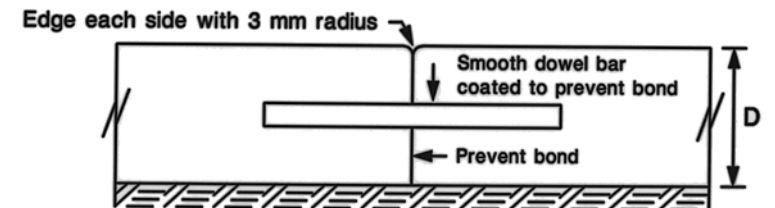
Slab thickness, mm	Slump 100 mm or more		Slump less than 100 mm spacing, m
	Less than 20 mm aggregate: spacing, m	20 mm or larger aggregate: spacing, m	
100	2.4	3.0	3.7
125	3.0	3.9	4.5
150	3.6	4.5	5.4
175	4.2	5.4	6.3
200	4.8	6.0	7.2
225	5.4	6.9	8.1
250	6.0	7.5	9.0

\*Given spacings also apply to the distance from control joints to parallel isolation joints or to parallel construction joints.

## CONSTRUCTION JOINTS



Butt-type Construction Joint

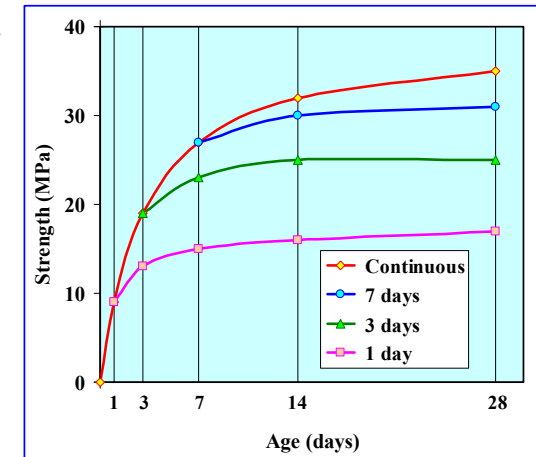


Butt-type Construction Joint With Dowel

## Cure

## Effet de conservation humide sur le developement de resistance

La surface du béton est particulièrement sensible aux effets de conservation. Le coeur du béton est protégé par la surface, il perd l'eau beaucoup plus lentement.



## LES EFFETS D'UNE CURE (MATURATION) ADEQUATE SUR LE BETON DURCI

- Fissuration précoce *éliminée*
- Gain en résistance *accéléré*
- Résistance à l'usure *grandement améliorée*
- Durabilité *grandement améliorée*
- Étanchéité à l'eau *grandement améliorée*

## En suisse

- **Specifiser dans le cahier des charges par l'ingénieur responsable**
- **Decoffrage ~ 24 hr**
- **+ ~3-7 jours conservation humide**

## Curing Requirements – Norme Canadian

### Basic Curing Period

3 days at 10°C minimum

or

Time to reach 35% of 28-day strength

### Additional Curing for F-1, C-1, C-2, S-1, S-2 Exposure

Basic curing + additional 4 days at 10°C minimum

or

Time to reach 70% of 28-day strength

## Methodes de cure des betons

- Mise sous eau ou arrosage continu
- Natte ou bâche continuellement humide
- Sable humide ou paille
- Produits de cure commercial
- Papier hydrofuge ou film plastique
- Étuvage avec vapeur d'eau (en préfabrication)
- Maintien du coffrage en place
- Autres méthodes approuvées par le maître de l'ouvrage



