



LYCÉES
de
FECAMP

BTS Maintenance des Systèmes
Aide personnalisée : physique-chimie / maintenance
corrective, préventive et améliorative.



TP 02

S4-13 Matériaux

- Essais mécaniques des matériaux

CONDITIONS DE REALISATION

- **Durée** : 2H dans la zone maintenance laboratoire éolien.
- **En possession** : de la machine d'essai de résilience « mouton pendule Charpy », d'éprouvettes pour les test, de vidéos pour les essais de dureté BRINEL et ROCKWELL et l'essai d'élasticité « machine de traction » de tableaux de valeurs pur ces essais.



PROBLEMATIQUE

Pour un usage optimum des systèmes (qualité, caractéristique après traitement thermique, contrôle des matériaux achetés) il est nécessaire de connaître les caractéristiques mécaniques et le comportement des matériaux utilisés selon un point de vue mécanique.

- Efforts
- Traction
- Cisaillement
- Flexion
- Dureté
- Elasticité
- Choc
- Compression

TRAVAIL DEMANDE

☞ **Maîtriser les risques tout au long de l'intervention.**

1. Etude de la résilience :

En possession du mouton pendule charpy et des éprouvettes.

1.1 Rechercher la définition de la « résilience » ?

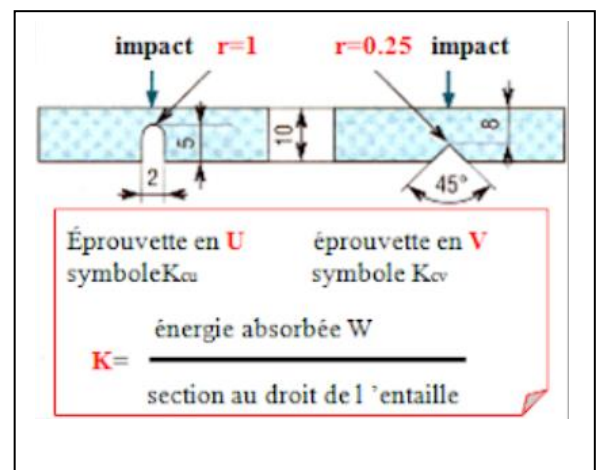
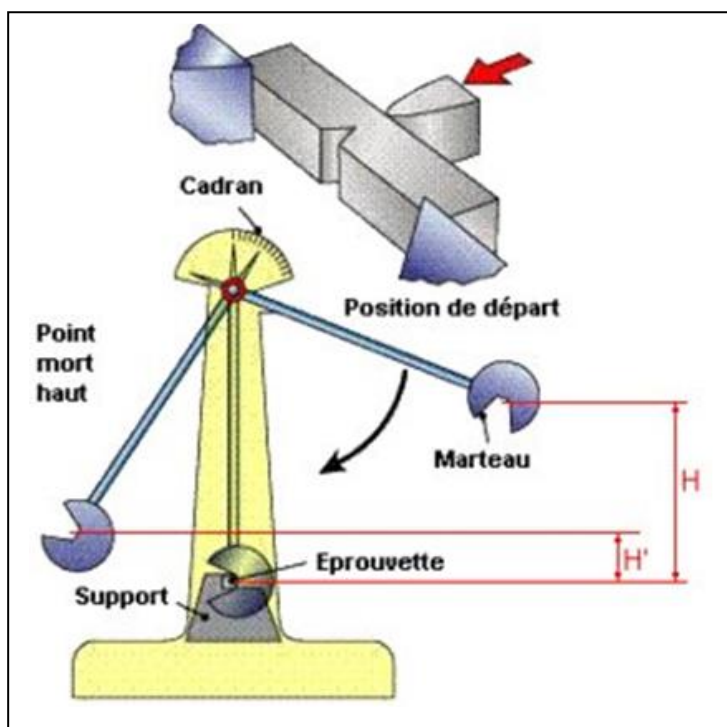


Mode opératoire d'utilisation du mouton Charpy :

Principe

La connaissance des caractéristiques mécaniques déduites de l'essai de traction peuvent être insuffisantes, puisque des ruptures peuvent être obtenues en dessous de la limite élastique dans des conditions qui rendent le métal fragile.

