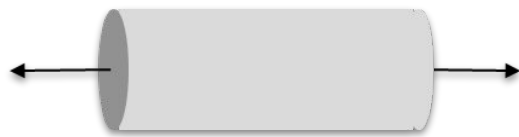


Les essais des matériaux

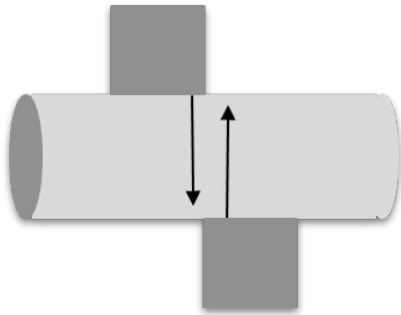
Les matériaux utilisés dans la construction de différents mécanismes subissent diverses sollicitations qui génèrent des contraintes internes.



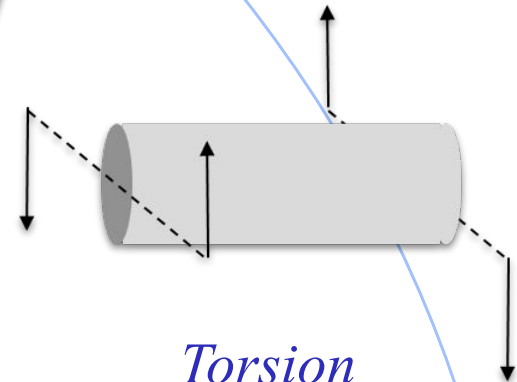
traction



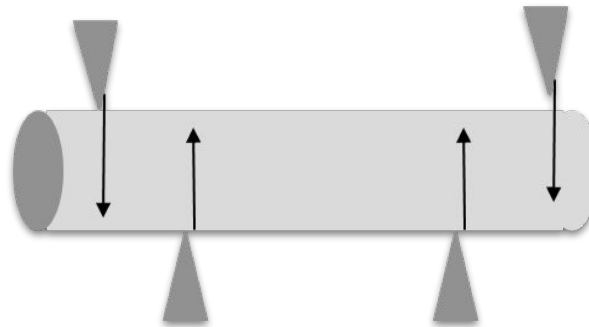
compression



cisaillement



Torsion

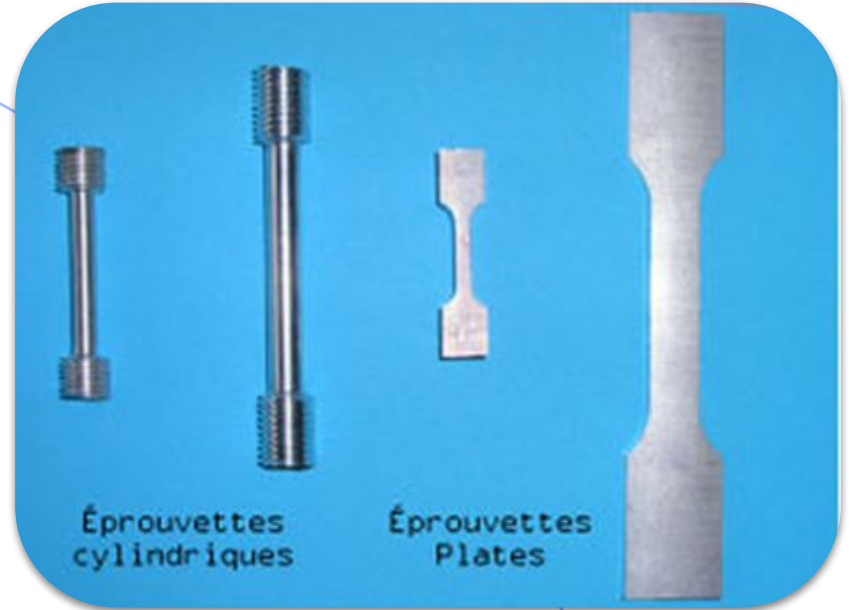


flexion

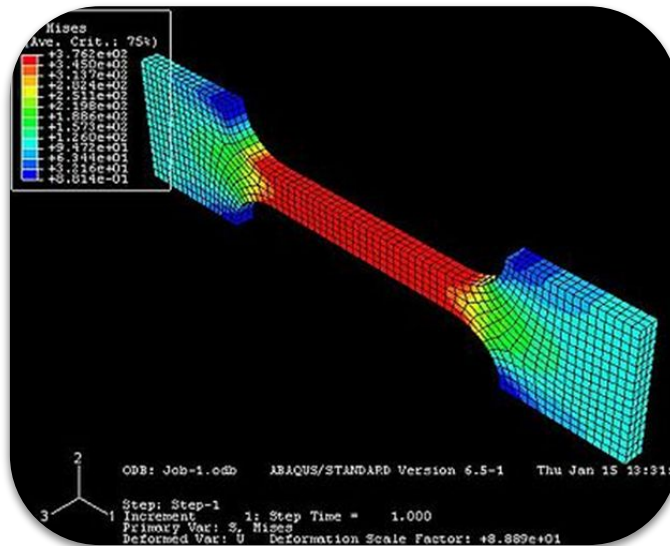
Essai de traction



une machine



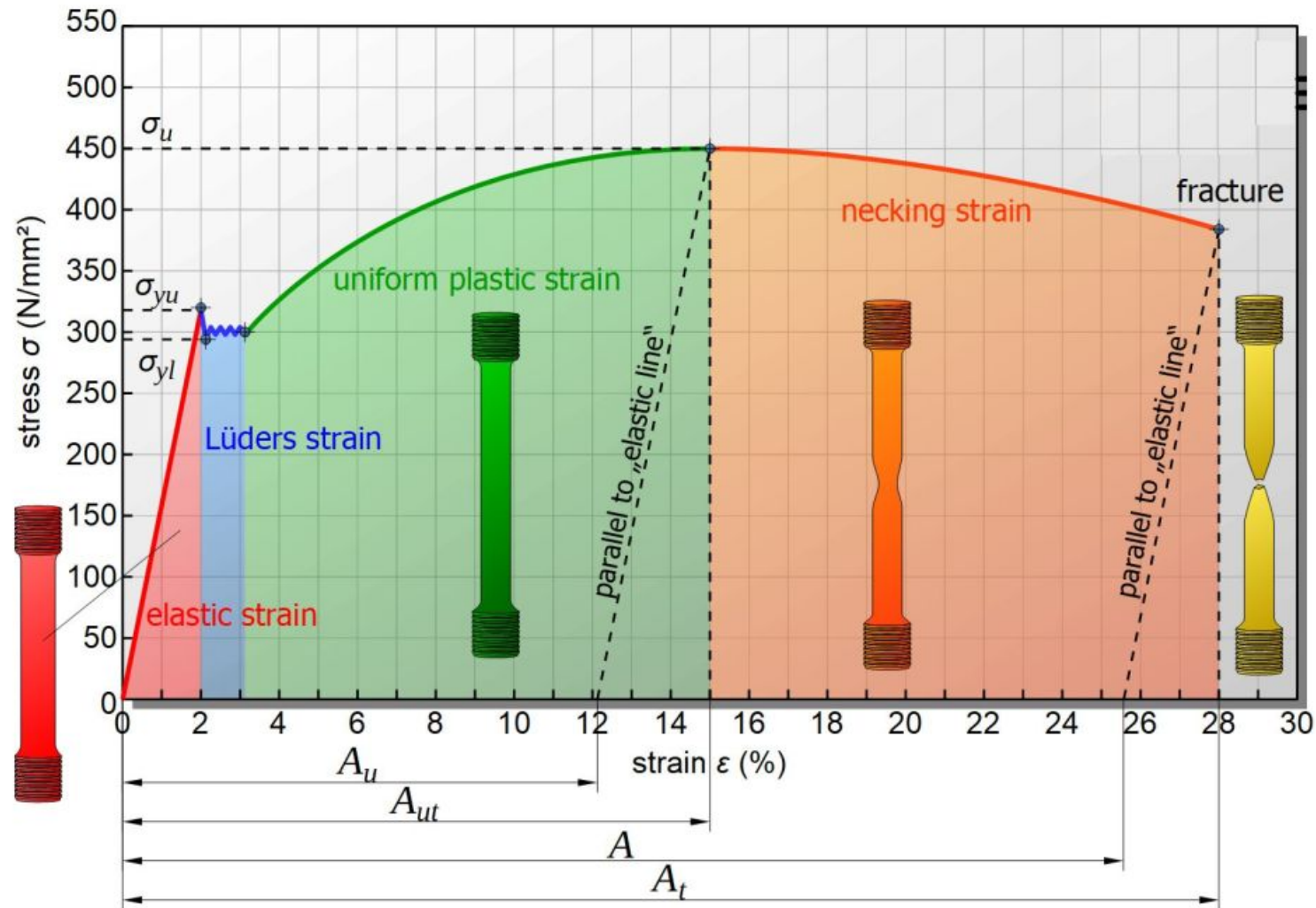
des éprouvettes



des champs de contraintes

Essai de traction

une courbe caractéristique



Eprouvette taille standardisée

Étirement pas à pas avec enregistrement de la force de réaction

