

# Changements de dimension

**Le béton peut être soumis à des changements de dimension  
– les causes principales pour ces changements sont:**

**CHARGE MÉCANIQUE**  **FLUAGE**

**VARIATION D'HUMIDITÉ  
SECHAGE**

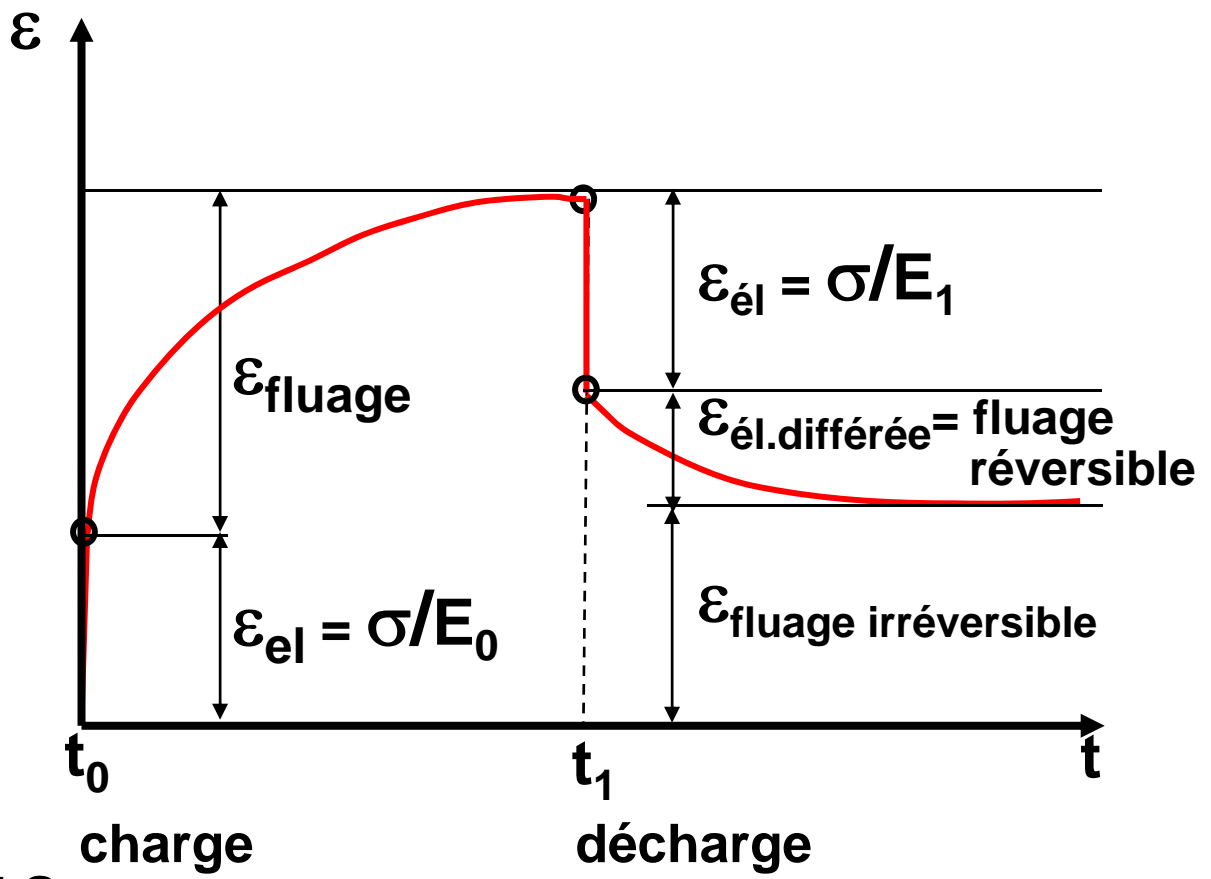
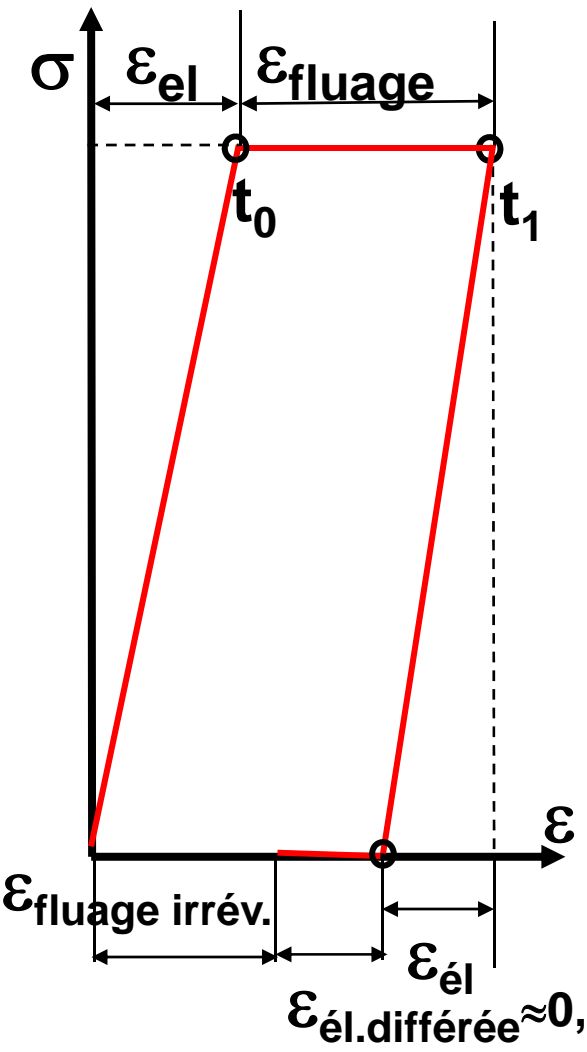
**VARIATION DE TEMPERATURE**

**Ces changements dimensionnels sont à l'origine de la  
fissuration**

**Souvent ces effets interagissent**

# Fluage

Comportement sous une charge  
constante



# Pourquoi tenir compte du fluage ?

- Le fluage peut provoquer des déformations considérables des ouvrages (2 à 3 fois la déformation instantanée en 3 ans).
- Il est la cause principale des pertes de précontrainte dans les éléments structuraux (relaxation).
- Il est à l'origine de l'atténuation des contraintes maximales (relaxation) d'où l'économie de matière.

## Fluage:

Déformation à contrainte constante

## Relaxation:

Diminution de contrainte à déformation constante (restraint)

## Fluage de base (basic creep):

Sans échange d'eau avec l'environnement (sans séchage)

# Mécanisme:

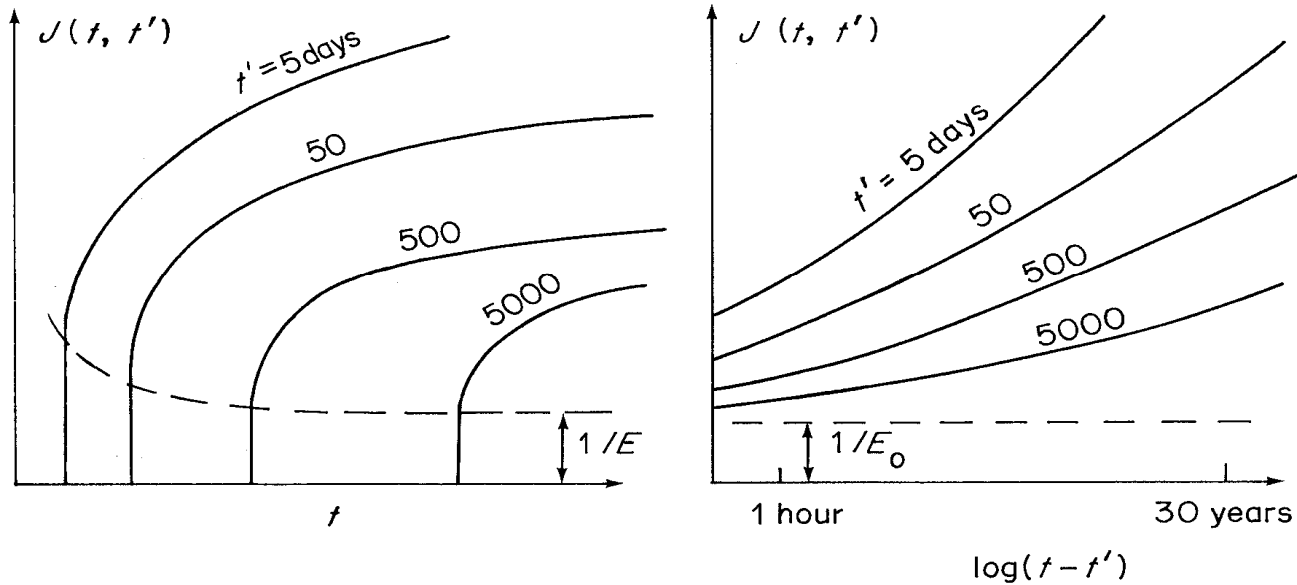
L'origine du fluage est dans la pâte de ciment.

