

# ESSAIS DE DURETE

NF A03-152. à 154.

## 1 - GENERALITES

- \* La dureté d'un matériau peut-être définie par la résistance qu'il oppose à la pénétration d'un poinçon
- \* Symbole : la lettre " H " ( hard : dur )
- \* Selon la nature du poinçon ( ou pénétrateur ), sa forme et son application , on définit différentes méthodes :
  - a) méthode BRINELL : bille en acier extra-dur trempé- ( HB )
  - b) méthode VICKERS : diamant en forme de pyramide à base carrée ( angle au sommet :  $136^\circ$  ) — ( HV )
  - c) méthode ROCKWELL : soit bille d'acier- ( HRb )  
soit diamant conique (  $120^\circ$  ) — ( HRC )

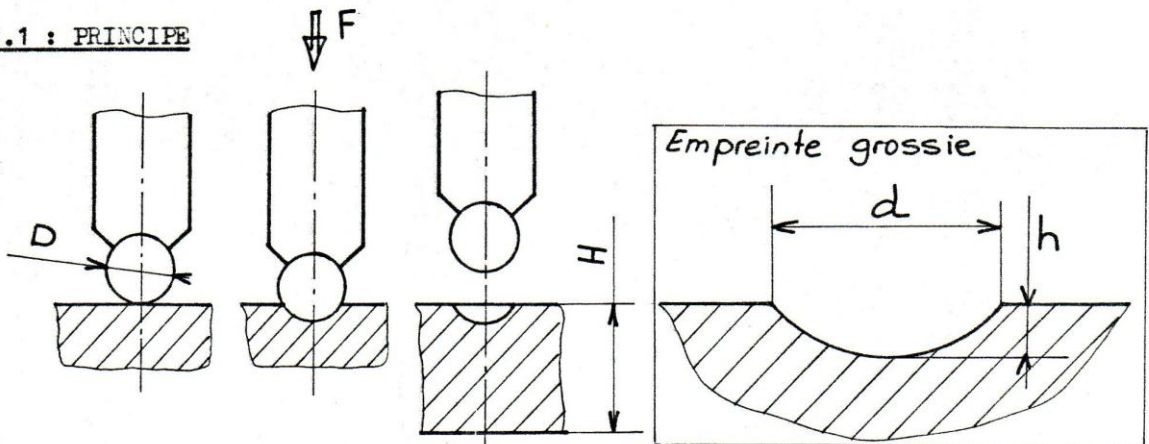
### 1.1 : PRINCIPE

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

C'EST LE PRINCIPE DES METHODES DITES PAR " EMPREINTES "

## 2 - ESSAI BRINELL

### 2.1 : PRINCIPE



- \* Le pénétrateur est une " BILLE " en acier trempé de diamètre " D "
- \* Par définition , la dureté Brinell ( HB ) est égale au quotient de la force appliquée au pénétrateur ( F en daN ) par l'aire de l'empreinte ( S en  $\text{mm}^2$  ) laissée sur la pièce essayée :

$$HB = \frac{F}{S}$$

NB : la dureté Brinell est donc homogène à une pression ( exprimée en  $\text{daN} / \text{mm}^2$  ou hbar )

- \* L'empreinte est assimilée à une calotte sphérique , son aire se déduit de la formule :

$$S = \frac{\pi}{2} D \left( D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)$$

## 2.2 : CONDITIONS D'ESSAI

- \* L'essai est normalement conduit à température ambiante ( 20° C )
- \* La charge est appliquée progressivement , sans chocs ni vibrations et maintenue à sa valeur finale pendant 10 à 15 secondes
- \* La norme spécifie que la valeur " F " de la charge à appliquer sur une bille de diamètre " D " doit être proportionnelle au carré du diamètre

$$F = 9,81 \times k \times D^2$$

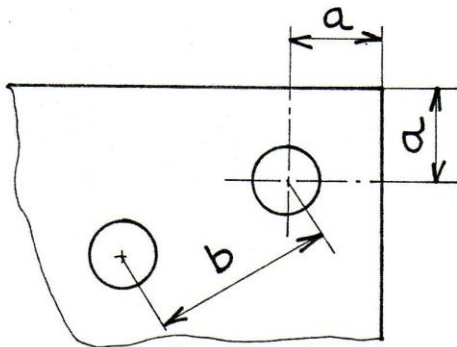
ici " F " en Newtons

le coefficient " k " est fonction du métal essayé :

- k = 30 pour les aciers
- k = 10 pour les laitons
- k = 5 pour Cu , Al , Zn et leurs alliages
- k = 2 pour Sn et Pb

