

# Les processus de penetration des ions

- Béton saturé, pas de difference de pression:
  - Diffusion
- Saturé difference de pression
  - Convection, flux de liquid
- Non saturé
  - Absorption
- Un face saturé, un face sec
  - “wick action”

## Processus de transport

### Permeabilité

#### Loi de Darcy

$$\frac{dq}{dt} = K_p \cdot \frac{\Delta h}{x} \cdot A$$

Flux

Coefficient de permeabilité

aire

Gradient de pression

### Diffusion

#### Loi de Fick

$$\frac{dc}{dt} = -D \cdot \frac{dc}{dx}$$

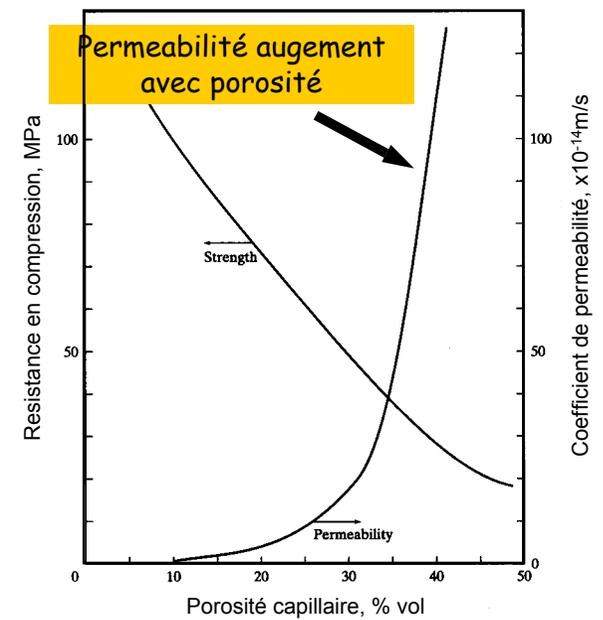
Coefficient de diffusion

Rate of diffusion

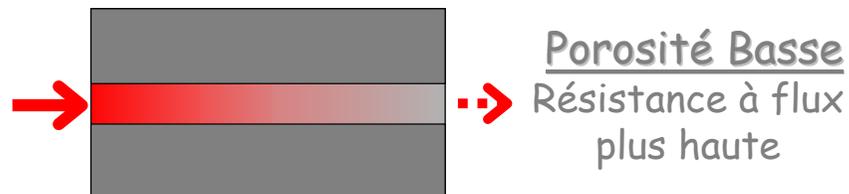
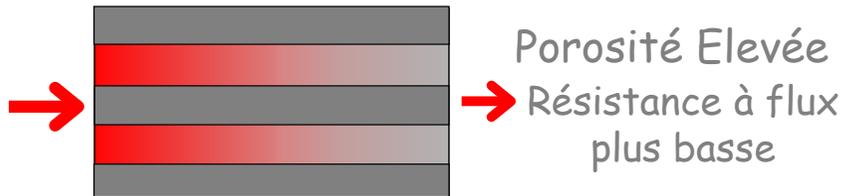
Gradient de concentration

$K_p$   
 $D$

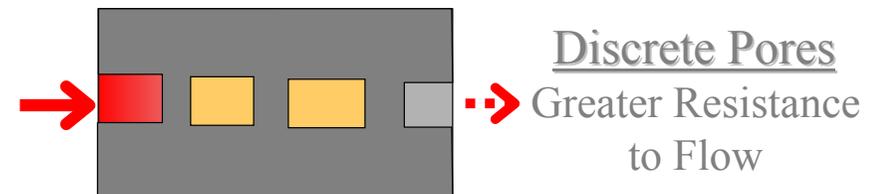
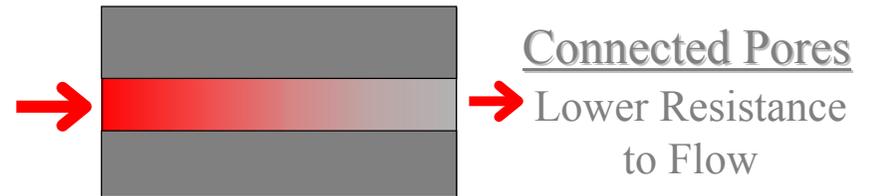
Depend des même parametres



