

LES PRINCIPAUX ESSAIS

1. Dureté Brinell (symbole HB)

Elle est obtenue par calcul Après essai on mesure l'empreinte laissée par une bille polie (diamètre : 1-2,5-5 10 mm) et la valeur de la charge F appliquée pour obtenir cette empreinte (essai usuel $F = 3\ 000\ daN$, $d = 10\ mm$, pendant 15 a 60 secondes). Utilisation : tous métaux

2. Dureté Vickers (symbole HV)

Elle est obtenue par calcul : le principe est identique au précédent mais avec une pyramide droite en diamant à base carrée dont l'angle au sommet est de 136° . Utilisation : tous métaux Variante : essai Knoop (microdureté, empreinte en forme de losange, matériaux durs pour petites pièces et fines sections).

3. Dureté Rockwell (symbole HR)

C'est l'essai de dureté le plus connu mondialement. Dans ce cas, la dureté, contrairement a' Brinell et Vickers, est obtenue par lecture directe d'une Longueur d'enfoncement d'un pénétrateur, bille acier ou cône diamant.

Une précharge (F_0) permet de faire une empreinte initiale et, par la, d'éliminer les incertitudes propres aux défauts de la surface.

Echelles de mesure : HR_C (pour ferreux), HR_D et HR_A avec cônes (pour matériaux durs et très durs : carbures, aciers trempés...) : HR_B (non ferreux et métaux en feuilles) : HR_E, HR_F, HD_G (métaux doux) . HR_M HR_R avec billes (pour matières plastiques).

| Principaux essais de dureté | | |
|-----------------------------|---------|--|
| essai | symbole | principe et conduite de l'essai |
| Brinell | HB | <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>bille $\varnothing d$</p> <p>surface</p> </div> <div style="margin-left: 20px;"> $HB = \frac{0,102 \times 2F}{S}$ <p>avec</p> $S = \frac{\pi d}{2} (d - \sqrt{d^2 - a^2})$ <p>(F en N, a et d en mm)</p> </div> </div> |
| Vickers | HV | <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>pyramide à base carrée</p> <p>136°</p> </div> <div style="margin-left: 20px;"> $HV = 0,189 \frac{F}{d^2}$ <p>avec</p> $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$ <p>(F en N, d_1 et d_2 en mm)</p> </div> </div> |
| Rockwell | HR | <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>cône ou bille</p> <p>120°</p> </div> <div style="margin-left: 20px;"> <p>précharge (F_0 (100 N))</p> <p>mise en charge ($F + F_0$)</p> <p>relâchement (F_0)</p> </div> <div style="margin-left: 20px;"> <p>0 50 100</p> <p>0,2 mm</p> <p>$e =$ enfoncement</p> <p>dureté HR = 100 - e</p> <p>échelle de dureté (C, B, A...)</p> </div> </div> |

La dureté : de Symbole générale H, caractérise la capacité d'un matériau à résister au marquage (empreintes, rayures ; ;), à l'usure et à l'érosion. 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 Rockwel) mais aussi par une hauteur de rebondissement d'un objet très dur sur la surface à tester (essai Shore pour élastomère et plastique).

