

Introduction au Technologie du Béton (Concrete Technology)

Production Annual millions of tonnes

	<i>Béton</i>	<i>Acier</i>	<i>Bois</i>	<i>Plastiques</i>	<i>Papier</i>
France :	170	20	22	7	6
USA :	800	94	250	76	69
Monde :	> 10 000	700			

1 tonne per personne per année!

Pourquoi?

- Disponibilité** - Mat. 1ere partout dans la monde
faible coût énergétique
- Transportable** - poudre grises en sac ou en vrac
- Constructible** - adjoindre l'eau et malaxer
- Flexible** - remplir toutes les formes
avec une différence de volume très faible
- Durable** - pour les siècles
surtout résistant à l'eau,
barrages, tuyaux, etc

et à bas prix!

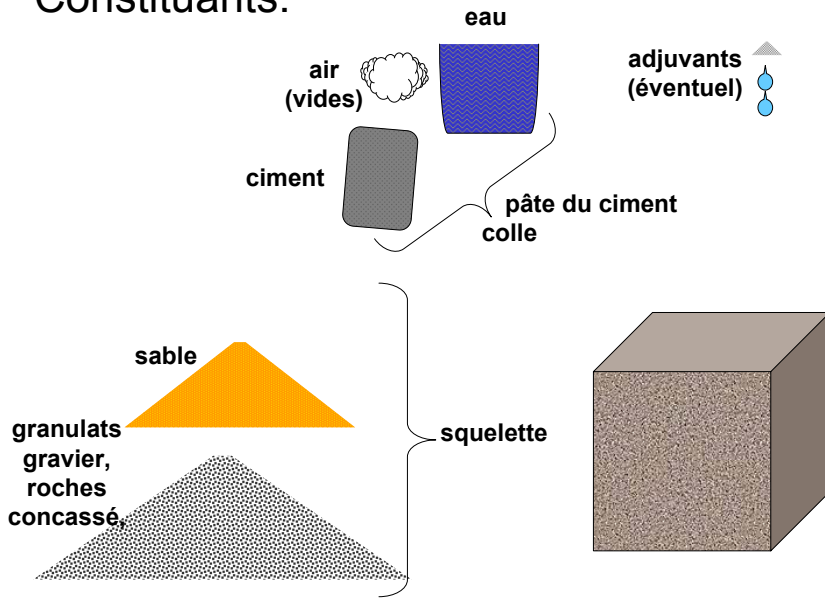
Quelques définitions

Un béton

Granulats + colle =
béton si $\phi > 8 \text{ mm}$
mortier si $\phi < 8 \text{ mm}$

Pâte de ciment = eau + ciment
Mortier = eau + ciment + sable
Béton = eau + ciment + sable + granulats

Constituants:



Un béton est composé de:

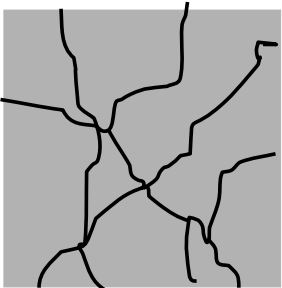
- un squelette, les granulats
- une colle, les pâte du ciment
- la liaison (l'interface) entre les deux

sa qualité dépend de la qualité de tout les trois

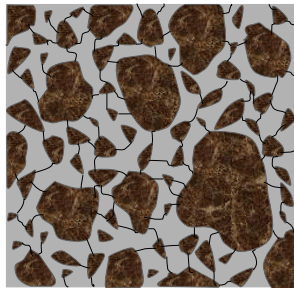
Les granulats:

Les granulats sont nettement moins cher que le ciment ~5x

Mais on ne peut pas faire une pâte du ciment dans une large section sans qu'il se fissure



Les granulats limitent la longueur des fissures: plus de fissures, mais plus fin et plus court



Squelette granulaire

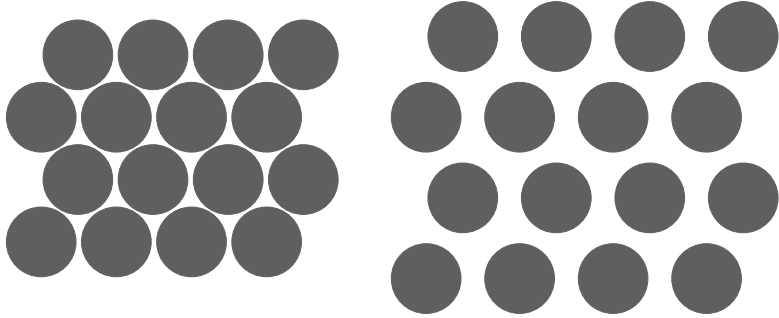
On veut minimiser la quantité de pâte du ciment:

- plus économique
- moins de phase dans laquelle l'eau peut pénétrer

mais

la pâte du ciment doit remplir les espaces entre les granulats: et fluidifier le béton pendant le malaxage et la mise en place

Empilement des grains mono-taille:



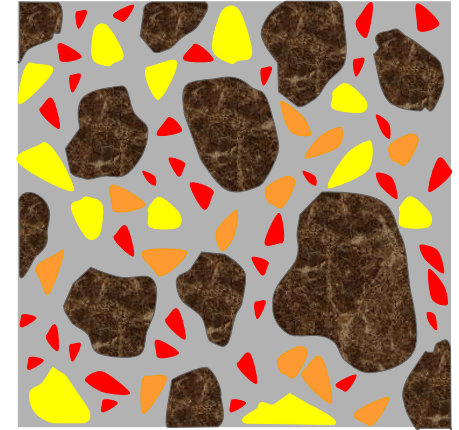
Densité maximal ~74%

Mais difficile à déformer:
frottement entre les grains

Il faut espacer les grains
densité max. pratique ~60%

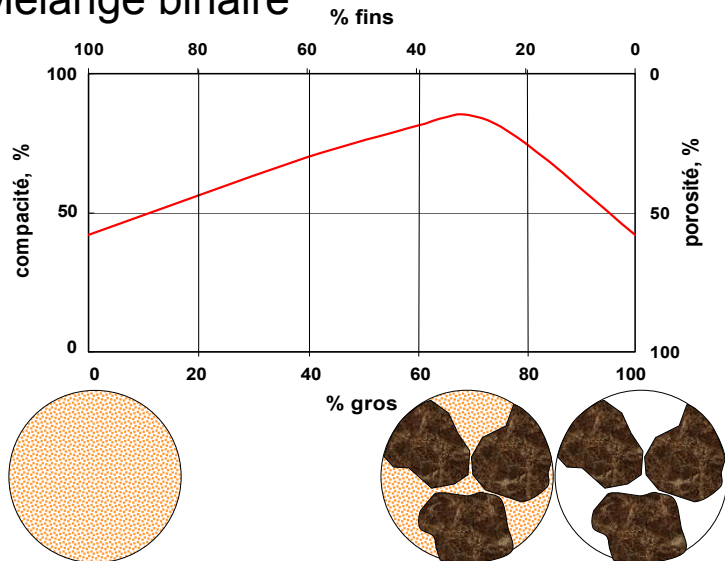
Empilement plus efficace avec une distribution des tailles:

Les petits peuvent remplir
les espaces entre les grand

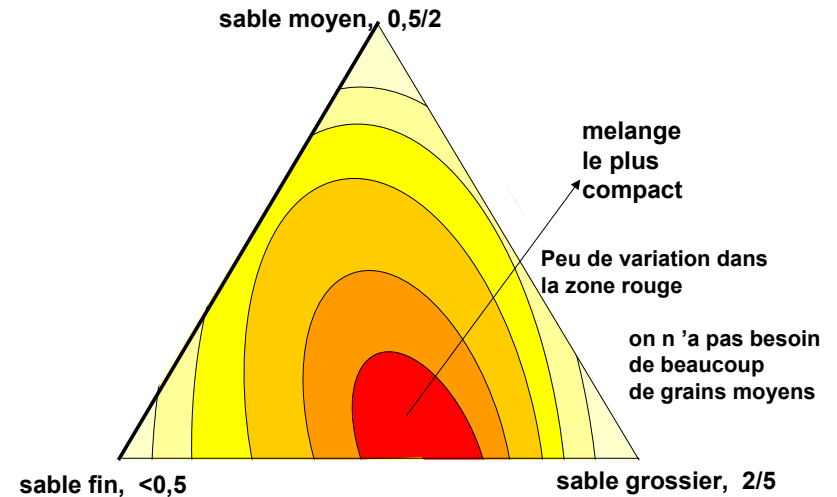


(connu par les romans)

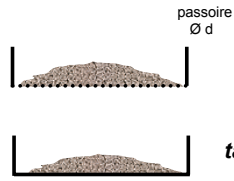
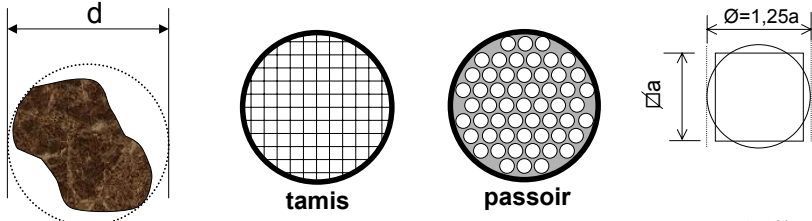
Mélange binaire