Un des moyens, le plus classique et le plus ancien pour caractériser la fragilisation du métal sous l'action d'un choc, est l'essai de résilience sur éprouvette entaillée.



L'essai consiste à rompre d'un seul coup de mouton de pendule, une éprouvette entaillée en son milieu et reposant sur deux appuis. On détermine l'énergie absorbée W et on en déduit la résilience.

La résilience est l'énergie exprimée en joules/cm², nécessaire pour produire la rupture de l'éprouvette.

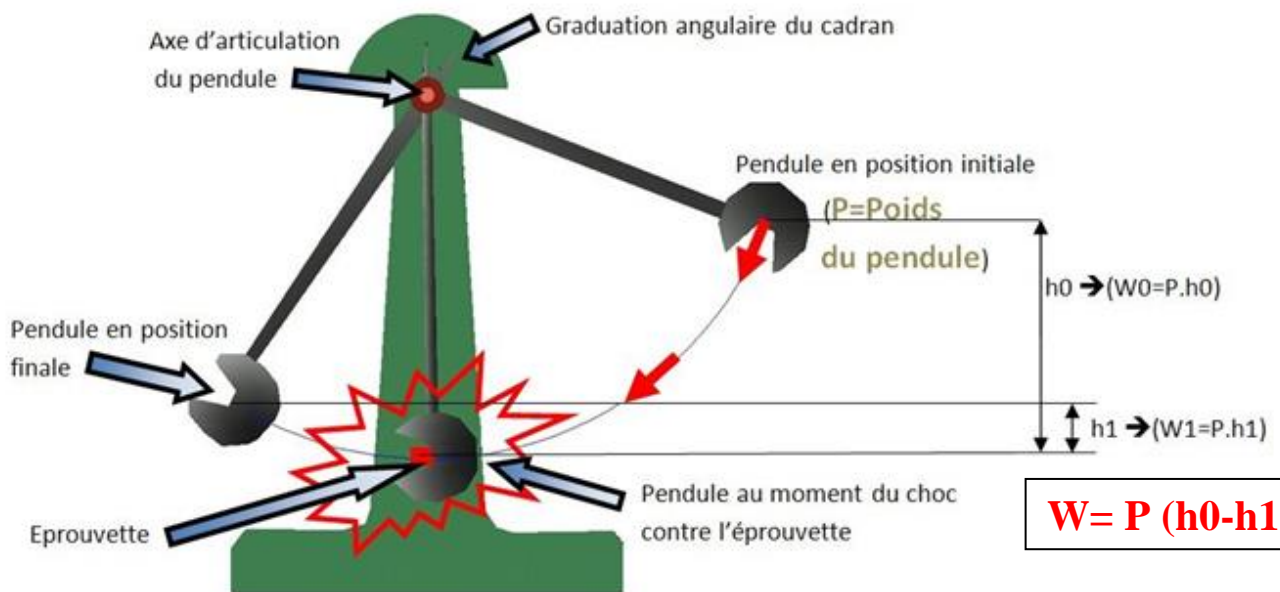
$$\text{Résilience} = \frac{\text{Energie absorbée par la rupture } W \text{ (joules)}}{\text{Section au droit de l'entaille (cm}^2\text{)}}$$

Exécution de l'essai :

Le couteau est positionné en position haute à une hauteur correspondant à une énergie de départ $W_0 = 300$ joules. On libère le couteau. Dans sa chute, en passant à la verticale, *il brise l'éprouvette*. On mesure la hauteur à laquelle remonte le pendule pour mesurer l'énergie non absorbée W_1 .