Essai de traction

une courbe caractéristique

Phase élastique (R_e) :

effort proportionnel à la déformation qui reste réversible

Phase plastique uniforme (R_m) :

déformation permanente de la matière



ductile



fragile

Phase plastique avec striction :

la matrice ne supporte plus les contraintes
des liaisons de la matrice rompent
une zone de striction apparaît

Rupture (A) :

la matrice ne supporte plus aucune contraintes
l'éprouvette casse

Définitions et symboles

$$\sigma = F / S_0$$

σ : Contrainte de traction (N/mm² ou MPa)

F : force de traction (N)

S_0 : section initiale de l'éprouvette (mm²)

$\sigma_y = R_e$: résistance élastique $\sigma_u = R_m$: résistance maximale



1 N/mm² = 1 MPa



$$E = \sigma / \varepsilon$$

Module d'Young N/mm² ou GPa

$$\varepsilon = \Delta L / L_0 * 100$$

Allongement spécifique en %

L_0 : longueur initiale de l'éprouvette (mm)

$\Delta L = L_0 - L$: allongement sous charge (mm)

A = allongement à la rupture

Matériau standard avec zone de striction : A = 0.2 %

Matériau fragile sans zone de striction : A = 0.01 %

Essai de compression



$L_0 \text{ max} = 8 \text{ fois } d_0$
pour éviter le flambage



Au repos



Flambage par compression



R_c résistance à la compression en N/mm^2

$R_c = R_m$ pour les **aciers**

$R_c < R_m$ pour le **bois**

$R_c > R_m$ pour les **fonte, pierre, brique, béton**

$G = E / (2 * (1 + \nu))$ module de glissement

ν : coefficient de Poisson (0.3 pour la plupart des métaux)

