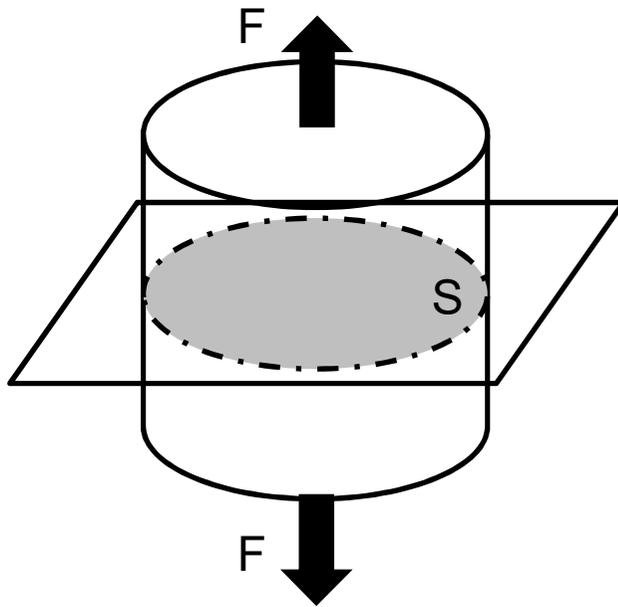


# Principales propriétés des matériaux

---

- Propriétés mécaniques
  - essai de traction



**Contrainte** :  $\sigma = \frac{F}{S}$

Définition

Techniques de mesure

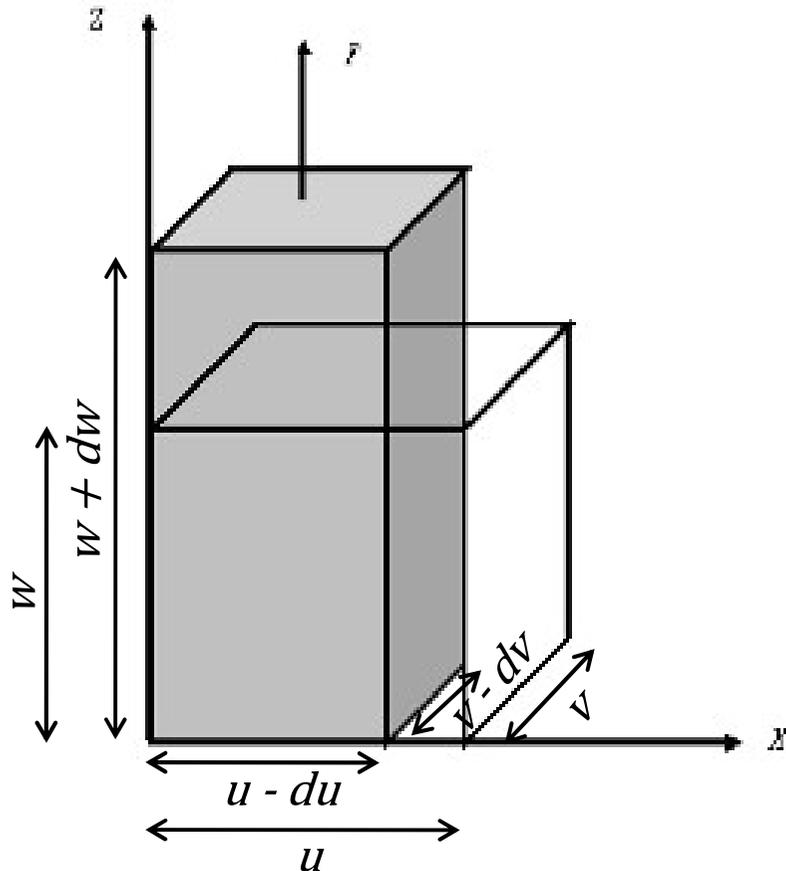
Classement famille matériaux

# Principales propriétés des matériaux

- Propriétés mécaniques
  - essai de traction

**Déformation :**

$$\varepsilon_x = \frac{du}{u} ; \varepsilon_y = \frac{dv}{v} ; \varepsilon_z = \frac{dw}{w}$$