On calcule la différence $W_0 - W_1$:

$$W_0 - W_1 = W \text{ (énergie absorbée)} = P (h_0 - h_1)$$



Appeler le professeur avant l'essai

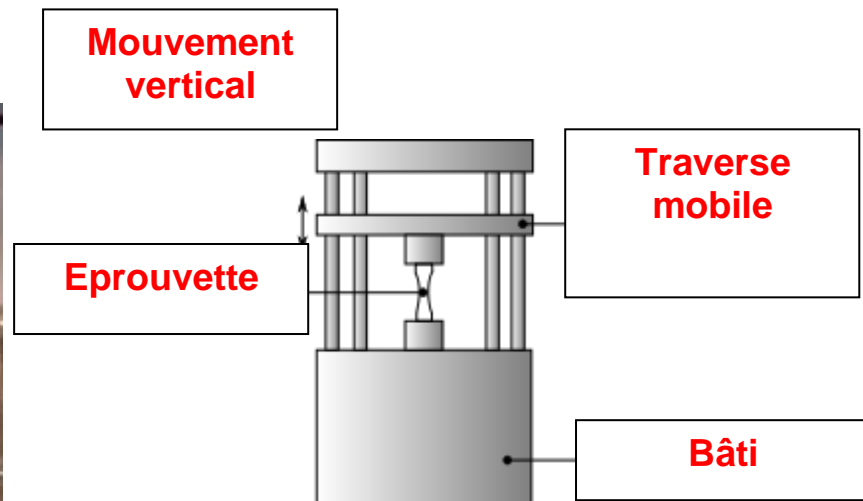
- 1.2 Remonter le marteau et le bloquer en position haute.
- 1.3 Libérer le marteau, laisser le s'arrêter.
- 1.4 Relever la valeur H_0 .
- 1.5 Positionner l'éprouvette en acier comme indiqué sur la figure 1.
- 1.6 Remonter le marteau et le bloquer en position haute.
- 1.7 Libérer le marteau (choc avec l'éprouvette) laisser le s'arrêter.
- 1.8 Relever la valeur H_1 .
- 1.9 Calculer l'énergie absorbée.
- 1.10 Calculer la résilience de ce matériau.
- 1.11 Commenter la valeur trouvée par rapport aux tableaux fournis.
- 1.12 Recommencer l'essai avec l'éprouvette en aluminium
- 1.13 Calculer la résilience de ce matériau.
- 1.14 Commenter la valeur trouvée par rapport aux tableaux fournis.

2. Essai de traction :



2.1 Principe

L'essai consiste à soumettre une éprouvette de forme définie (longueur initiale L_0 , section initiale S_0) à un effort de traction croissant, dirigé suivant son axe. Un dispositif mécanique enregistre une courbe qui donne à chaque instant la charge totale F en fonction de l'allongement de l'éprouvette.



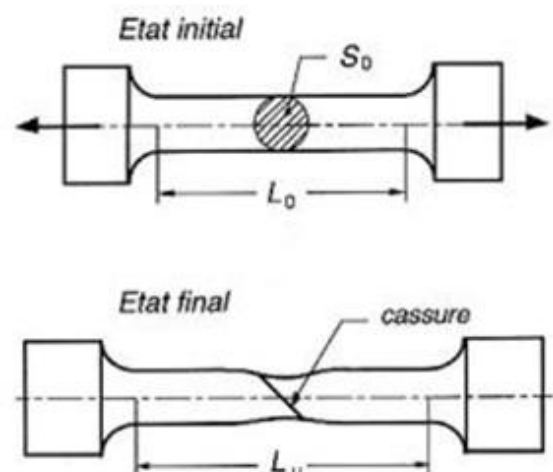
2.2 Forme des éprouvettes

Un très grand nombre de types d'éprouvettes existent, suivant la forme du produit (barres, fils, tubes, pièces forgées ou moulées) et la nature du matériau.

Les éprouvettes comportent une partie calibrée et très généralement deux têtes d'amarrage.