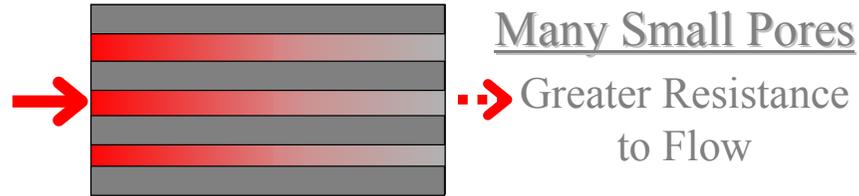
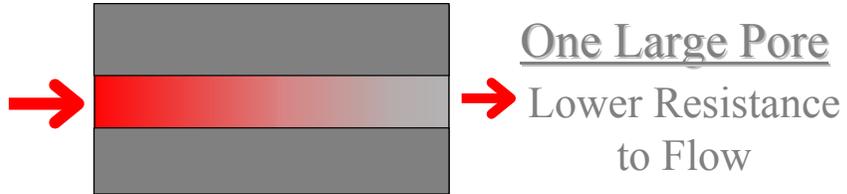
## Effet de Porosité



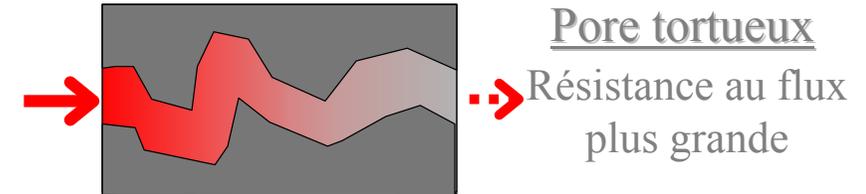
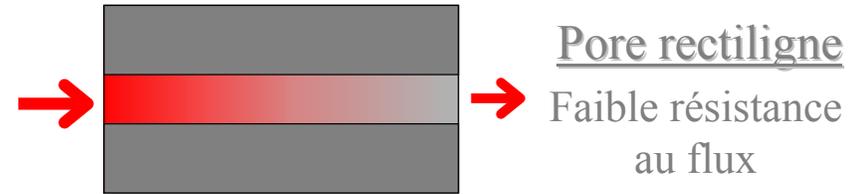
## Effet de Connectivité



## Effect of Constrictivity



## Effet de la tortuosité

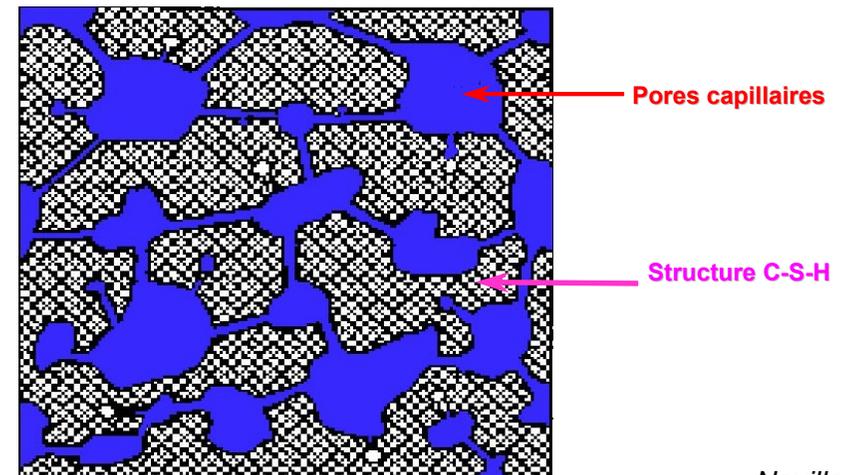


Pour diminuer la perméabilité d'un matériau poreux:

- Diminuer la porosité totale
- Diminuer la connectivité
- Diminuer la taille des pores
- Augmenter la tortuosité