Le mécanisme exact n'est pas connu

Le rôle de l'eau est très important

On pense que l'eau "lubrifie" les contacts entre les hydrates

# L'importance de l'âge à la mise en charge



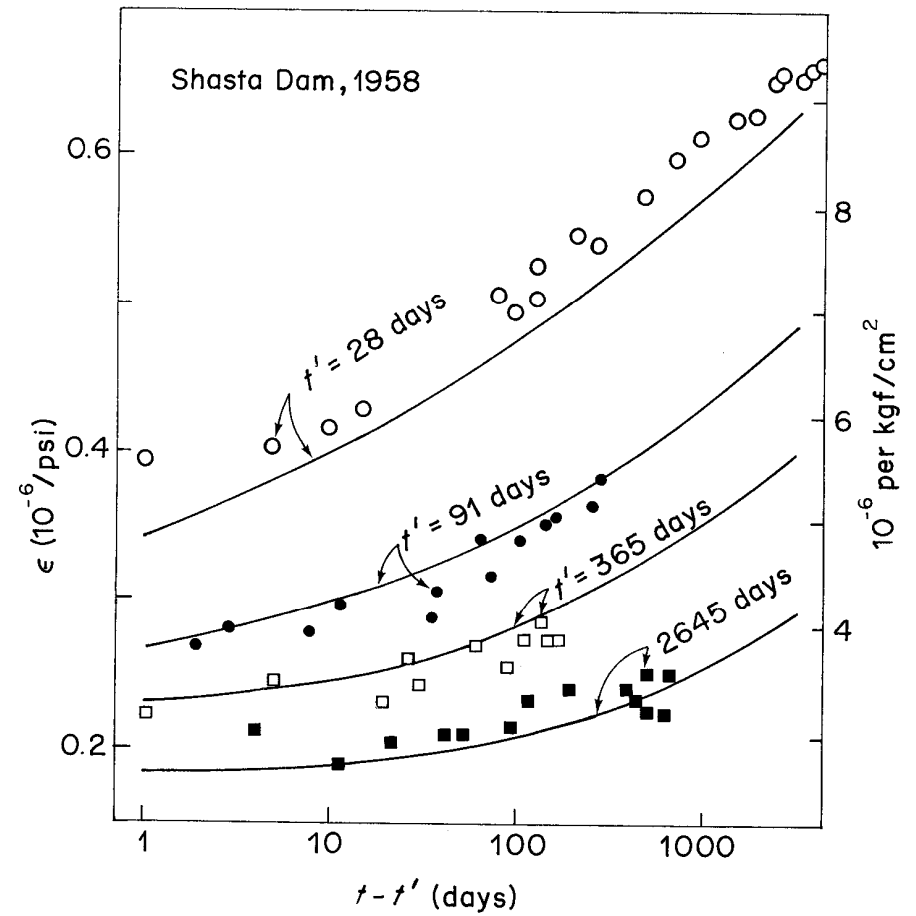
$$J(t, t') = \frac{\varepsilon(t, t')}{\sigma_0} \quad : \text{ fonction fluage = déformation par unité de charge}$$

$t'$  : l'âge à la mise en charge

$\sigma_0$  : charge constante



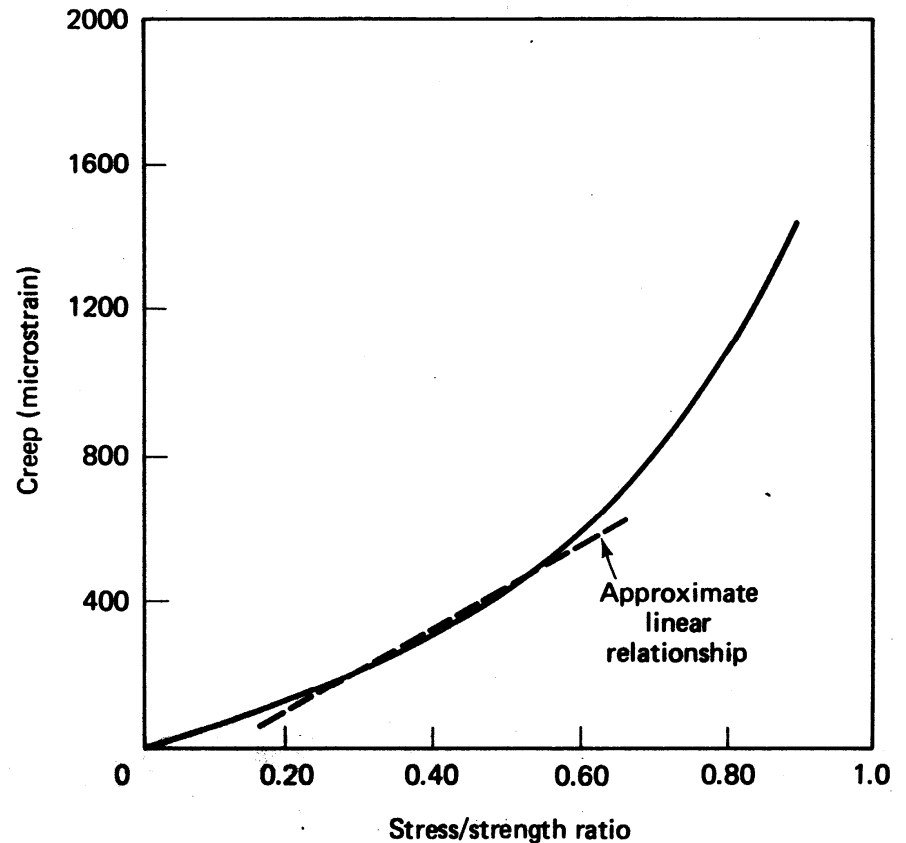
# Fluage à long terme



# Observations importantes :

- La partie instantanée dépend de l'âge à la mise en charge: vieillissement;
- La vitesse de fluage diminue avec le temps;
- Mais le fluage de base n'est pas asymptotique, il est illimité;
- Dans la pratique on prend une asymptote fictive, ex: après 1 ou 3ans

Pour la gamme de  
contrainte  
normale d'utilisation  
-  $\sigma < \sim 0,4R_c$   
La relation entre la  
déformation en fluage  
( $\epsilon_{fl}$ ) et la contrainte  
relative ( $\sigma / f_c'$ ) est  
presque linéaire



# Coefficient de fluage

$$\varepsilon_{\text{él}} + \varepsilon_{\text{fl}} = \varepsilon_{\text{él}} (1 + \varphi)$$

Coefficient de fluage



$$\varphi = \frac{\varepsilon_{\text{fl}}}{\varepsilon_{\text{él}}}$$

# Valeurs typiques:

«  $\varphi_{\infty}$  » coefficient de fluage final

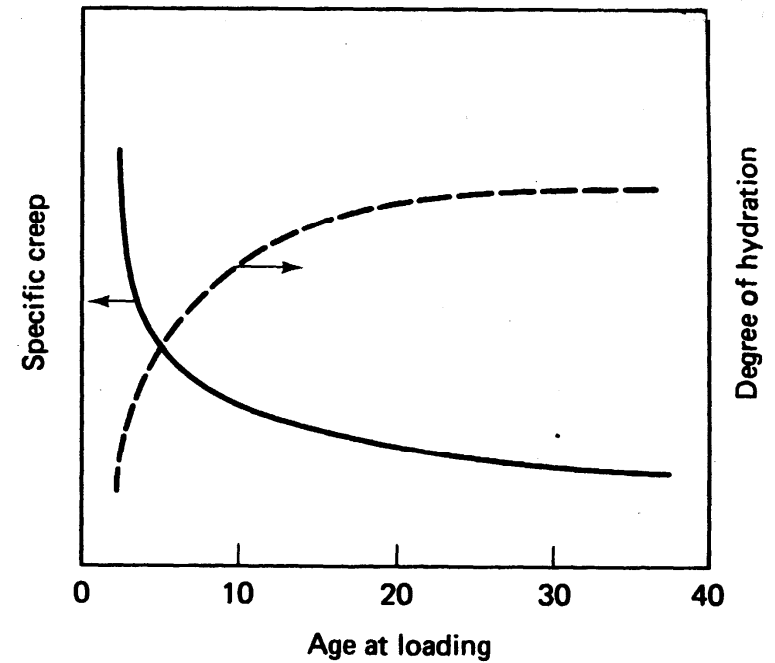
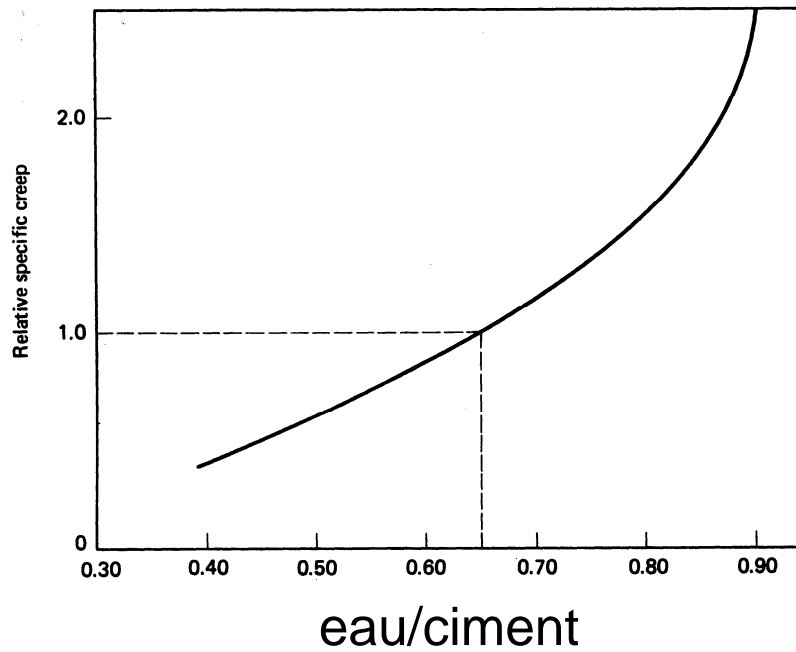
Age lors de l'application de la charge	à l'air humide	à l'air sec
7 jours	2,8	3,5
14 jours	2,4	3,0
28 jours	2,0	2,5
90 jours	1,5	2,0