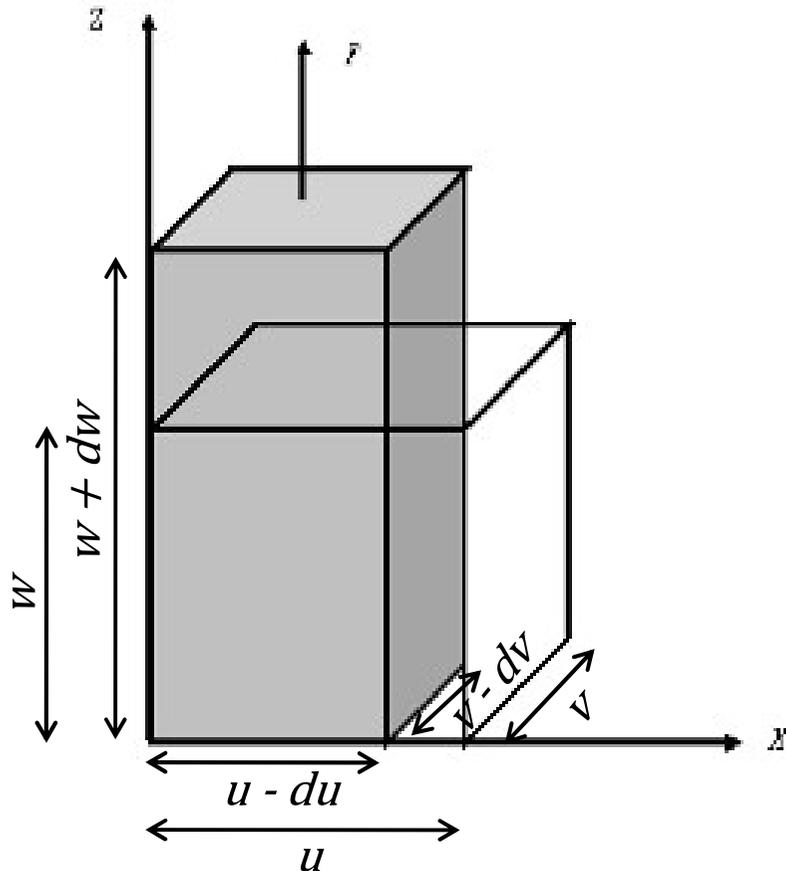
Définition

Techniques de mesure

Classement famille matériaux

# Principales propriétés des matériaux

- Propriétés mécaniques
  - essai de traction



**Déformation :**

$$\varepsilon_x = \frac{du}{u} ; \varepsilon_y = \frac{dv}{v} ; \varepsilon_z = \frac{dw}{w}$$

En traction simple :  $\sigma_x = \sigma_y = 0$

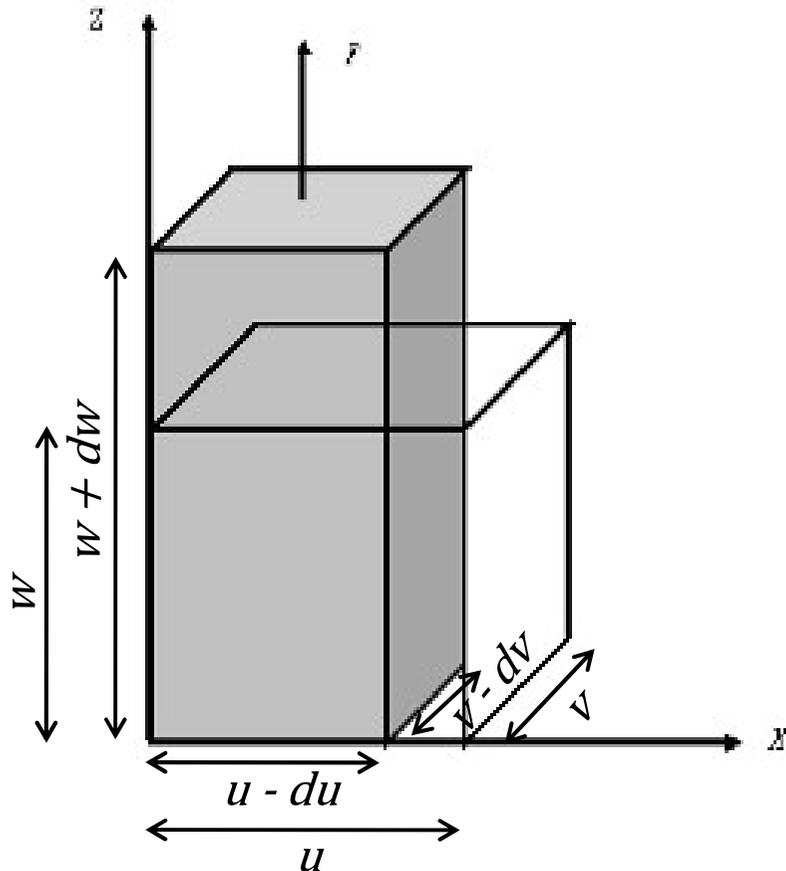
**MAIS**  $\varepsilon_x$  et  $\varepsilon_y \neq 0$

$$\varepsilon_z = -\frac{\varepsilon_x}{\nu} = -\frac{\varepsilon_y}{\nu}$$

avec  $\nu$  : **coefficient de Poisson**

# Principales propriétés des matériaux

- Propriétés mécaniques
  - essai de traction



**Déformation :**

$$\varepsilon_x = \frac{du}{u} ; \varepsilon_y = \frac{dv}{v} ; \varepsilon_z = \frac{dw}{w}$$

En traction simple :  $\sigma_x = \sigma_y = 0$

**MAIS**  $\varepsilon_x$  et  $\varepsilon_y \neq 0$

$$\varepsilon_z = -\frac{\varepsilon_x}{\nu} = -\frac{\varepsilon_y}{\nu}$$

avec  $\nu$  : **coefficient de Poisson**

Loi de Hooke :  $E = \frac{\sigma_z}{\varepsilon_z}$

avec **E** : **module d'Young ou module d'élasticité**

# Principales propriétés des matériaux

- Propriétés mécaniques
  - essai de traction

**Déformation :**

$$\varepsilon_x = \frac{du}{u} ; \varepsilon_y = \frac{dv}{v} ; \varepsilon_z = \frac{dw}{w}$$

En traction simple :  $\sigma_x = \sigma_y = 0$

**MAIS**  $\varepsilon_x$  et  $\varepsilon_y \neq 0$

$$\varepsilon_z = -\frac{\varepsilon_x}{\nu} = -\frac{\varepsilon_y}{\nu}$$

**G : module de Coulomb**

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

avec  $\nu$  : **coefficient de Poisson**

Loi de Hooke :  $E = \frac{\sigma_z}{\varepsilon_z}$

avec **E** : **module d'Young ou module d'élasticité**

Définition

Techniques de mesure

Classement famille matériaux

# Principales propriétés des matériaux

## ➤ Propriétés mécaniques

- essai de traction  $\Rightarrow$  on impose une force et on mesure un allongement