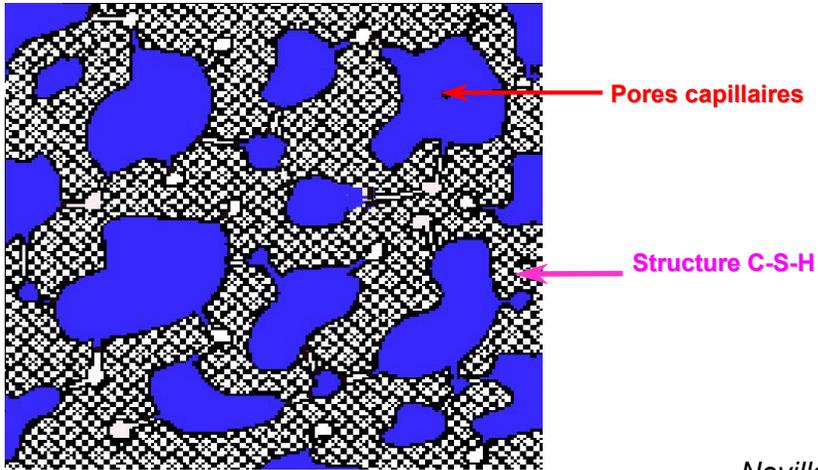
### **Perméabilité élevée**

(Interconnection des pores capillaires)



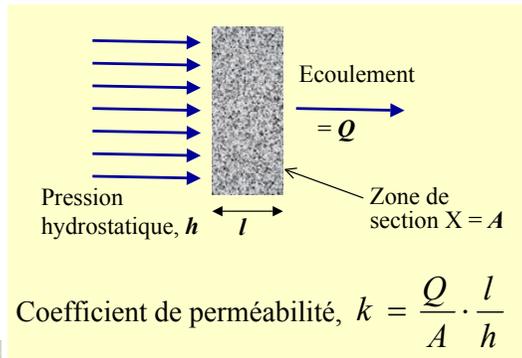
## Faible Perméabilité

Pores capillaires segmentés et partiellement connectés



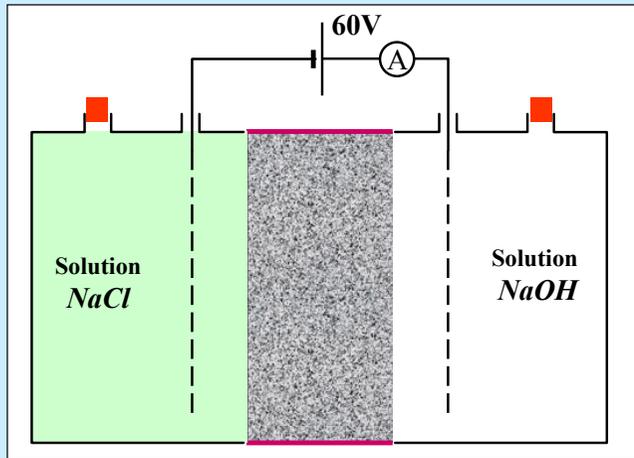
*Neville*

Techniques de mesure



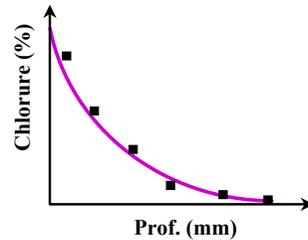
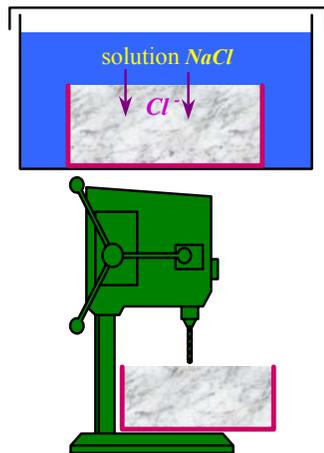
Pas efficace pour bétons avec  $W/C \leq 0.4$

## Test rapide de perméabilité avec chlorures (ASTM C1202)



Est ce que le migration de Cl-  
sou effet de courant est le même  
que sur diffusion toute seul?