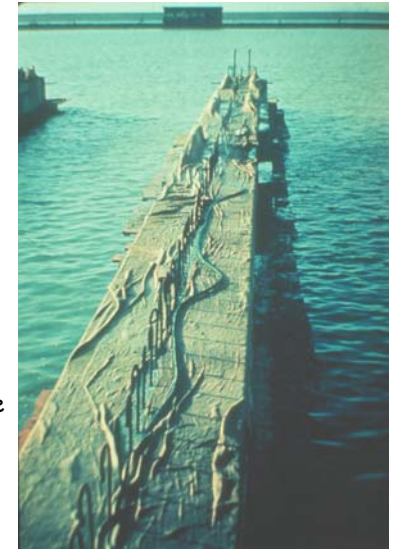
## Methodes de cure des betons

- Mise sous eau ou arrosage continu
- Natte ou bâche continuellement humide
- Sable humide ou paille
- Produits de cure commercial
- Papier hydrofuge ou film plastique
- Étuvage avec vapeur d'eau (en préfabrication)
- Maintien du coffrage en place
- Autres méthodes approuvées par le maître de l'ouvrage



## Methodes de cure des betons

- Mise sous eau ou arrosage continu
- Natte ou bâche continuellement humide
- Sable humide ou paille
- Produits de cure commercial
- Papier hydrofuge ou film plastique
- Étuvage avec vapeur d'eau (en préfabrication)
- Maintien du coffrage en place
- Autres méthodes approuvées par le maître de l'ouvrage



## Methodes de cure des betons

- Mise sous eau ou arrosage continu
- Natte ou bâche continuellement humide
- **Sable humide ou paille**
- Produits de cure commercial
- Papier hydrofuge ou film plastique
- Étuvage avec vapeur d'eau (en préfabrication)
- Maintien du coffrage en place
- Autres méthodes approuvées par le maître de l'ouvrage



## Methodes de cure

- Mise sous eau ou arrosage continu
- Natte ou bâche continuellement humide
- Sable humide ou paille
- **Produits de cure commercial**
- Papier hydrofuge ou film plastique
- Étuvage avec vapeur d'eau (en préfabrication)
- Maintien du coffrage en place
- Autres méthodes approuvées par le maître de l'ouvrage



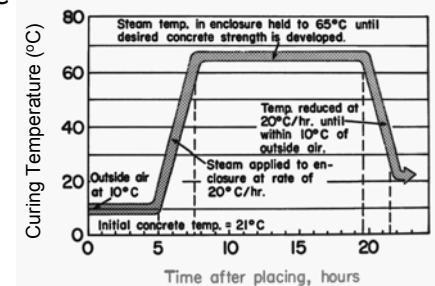
## Methodes de cure

- Mise sous eau ou arrosage continu
- Natte ou bâche continuellement humide
- Sable humide ou paille
- Produits de cure commercial
- **Papier hydrofuge ou film plastique**
- Étuvage avec vapeur d'eau (en préfabrication)
- Maintien du coffrage en place
- Autres méthodes approuvées par le maître de l'ouvrage



## Methodes de cure

- Mise sous eau ou arrosage continu
- Natte ou bâche continuellement humide
- Sable humide ou paille
- Produits de cure commercial
- Papier hydrofuge ou film plastique
- **Étuvage avec vapeur d'eau (en préfabrication)**
- Maintien du coffrage en place
- Autres méthodes approuvées par le maître de l'ouvrage



## Methodes de cure

- Mise sous eau ou arrosage continu
- Natte ou bâche continuellement humide
- Sable humide ou paille
- Produits de cure commercial
- Papier hydrofuge ou film plastique
- Étuvage avec vapeur d'eau (en préfabrication)
- **Maintien du coffrage en place**
- Autres méthodes approuvées par le maître de l'ouvrage



## Methodes de cure

- Mise sous eau ou arrosage continu
- Natte ou bâche continuellement humide
- Sable humide ou paille
- Produits de cure commercial
- Papier hydrofuge ou film plastique
- Étuvage avec vapeur d'eau (en préfabrication)
- Maintien du coffrage en place
- **Autres méthodes approuvées par le maître de l'ouvrage**



Tous se qui se passe dans cette première partie de la vie d'un béton peut avoir un impact sur la durabilité