*Eprouvettes de traction standardisées*

Définition

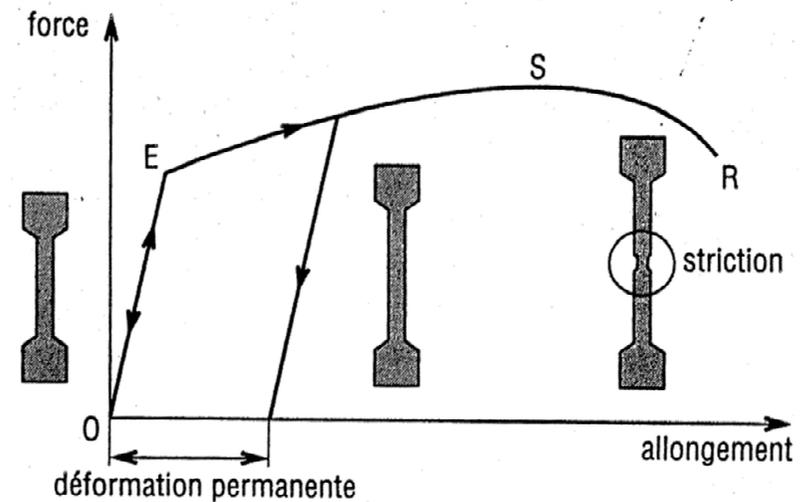
Techniques de mesure

Classement famille matériaux

# Principales propriétés des matériaux

## ➤ Propriétés mécaniques

- essai de traction  $\Rightarrow$  on impose une force et on mesure un allongement



OE = zone de déformation élastique  
ESR = zone de déformation plastique  
SR = déformation localisée appelée striction

Définition

Techniques de mesure

Classement famille matériaux

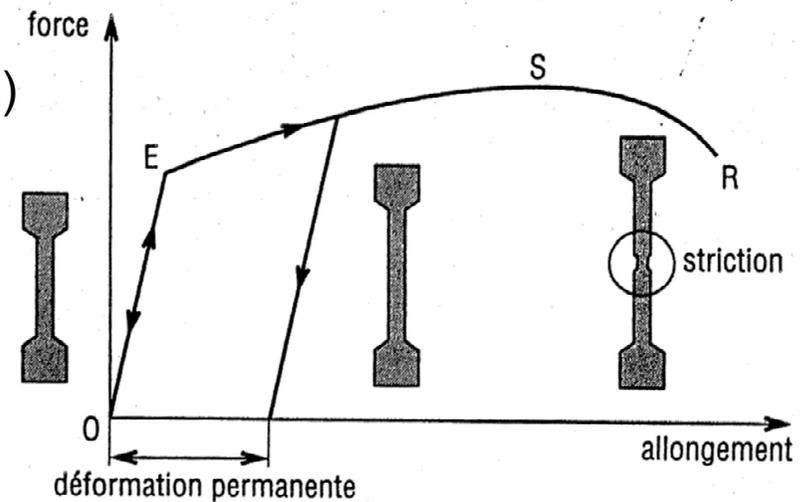
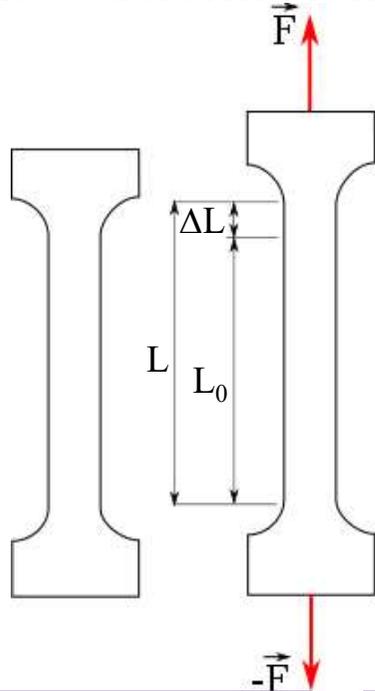
# Principales propriétés des matériaux

## ➤ Propriétés mécaniques

- essai de traction  $\Rightarrow$  on impose une force et on mesure un allongement

force  $\rightarrow$  **contrainte** :  $\sigma = F/S$  (en  $\text{N.m}^{-2} = \text{Pa}$ )  
avec  $S$  : section de l'éprouvette

allongement  $\rightarrow$  **déformation** :  $\varepsilon = \Delta L/L_0$  (en %)