ESSAI DE DURETE

ESSAI ROCKWEL

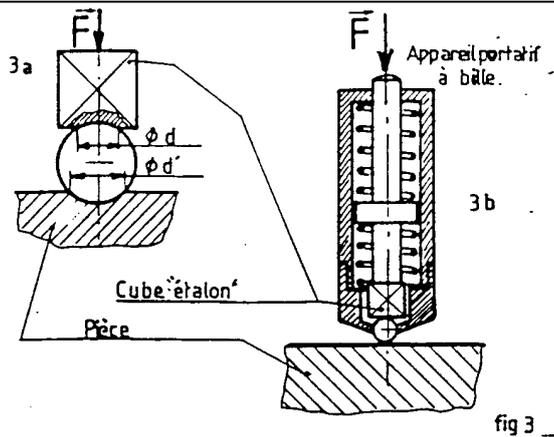


fig 3

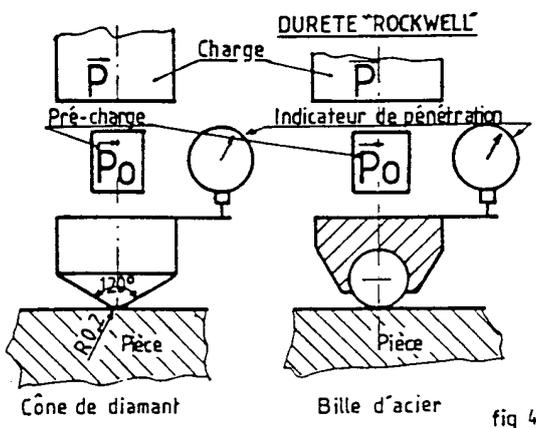


fig 4

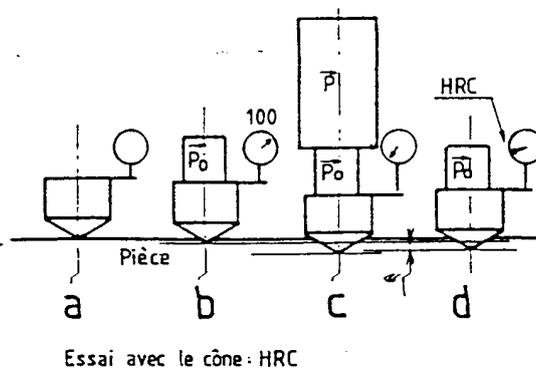


fig 5

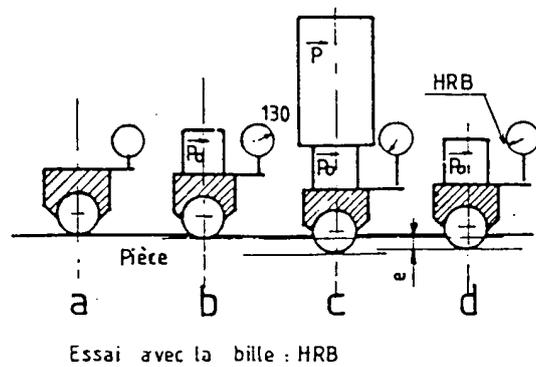


fig 6

2 - Essai de dureté-Brinell par comparaison

• Principe (fig. 3a). On interpose entre la bille et la charge Un bloc de dureté connue (le bloc étalon La comparaison entre l'empreinte relevée sur le bloc étalon S et l'empreinte relevée sur la pièce S permet de déterminer la dureté de cette dernière :
L'appareil portatif (fig. 3b) permet des essais de dureté directement sur les pièces quelles que Soient leurs dimensions.

$$H = H' \frac{S}{S'}$$

3 - Essai de dureté Rockwell de l'acier (NFA03153)

• Principe de l'essai. Il consiste à imprimer en deux temps, un pénétrateur normalisé (cône ou bille) dans des conditions précises et à mesure l'accroissement rémanente de la profondeur de pénétration. De cet accroissement, on déduit Un nombre appelé dureté Rockwell.

• Pénétrateur (fig. 4).

- Cône de diamant : essai HRC
- Bille en acier trempé: ø 3,175 essai HRE .
ø 1:5875 essai HRB et HRE

• Machine. Elle comporte essentiellement :

- 2 mécanismes permettant d'assurer distinctement la précharge PG et la charge P (fig. 4).
- Un dispositif indicateur de pénétration constitué par Un comparateur.

• Conduite de l'essai. Essai avec le cône (fig. 5)'. Essai avec la bille (fig. 6).

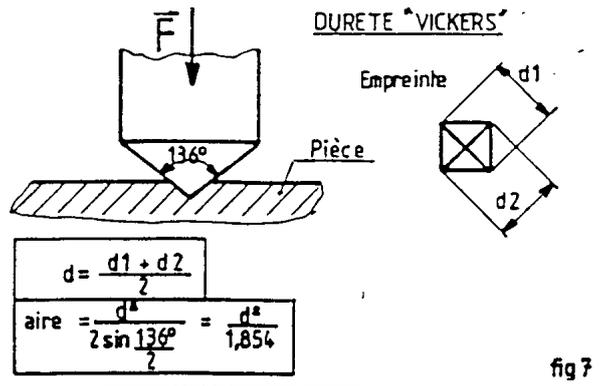
- a)Le pénétrateur est amené au contact.
- b)La précharge P₀ est appliquée (la couche superficielle est brisée). L'indicateur de pénétration est réglé sur 100 pour l'essai avec le cône ou 130 pour l'essai avec la bille.
- c)La charge P est appliquée 1400 N (cône) : HRC ; 1000 N (bille) : MRB ; 900 N :HRE ; 500 N :HRF
- d)La charge P est supprimée. La suppression des déformations élastiques est constatée sur l'indicateur de pénétration. Le pénétrateur remonte un peu. On lit la valeur de HR sur le cadran d'un comparateur.