$$\varphi_{28j} = 0,4 \varphi_{\infty}$$

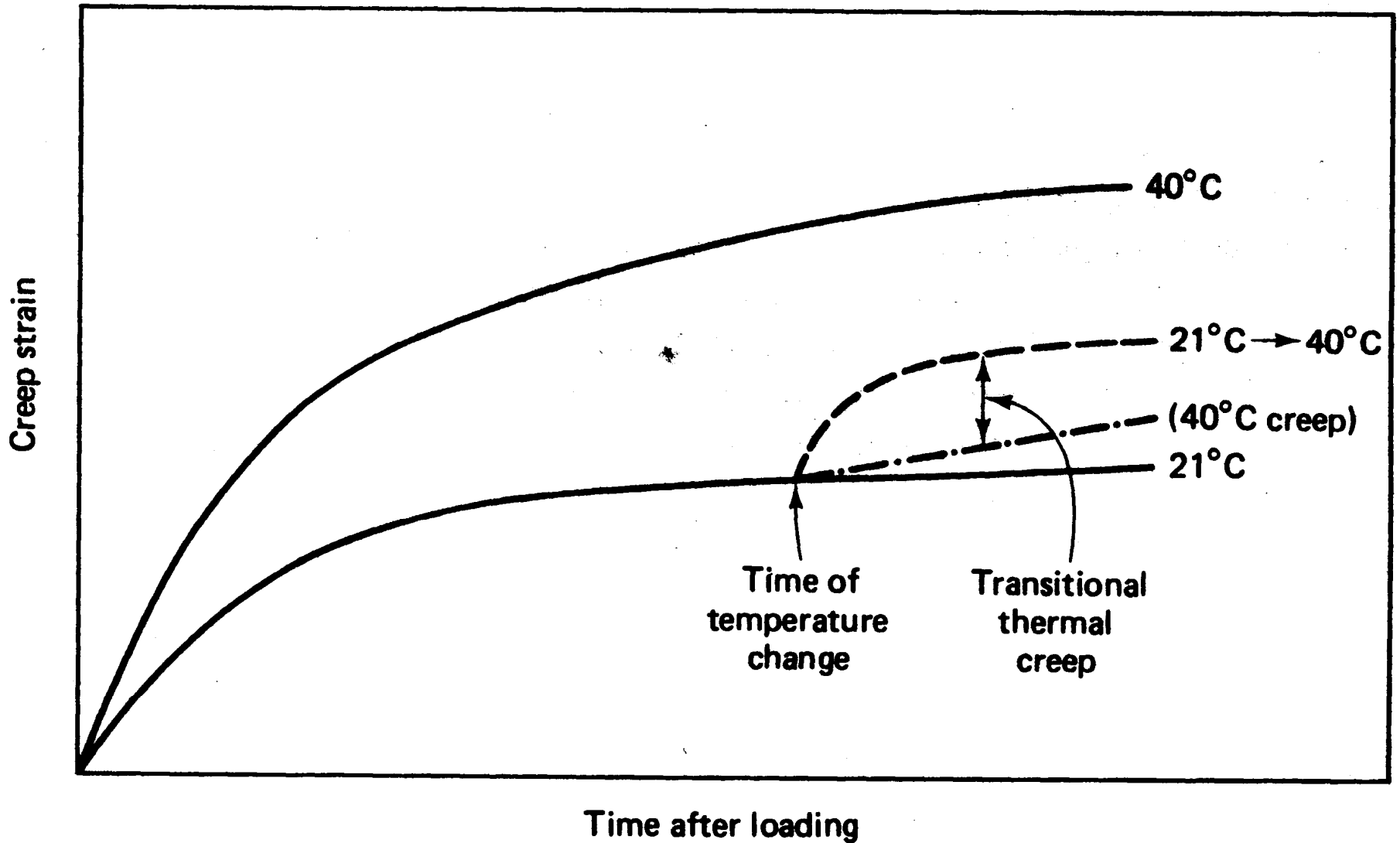
$$\varphi_{90j} = 0,6 \varphi_{\infty}$$