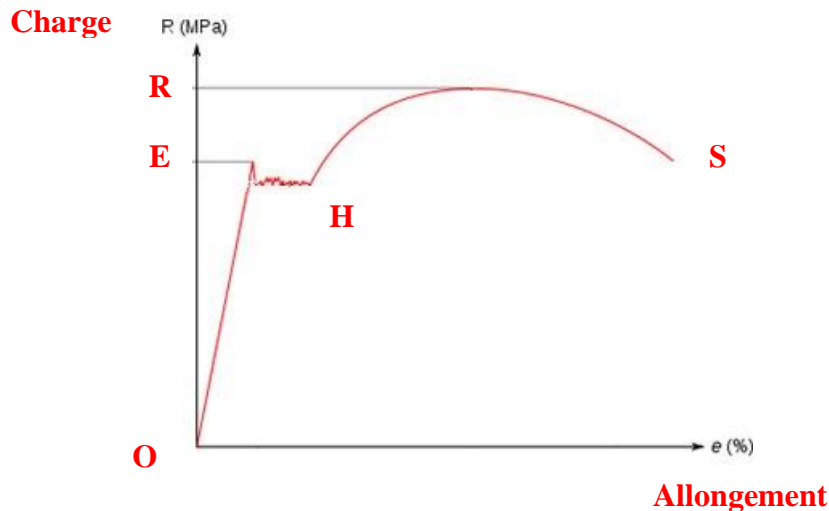
Eprouvettes circulaire :

Ce sont ces éprouvettes qui sont principalement utilisées lors des essais.



2.3 Interprétation du diagramme

$$F = f(\Delta L) \quad \Delta L = L_u - L_o$$



De O à E , le phénomène est réversible, c'est-à-dire que si l'on interrompt l'essai avant E et que l'on diminue progressivement l'effort de traction, on obtient une courbe retour qui se superpose exactement à la courbe décrite à l'aller. Quand on cesse d'exercer tout effort, le métal revient à ses dimensions primitives : il n'a donc subi que des déformations temporaires et n'est pas sorti du domaine élastique. La partie OE est sensiblement rectiligne.

$$\text{Limite élastique} \quad R_e = \frac{F_e}{S_o} \text{ N/mm}^2$$

A partir du point E , on est en présence d'une période dite de transition, ceci jusqu'au point H .

A partir du point H , les allongements deviennent permanents.

$$\text{Résistance à la traction} \quad R = \frac{F_{\max}}{S_o} \text{ N/mm}^2$$

Au-delà de R commence le phénomène de striction (diminution du diamètre de l'éprouvette). La charge nécessaire pour produire l'allongement décroît jusqu'en S , où l'éprouvette se rompt.

L'allongement % après rupture est donnée par la relation :

$$A = \frac{L_u - L_o}{S_o} \times 100$$

L_u est mesuré après rapprochement des deux fragments de l'éprouvette rompue. Le coefficient de striction % Z est défini par la relation :

$$Z = \frac{S_o - S_u}{S_o} \times 100$$

S_u est la section ultime, en mm^2 , dans la région de la rupture.

3. Etude de dureté : Dureté BRINEL



La première notion de dureté provient du minéralogiste allemand Friedrich Mohs, qui recherchait un paramètre pour définir les minéraux en 1822. Il a proposé une échelle de 10 classes de dureté relative basée sur la résistance à la rayure par rapport à des matériaux donnés, le talc et le diamant étant les extrêmes.

Principe

La dureté d'un métal, symbolisée par la lettre H, est la résistance qu'il offre aux efforts de pénétration.

On admet qu'un métal est d'autant plus dur qu'un poinçon (sphérique, conique ou pyramidal), soumis à une charge constante, y pénètre moins profondément. La dureté peut donc être évaluée en fonction de la surface ou la profondeur de l'empreinte laissée par le poinçon.

Essai BRINELL

On doit l'essai Brinell à l'ingénieur métallurgiste suédois Johan Brinell (1849-1925). La norme de dureté Brinell a été éditée dès 1924. Il s'applique aux métaux « peu durs ».

