

Propriétés à jeune âge

Ouvrabilité

Pris

Ouvrabilité

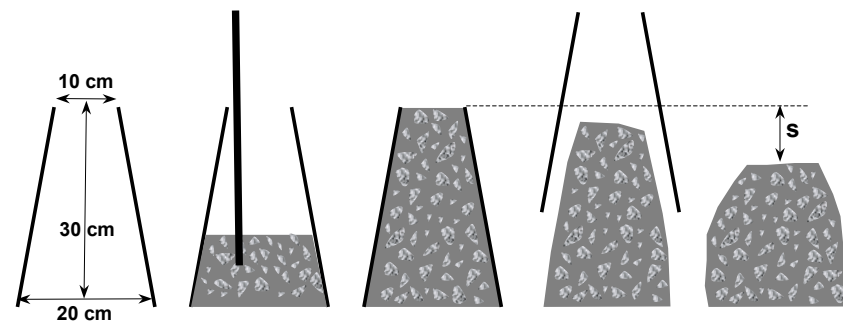
Capacité à remplir les formes

fluidité

à se compacté

- La présence des granulats empêche l'utilisation de la plupart des équipements conçus pour caractériser la rhéologie des autres fluides
- Besoin des tests robuste qui peuvent être utilisés sur les chantiers

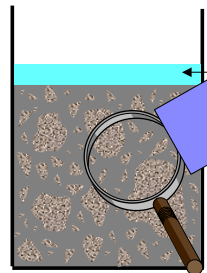
Slump test



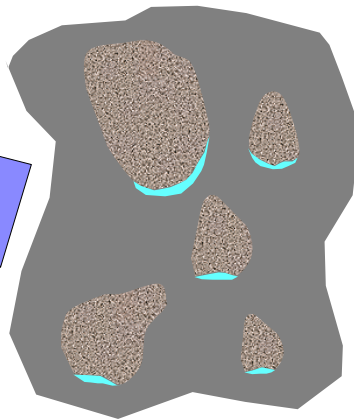


À éviter pour un bon béton:

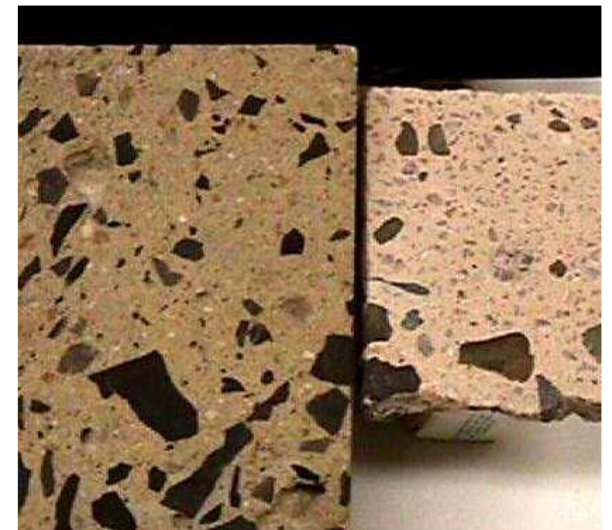
Ressuage - (bleeding)



aussi
microressuage

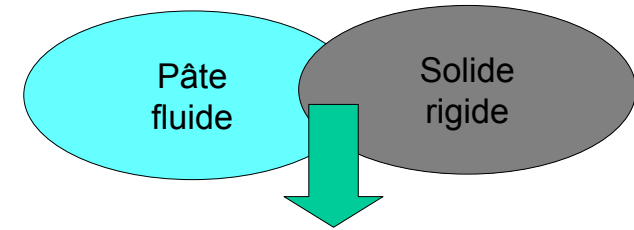


ségrégation



La prise

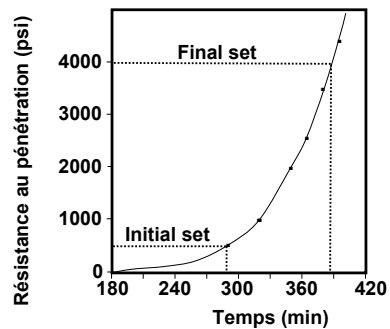
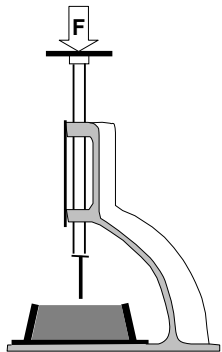
- Le ressuage et la ségrégation peut être évité avec une bonne formulation du béton:
- bon granulométrie du squelette granulats
- bonne dosage en ciment
- bon e/c



