LTI M. DELAFOSSE	CHAPITRE 3 : **LES ESSAIS MECANIQUES**	Classe :
Année scolaire : 20….-20…...		EFFECTIF : Elèves

GENERALITE

Les propriétés mécaniques d'un matériau sont définies par des caractéristiques numériques déterminées d'après des essais exécutés en laboratoire. Ces valeurs sont utilisées pour calculer les organes machines qui doivent résister aux efforts qu'ils subissent pendant leur utilisation, sans risque de détérioration.

A. L'ESSAI DE TRACTION

I. PRINCIPE

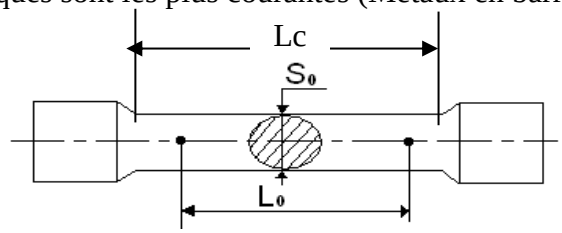
La traction est l'essai le plus classique et le plus important. Un matériau est soumis à la traction lorsque les forces auxquelles il est soumis tendent à l'allonger progressivement jusqu'à la rupture suivant son axe. Il permet de déterminer les caractéristiques mécaniques suivant :

- La limite d'élasticité ou limite élastique
- La résistance à la rupture
- L'allongement
- La striction
- Le module d'élasticité

II. EPROUVETTES UTILISEES

1. Eprouvette cylindrique

Les éprouvettes cylindriques sont les plus courantes (Métaux en barres)



Les éprouvettes cylindriques ou plates ont des dimensions normalisées fabriqué et tiré dans les matériaux à tester.

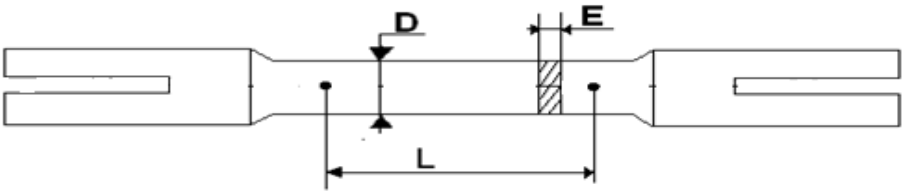
avec K= 5,65

Lc= ……..

Lo= ……..

So= ……..

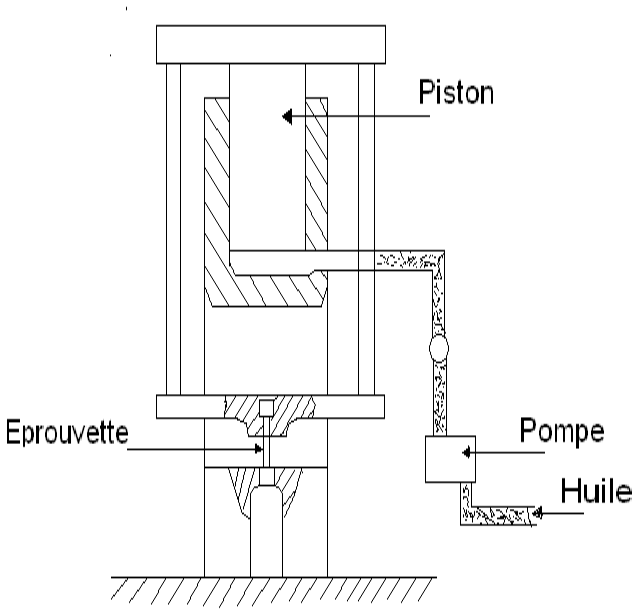
2. Eprouvette plate



Les éprouvettes plates servent à essayer les tôles (Métaux en feuilles). Les cotes L, D et E sont imposées.