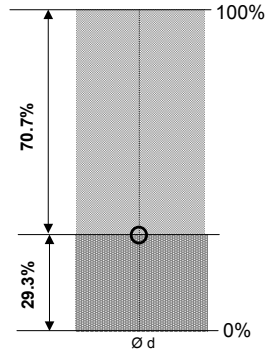
Mélanges ternaire (Ferret 1890s)



Mélanges continus



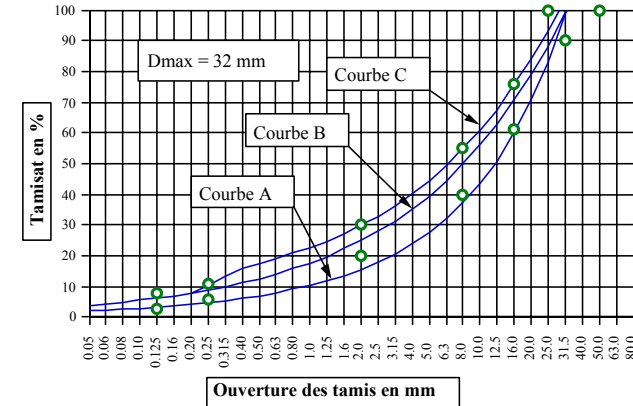
	Poids en gr.	Poids en %
refus	1414	70.7
tamisat	586	29.3
total	2000	100



Mélanges continus

A. $p = 50 \left(\frac{d}{D_{max}} + \sqrt{\frac{d}{D_{max}}} \right)$ B. $p = 100 \sqrt{\frac{d}{D_{max}}}$
 C. 5% au-dessus de B. au-delà de $d=0.4$ mm

p : % des tamisats cumulés
 d : diamètre granulat considéré
 D_{max} : diamètre maximum des granulats



Granulats - exigences (1)

Les granulats doivent:

1) être stables et durables:

- résistants à des cycles gel-dégel
- résistants à des cycles mouillage-séchage
- résistants à des cycles de température
- résistants à l'abrasion
- résistants aux actions chimiques

Ils doivent donc être compacts et non réactifs

⇒ stabilité du béton

2) posséder résistance et dureté:

⇒ résistance du béton

Granulats - exigences (2)

Les granulats doivent:

3) être propres:

- pas d'argiles (instable cycles mouillage-séchage)
- pas d'impuretés

⇒ adhérence granulats / pâte

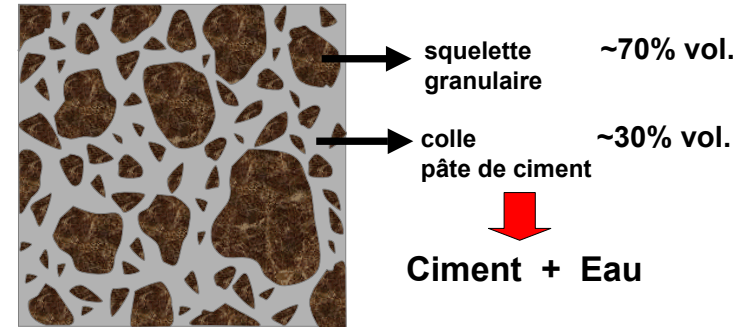
4) donner un mélange compact:

- forme correcte
- bonne granulométrie
- teneur en éléments fins limitée

⇒ réduction du volume de ciment

Matières nuisibles à éviter dans les granulats

Matières nuisibles	Effets
les éléments gélifs	granulats poreux et tendres
le gypse l'anhydride la pyrite	attaque par sulfate
le charbon les scories	peu résistants ; contiennent parfois du soufre
les impuretés organiques le bois les végétaux	putréfaction, instabilité de volume selon l'humidité
les matières humiques les sucres ou limonades	retardent ou empêchent la prise