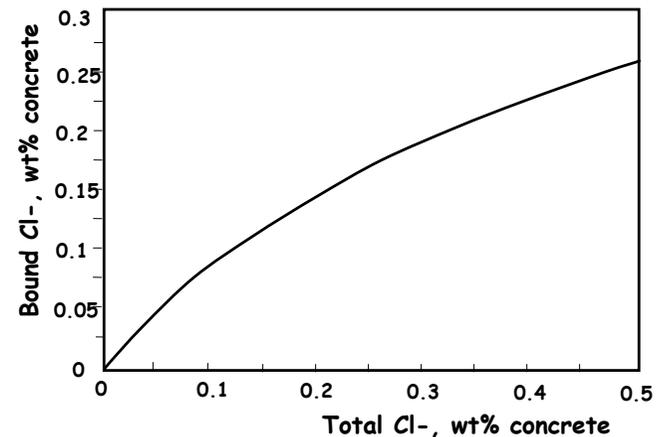
## Test de diffusion par capillarité



$$\frac{C_x}{C_0} = 1 - \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{D_a \cdot t}}\right)$$

$C_0$  et  $D_a$  trouvés par  
ajustement de courbe

Mais il y a un interaction entre  
les ions Cl- et les hydrates



Impact de paramètres du béton

Le plupart du transport se passe par le pâte de ciment

**Donc, pour diminuer la perméabilité, vous devez modifier la pâte.**

Réduction de la quantité de pâte:

- Diminuer le rapport eau / ciment
- Améliorer la composition granulométrique

Améliorer la qualité de la pâte:

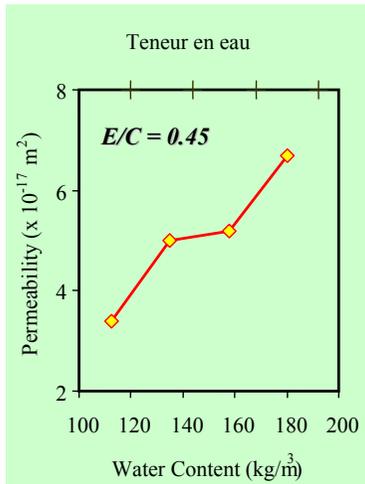
- Diminuer le rapport eau / ciment
- Utiliser SCM's

A dosage en ciment constant,

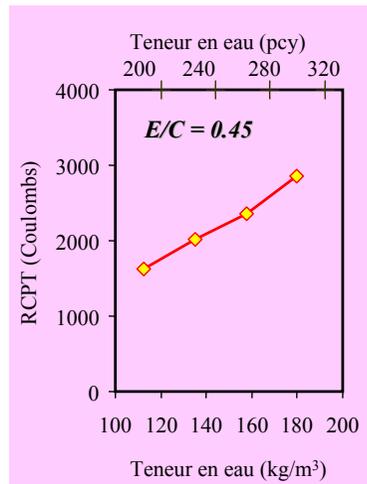
la réduction du rapport  
eau / ciment

diminue la quantité de pâte,  
donc la porosité totale

# Effet de la teneur en eau

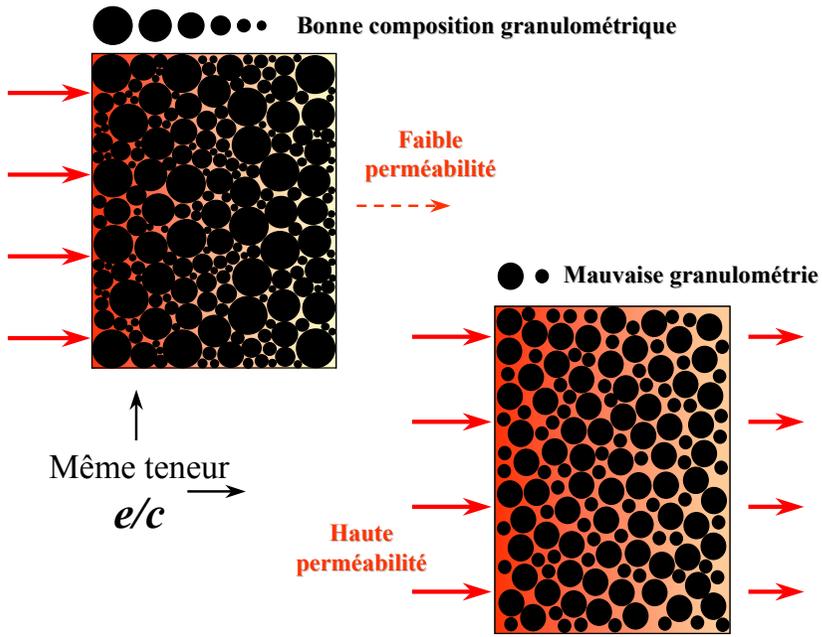


Perméabilité aux gaz



Perméabilité aux "Chlorures"