• Caractéristiques

- HRC = 100 - e
- HRB = HRE = HRF = 130 - e

ESSAI DE DURETE

ESSAI VICKERS ET SHORE



4 - Essai de dureté Vickers de l'acier (NFA03154)

- Principe de l'essai (fig. 7).

Il consiste à imprimer dans la pièce à essayer un pénétrateur pyramidal sous l'effet d'une charge F et à mesurer la diagonale de l'empreinte après suppression de la charge.

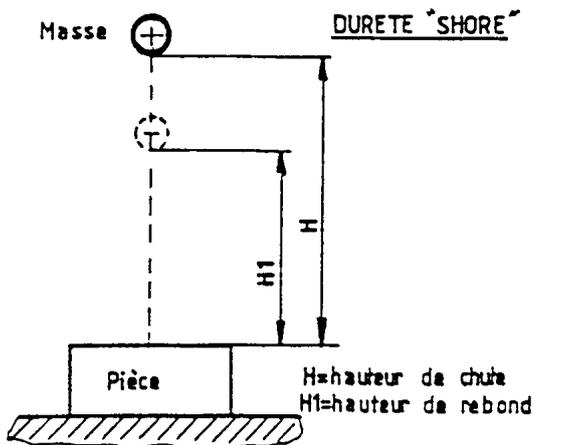
- Pénétrateur (fig. 1).

Il s'agit d'une pyramide droite à base carrée en diamant. L'angle au sommet (entre deux faces opposées) est égal à 136°.

- caractéristiques

HV = dureté Vickers.

$$HV = \frac{F(N)}{\text{Aire. empreint e(mm}^2\text{)}}$$



Remarques relatives aux essais de dureté :

L'essai Brinell laisse sur les pièces une empreinte importante. De plus, il ne peut être utilisé sur des pièces très dure ou pour des épaisseur minces.

On réservera donc l'essai Brinell aux essais sur des pièces brutes et assez épaisses : (laminés, Il n'existe pas de comparaison universelle barres, etc.).

Par contre les essais Vickers et Rockwell laissent des empreintes très petites et peuvent être employés pour les essais sur des pièces usinées, des pièces dures cémentées, trempées(couche superficielle dure) ou pour des épaisseurs minces.

Les essais de dureté Rockwell pour produits minces sont normalisés suivant NFA 03170

L'essai MRB' s'applique avec une précision suffisante aux produits plats d'épaisseur supérieure ou égale à 0,5 mm.

On utilise la même machine suivant le même processus que pour l'essai Rockwell MRB. Toutefois, des précautions doivent être prises au niveau du plateau recevant l'échantillon à

Essayer. Afin d'éviter au maximum l'effet d'enclume, le plateau doit être en acier trempé. empreinte importante. De plus, il ne peut être utilisé sur des pièces très dures ou pour des épaisseurs minces.

NOTA :

Relations entre les différents essais

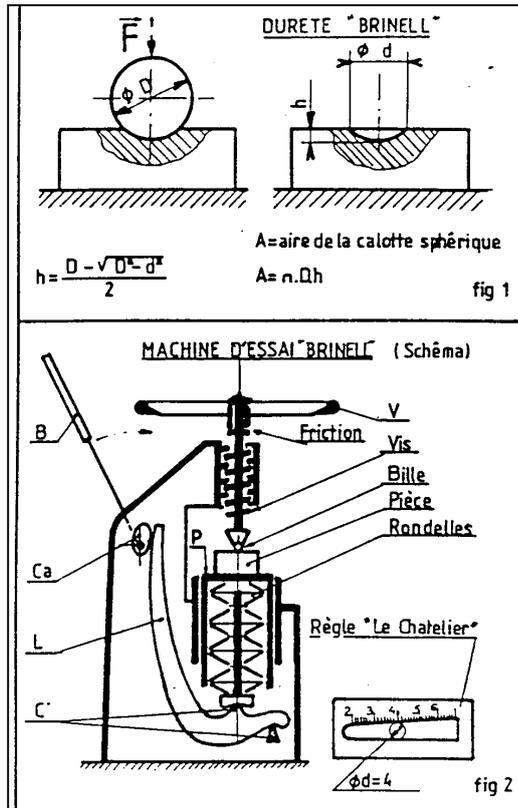
Il n'existe pas de comparaison universelle entre les différentes méthodes d'essai. Des valeurs conversions existent et notamment en ce qui concerne dureté, résistance a la traction. Cette relation est très approximative ; elle ne donne qu'une indication de l'ordre de grandeur de la résistance a la traction.