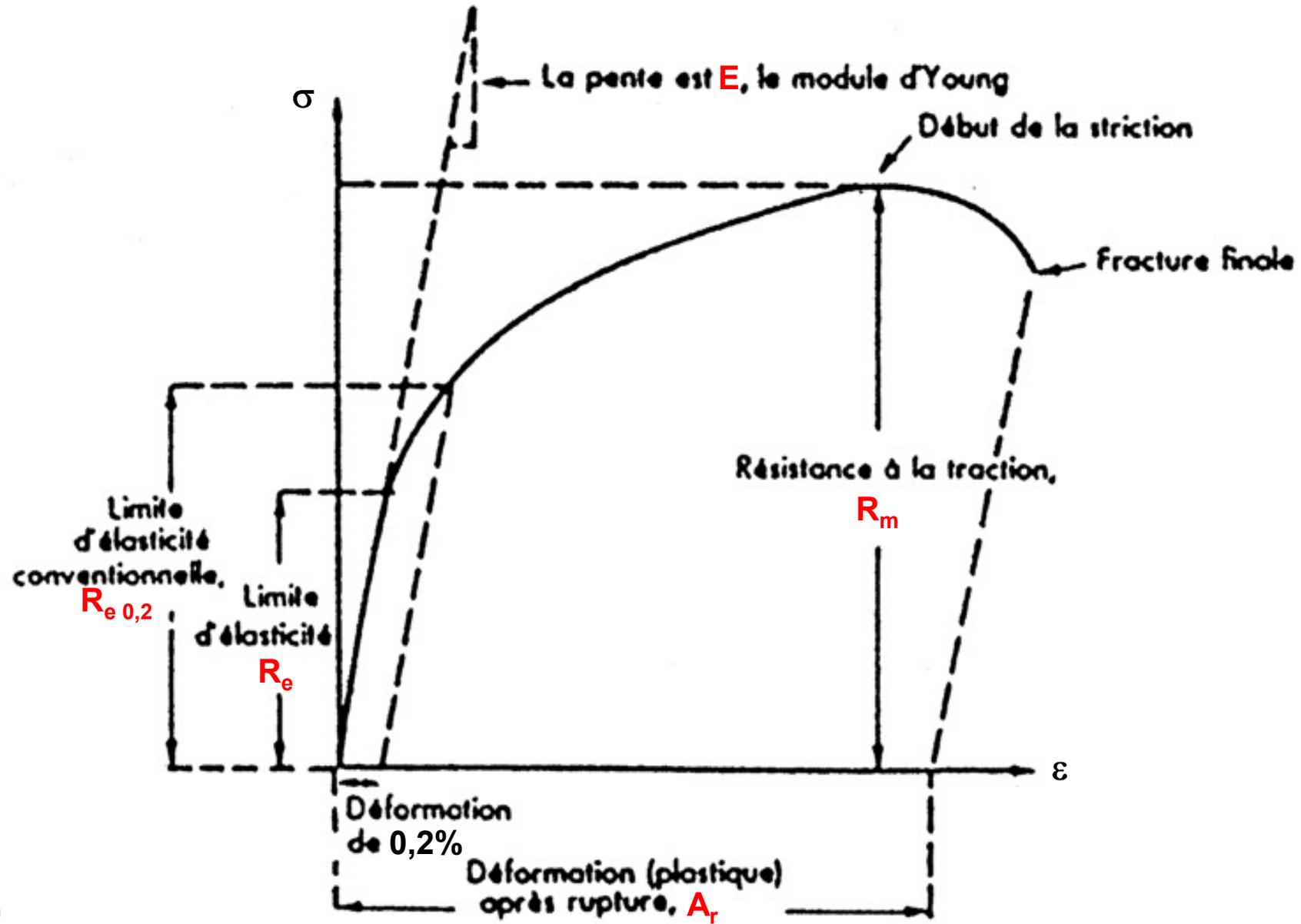
OE = zone de déformation élastique  
ESR = zone de déformation plastique  
SR = déformation localisée appelée striction