III. MACHINE DE TRACTION

1. Description de la machine

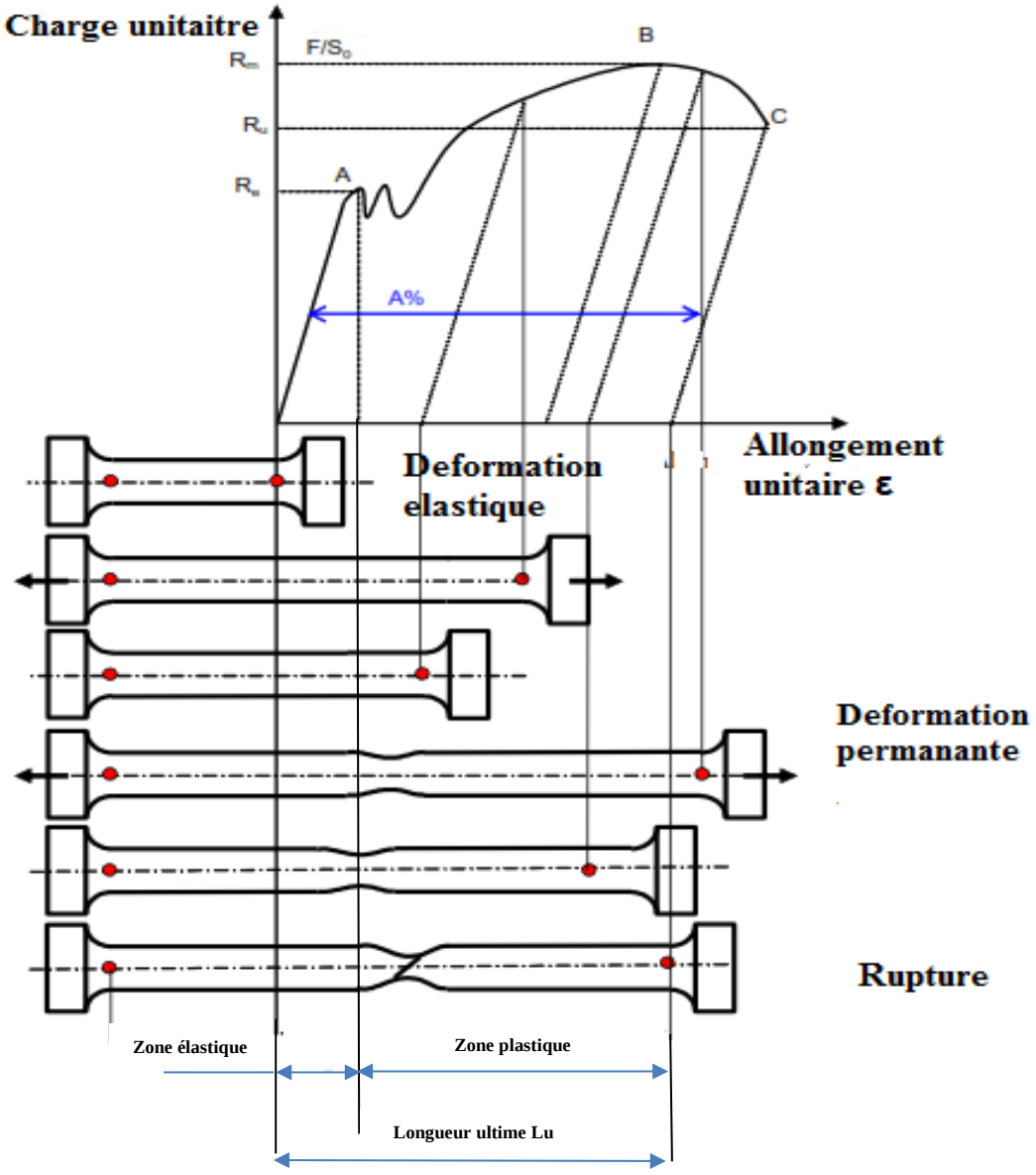


L'éprouvette est solidement fixée entre deux mâchoires qui lui communiquent un effort de traction réglable avec précision et une vitesse d'allongement constante (on prend généralement 0,3% L par minute). La force de traction est obtenue par pression d'huile agissant sur un piston solidaire de la traverse supérieure.