$$\varphi_{365j} = 0,8 \varphi_{\infty}$$

# Effet des paramètres

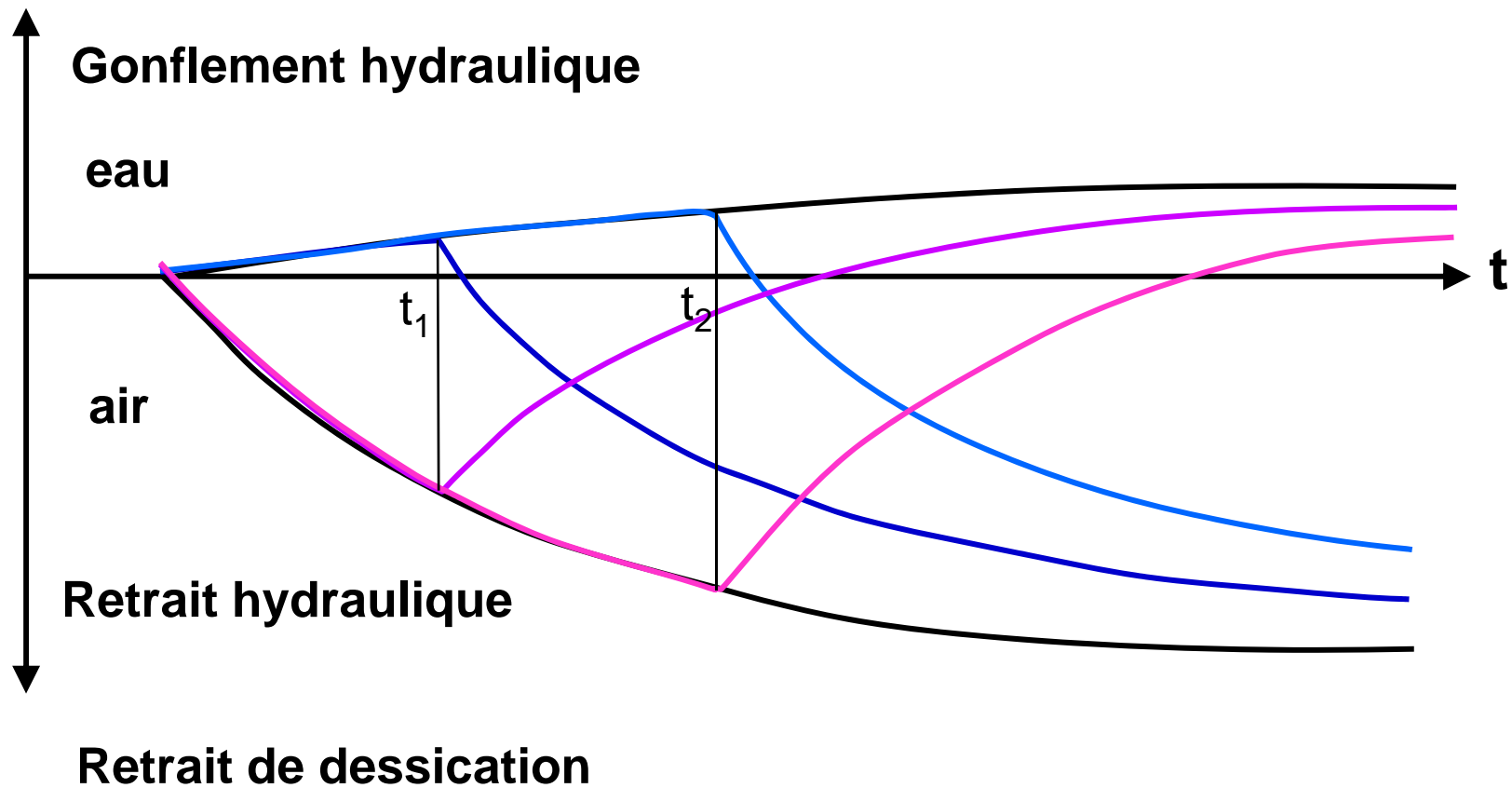


# Effet des paramètres



Effet de l'humidité





# Dimensional variations

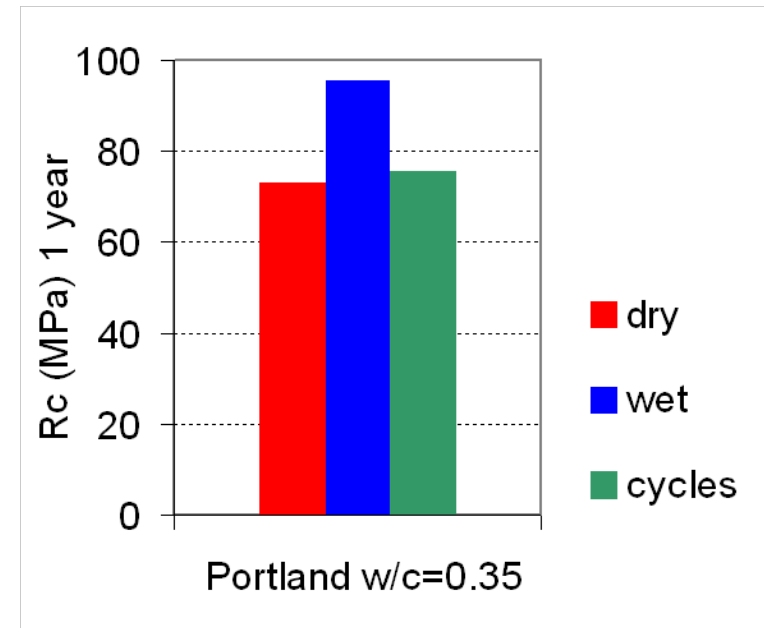
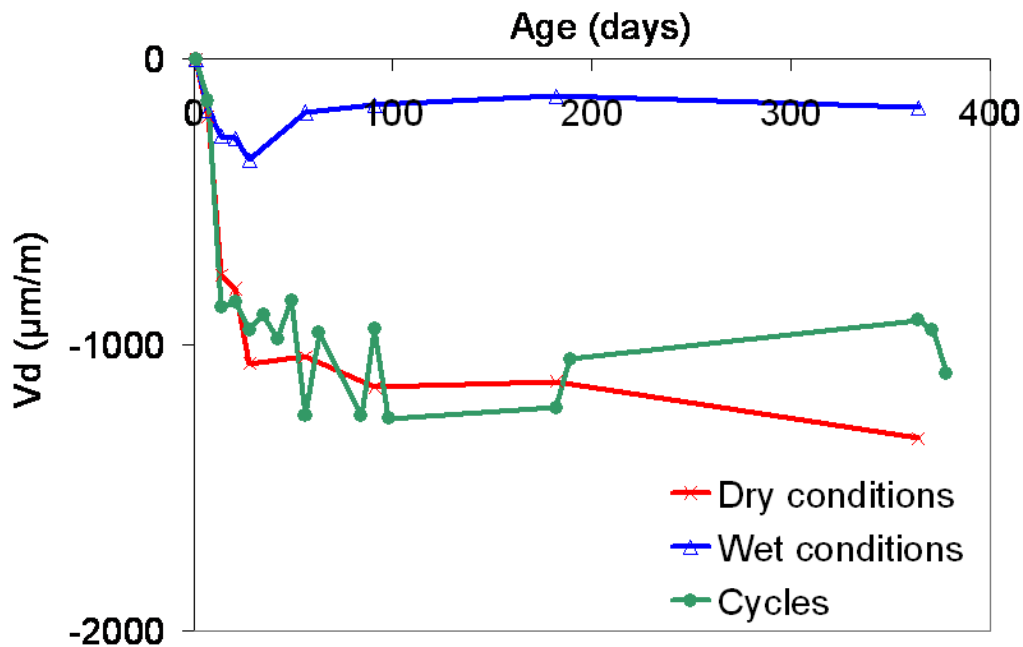
System with  $w/c = 0.35$

3 storages:

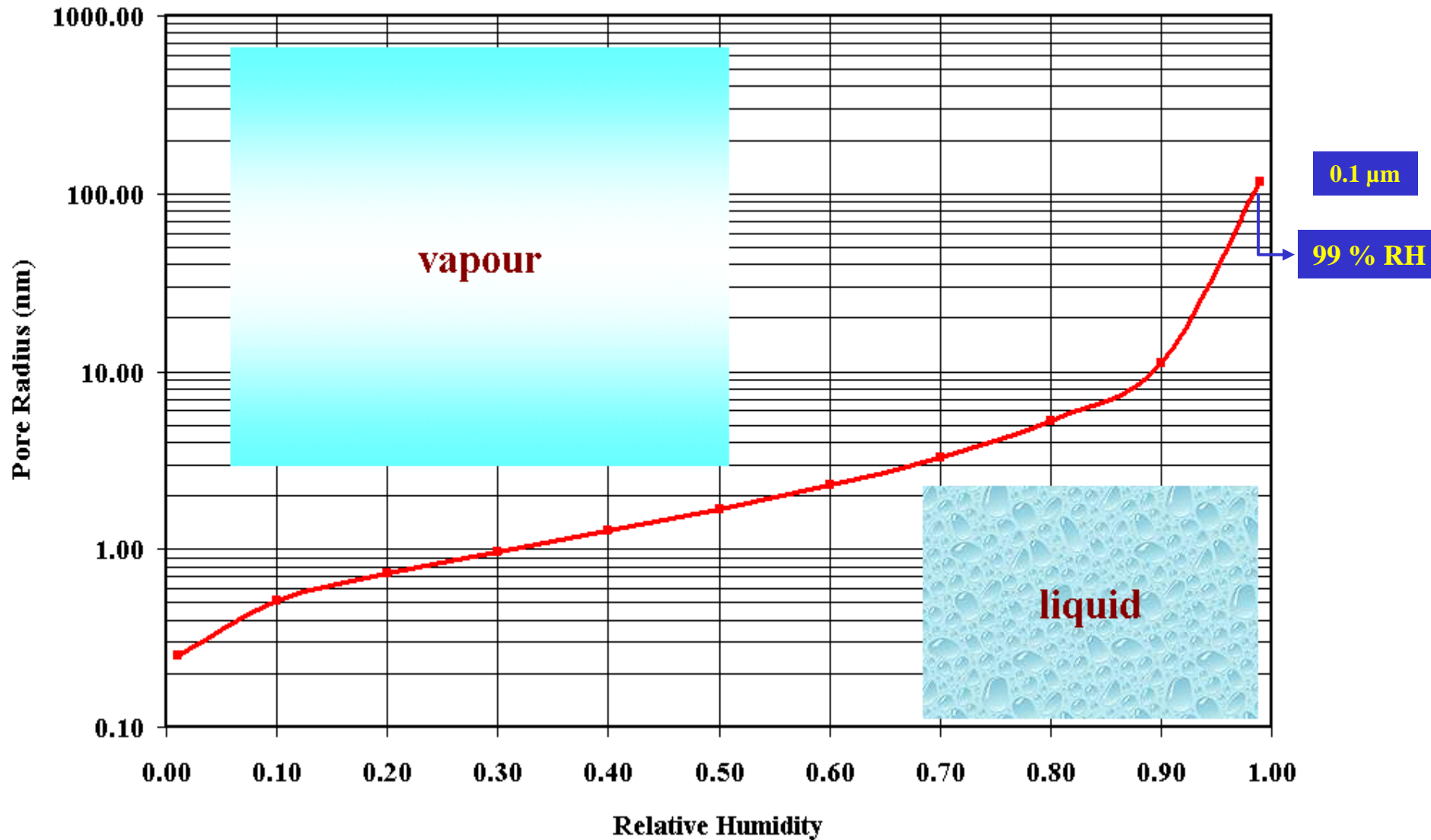
Dry conditions: 50% RH, 20°C

Wet conditions: Under water, 20°C

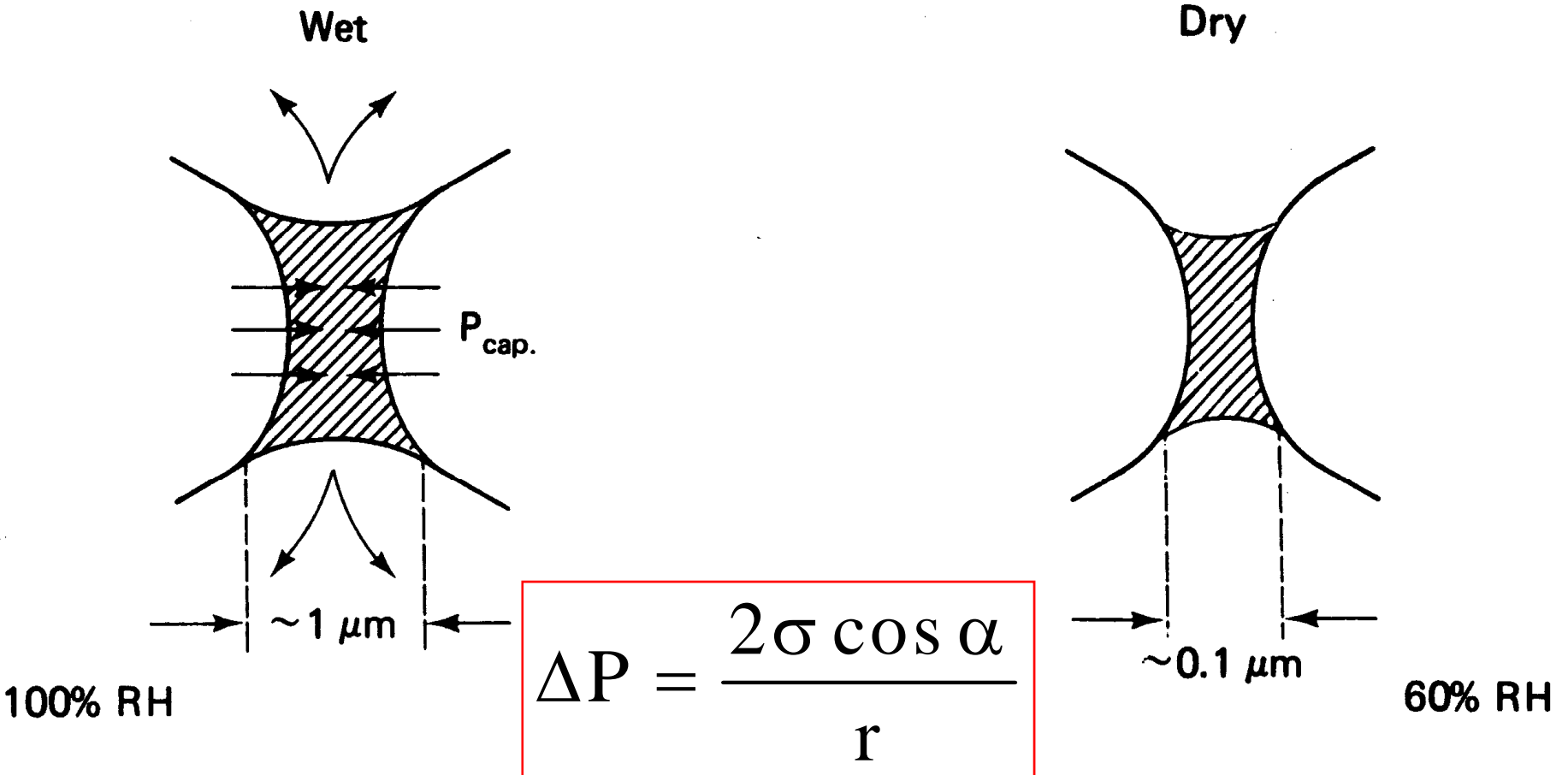
Cycles: one week 50% RH, 50°C / one week 90% RH, 20°C