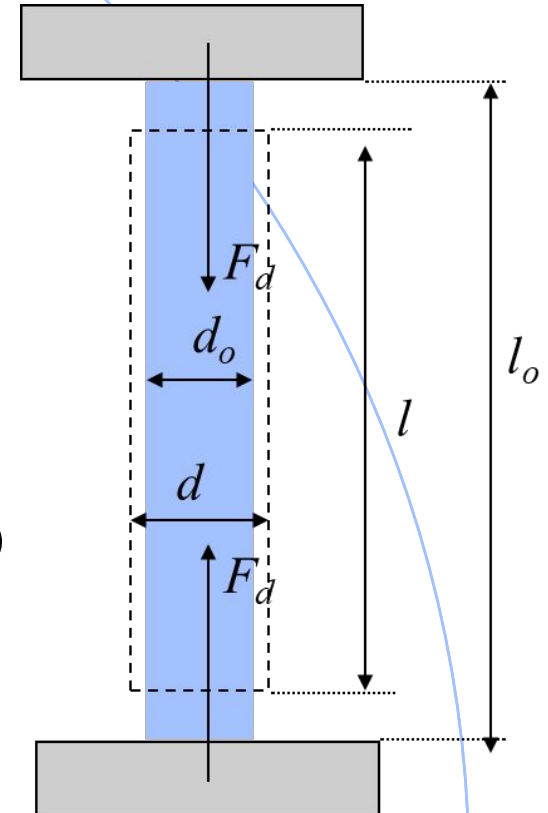
$$\nu = \varepsilon_q / \varepsilon_l$$

$$\varepsilon_l = (l_0 - l) / l_0$$

longitudinal

$$\varepsilon_q = |(d_0 - d) / d_0|$$

transversal



Essai de cisaillement

Effort tangentiel de part et d'autre avec ΔL entre les 2 lames très petit.

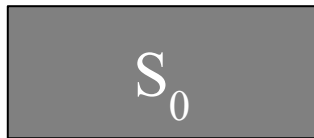
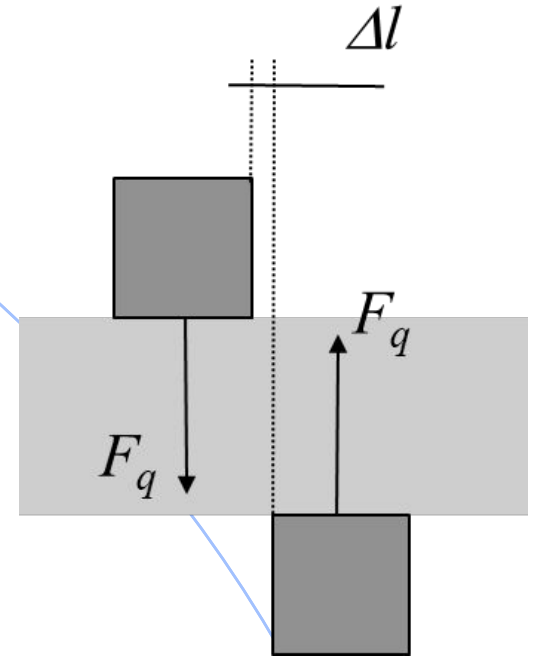


Si ΔL augmente le cisaillement tend à devenir de la flexion.

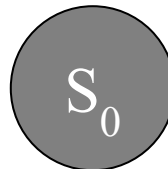


$$T_q = k * F_q / S_0$$

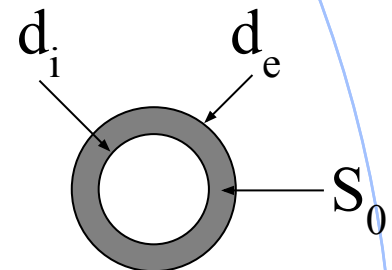
T_q : contrainte admissible (N/mm²)
 F_q : effort tranchant (N)
 k : coefficient de section



$$k = 3/2$$



$$k = 4/3$$



$$d_e \gg d_i \Rightarrow k = d_e/2$$

Essai de cisaillement

En pratique, la valeur de la résistance au cisaillement est souvent donnée en fonction de la résistance à la traction, pour des matériaux standards :

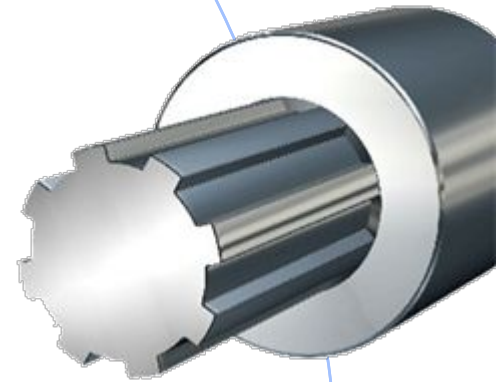
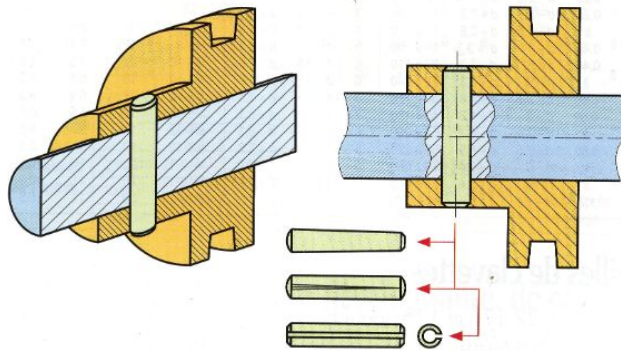
Aciers doux et alliages légers $T_q = 0,5 * R_m$