Mesure de la dureté par rebondissement (fig. 8).

Une méthode d'essai est basé sur le rebondissement. On laisse tomber un mouton sur la pièce à essayer et on mesure la hauteur de rebondissement. La dureté est fonction de la différence entre H hauteur de chute et H1 hauteur de rebondissement. Le matériau est d'autant plus dure que H – H1 est petit.

ESSAI DE DURETE

ESSAI BRINELL



ESSAIS de DURETE

Les essais de dureté sont des essais de pénétration ; ils se différencient en fonction du pénétrateur et de la charge adoptée.

1 - Essai de Dureté Brinell de l'acier (NFA03152)

- **Principe de l'essai** (fig. 1)

II c

Il Consiste à imprimer dans le matériau à étudier, une bille de diamètre D sous l'effet d'une charge F; Le diamètre de l'empreinte qui subsiste sur la surface après suppression de la charge est soigneusement mesuré.

Lle

La dureté Brinell est caractérisée par un nombre donné par le rapport :

- **Pénétrateur**

Le diamètre de la bille ne peut être inférieur à 1 mm. Diamètres et tolérances sont fixés par la norme: $\phi 10;5;2.5;2;1$.

Les

Les billes sont en acier trempé ou en carbure de tungstène.

- **La machine** (fig. 2)

La plus courante est schématisée fig. 2. L'éprouvette à tester est placée sur le plateau P. L'opérateur amène la bille au contact grâce au volant V agissant sur la vis. Une friction entre la vis et le volant limite l'effort de façon à éviter toute pénétration de la bille due à cette manœuvre.

L'action sur le bras B, détermine la rotation de la came qui agit sur le levier L.

L'articulé sur les couteaux C, comprime les rondelles "Belleville" qui forment ressort de compression, assurant ainsi la force de pénétration.

- **Conduite de l'essai.**

L'essai s'effectue à la température ambiante. La surface de la pièce à étudier doit être lisse et propre : éventuellement pratiquer un meulage sur une surface brute.

La pièce est mise en place et la bille amenée au contact ; en principe, la distance du centre de l'empreinte au bord de la pièce doit être supérieure à 2,5 fois le diamètre de l'empreinte.

Le bras est amené en butée, sans choc ni vibration, de manière à atteindre la charge d'essai.

Maintenir la charge pendant 10 à 15 s. Dégager la pièce et mesurer l'empreinte soit au microscope soit avec la règle "Le Chatelier" (fig. 2).

- **Caractéristiques de l'essai**

D mm : diamètre de la bille.

d mm : diamètre de l'empreinte

F N : charge d'essai.

A mm² : aire de l'empreinte

HBS dureté Brinell avec bille en acier trempé.

$$HBS = \frac{F}{A}$$

Exemple 350HBS

HBW dureté Brinell avec bille en carbure de tungstène.

$$HBW = \frac{F}{A}$$

Exemple 600 HBW

PRINCIPE

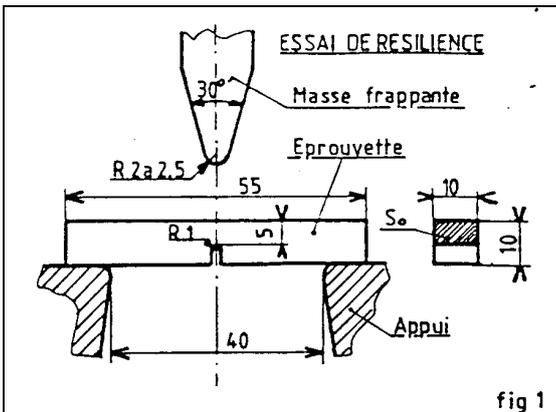


fig 1

MOUTON PENDULE DE CHARPY (Schéma)