Définition

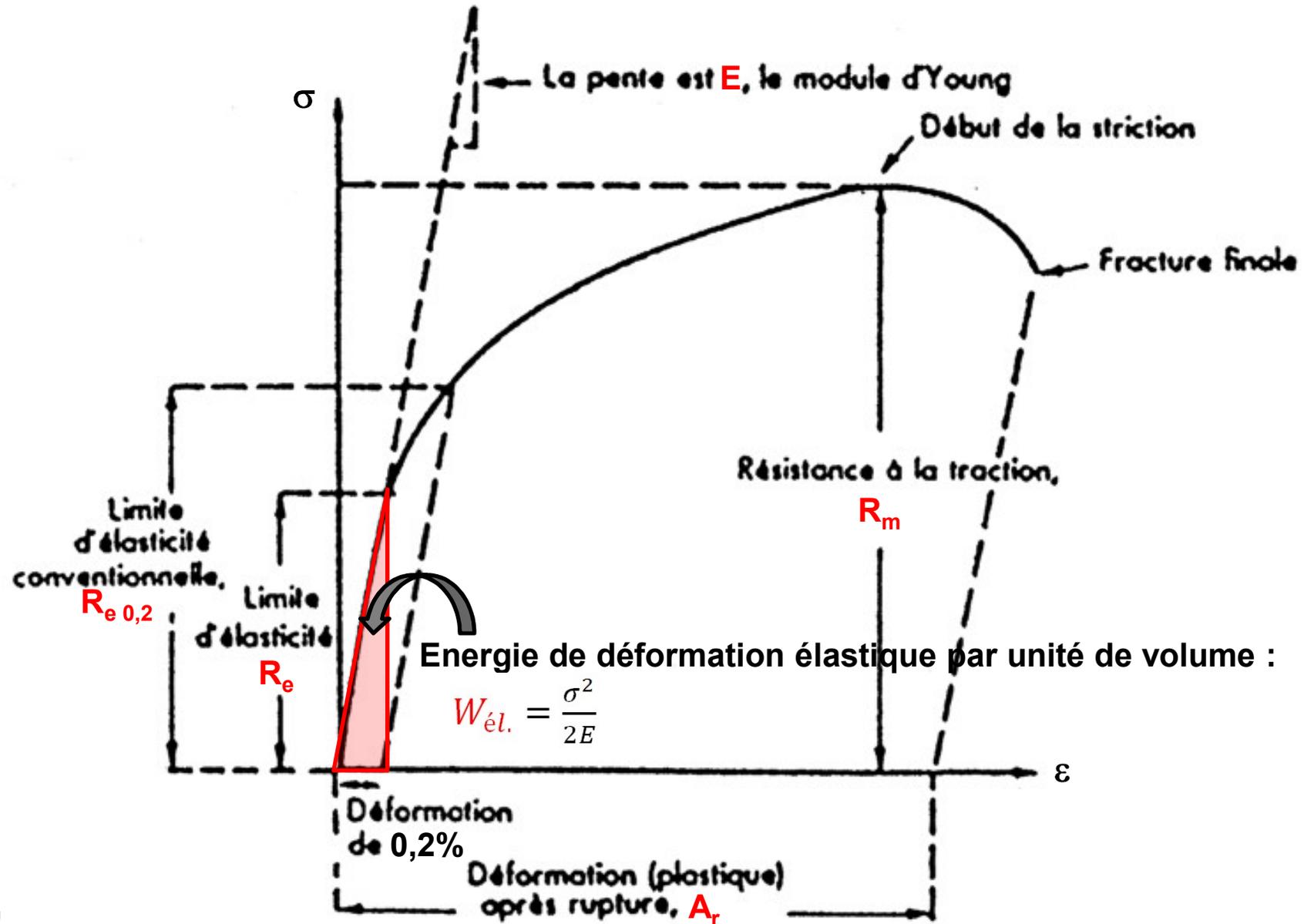
Techniques de mesure

Classement famille matériaux

# Principales propriétés des matériaux



# Principales propriétés des matériaux



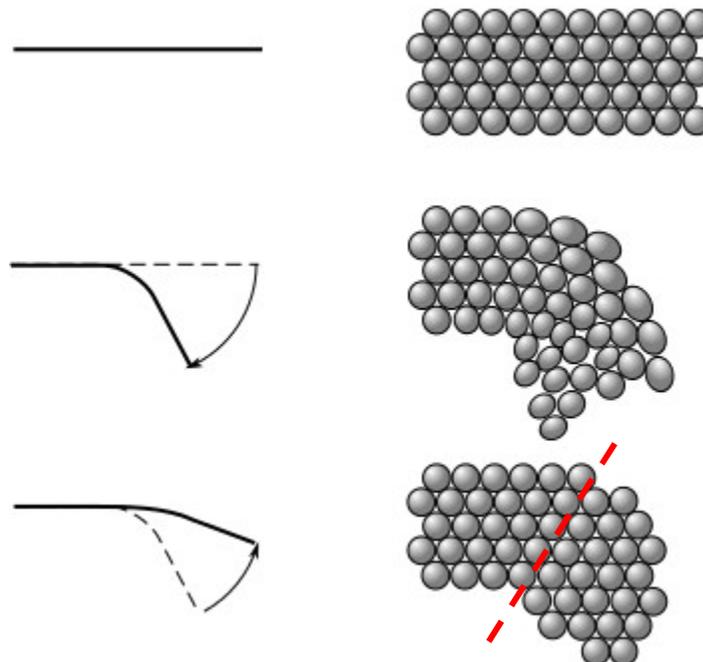
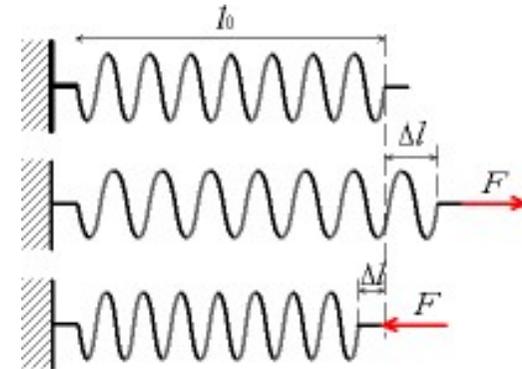
# Principales propriétés des matériaux

- Propriétés mécaniques
  - essai de traction

-déformation **élastique** : modèle du ressort

⇒ matériau d'autant + rigide que les liaisons sont fortes

- déformation **plastique** : réarrangement de la position relative des atomes



⇒ défauts cristallins

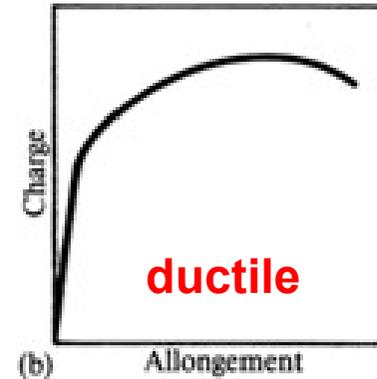
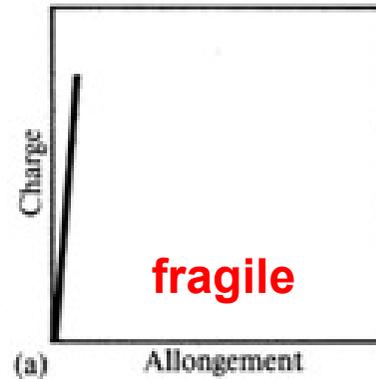
Définition

Techniques de mesure

Classement famille matériaux

# Principales propriétés des matériaux

- Propriétés mécaniques
  - essai de traction



Définition

Techniques de mesure

Classement famille matériaux

# Principales propriétés des matériaux

- Propriétés mécaniques
  - essai de traction

Matériau	$R_e$ (MPa)	$R_m$ (MPa)	$A_r$ (%)
Diamant	50 000	-	0
Carbures	4 000 – 10 000	-	0
Oxydes	4000 – 5 000	-	0
Cobalt et ses alliages	180 – 2 000	500 – 2 500	0,01 - 6
Aciers inox	300 – 500	760 – 1 280	0,45 – 0,65
Cuivre	60	400	0,55
Fer	50	200	0,3
Caoutchouc naturel	-	30	5
Polymères expansés rigides	0,2 – 10	0,2 – 10	0,1 – 1

Définition

Techniques de mesure

Classement famille matériaux

# Principales propriétés des matériaux

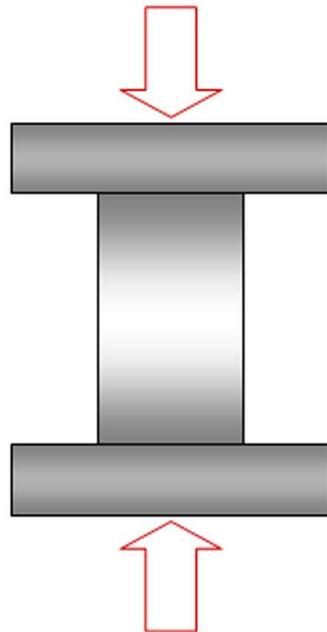
---

## ➤ Propriétés mécaniques

- essai de compression

⇒ éprouvette de forme cylindrique, placée entre les plateaux d'une presse, soumise à deux forces axiales opposées.