Acier dur $T_q = 0,7 * R_m$

Fonte $T_q = R_m$

Pierre, brique $T_q = 0,1 * R_c$

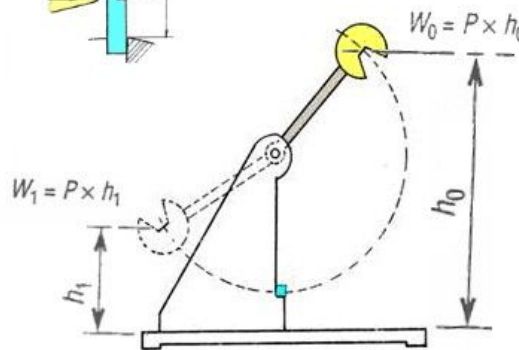
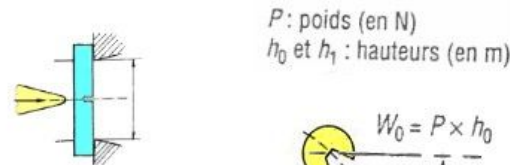
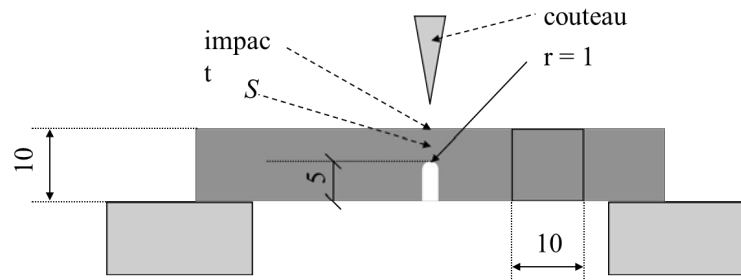
Béton $T_q = 0,25 * R_c$



Essai de résistance aux chocs ou Résilience.

L'essai de résistance aux chocs, appelé également résilience (K), consiste à provoquer la rupture d'une éprouvette en mesurant l'énergie absorbée par celle-ci.

La rupture est provoquée par un pendule (ou mouton) qui a emmagasiné au moment du choc une énergie cinétique W_0 .



$$K = \Delta W / S \quad \Delta W = P H_0 - P H_1$$

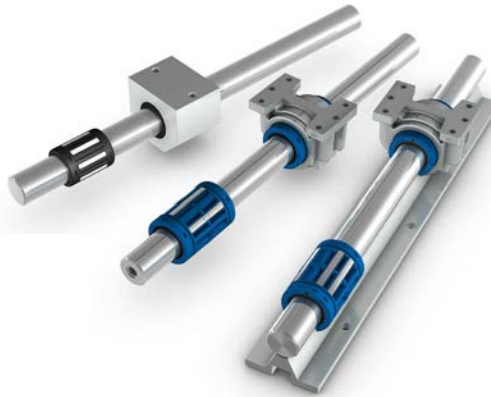
K : résilience (J/cm²)
 W : énergie potentielle (J)
 P : poids du mouton (N)
 H : hauteur (m)
 S : surface (cm²)

⚠ $1 J = 1 Nm$ ⚠

Essais de dureté

L'essai de dureté est un procédé consistant à mesurer la résistance à la pénétration d'un pénétrateur de grande dureté en surface.