Toutes les machines d'essais sont munies d'appareils enregistreurs. Les déformations produites sont mesurées avec une exactitude de 1/1000eme de mm (appareil à miroirs).

2. Courbe contrainte de déformation

Le diagramme représente la déformation de l'éprouvette en fonction de l'effort appliqué. Il nous permet d'interpréter les différentes phases existant jusqu'à la rupture de l'éprouvette.



a. **Interprétation de la courbe**

- Zone OA : domaine des déformations élastiques ou réversibles (zone parfois linéaire) si l'on cesse la charge, l'éprouvette retrouve ses dimensions initiales
- Zone AB : la déformation n'est plus complètement réversible. La déformation est plastique (ou permanente) homogène ; appelée aussi déformation plastique répartie. Les allongements croissent plus vite que les charges. L'allongement a lieu avec une diminution régulière de la section tout au long de l'éprouvette.
- Zone BC: la déformation plastique se localise dans une petite portion de l'éprouvette et n'est plus homogène, c'est la striction on aboutit à la rupture en C. les allongements croissent avec une diminution de la charge.

b. Phase de déformation élastique

Entre O et A : Nous avons la phase élastique ou la déformation est réversible, c'est-à-dire si on supprime l'effort la pièce reprend sa longueur initiale.

- **La résistance à la limite élastique** notée **Re** est égale à :

……

……

- **Le module d'élasticité E** est le coefficient constant défini, en période élastique par le rapport entre la charge unitaire N et l'allongement unitaire correspondant.

……

……

c. Phase de déformation plastique

Entre A et B : Nous avons la phase de d »formation permanente. Lorsqu'on supprime l'effort l'éprouvette conserve son allongement.

- **La résistance maximale** à la traction notée **Rm** est égale à

……

……

d. Phase de striction et de rupture

Entre B et C : Il apparaît un phénomène de striction qui conduit à la rupture de l'éprouvette. Les déformations sont aussi permanentes.

NOTA : En C la charge est décroissante jusqu'à la rupture.

- ✓ **L'allongement** pourcent après rupture noté A est égale à :

……..

……..

- ✓ **La striction** est le rapport de changement après essai, à la section initiale. Le coefficient de striction Z % est égale à :

……

……

B. LES ESSAIS DE DURETE

I. LES PRINCIPAUX TYPES D'ESSAIS DE DURETE

De symbole général H, la dureté caractérise la capacité d'un matériau à résister au marquage (empreintes, rayures etc.), à l'usure et à l'érosion. C'est un moyen de contrôle **non destructif.** Elle peut être évaluée en mesurant une empreinte laissée en surface par un poinçon agissant sous l'action d'une force connue (essai Brinell, Vickers et Rockwell).

II. DURETE BRINELL

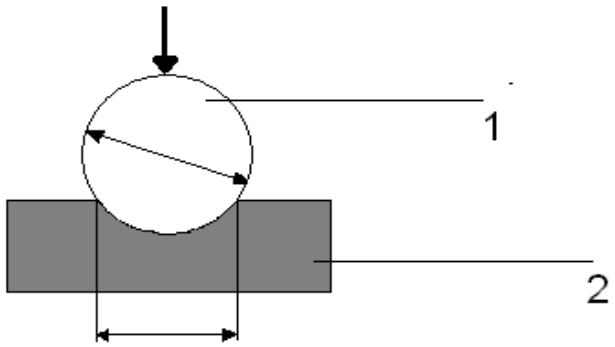
1. Principe

Le poinçon ou pénétrateur est **une bille** en acier extra dur de diamètre « D ». Sous **une charge** « F », la bille pénètre dans la pièce à mesurer. L'empreinte obtenue dans la pièce est une calotte sphérique.