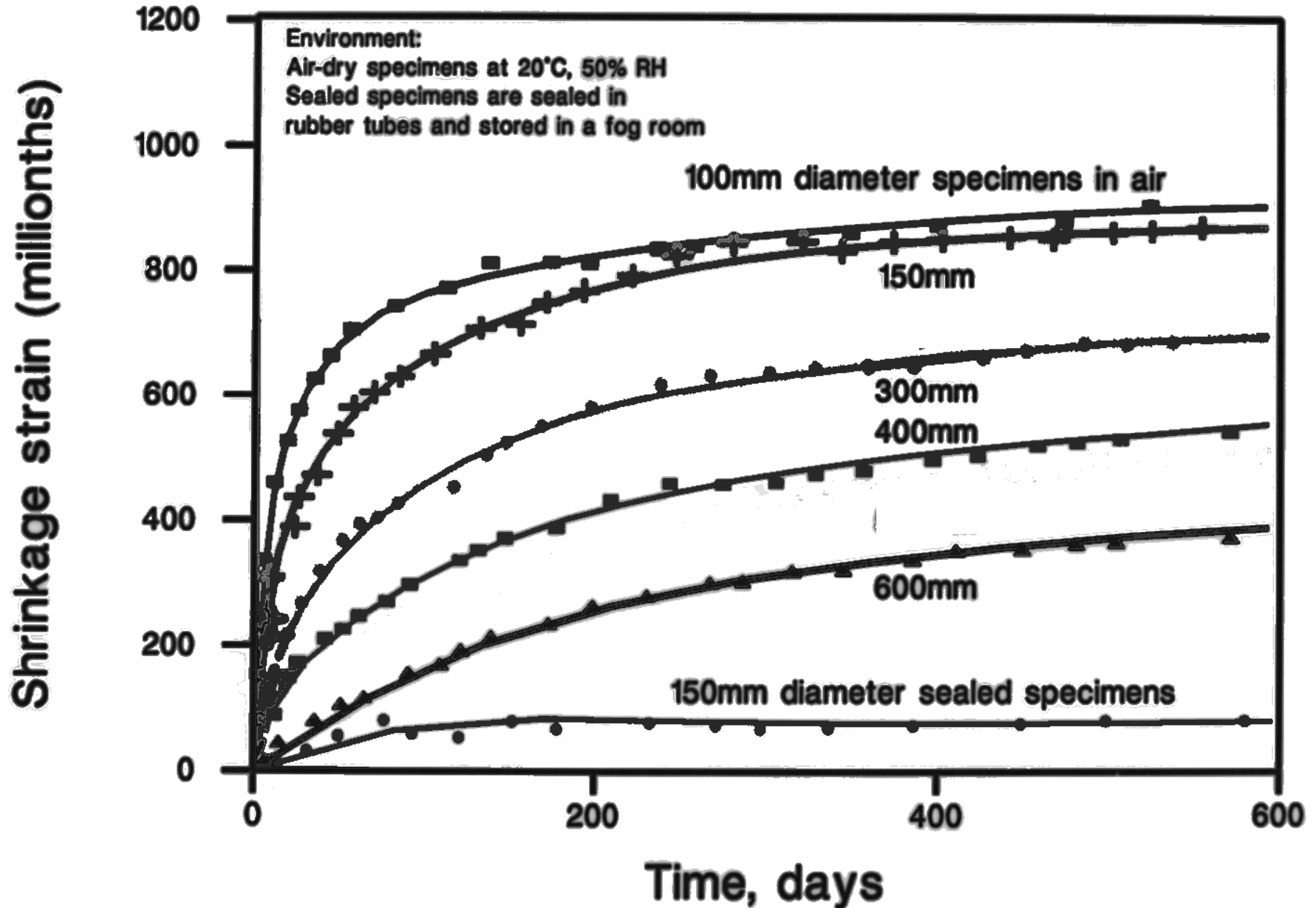
$$R_{pK} = -\rho_l \cdot \frac{M}{RT} \cdot (2 \cdot \sigma(T) \cdot \cos \beta) \cdot \frac{1}{\text{Ln}(\text{HR})}$$



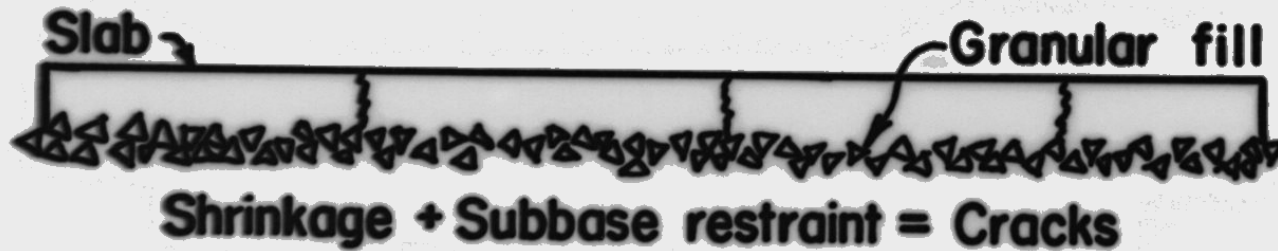
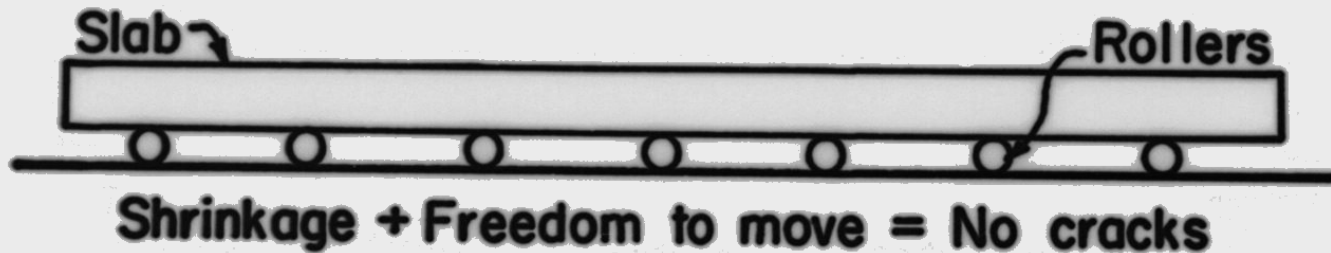
# L'origine du retrait de dessiccation



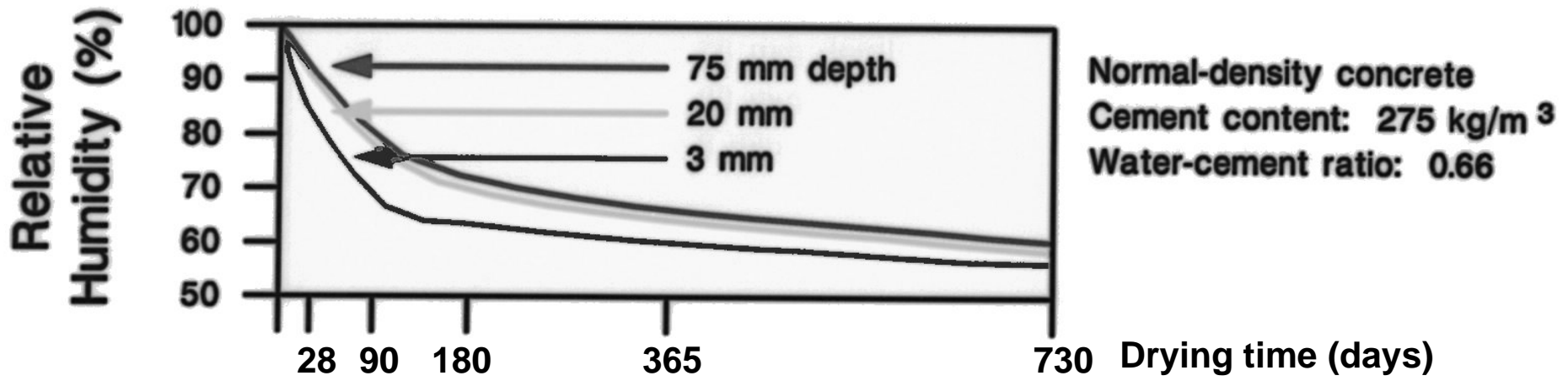
# SHRINKAGE AND SIZE



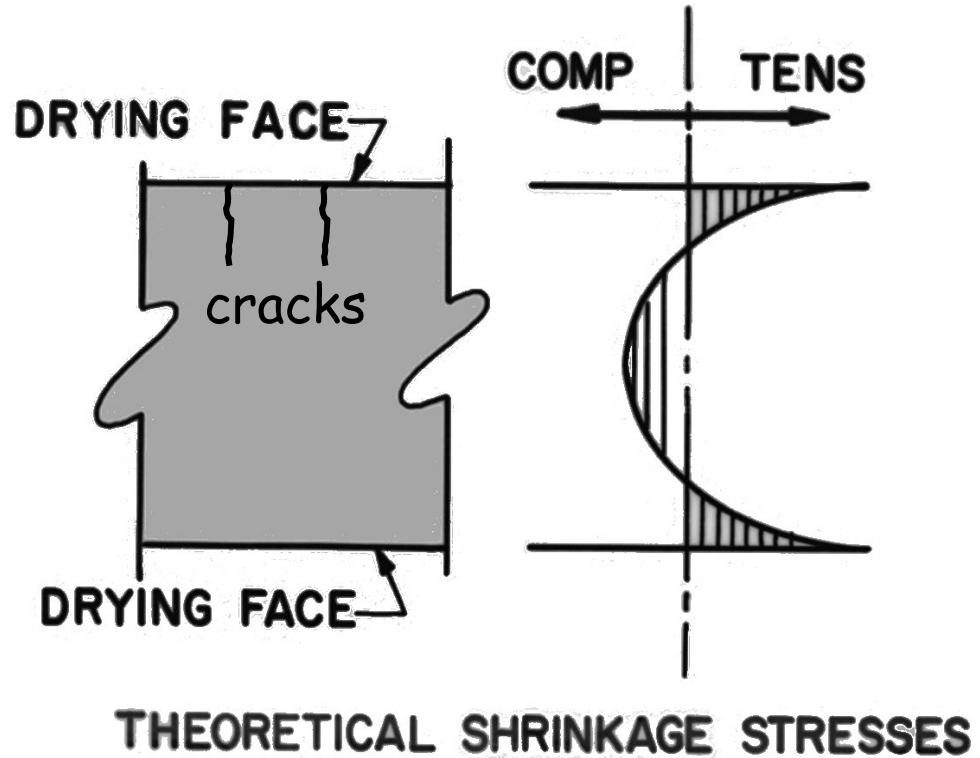
# SHRINKAGE AND CRACKING



Les changements de volume sans restrictions ne provoqueraient pas de rupture !