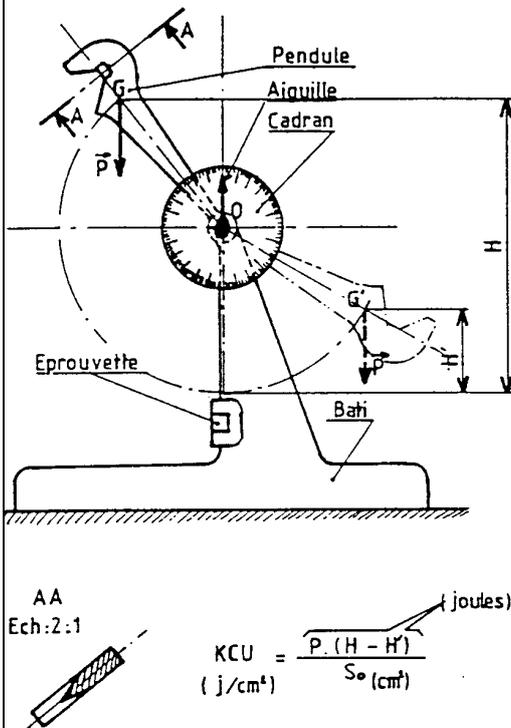


fig 2

ESSAI DE FLEXION PAR CHOC

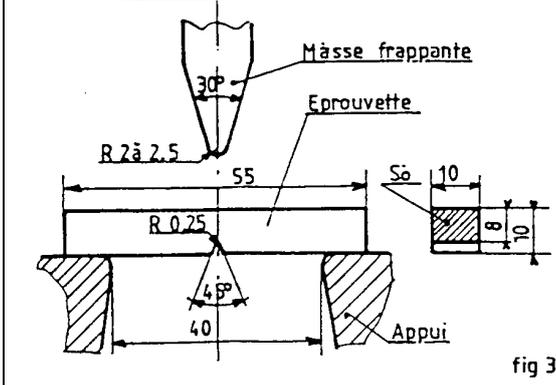


fig 3

• **Principe de l'essai (fig. 1).**

Il consiste à rompre d'un seul coup une éprouvette entaillée en son milieu et reposant sur 2 appuis. On mesure l'énergie de rupture.

• **Eprouvette**

Elle est entièrement usinée ; ses dimensions sont données sur la fig. 1. So : Section utile de l'éprouvette.

• **Machine (fig. 2).**

La masse frappante constitue un pendule articulé en O sur le bâti

L'éprouvette est placée sur 2 appuis en partie basse de façon à ce que le plan d'oscillation du pendule coïncide avec le plan médian de l'entaille pratiquée sur l'éprouvette.

Un crochet maintient le pendule en position haute.

L'aiguille est entraînée en rotation par le pendule ; elle ne peut revenir en arrière.

• **Conduite de l'essai**

Le crochet relevé, le pendule lâché vient briser brutalement l'éprouvette et continuant sur sa lancée remonte jusqu'en G', en fonction de l'énergie encore disponible. Il oscille et s'immobilise en partie basse. L'aiguille entraînée pendant la descente donne l'angle maximum de déplacement.

• **Caractéristiques**

Energie au départ $w = P \times H$.