2. Schémas de principe

La surface de la calotte sphérique est :

$$S = \frac{\dots}{\dots}(\dots\dots\dots\dots\dots\dots.)$$



S : Surface de l'empreinte

D : Diamètre de la bille

d : Diamètre laissé par l'empreinte

Le chiffre BRINELL est donné par la relation suivante :

$$HB = \frac{\dots\dots}{\dots\dots}$$

H : dureté

B : Brinell

F : Charge

S : Surface de l'empreinte

3. Choix de « D » et « F »

- On choisit **« D »** en fonction de **l'épaisseur de la pièce** à mesurer :

D= 1 ou 2,5 ou 5 ou 10mm

- On choisit **« F »** suivant **la nature du matériau de la pièce** à mesurer et en fonction **du diamètre « D »** de la bille.

Exemples : Pour les aciers **F = 30D²** Pour les alliages **F = 10D²**

4. Désignation d'une mesure de HB

EXEMPLE : HB 179/10/3000/15

H	B	179	10	3000	15
Symbole de la dureté	**Méthode Brinell**	**Valeur de la dureté ou chiffre Brinell**	**Diamètre de la bille**	**Force appliquée en daN**	**Temps d'application en Seconde**

Remarque :

- La méthode BRINELL laisse une empreinte large et profonde sur la pièce donc ne peut être employé sans inconvénient sur les surfaces usinées.
- Sur des tôles minces ou sur des pièces de faible épaisseur, l'effort important risquerait de provoquer l'emboutissage ou le défonçage de la tôle durcie.

De ce fait l'essai convient parfaitement pour la mesure de pièces brutes dont la dureté est inférieure à 4000N/mm^2 et la résistance à la traction environ 1400N/mm^2

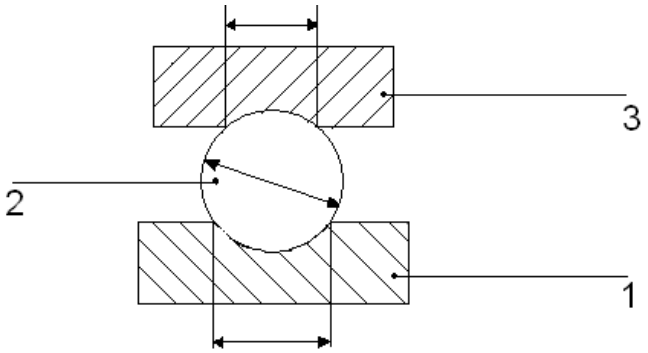
III. DURETE BRINELL PAR COMPARAISON

1. Principe

La bille pénètre à la fois dans **la pièce à mesurer** et dans **un cube étalon** de dureté connue.

La charge « F » a une valeur quelconque, exemple : Coup de marteau

2. Schéma de principe



Relation importante :

$$HB' = \cdots \times \frac{\cdots\ \cdots}{\cdots\ \cdots}$$

Avantage : Cette méthode permet de mesurer H sur des pièces encombrantes ou ne pouvant pas bouger. L'appareil est portatif.

Inconvénient : Les pièces marquées, les pièces mines déformées, la bille peut être détériorée.

REMARQUE : Des tableaux donnent parfois les valeurs de HB en fonction de **d**. les valeurs de **D** et **F** sont choisies en tenant compte de la nature du métal et de l'épaisseur de la pièce essayée.