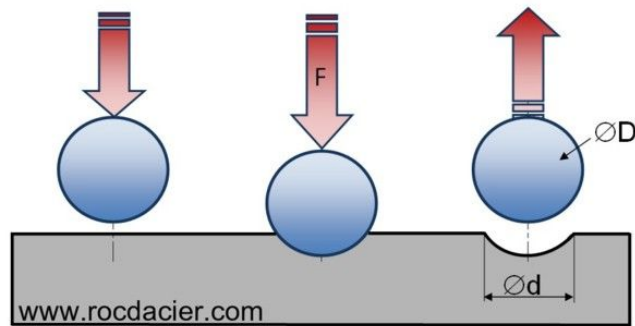
Il permet de qualifier des matériaux “purs” ou ayant subis des traitements de surface.



BRINELL

Matériaux tendres à mi-durs

Norme : ASTM E10, ISO 6506-1 à 6506 -4



$$HB = \frac{2 \cdot F}{g \cdot \pi \cdot D \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

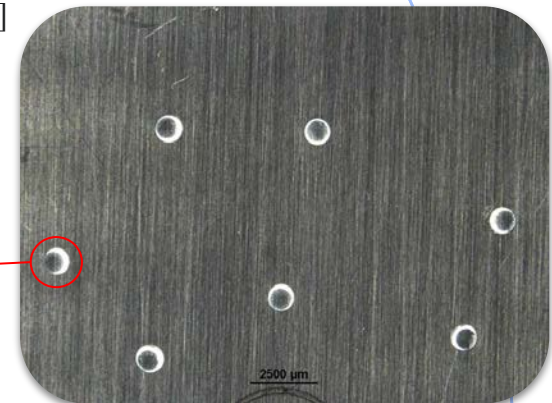
HB = Dureté Brinell.

F = Force appliquée. [N]

D = Diamètre de la bille. [mm]

d = Diamètre de l'empreinte laissée par la bille. [mm]

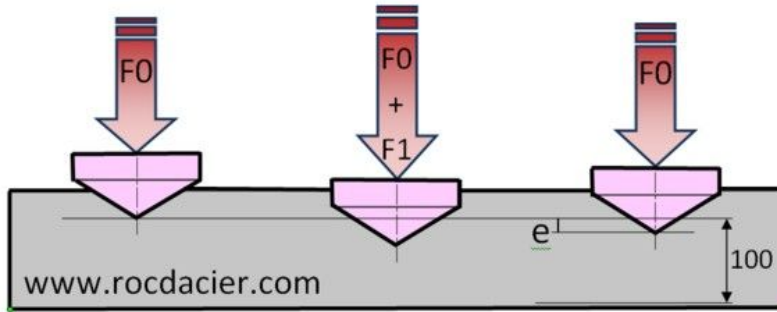
g = Accélération terrestre [m.s⁻²] (9,80665)



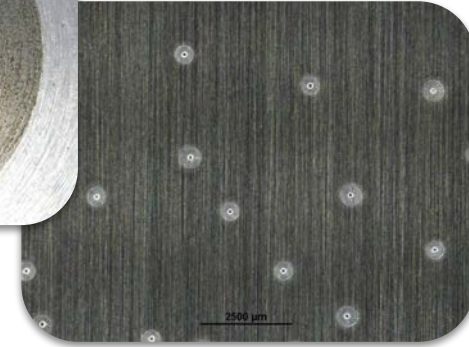
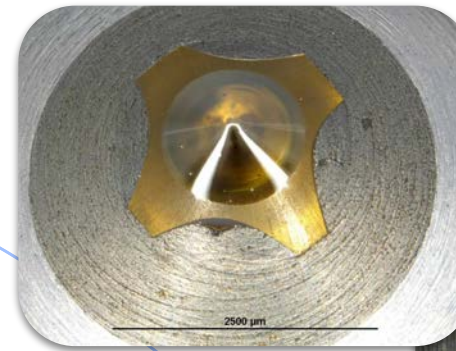
ROCKWELL