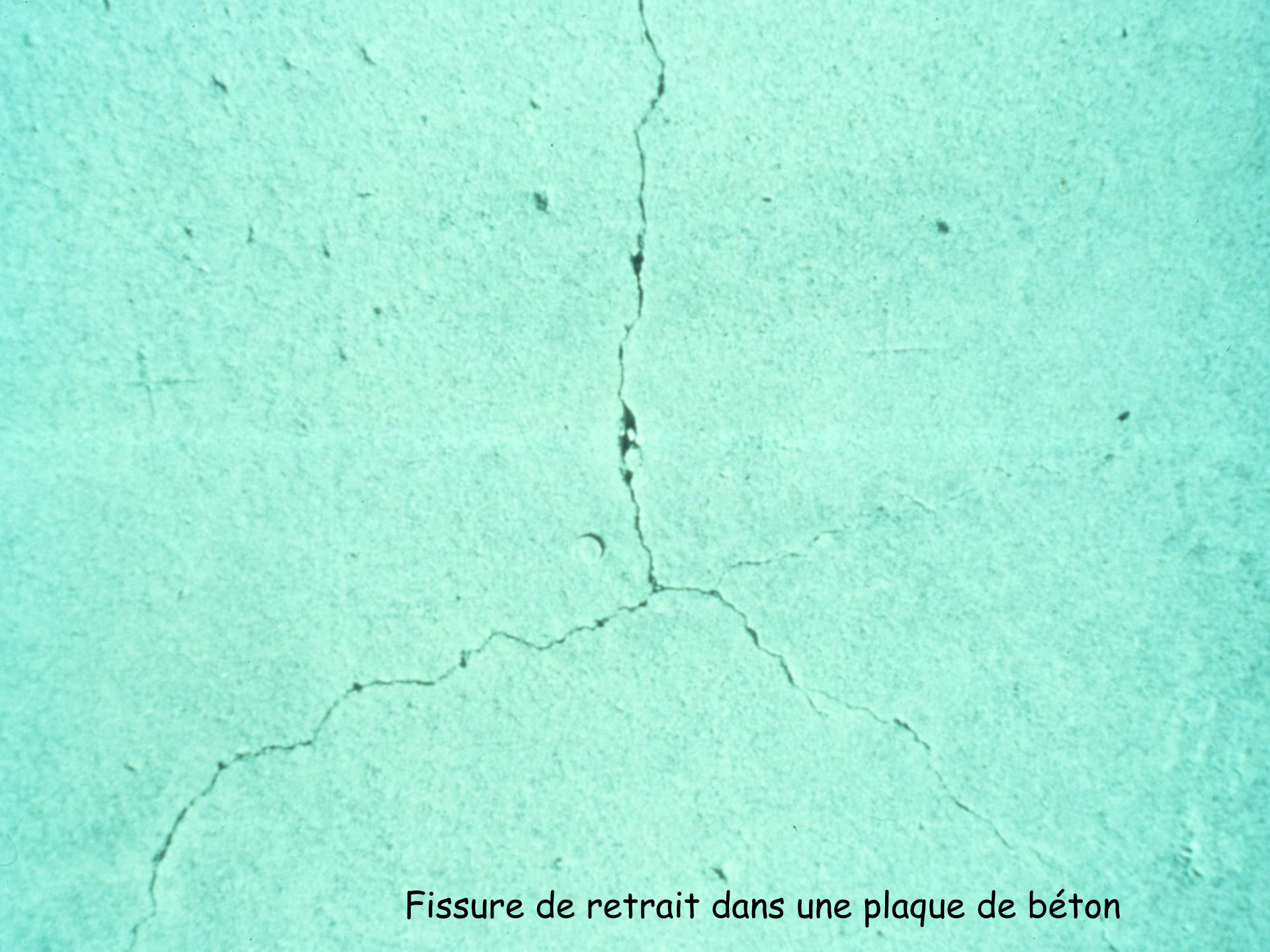
Le béton ne sèche pas uniformément, l'eau s'évapore d'abord à la surface. Le retrait de la surface est empêché par le béton du cœur et il en résulte des tractions à la surface