Le transition n'est pas franche
le définition du pris et un peu
arbitraire

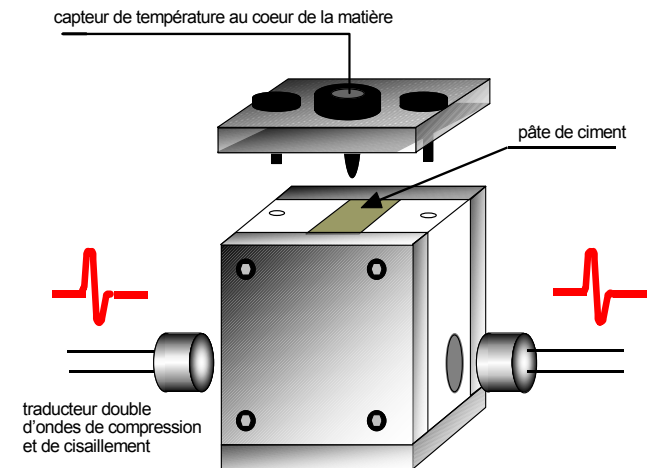
Le test classique:

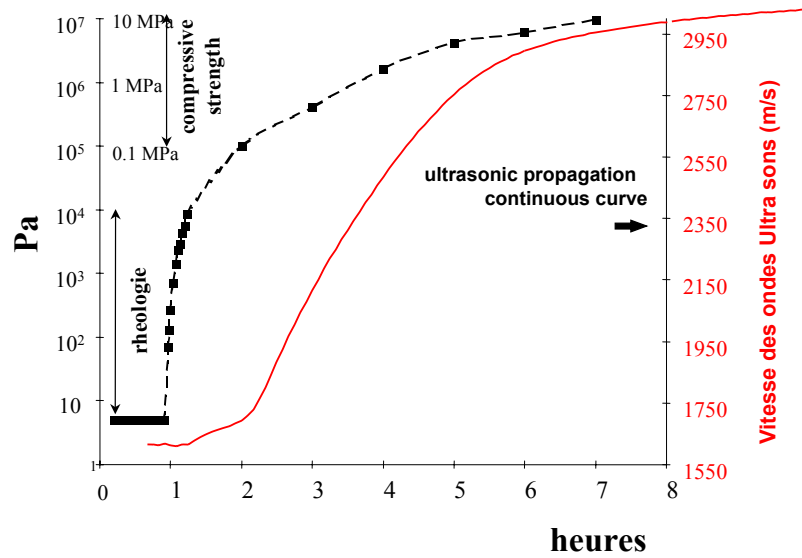
Aiguille « Vicat »



Caractérisation plus scientifique

CELLULE ULTRASONORE





Résistances mécaniques

Rôle critique des fissures

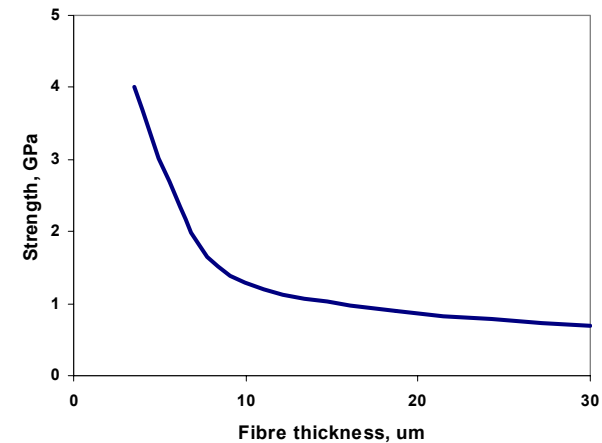
La résistance théorique est de l'ordre de

$$\sigma_{\theta} \sim \frac{E}{10}$$

en réalité, les résistances réelles sont $< \sim 10^{-3} E$ pour les matériaux fragiles

Mais, pour les fibres très minces on s'approche de la résistance théorique

Travail de Griffith sur les fibres de verre



La résistance des fibres augmente quand son épaisseur diminue

La propagation des fissures contrôle les résistances

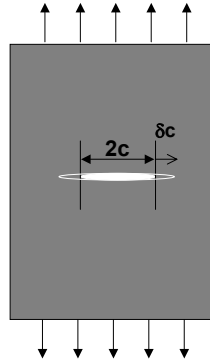
Balance énergétique:

Quand la longueur d'une fissure augmente elle crée une nouvelle surface qui consomme de l'énergie:

$$4S \cdot \delta c$$

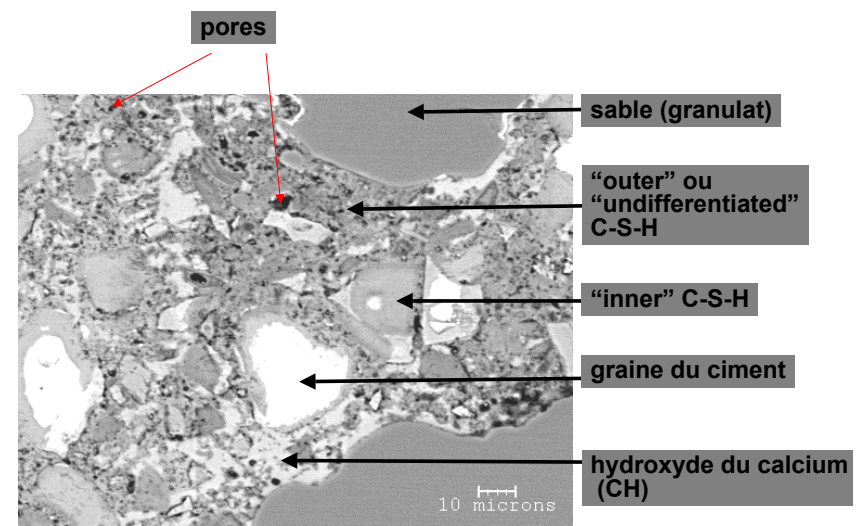
Mais il y a une restitution d'énergie causée par l'état de la contrainte:

$$\frac{\pi \sigma^2 2c \delta c}{E}$$

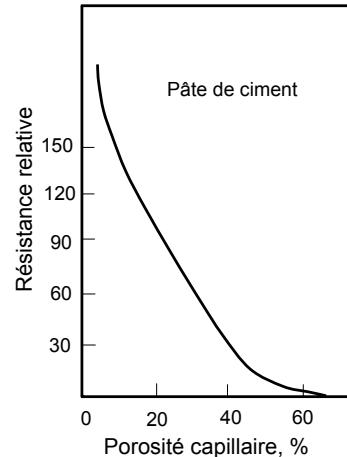
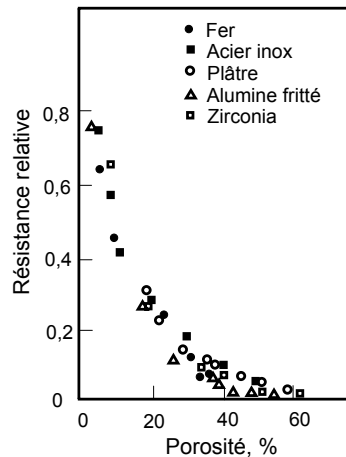


la contrainte critique pour propager la fissure, ces deux sont égales:

$$\sigma_c = \left(\frac{2ES}{\pi c} \right)^{1/2} \text{ géométrie spécifique}$$



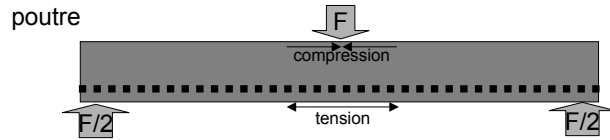
Dans tous les matériaux, les pores sont aussi un paramètre qui influence fortement la résistance



Compression vs Flexion

- A cause des fissures, la résistance à la flexion des bétons est très basse: quelque MPa (cf xx acier)
- $R_c \sim 10 \times R_t$
- en conséquence les bétons sont toujours utilisés en compression.

Le béton armé est renforcé par des armatures en acier:

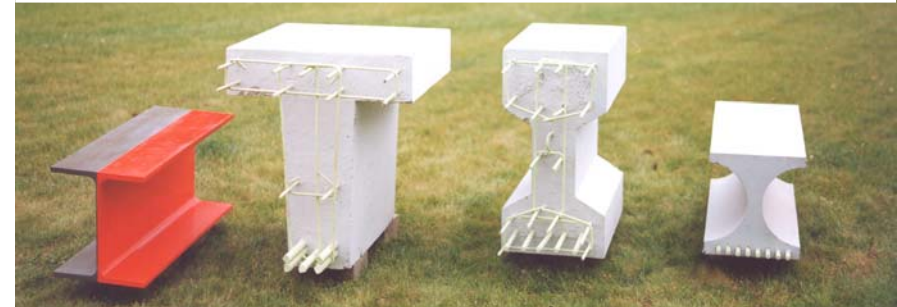


La résistance à la traction du béton est admise nulle:

$$R_t = 0$$

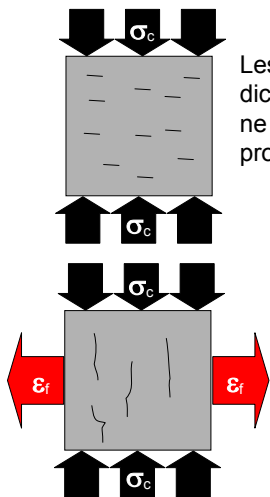
Par définition, le béton armé est fissuré sous les charges de service.