Type de dureté selon matériau

Normes: ASTM E18, DIN EN ISO 6508-1



$$F_0 = 98 \text{ N ou } 10 \text{ kgf}$$



Lecture ~ directe selon l'échelle :

B, E et F : **HRB = 130 - e**

C : **HRC = 100 - e**

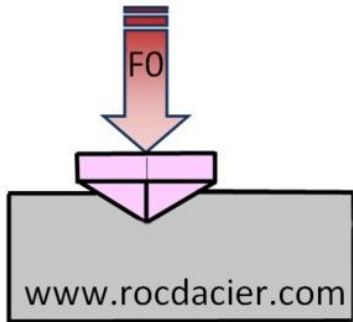


Échelle	Symbole	Pénétrateur	Valeur de la force totale $F_0 + F_1$ (N)	Application
A	HRA	Cône de diamant de section circulaire à pointe arrondie sphérique de 0,2 mm	588,6	Carbure, acier et en épaisseur mince
B	HRB	Bille en carbure de tungstène de 1,587 5 mm ($\frac{1}{16}$ pouce) de diamètre	981	Alliage de cuivre, acier doux, alliage d'aluminium Matériaux ayant une résistance à la rupture comprise entre 340 et 1 000 MPa
C	HRC	Cône de diamant de section circulaire à pointe arrondie sphérique de 0,2 mm	1 471,5	Acier, fonte, titane Matériau ayant une dureté résistance à la rupture supérieure à 1 000 MPa
D	HRD	Cône de diamant de section circulaire à pointe arrondie sphérique de 0,2 mm	981	
E	HRE	Bille en carbure de tungstène de 3,175 mm ($\frac{1}{8}$ pouce) de diamètre	981	Fonte, alliage d'aluminium et de fonte
F	HRF	Bille en carbure de tungstène de 1,587 5 mm de diamètre	588,6	Alliage de cuivre recuit, fine tôle de métal.
G	HRG	Bille en carbure de tungstène de 1,587 5 mm de diamètre	1 471,5	Cupro-nickel, alliage cuivre-nickel-zinc

VICKERS

Matériaux doux à durs

Normes : ASTM E92 / E384, ISO 6507-1 à 6506 -3



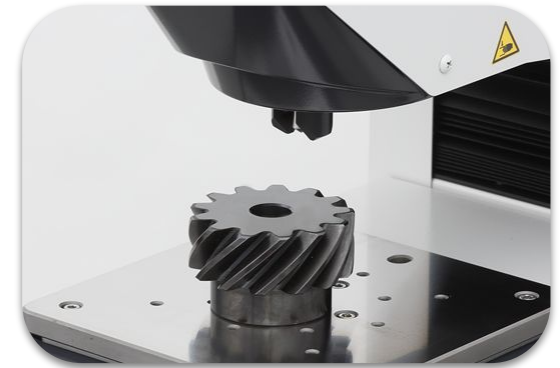
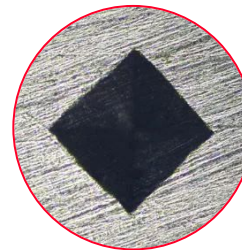
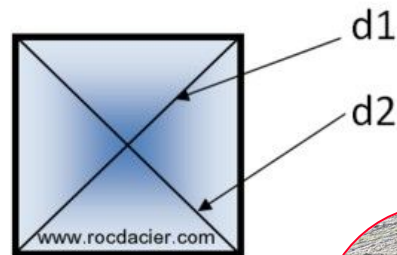
$$HV = \frac{2F \cdot \sin\left(\frac{136^\circ}{2}\right)}{9.80665 \cdot d^2} \cong 0,1891 \cdot \frac{F}{d^2}$$

HV = Dureté Vickers [$\text{kg}_f \cdot \text{mm}^{-2}$]