⇒ essai surtout utilisé pour déterminer la **contrainte de rupture** des matériaux **fragiles** (comme les céramiques) qui sont difficiles à usiner pour un essai de traction. Si le matériau étudié est ductile, la rupture ne peut être atteinte avec ce test.



*Éprouvette de grès*

# Principales propriétés des matériaux

## ➤ Propriétés mécaniques

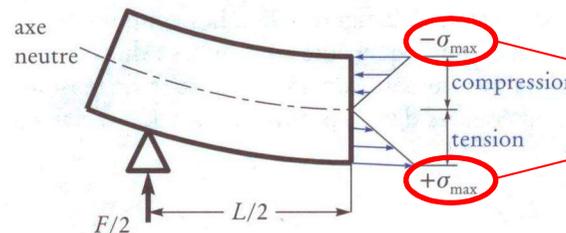
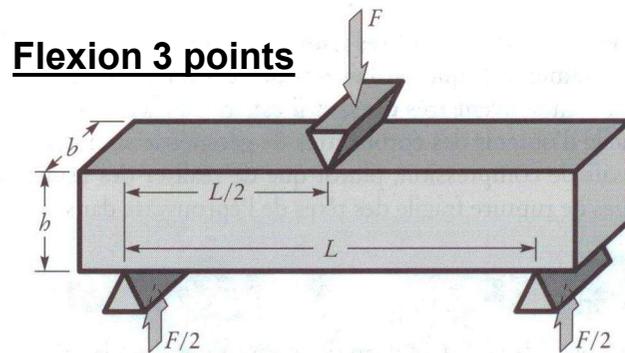
- essai de flexion

⇒ barrette du matériau à tester placée sur deux appuis et application d'une force croissante jusqu'à rupture.

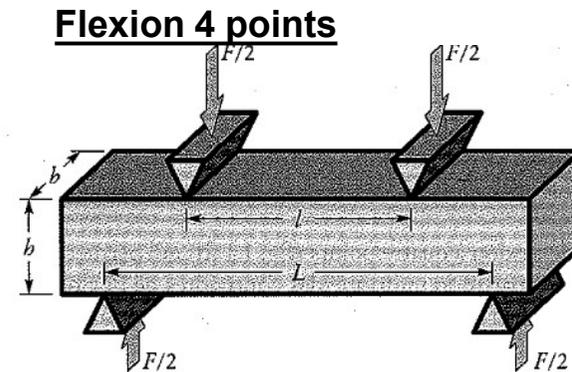
⇒ permet de mesurer la **résistance à la rupture** d'un matériau et la **ténacité** (=résistance à la propagation de fissures)

⇒ comme essai compression : pas de rupture des matériaux ductiles, surtout adapté aux matériaux **fragiles**

Lors du test, la partie supérieure est en compression et la partie inférieure en tension.



$$|\sigma_{max}| = \frac{3}{2} \left( \frac{FL}{bh^2} \right)$$



$$|\sigma_{max}| = \frac{3}{2} \left( \frac{F(L-l)}{bh^2} \right)$$

# Principales propriétés des matériaux

## ➤ Propriétés mécaniques

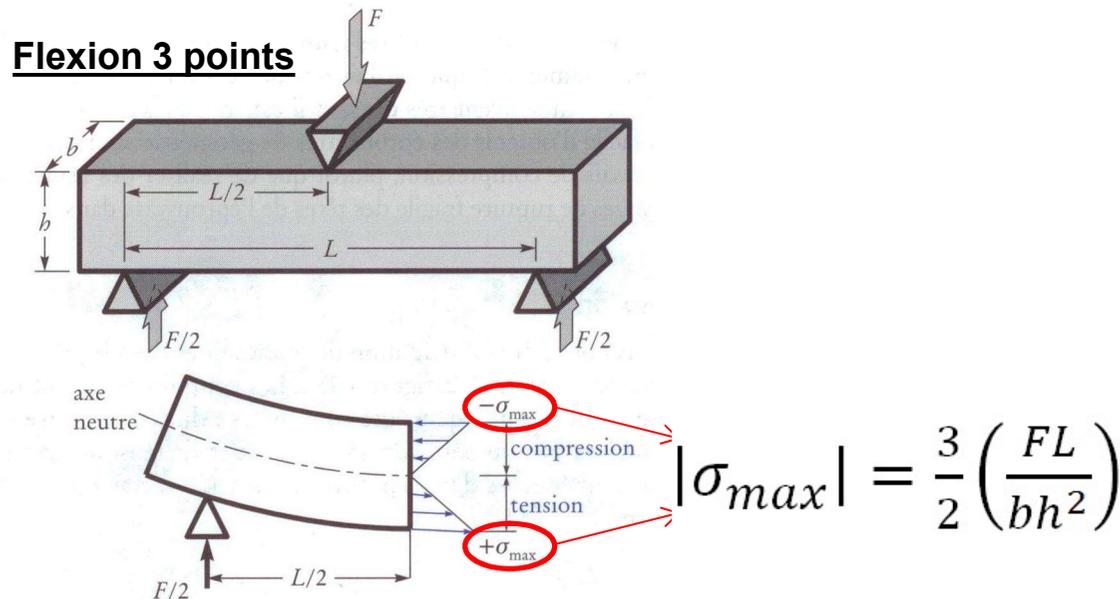
- essai de flexion

⇒ barrette du matériau à tester placée sur deux appuis et application d'une force croissante jusqu'à rupture.

⇒ permet de mesurer la **résistance à la rupture** d'un matériau et la **ténacité** (=résistance à la propagation de fissures)

⇒ comme essai compression : pas de rupture des matériaux ductiles, surtout adapté aux matériaux **fragiles**

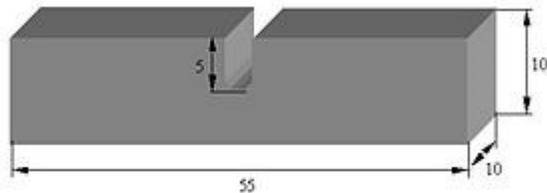
Lors du test, la partie supérieure est en compression et la partie inférieure en tension.