Poutres avec capacité porteuse équivalente

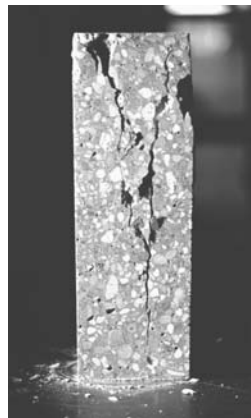


	ACIER	BÉTON ARMÉ	BÉTON PRÉCON-TRAINT	Ductal®
poids	117	530	467	140

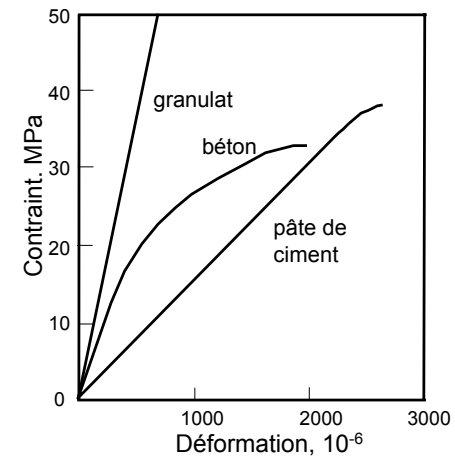
Sous l'effet d'une compression l'échantillon se raccourcit longitudinalement et gonfle latéralement



Les fissures perpendiculaires aux charges ne peuvent pas se propager

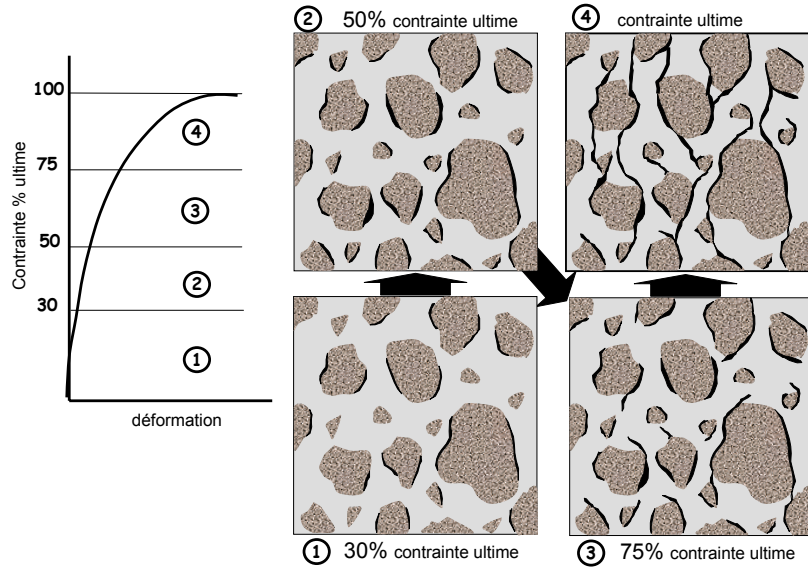


Le béton comme matériau composite



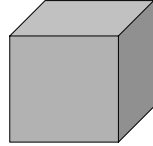
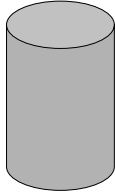
- Les granulats et la pâte de ciment sont élastiques jusqu'à la rupture
- En revanche, le béton démontre une déviation de la linéarité avant rupture

Mode de rupture



D'où la complexité du mode de rupture:

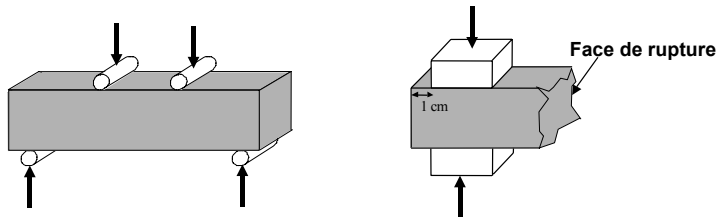
La forme de l'échantillon a un impact significatif:

	cubes	cylindres
$R_{cyl} \sim 0,8 R_{cub}$		
Pays	UK, Suisse, etc	USA, France, etc
Dimensions typiques	200 mm x 200 mm x 200 mm	160 mm x 320 mm
Avantages	2 faces moulées Résistance élevée par frettage; État de contrainte non uniforme	Distribution des contraintes plus uniforme; frettage réduit
Désavantages		Besoin de rectifier