Diamètre D de la bille en mm pour Aciers	F( en N ) pour Aciers	Utilisations
10 ± 0,0045	29400	Normale
5 ± 0,004	7355	Pour cas particuliers
2,5 ± 0,003	1840	
1 ± 0,003	294	

- \* La position de la surface à essayer doit être dressée à la lime douce ou à la meule ; la pièce doit reposer sur un support rigide



Position empreinte	H	a	b
Aciers	≥ 8 h	≥ 2,5d	≥ 4 d
Cu et Al	≥ 10 h	≥ 3 d	≥ 6 d

- \* Pratiquement on mesure directement " d " grâce à une règle spéciale dite de " Règle Le Chatelier "



description : plaque de verre portant sur l'une des faces 2 lignes concourantes dont l'une est graduée , les divisions sont espacées de 1 ou 2 mm ( précision : 0,10 mm )

NB : le microscope d'atelier est souvent utilisé ( précision : 0,02 mm )

- \* Appareil d'essai : L'appareil à biller " Guillery " est le plus simple ( voir schéma de principe et doc. fabricants )

- schéma de principe

Un volant permet d'assurer la rotation de la vis par l'intermédiaire d'un moyeu et d'une clavette coulisante. Comme la vis s'engage dans un écrou fixé au bâti, la bille peut être amenée en contact avec la pièce. La pression initiale de la bille est limitée et maintenue constante, pour tous les essais, grâce à un système d'entraînement à friction. Le bras de commande étant manœuvré, la came produit la rotation du levier autour du point *a*. Le couteau *b* se trouve soulevé; les rondelles Belleville, comprimées, exercent leur action sur la pièce et la bille pénètre dans le métal. Pour tenir compte des déformations élastiques, il y a lieu de ramener le bras de manœuvre en arrière, de remettre en contact la bille avec la pièce en tournant le volant, puis de comprimer à nouveau les rondelles.

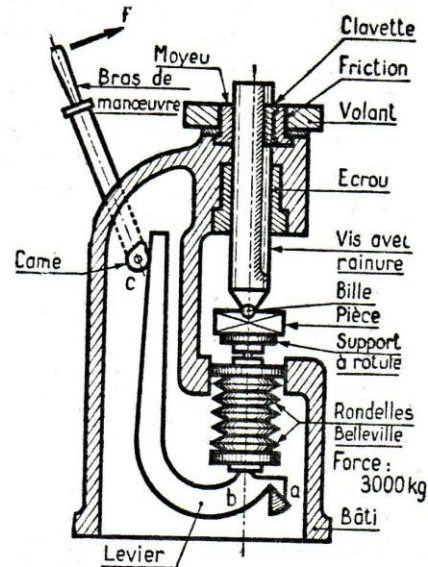


Fig. 19. — Appareil à biller Guillery.

2.3 : DOMAINE D'UTILISATION

- \* En général pour les pièces laminées ou moulées à gros grains  
Fontes et aciers dont  $HB < 400$   
pour tous les métaux non ferreux
- \* Des observations expérimentales ont montré qu'il y a une relation directe entre la dureté d'un métal ( HB ) et sa charge de rupture par traction ( R )

$$R \approx 0,35 HB.$$

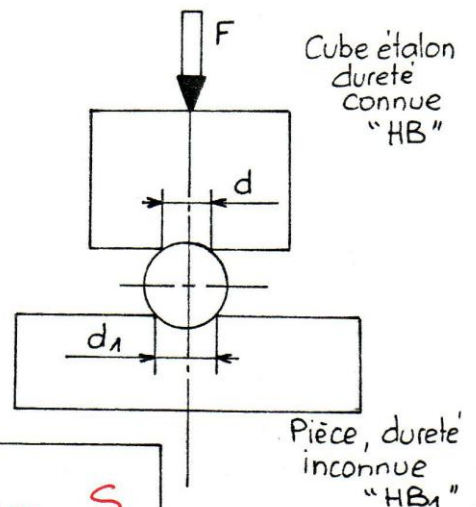
NB<sub>1</sub> : Ce coefficient  $C = 0,35$  est appelé " coefficient de transition "

NB<sub>2</sub> : relation très approchée , qui ne peut être utilisée qu'en première approximation pour vérifier l'essai de traction ( nécessitant une éprouvette )  
utilisable pour les aciers ordinaires recuits

2.4 : METHODE COMPARATIVE

2.4.1 : PRINCIPE

- \* On dispose une bille entre la pièce à essayer et un petit cube étalon de dureté connue ( HB )
- \* Si on exerce une force ( F ) sur ce cube , la bille pénètre à la fois dans la pièce et dans le cube étalon