IV. ESSAI VICKERS

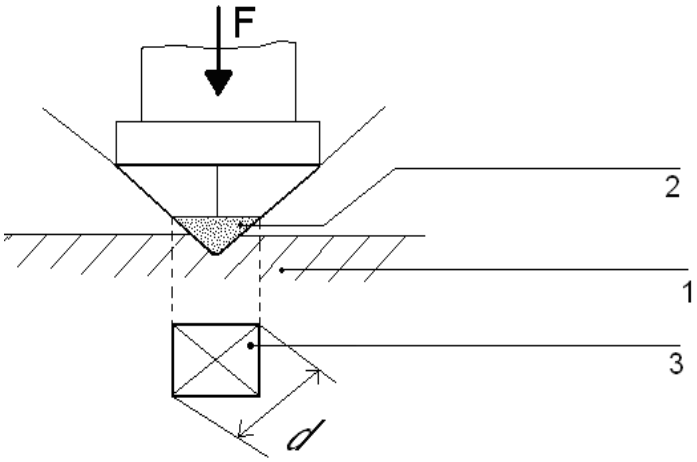
1. Principe

Même principe que celui de la méthode Brinell, mais ici le pénétrateur est …… de forme ……. droite à base carrée, d'angle au sommet 136° ; sur lequel on applique une charge variant de 5 à 125 daN.

De symbole HV, la dureté Vickers est donné par rapport le rapport.

Dans lequel $S = \frac{\quad}{\quad}$ D'ou

2. Schéma de principe



1 :

2 :

3 :

3. Désignation de HV :

Exemple : HV50

H	V	50
…….	…….	…….
…….	…….	…….
…….	…….	…….

4. Domaine d'application

L'essai VICKERS convient pour tous …….. de toutes duretés, mais il est particulièrement utilisé pour la mesure …… …….. ou des couches minces de pièces ayant été traitées superficiellement (EX : Cémentation Nitruration).

L'empreinte est …….. (peu …….), ce qui ne modifie pas l'aspect d'une surface finie.

V. ESSAI ROCKWELL

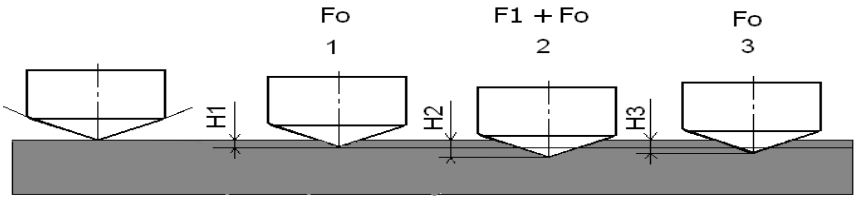
1. Principe :

Le pénétrateur est ……au sommet égal à **120°** (terminé par une calotte sphérique de rayon égal à 0.2 mm), ou …….. en acier trempé de diamètre D qui s'enfonce dans la pièce à mesurer sous une charge qui s'applique en trois temps :

1. …….……. : Fo
2. ……...…….: Fo + F1
3. …….. : Fo

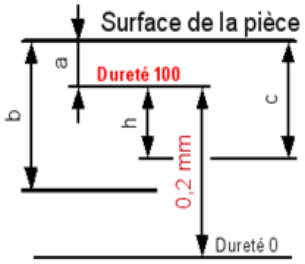
On déduit la dureté Rockwell de l'accroissement de profondeur de pénétration, mesuré entre …… et …… opération.

2. Schéma de principe avec cône :

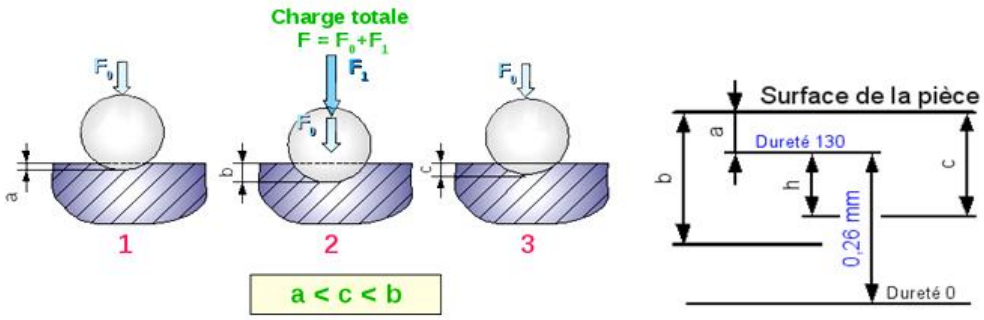


1: Application de la charge initiale
2: Application de la charge additionnelle
3: Retrait de la charge additionnelle