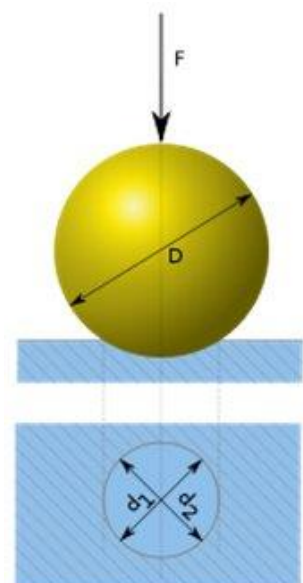
Le poinçon en acier extra-dur est une bille de diamètre D. La dureté Brinell est égale au quotient de la charge d'essai exercée sur la bille par l'aire S (mm²) de l'empreinte, assimilée à une calotte sphérique.

$$\text{On a : } HB = \frac{P \text{ (daN)}}{S \text{ (mm}^2\text{)}}$$

La surface S peut être calculée par la formule : $S = \frac{\pi D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2})$

Il en résulte donc :

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



Diamètre D de la bille en mm	Charges exprimées en daN			
	$P = 30 D^2$	$P = 10 D^2$	$P = 5 D^2$	$P = 2 D^2$
1	30	10	5	2
2,5	187,5	62,5	31,25	12,5
5	750	250	125	50
10	3000	1000	500	200

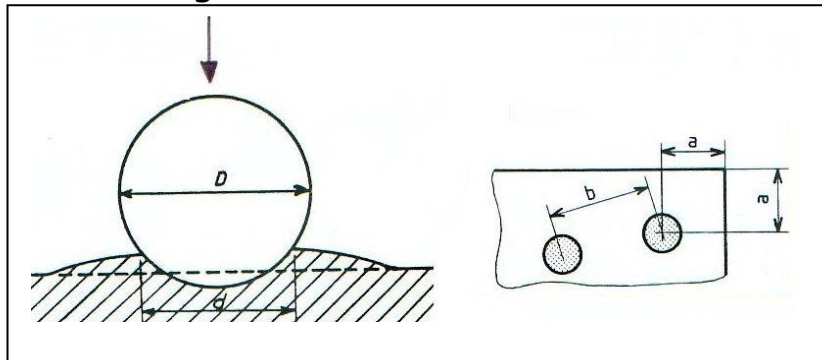
Charges	Métaux ou alliages
$30 D^2$	Aciers, Bronzes...
$10 D^2$	Laitons, Alliages légers...
$5 D^2$	Cuivre, Duralumin, zinc et alliages...
$2 D^2$	Etain, Plomb...

La charge est appliquée progressivement, sans chocs ni vibrations, et maintenue à sa valeur finale durant 10 à 15 secondes.

Pour les essais successifs, on choisira :

$a \geq 2,5.d$ et $b \geq 4.d$ (aciers)

$a \geq 3d$ et $b \geq 6.d$ (alliages d'aluminium et de cuivre)



Il y a possibilité de mesurer d à l'aide d'un microscope électronique.

H(1/30/15) : Essai effectué avec une bille de diamètre 1 mm, une charge de 30 daN, durant 15 s.

Exploitation des résultats : Dureté Brinell des métaux et alliages usuels :

Laitons : 52 à 90

Bronzes : 80 à 117

Aciers doux : 110

Aciers mi-durs : 170

Aciers durs : 315

Des tables permettent d'avoir directement la dureté en fonction de d. Pour les aciers ordinaires, il existe une relation simple, mais approchée, entre la dureté Brinell et la charge de rupture par traction :

$$R \text{ (N/mm}^2\text{)} \approx 3 \text{ HB}$$



4. Etude de dureté : Dureté VICKERS

Dans le cas de matériaux très durs ($HB > 450$), la bille se déforme au cours de l'essai et les résultats sont entachés d'erreurs.

La dureté Vickers a été conçue dans les années 1920 par les ingénieurs de la société Vickers en Angleterre.