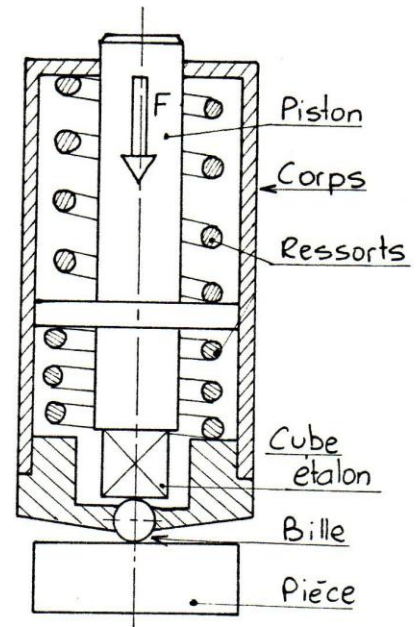
$$\text{Pièce : } HB_1 = F/S_1.$$

$$\text{Cube : } HB = F/S$$

$$HB_1 = HB \times \frac{S}{S_1}$$

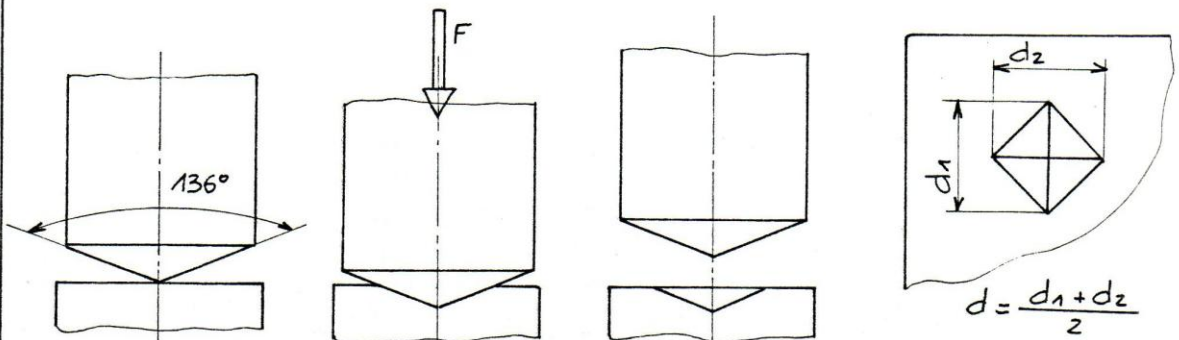
### 2.4.2 : APPAREIL D'ESSAI

- \* L'essai est réalisée à l'aide d'un appareil de type " Plodi " ou " Turpin " (voir schéma de principe et doc. fabricants )
- \* Méthode souvent employée dans les ateliers sur des pièces encombrantes qui ne peuvent être démontées



## 3 - ESSAI VICKERS

### 3.1 : PRINCIPE



- \* Dans le cas de métaux très durs ( HB > 400 ), la bille d'acier se déforme au cours de l'essai et les résultats donnés par la méthode Brinell sont entachés d'erreur.
- \* Dans la méthode Vickers , le pénétrateur est un " DIAMANT " en forme de pyramide à base carrée dont l'angle au sommet est de 136° .
- \* Le principe est le même que pour la méthode Brinell : la dureté est exprimée par :

$$HV = \frac{F}{S}$$

- \* L'empreinte est considérée comme une pyramide droite . L'aire de l'empreinte est donnée par la formule

$$S = \frac{d^2}{2 \sin \frac{136^\circ}{2}} \approx \frac{d^2}{1,854}$$

" d " : diagonale de l'empreinte ( en mm )

### 3.2 : CONDITIONS D'ESSAI

- \* Les conditions générales ( préparation pièce , application de la charge , position de l'empreinte ) sont sensiblement les mêmes que pour l'essai Brinell.
- \* Les valeurs de la charge sont :  $5 \leq F \text{ ( daN ) } \leq 125$   
La charge normale pour les aciers étant :  $F = 30 \text{ daN}$

### 3.3 : DOMAINE D'APPLICATION

- \* Métaux très durs (  $HB > 400$  )
- \* Méthode généralement employée dans les cas de durcissements superficiels : cémentation , nitruration , chromage .
- \* Méthode à éviter pour des pièces à gros grains ( pièces moulées )

## 4 - ESSAI ROCKWELL

### 4.1 : PRINCIPE

- \* L'essai consiste à imprimer , en deux temps , dans la couche superficielle de la pièce à essayer , un pénétrateur de type normalisé et à mesurer l'accroissement rémanent " e " de la profondeur de pénétration.