# Principales propriétés des matériaux

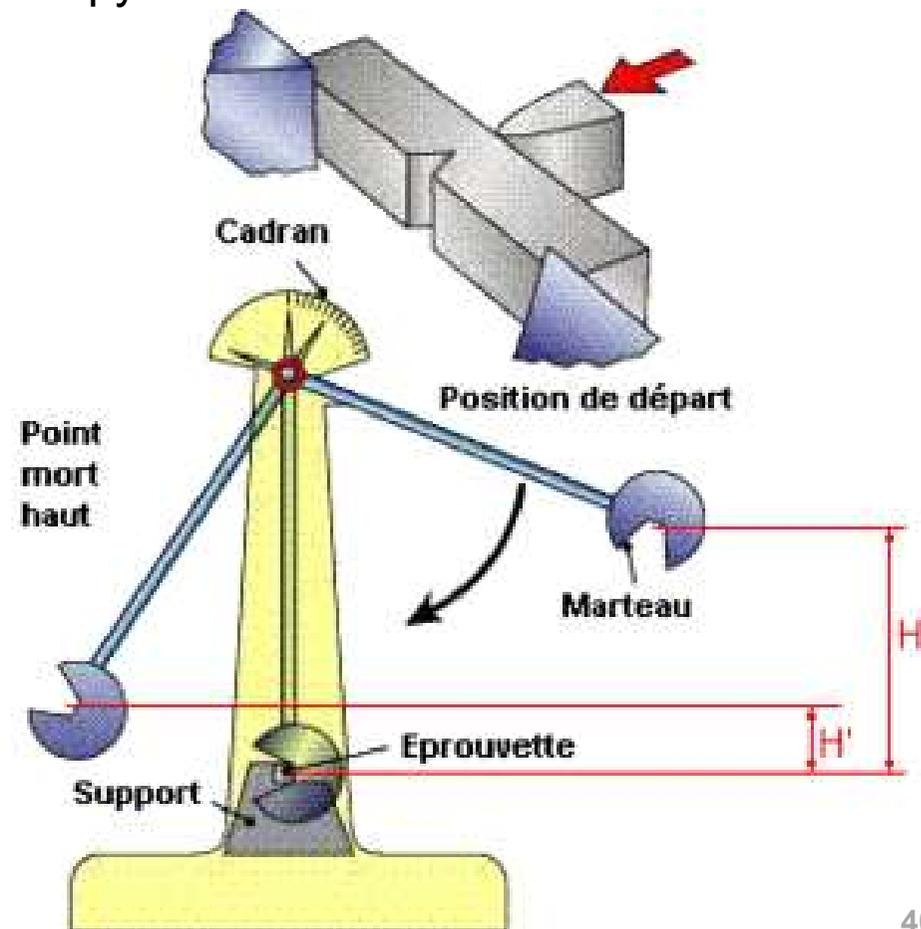
- Propriétés mécaniques
  - résilience

⇒ mesurer l'**énergie** nécessaire pour rompre en une seule fois une éprouvette préalablement entaillée : essai mouton-Charpy



$$\text{Énergie} = m \cdot g \cdot (H - H')$$

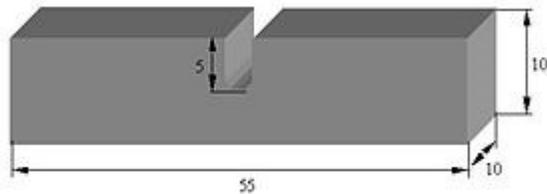
m : masse du mouton-pendule  
g : accélération terrestre