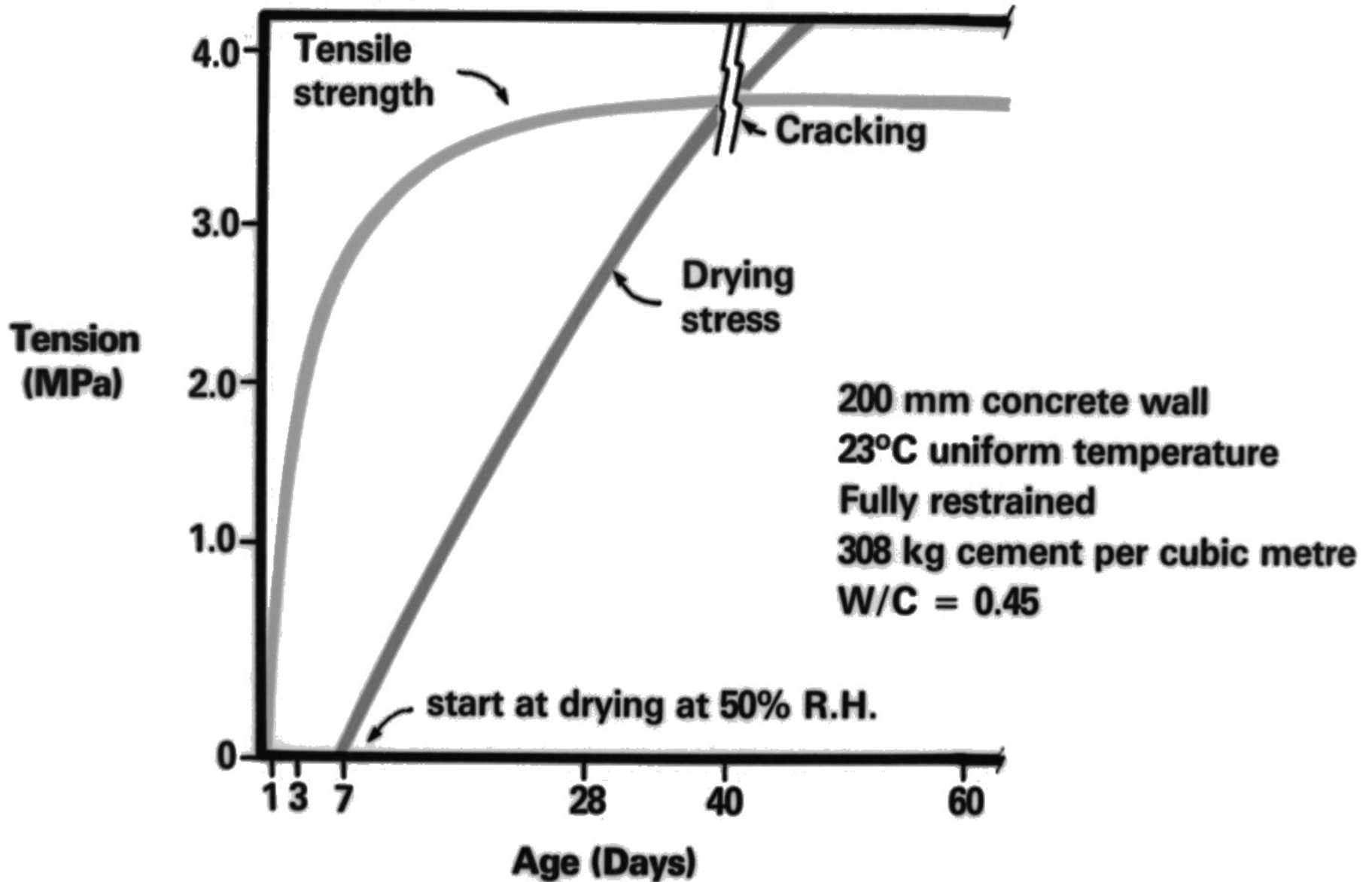




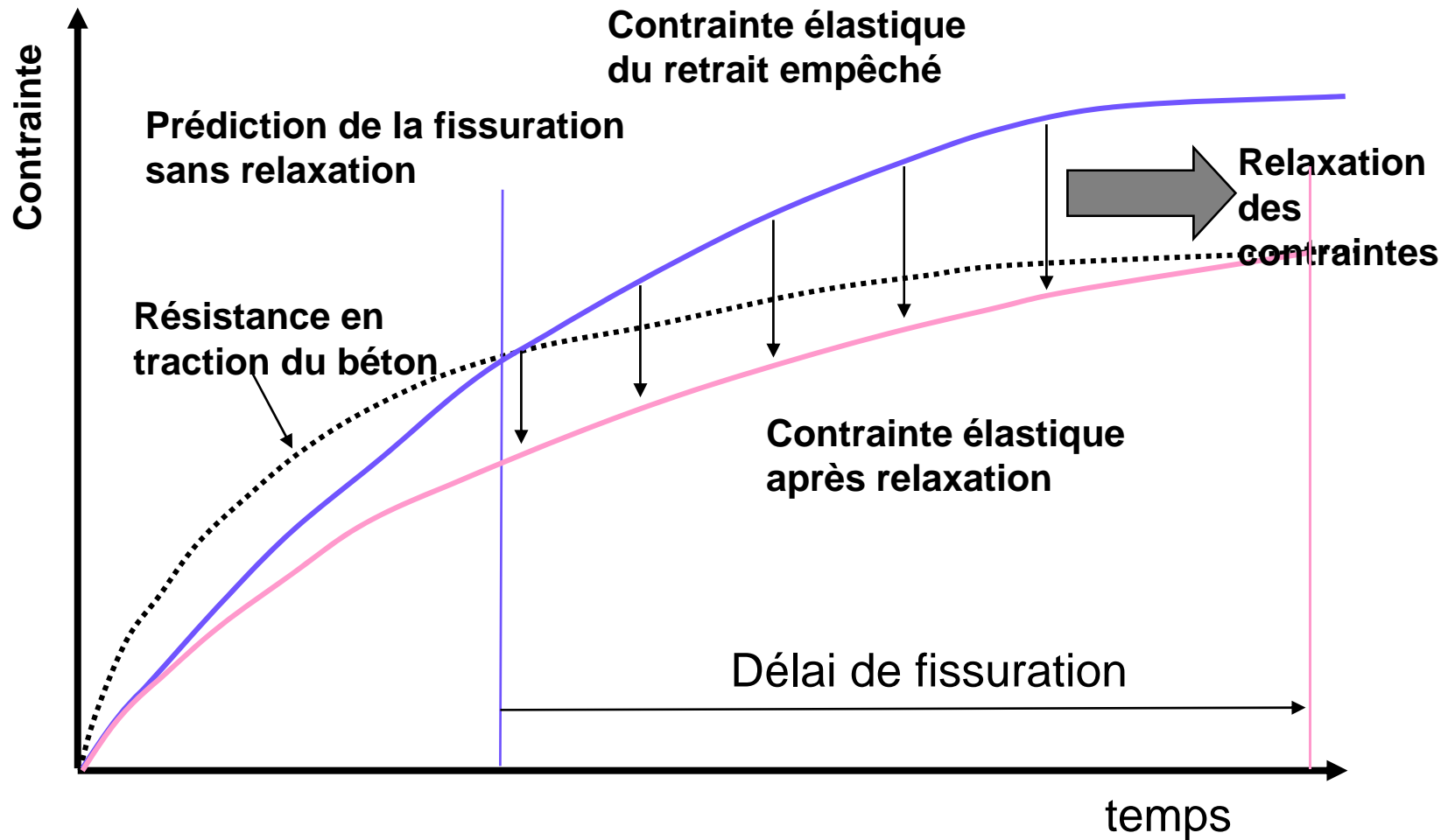


Fissure de retrait dans une plaque de béton

# CONCRETE CRACKING



# La relaxation peut mitiger les effets de retrait



La quantité de retrait qui peut se produire dans un béton de ciment Portland normal s'étend jusqu'à environ 0,8 ‰ (800 microstrain or 0.0008 strain) (normalement ~0,5 ‰). Cela dépend de:

- Conditions de séchage
  - Humidité relative
  - Température
  - Vitesse du vent
- Taille du spécimen
  - Les spécimens plus grands ont un retrait plus lent
- Cure d'hydratation avant séchage
  - Un béton bien hydraté a moins de retrait
- Proportions du mélange de béton
  - Eau
  - Volume des Granulats
  - E/C

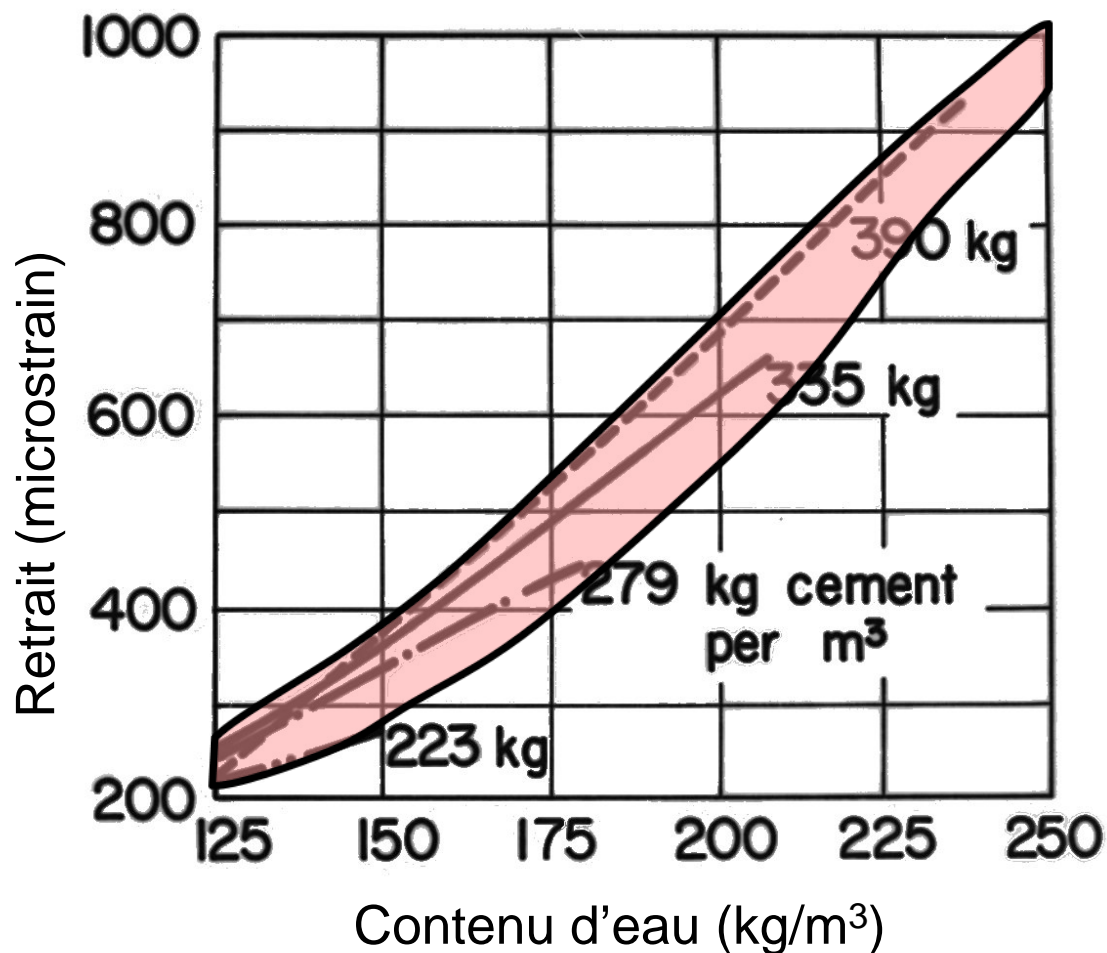


# Contrôle du retrait de séchage

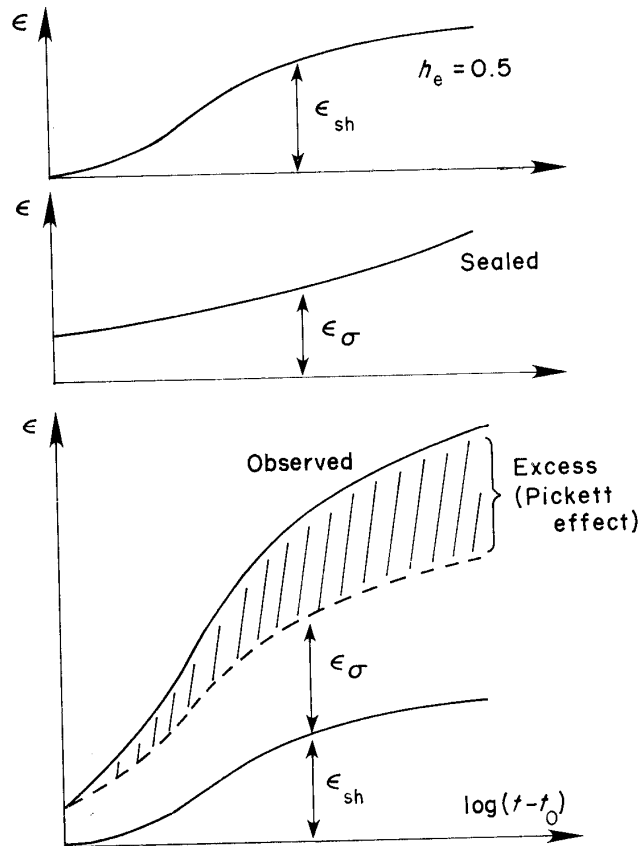
La quantité d'eau joue un rôle très important au niveau du retrait.

La réduction de la quantité d'eau totale par adjonction de produits chimiques (ex. réducteurs d'eaux ou super-fluidifiants) ou par le choix d'une courbe granulométrique appropriée permet de

réduire de manière significative le retrait de séchage. L'utilisation de granulats bien arrondis avec une gamme granulométrique étendue au maximum permet de réduire la teneur en eau.