Améliorer la composition granulométrique réduit le volume de la pâte, et donc la porosité totale.



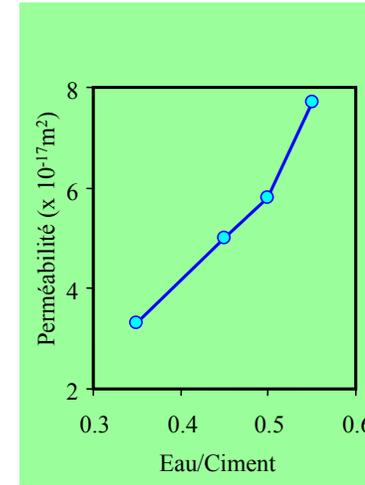
## E/C vs. Teneur en eau

Cement content ( $\text{kg/m}^3$ )	Water Content ( $\text{kg/m}^3$ )			
	W/C =			
	0.35	0.45	0.50	0.55
250	-	113	-	138
300	-	135	150	-
350	-	158	-	-
400	140	180	-	-

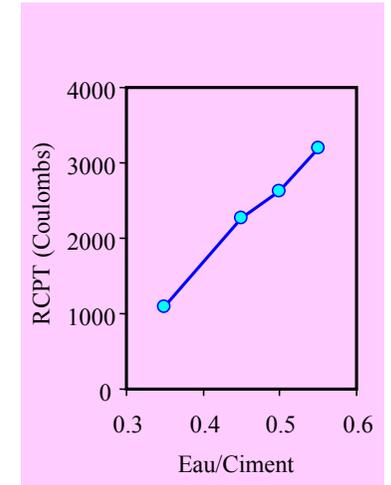
Augmentation du volume de pâte

Une diminution du rapport E/C améliore la qualité de la pâte, réduit la porosité totale, réduit la connectivité, et augmente le resserrement et la tortuosité.

## Effet de E/C

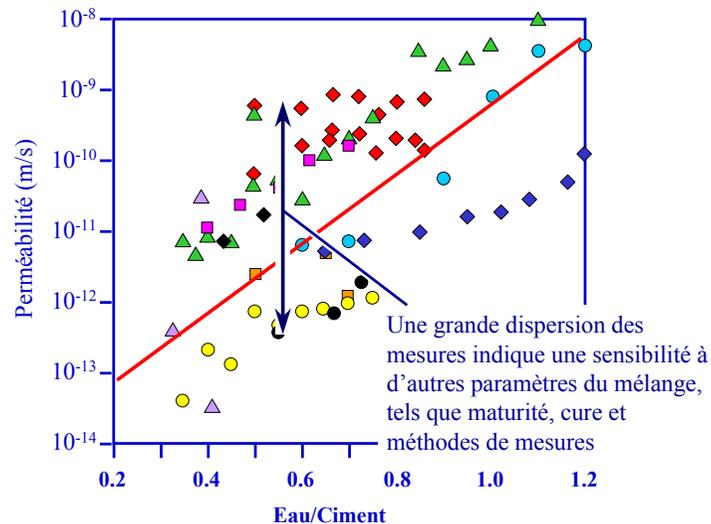


Perméabilité aux Gaz



Perméabilité aux "Chlorures"

### Effet de E/C sur la perméabilité



(Adapté de Hearn et al, 1996)

Aproches au modelisation  
du durée du vie

# Les grandes structures / ouvrages d'art

- Ex. Le tunnel sous la manche
- On veut un durée de vie de 100 ans (par exemple)
- Comment calculé le qualité du béton et epaissier de béton autour des aciers pour atteindre cette durée de vie.