Energie résiduelle après rupture $W' = P \times H' = W - W''$

KVKW énergie absorbée par la rupture = $P (H - H')$

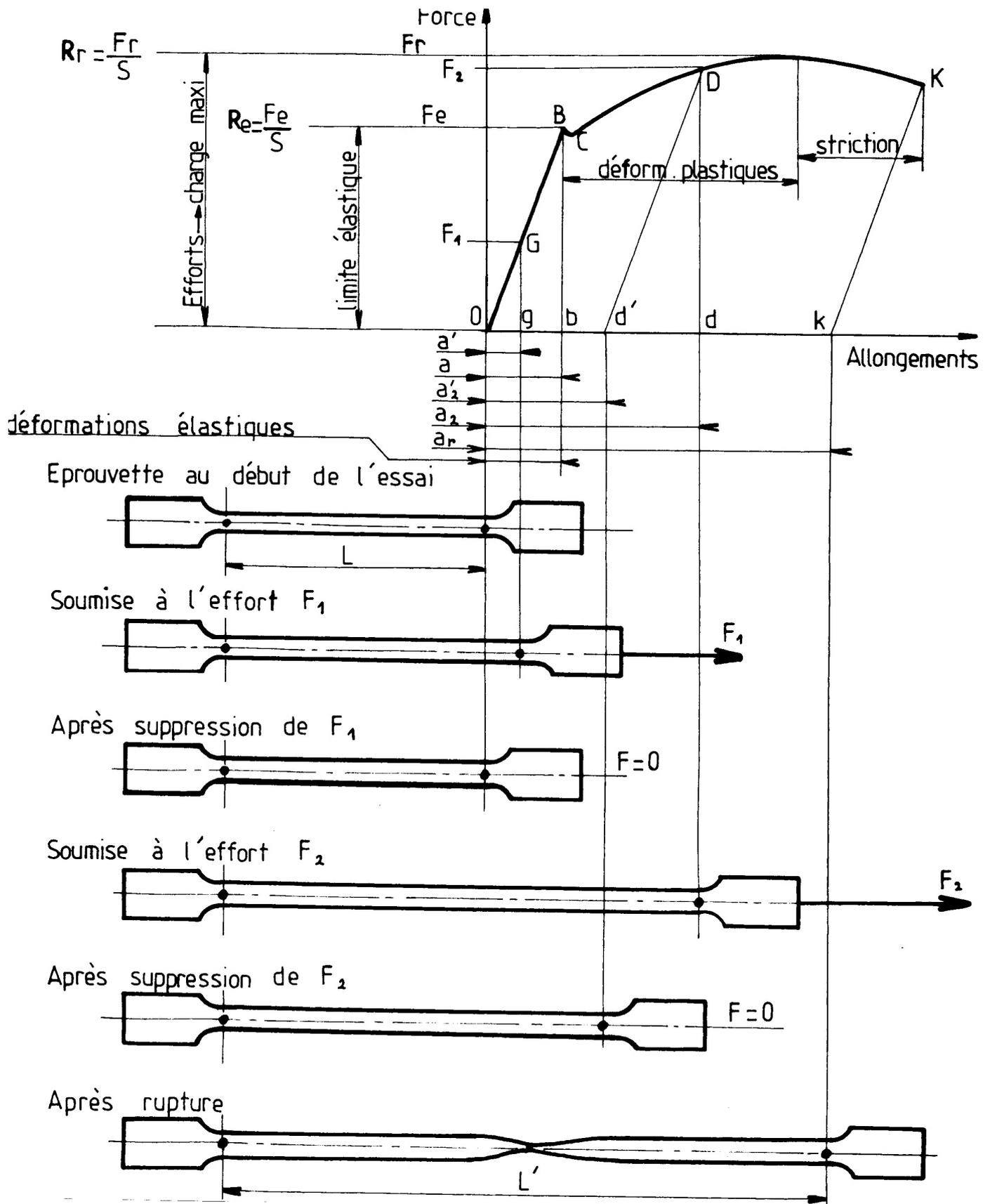
Résilience KCU (joules/cm²) = $\frac{KU \text{ joules}}{So \text{ (cm}^2\text{)}}$

ESSAI DE FLEXION PAR CHOC DE L'ACIER (NFA03161)

L'essai est conduit comme celui décrit ci-dessus. L'éprouvette est légèrement différente (fig. 3).

Nota. Quel que soit l'essai résilience ou flexion, on ne peut tenir compte des résultats que dans la mesure où il y a rupture de l'éprouvette.