Fo: Charge préliminaire
F1: Surcharge



3. Schéma de principe avec bille :



4. Description et condition d'exécution :

Le pénétrateur est amené au contact de la surface de la pièce et les diverses charges sont appliquées progressivement.

a. Pré charge Fo : Enfoncement du pénétrateur H1 ou a
b. Charge additionnel : Enfoncement du pénétrateur H2 ou b
c. Enlèvement de la charge : Enfoncement H3 ou c.

TABLEAU D'ESSAI ROCKWELL NORMALISE : Les charges varient suivant le pénétrateur employé et le mode d'essai.

Type d'essai	Forme du pénétrateur	F0	F1	Métaux
HRc	Cône diamant 120°	10 daN	140 daN	Fe, aciers
HRb	Bille Ø 1/16'' = 1.59 mm	10 daN	90 daN	Fe, Al, Cu
HRe	Bille Ø 1/8'' = 3.175 mm	10 daN	90 daN	Fe, Al
HRf	Bille Ø 1/16'' = 1.59 mm	10 daN	90 daN	Fe, Cu

Suivant le mode d'essai, on lit le chiffre HR directement sur l'échelle correspondante du cadran gradué qui est un dispositif appelé comparateur (mesurant la profondeur).

Le mode opératoire est le même qu'on utilise l'essai au cône ou l'essai à la bille, mais l'échelle de dureté comporte 100 divisions pour le cône et 130 pour la bille. D'où

5. **Domaine d'application :**

Convient pour mesurer H des métaux très trempés donc très durs ou pour les couches durcies superficiellement (0,7mm mini). Ne convient pas pour les produits moulés. Permet une lecture directe. L'empreinte n'est pas importante.

C. L'ESSAI DE RESILIENCE

I. DEFINITION

La résilience est la propriété d'un matériau de …… (Symbole……).

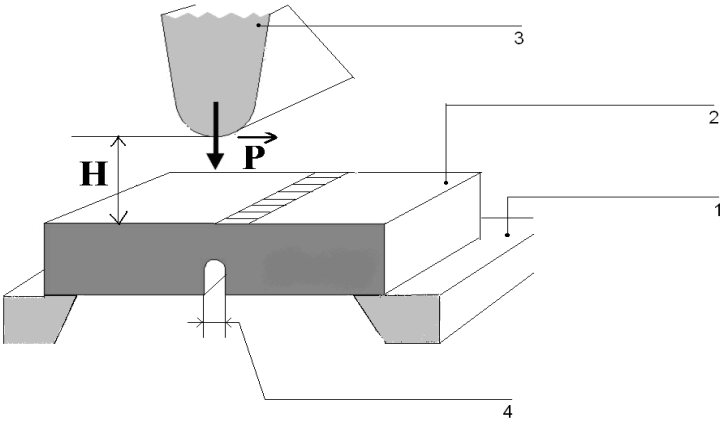
La résilience est l'énergie nécessaire pour produire la rupture d'un échantillon entaillé section droite de l'entaille (appelé éprouvette).

II. PRINCIPE

L'essai consiste à rompre en un seul coup, une éprouvette de section donnée.

La caractérisation de la résilience d'un matériau est réalisée grâce à une machine qui s'appelle ……

Schéma de Principe



1 :……

2 :……

3 :……

4 :……

Pour trouver l'énergie nécessaire à la cassure, la hauteur **H** du mouton est juste assez grande pour rompre l'éprouvette. Ce qui permet d'écrire :

W=

W : ……..