Notes: $D_{min} moule > 5 \times D_{max} gran.$ and $\frac{hauteur}{largeur} = 2$

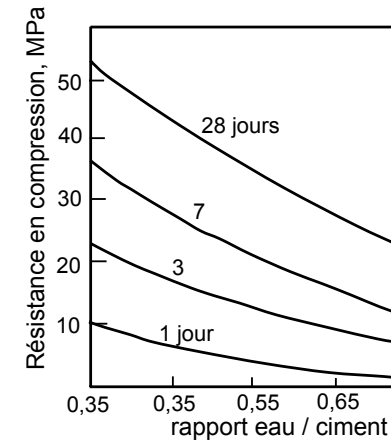
Prismes

Ex: 40 mm x 40 mm x 160 mm
100

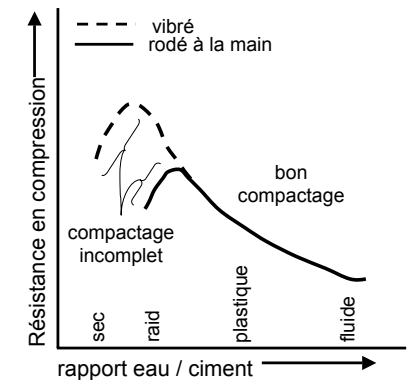


Possibilité de mesurer la résistance à la flexion et la compression sur le même échantillon

Effet de l'âge et e/c



Mais attention à l'ouvrabilité



Loi de Feret, 1896

$$R = K \left(\frac{c}{c + e + v} \right)^2$$

Résistance à la compression

Constante, :
Fonction de l'âge,
mode de conservation
et liant

Volumes de:
c – ciment
e – eau
v – vides

$$R = K \left(\frac{c/(e+v)}{c/(e+v) + 1} \right)^2$$

Loi de Bolomey

$$R = K \left(\frac{c}{e+v} - K' \right)$$

Pour $v < \sim 2\%$

$$R = K \left(\frac{c}{e} - 0,5 \right)$$

Powers

$$R = a \left(\frac{\alpha c}{\alpha c + e + v} \right)^3$$

α = fraction du ciment hydraté

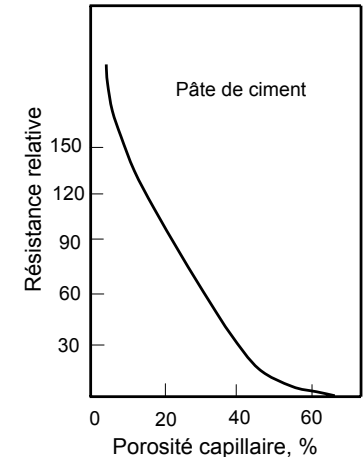
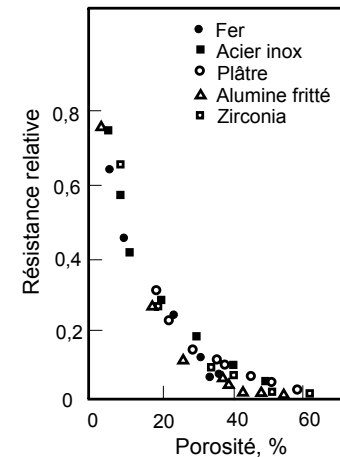
Équivalent à:

$$R = a (1 - P)^3$$

Ou P = porosité:

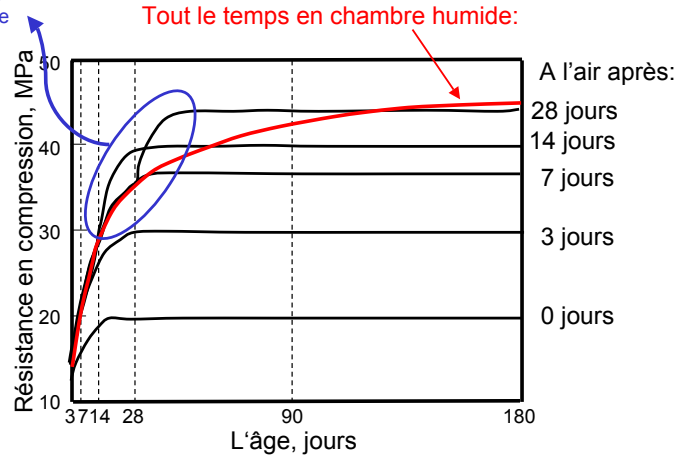
En fonction du nombre de paramètres inconnu, a , α , cette formule n'est pas pratique à utiliser