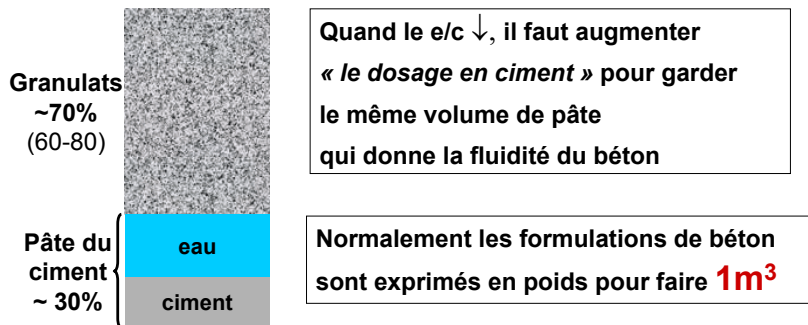


Ciment + Eau
Espacement des grains de ciment

$$\frac{\text{poids}_{\text{eau}}}{\text{poids}_{\text{ciment}}} = e/c$$

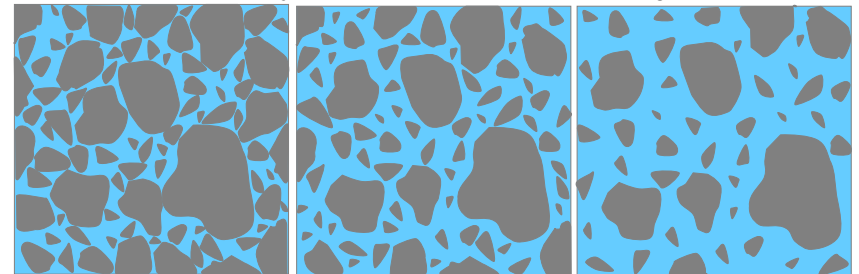
et l'interface pâte granulats!!!

La pâte de ciment doit remplir les espaces entre les granulats



Rapport e/c

La quantité d'eau ajoutée contrôle l'espacement des grains de ciment

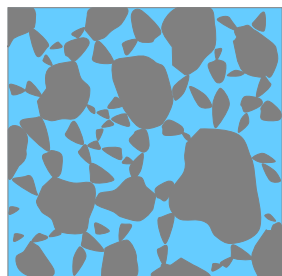


e/c bas
ex. 0.3
vol ciment ~ 50%

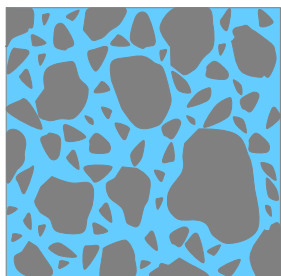
e/c moyen
ex. 0.45
vol ciment ~ 40%

e/c élevée
ex. 0.6
vol ciment ~ 35%



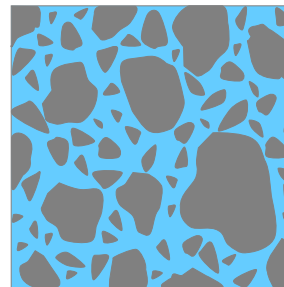


l'état floculé

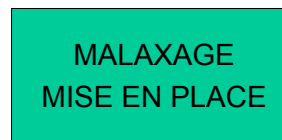


l'état defloculé dispersée

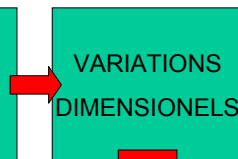
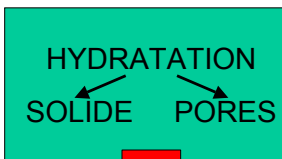
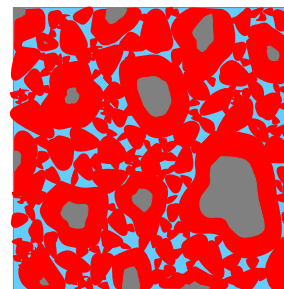
L'état de floculation influence beaucoup la « rhéologie »



frais



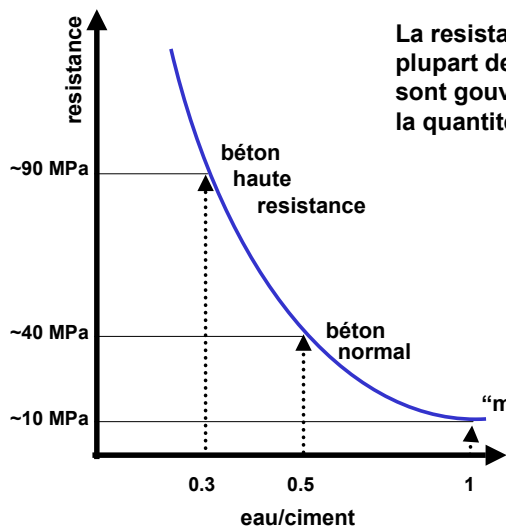
l'eau ajoutée, e/c
rhéologie, adjuvants



résistance mécanique durabilité

fissuration

durcie



La résistance mécanique et la plupart des autres propriétés sont gouvernées (en 1er degré) par la quantité d'eau ajoutée

Développement de la résistance