F : ……

H : ……

……
……
……

D'où la relation importante

K=	(1)	K=	(2)	Avec K en J/cm^2

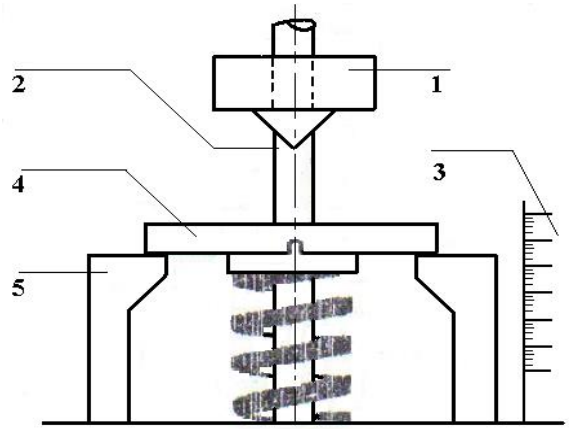
Remarque :

Ce schéma est aussi le principe de fonctionnement d'une machine d'essai : « Le mouton ordinaire ». Les symboles sont :

- KCV ou KV pour l'essai sur l'éprouvette entaillée en V et peu fragile
- KCU ou KU pour l'essai sur l'éprouvette entaillée en U et relativement fragile.

III. AUTRES TYPES DE MACHINES D'ESSAI

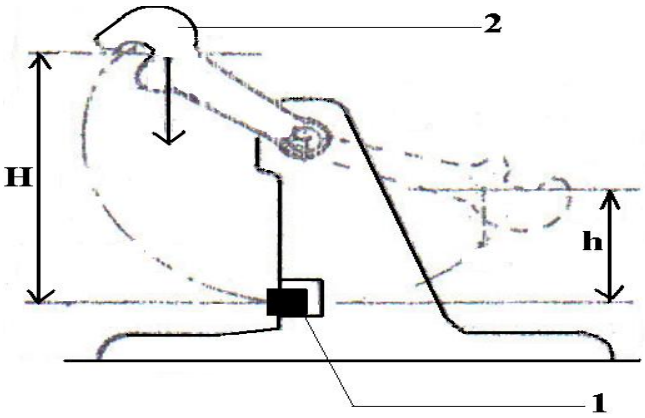
1. Mouton de FREMONT



K = ----------

L'énergie en excès est enregistrée par le déplacement d'un curseur sur la réglette graduée joule

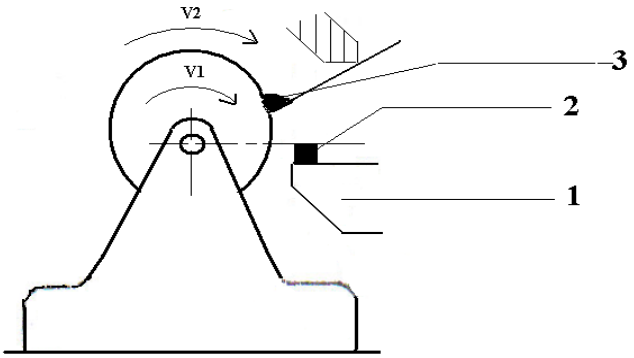
2. Mouton Pendulaire de CHARPY



K = ---------

3. Mouton rotatif de GUILLERY

K = ----------



V1 : ……

V2 : ……

EXERCICE D'APPLICATION

On applique l'essai de résilience avec le mouton pendulaire CHARPY de sur une éprouvette entaillée en V.

On donne :

- La masse M = 95 kg
- La hauteur avant rupture H= 2.5 m
- La hauteur après rupture h= 0.5 m
- La section S= 125 mm^2

Calculer la résilience K

……
……
……
……
……
……
……
……
……