ANALYSE D'UN DIAGRAMME



PRINCIPE

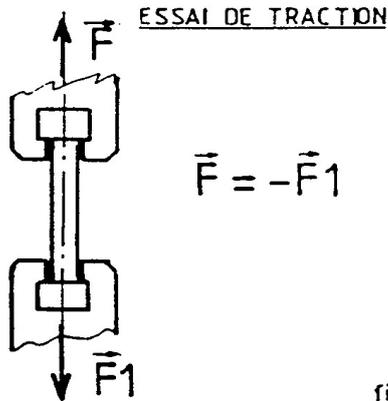


fig 1

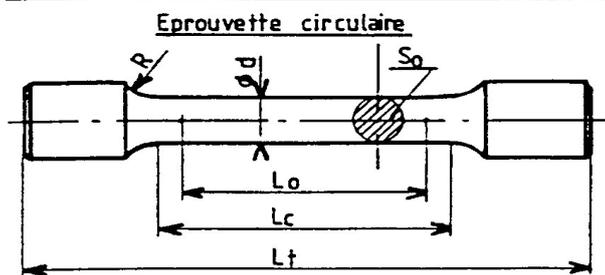


fig 2

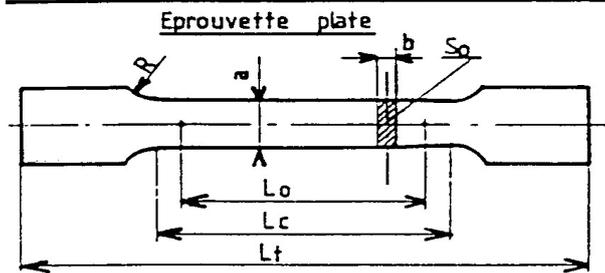
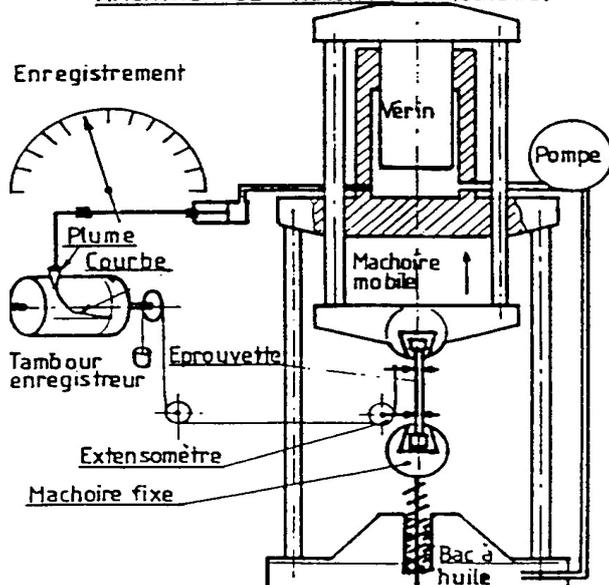


fig 3

MACHINE DE TRACTION (schéma)



ESSAI de TRACTION (NF A 03-151)

• Principe de l'essai : (fig. 1)

L'éprouvette, de section circulaire, carrée ou rectangulaire, est soumise à deux forces égales et opposées appliquées suivant son axe. Sous l'action de ces forces qui croissent progressivement, l'éprouvette s'allonge jusqu'à rupture en vue de déterminer une ou plusieurs caractéristiques mécaniques du matériau étudié.

• Eprouvettes (fig. 2 et fig. 3)

Elles comportent une partie calibrée soigneusement polie. Cette zone centrale est raccordée aux extrémités par des congés de rayon R. Les têtes d'amarrage, non normalisées, sont adaptées aux mâchoires de la machine de traction.

Formes et dimensions de la partie calibrée.

So : Section circulaire de diamètre d

So : Section rectangulaire

Lc : Longueur calibrée :

$$L_o + \frac{d}{2} \leq L_c \leq L_o + 2d$$

Lo : Longueur entre repères : il s'agit de la longueur utilisée pour l'étude de l'allongement.

Suivant la puissance des machines de traction les éprouvettes de section circulaire doivent satisfaire à la relation

$$L_o = k\sqrt{S_o} \quad \text{avec} \quad k = 5.62$$

Machine de traction (fig. 4)

Essentiellement deux mâchoires dans lesquelles sont maintenues les têtes d'amarrage de l'éprouvette.

Sous l'action du mécanisme (machines de traction mécaniques) ou sous l'effet de la pression de l'huile (machines de traction à piston) ces mâchoires s'écartent exerçant ainsi les forces de traction suivant l'axe de l'éprouvette.

Des appareils adaptés à la machine de traction (dynamomètre, manomètre, enregistreur) permettent de mesurer et d'enregistrer à tout instant la charge et l'allongement correspondant de l'éprouvette.