# Mais l'effet de retrait avec le fluage (en compression) est plus grand que la somme des deux séparés



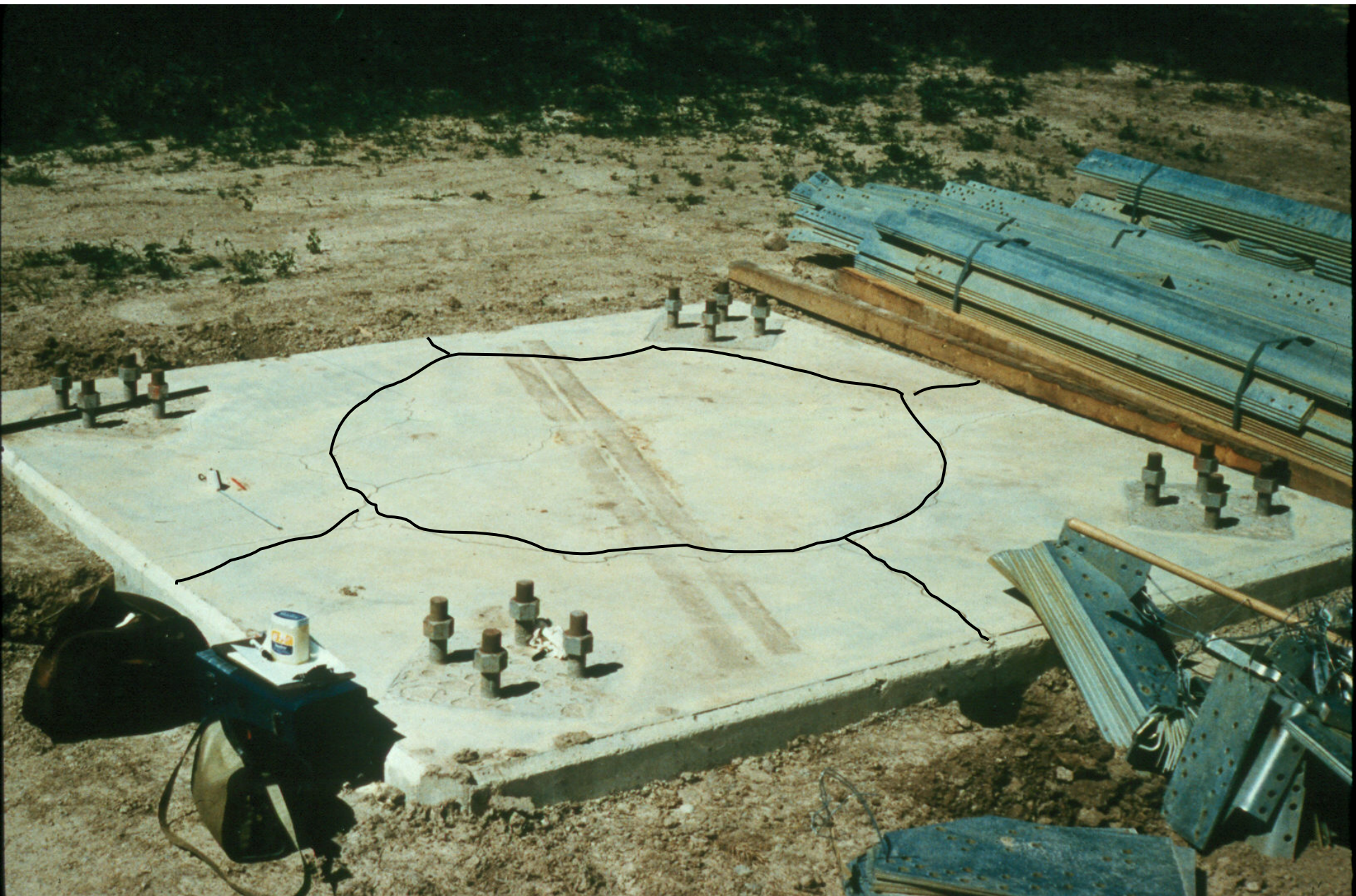
- La charge du fluage peut accélérer le séchage; donc le retrait.
- Les contraintes induites par le séchage comme charges supplémentaires peuvent accélérer le fluage.
- A distinguer :
  - fluage total
  - fluage de base

Effet de la température

- **L'hydratation du ciment génère de la chaleur**
- **Le béton (comme la plupart des matériaux) gonfle quand la température augmente et diminue en volume quand elle diminue.**
- **Les effets de température peuvent poser problème dans les structures massives (au cœur desquelles les hausses de température sont significatives).**
- **Les régions proches de la surface; refroidissent plus vite, sont soumises au retrait qui est empêché par le cœur, et par conséquent sont vulnérables à la fissuration.**







# Un Exemple

Coefficient thermique d'expansion,  $\alpha = 10^{-5}$  par °C

$\Delta T$ (dû à l'hydratation) = 15 °C

$$\varepsilon = \alpha \Delta T = 1.5 \times 10^{-4}$$

$$E = 20 \text{ GPa}$$

$$\sigma = E\varepsilon = 3 \text{ MPa} \quad > f_t$$

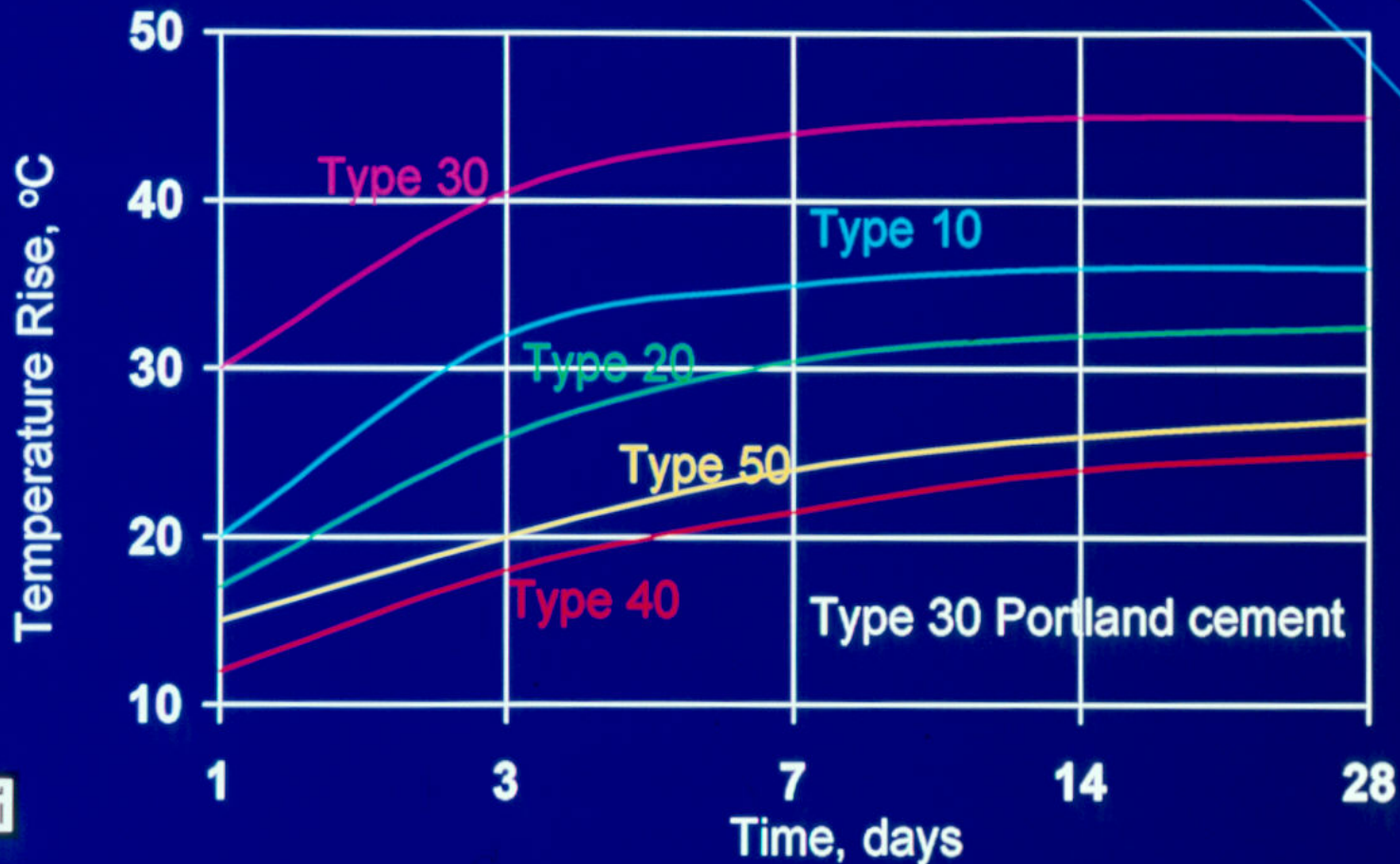
Mais il y a relaxation – il faut éviter que  $\Delta T > 20^\circ\text{C}$

Il y a plusieurs façons de réduire le gradient thermique:

- Réduire la température du béton frais (ex. eau glacé)
- Utiliser les pouzzolanes ou fillers
- Réduire le contenu du ciment
- Réduire la masse du béton, produit à la fois
- Installer des tuyaux pour refroidir les masses
- Isolation du coffrage (réduire le gradient de grands éléments)
- Coffrage en métaux (évacuation de la chaleur pour les petits éléments)
- Utilisation d'un ciment à basse chaleur d'hydratation



# TEMPERATURE RISE FOR MASS CONCRETE AND CEMENT TYPE



# Interaction des effets du séchage, des charges mécaniques, et de la température