Dans tous les matériaux, les pores sont aussi un paramètre qui influence fortement la résistance



Importance de conservation

Pour le même état d'hydratation les échantillons secs ont une résistance plus élevée que les échantillons humides

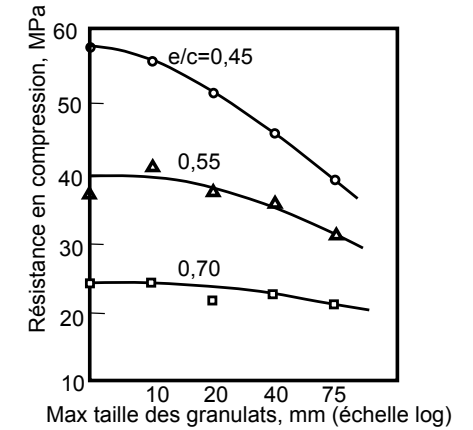


Taille des granulats

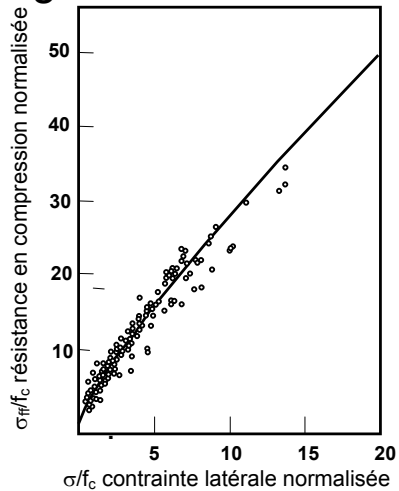
2 effets antagonistes:

Une granulométrie étendue à un meilleur compactage:
 - $e/c \downarrow$, $R_c \uparrow$

Mais à e/c égal:



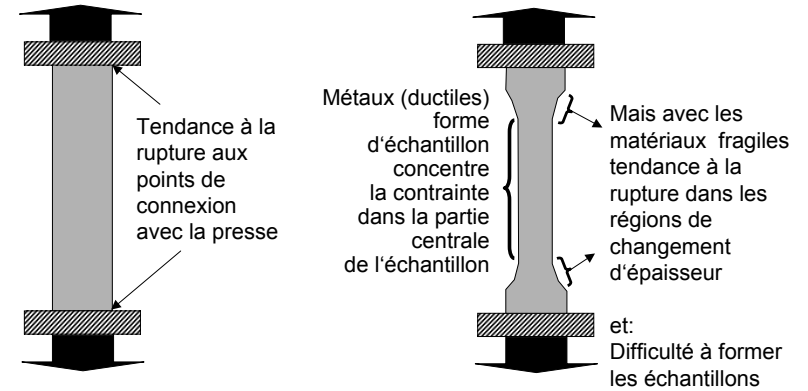
Effet de contrainte, chargement triaxial



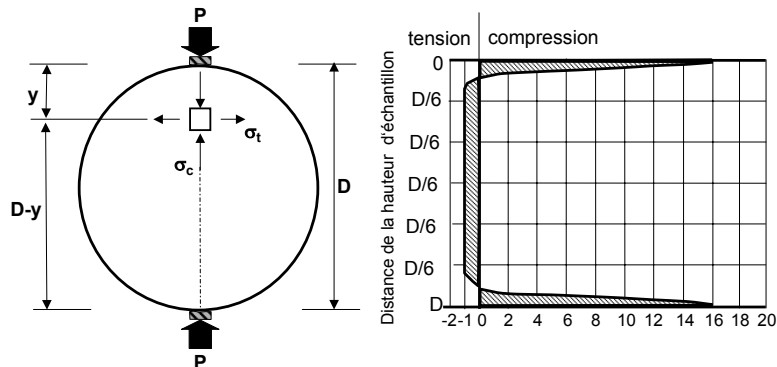
Résumé des paramètres qui influence le résistance en compression

Pourquoi mesuré le résistance en tension

Résistance en tension



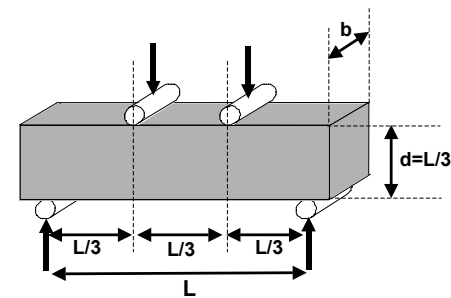
Méthodes, indirecte:



Test „fendage Brésilien“
Très pratique,
peut être fait sur cylindres et carottes

$$T = 2P/\pi lD$$

Flexion, 4pt



$$f_{fl} = PL/bd^2$$

Cette résistance est plus importante pour les dalles – routes, etc, qui sont chargées en flexion

$$f_{fl} > f_t$$

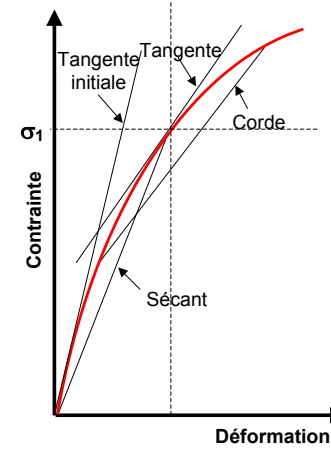
Tension vs compression

Relation non linéaire, fonction de la résistance



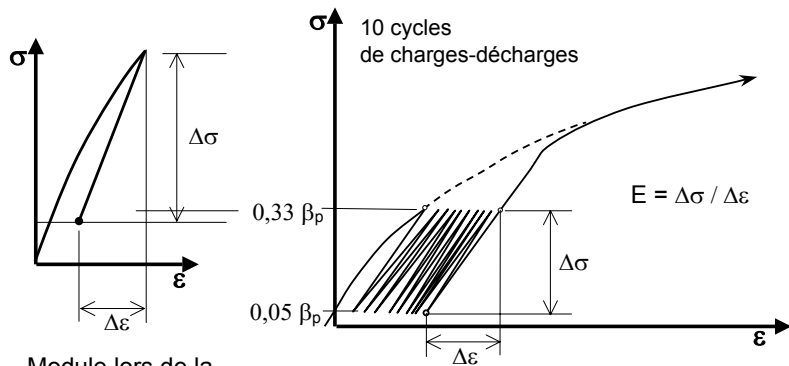
High strength concrete more brittle

Module de Young



Partie élastique ~
~ 1/3 charge maximale

En pratique, il est difficile de déterminer l'origine avec précision

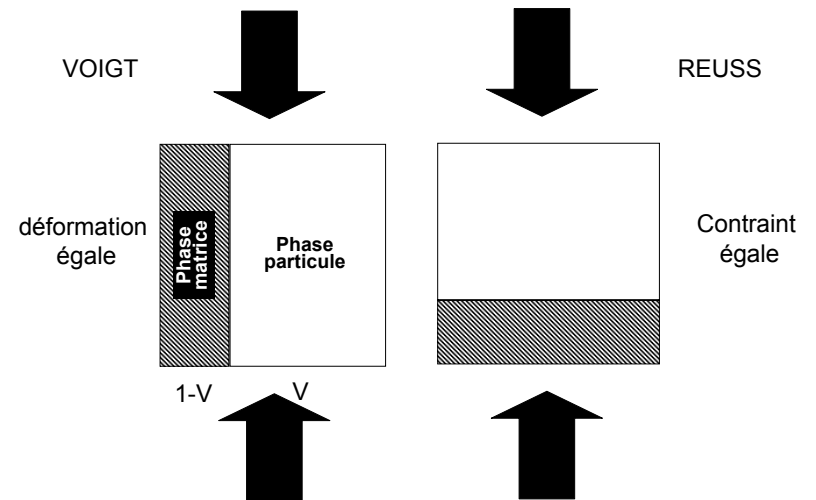


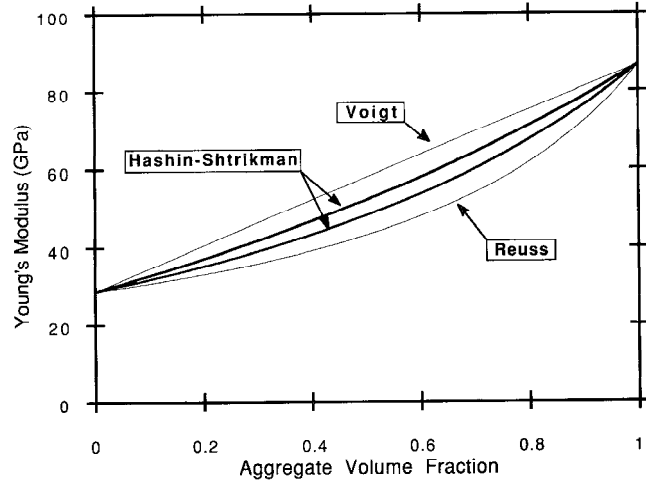
Module lors de la décharge

$$E = \Delta\sigma / \Delta\varepsilon$$

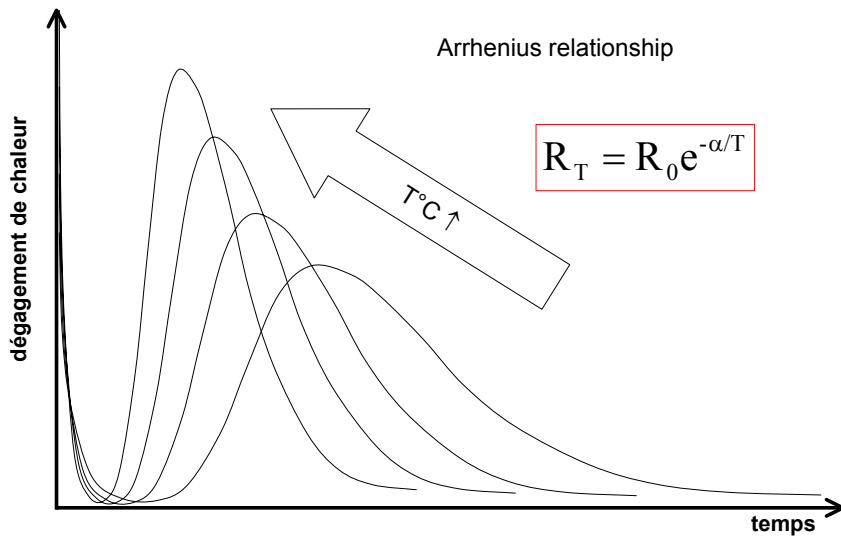
Module après cycles de charges-décharges stabilise la courbe