L'essai Vickers consiste à imprimer dans la pièce à essayer le pénétrateur en forme de pyramide droite à base carrée d'angle au sommet 136° sous une charge F et à mesurer la diagonale d de l'empreinte laissée sur la surface après enlèvement de la charge.

F : Charge d'essai en daN

$$d = \frac{(d_1 + d_2)}{2} \quad d \text{ est mesuré à } 0,5 \% \text{ près}$$

La dureté est proportionnelle au rapport $\frac{F}{S}$

S : Surface de l'empreinte considérée comme pyramide droite

$$\text{Dureté Vickers HV} = \frac{\text{Charge d'essai}}{\text{Aire d'empreinte}} = \frac{2 \cdot F \cdot \sin \frac{136}{2}}{d^2} = 1,854 \frac{F}{d^2}$$

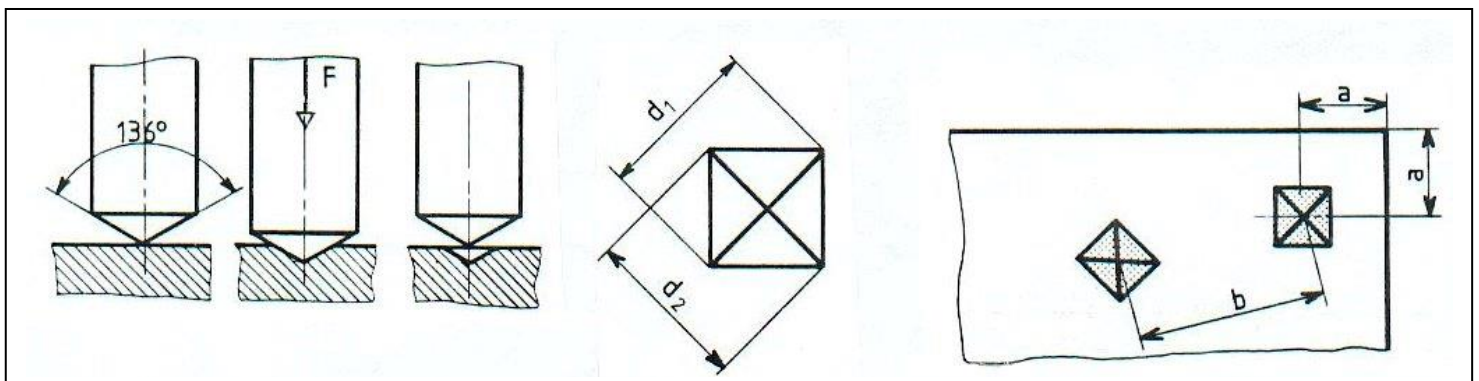
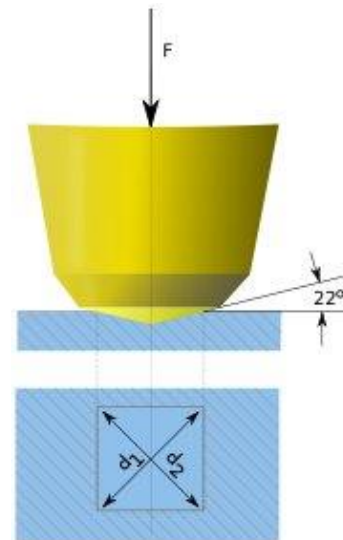
Pour le choix de la charge, il faut que $d \geq 0,4 \text{ mm}$ afin d'assurer une mesure correcte.

La charge est appliquée progressivement sans chocs, ni vibrations et maintenue à sa valeur finale pendant 10 à 15 secondes.

Pour les essais successifs, on choisira :

a et $b \geq 2,5 \cdot d$ (aciers)

$a \geq 3 \cdot d$ et $b \geq 6 \cdot d$ (alliages d'aluminium et de cuivre)



Comme pour l'essai Brinell, des tables permettent d'avoir directement la dureté en fonction de d .

Essai HV30 : Essai Vickers, charge = 30 daN