# Principales propriétés des matériaux

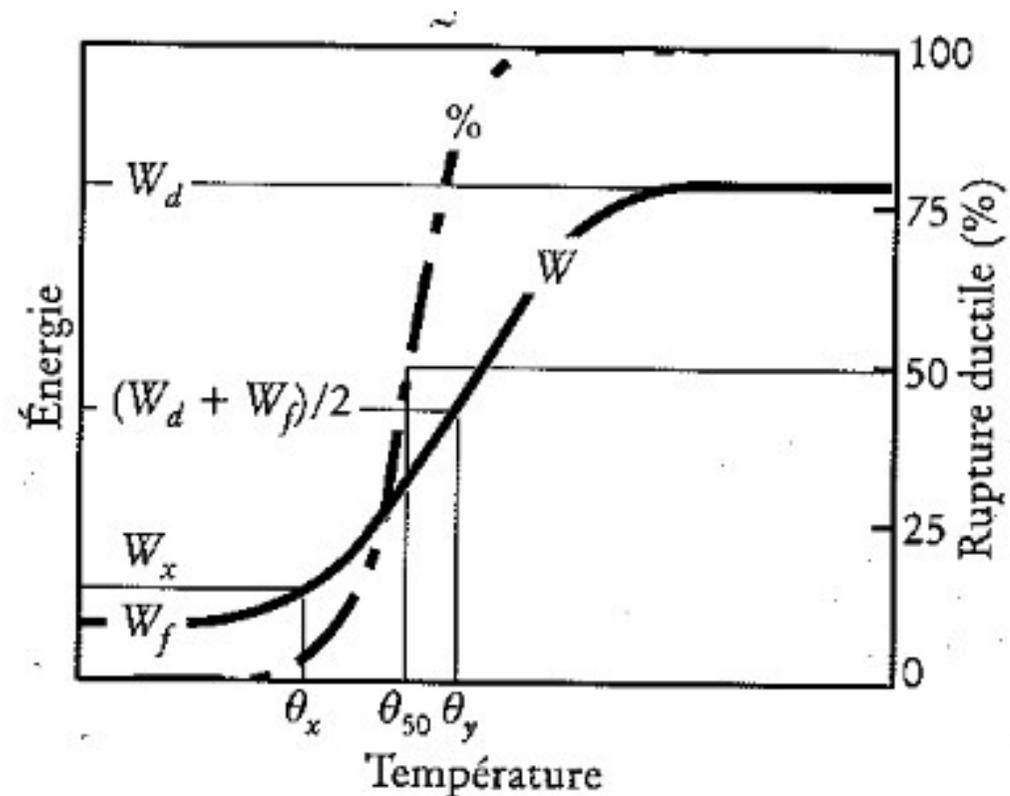
- Propriétés mécaniques
  - résilience

⇒ mesurer l'**énergie** nécessaire pour rompre en une seule fois une éprouvette préalablement entaillée : essai mouton-Charpy



$$\text{Énergie} = m \cdot g \cdot (H - H')$$

m : masse du mouton-pendule  
g : accélération terrestre

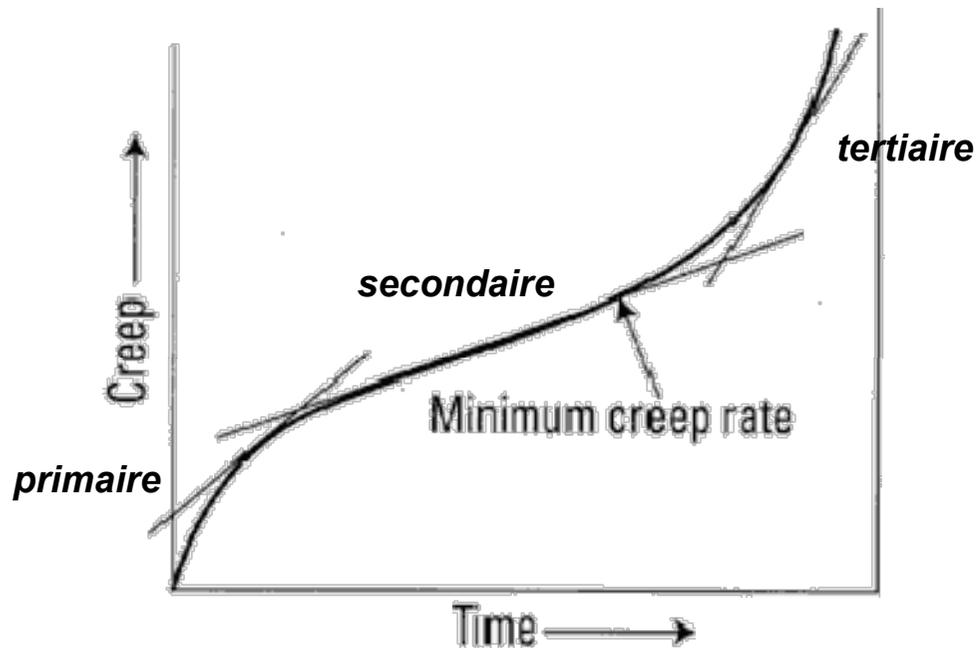


# Principales propriétés des matériaux

- Propriétés mécaniques
  - fluage

= mesurer allongement (ou réduction) d'un matériau au cours du temps

Remarque : essai de traction → *vitesse de déformation appliquée*  
essai de fluage → *contrainte appliquée*



# Principales propriétés des matériaux

---

- Propriétés mécaniques
  - résistance à la fatigue

= contraintes ou déformations variables dans le temps → modification des propriétés locales d'un matériau → formation de **fissures** et éventuellement **rupture** de la structure



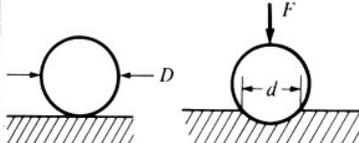
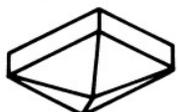
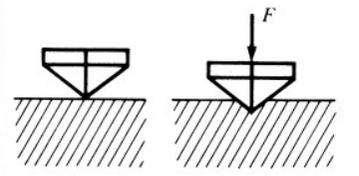
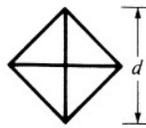
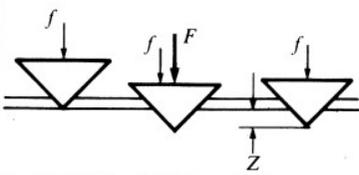
- ⇒ lignes de progression de fissures : zone sombre
- ⇒ zone d'arrachement : zone claire

# Principales propriétés des matériaux

➤ Propriétés mécaniques

- dureté

⇒ mesurer la **résistance à l'enfoncement** d'un pénétrateur

Méthode d'essai	Géométrie du pénétrateur	Charge $F$	Principe de l'essai	Paramètre mesuré	Dureté
Brinell	Bille d'acier dur ou de carbure (10 mm de diam.)	500 ou 3000 kgf		Diamètre de l'empreinte ( $d$ )	$HB = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$
Vickers	Pyramide de diamant à base carrée; angle entre les faces opposées: $136^\circ$ 	5 à 100 kgf (microdureté: 5 à 1000 gf)		Diagonale de l'empreinte ( $d$ ) 	$HV = \frac{1.854 F}{d^2}$
Rockwell C	Cône de diamant d'angle au sommet de $120^\circ$ 	Précharge $f$ de 10 kgf; $F = 150$ kgf		Profondeur de l'empreinte ( $Z$ )	$HRC = f(Z)$
Rockwell B	Bille d'acier dur (1,59 mm de diam.)	Précharge $f$ de 10 kgf; $F = 100$ kgf	Même principe que Rockwell C	Profondeur de l'empreinte ( $Z$ )	$HRB = f(Z)$