3-5 (Suisse) ou 10 (Allemagne) cycles sont suffisants pour que la différence d'allongement entre deux cycles soit inférieure à 0,01 mm/m
 β_p = contrainte de rupture mesurée en prisme

Calculution du module pour les matériaux composite





Effect of Temperature

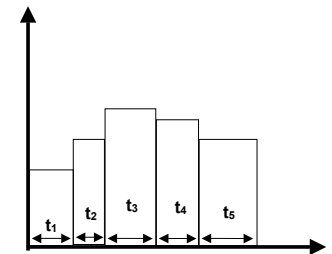


« Maturité »

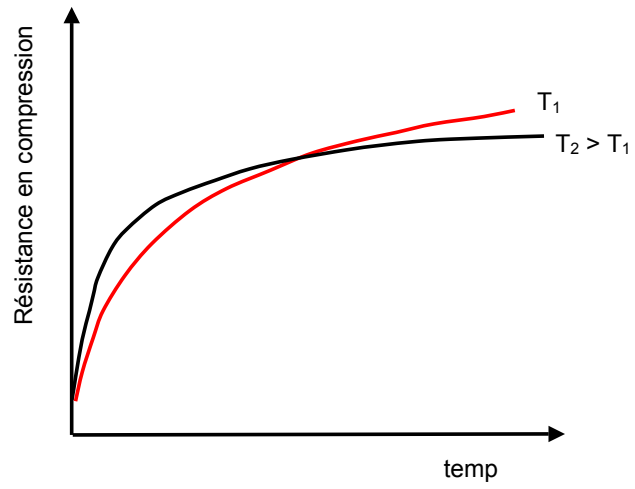
Pour les modeste changement de température

Approximation linéaire:

$$M = \sum t_i (T_i - T_0)$$



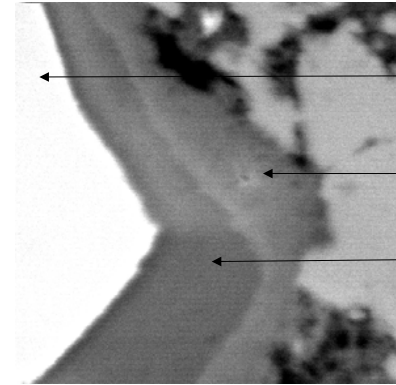
T_0 Température de référence au quelle il n'y a pas de développement de résistance
Normalement -10°C



$T \uparrow$, modification des hydrates

$T < 100^\circ\text{C}$

$T \uparrow$, C-S-H plus dense



$T > \sim 70^\circ\text{C}$, modification majeure au réaction des aluminates