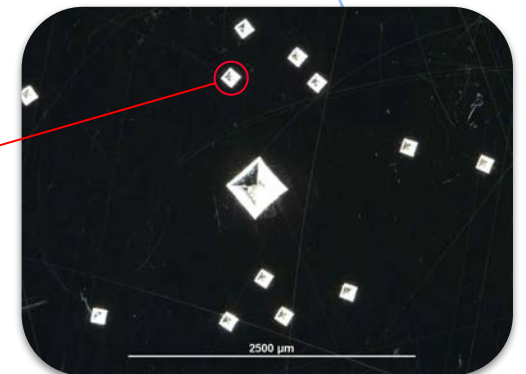
F = Force appliquée [N]

d = Moyenne des diagonales de l'empreinte [mm]

g = Accélération terrestre [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$] (9,80665)



Pyramide diamant à base carré
angle sommet 136°



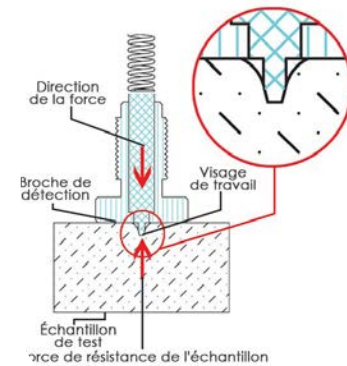
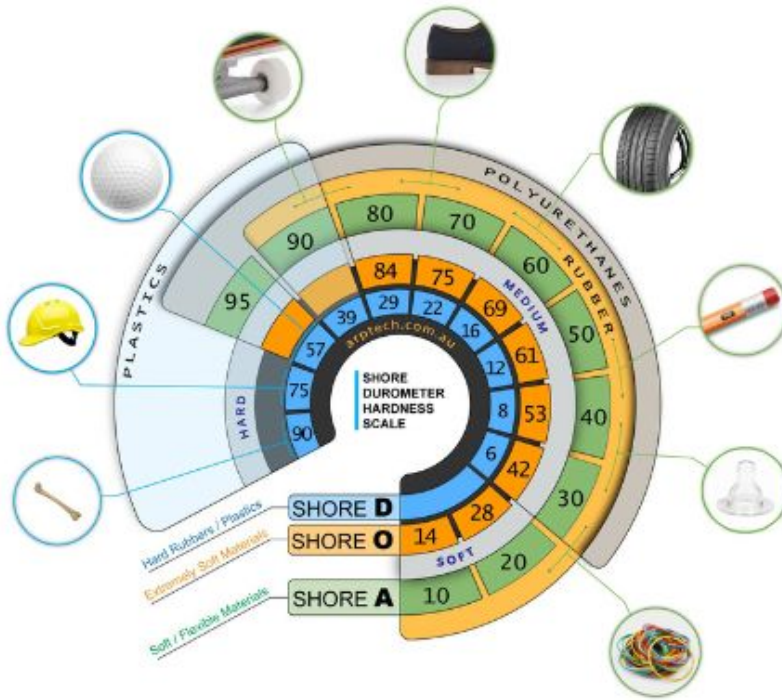
SHORE

Matériaux élastomère

Norme : ASTM D2240, DIN 53505, ISO 868 et 48-4:2018

Shore A : matériaux mous

Shore D : matériaux durs



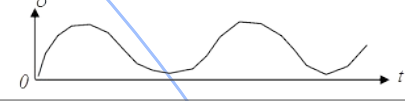
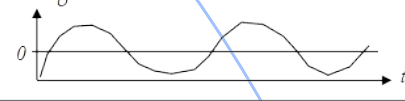
La hauteur de rebondissement d'une bille sur la surface élastomère est également un bon indicateur

Essai de résistance à la Fatigue ou d'Endurance.

Test destiné à la construction de dispositifs soumis à sollicitation (vibrations, efforts variables, ...) dont les contraintes maximales restent inférieurs à R_e

$$\sigma_{adm} = R / \nu$$

ν : coefficient de sécurité > 1

type de sollicitation	graphe de représentation
statique	
pulsée	
alternée	

Dispositif de sécurité utilisation d'un matériau fragile comparaison à R_m (proche de R_e)

Dispositif pérenne comparaison à R_e

Essai statistique sur éprouvettes identiques :
traction-compression, torsion alternée, flexion
alternée, roulement, ...