### 4.2 : PENETRATEUR

- \* Il peut être de deux types :

#### 4.2.1 : BILLE D'ACIER

bille en acier trempé et polie de diamètre " D " ( 1/16 de pouce 1,5875 mm ) , de dureté  $\geq 850$  HV (  $R \geq 240$  hbar ) .

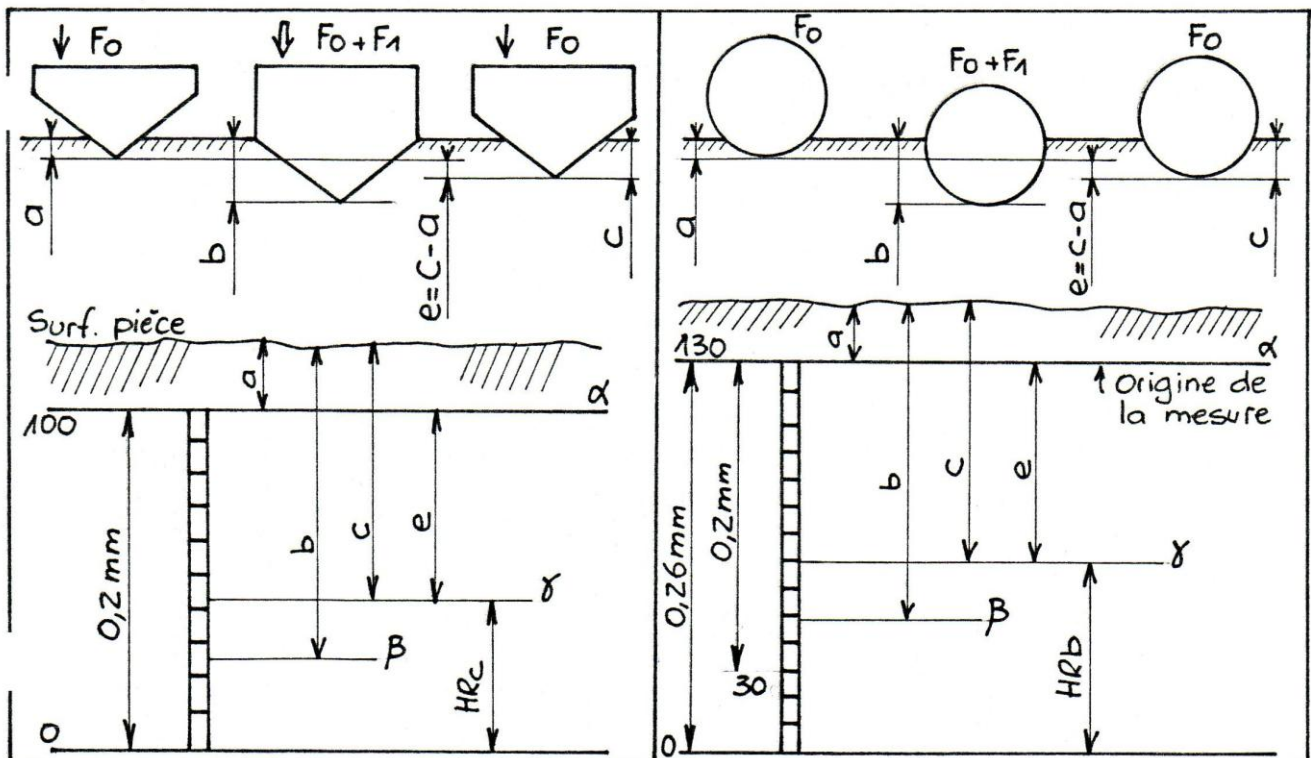
NB : utilisable pour l'acier doux , les aciers non traités , les bronzes ; les métaux de dureté  $< 230$  HB (  $R < 78$  hbar )

#### 4.2.2 : DIAMANT

constitué par un corps cylindro-conique en acier au sommet duquel est serti un diamant façonné en cône ( angle de  $120^\circ$  ) ; l'extrémité de ce cône est sphérique ( rayon = 0,2 mm ) .

NB : réservé aux aciers durs dont  $20 < HRC < 70$  (  $80 < R < 130$  )

### 4.3 : DIFFERENTES DE L'ESSAI



#### 4.3.1 : 1<sup>ère</sup> Phase

- \* Le pénétrateur est amené normalement au contact de la surface à essayer , on applique une précharge  $F_0 = 98 \text{ N}$  ( 10 Kgf ) .
- \* Cette charge provoque une pénétration " a " .
- \* On amène l'origine de la graduation du comparateur en face de l'indicateur d'enfoncement correspondant à :
  - a) dureté 100 pour le diamant
  - b) dureté 130 pour la bille

#### 4.3.2 : 2<sup>ème</sup> Phase

- \* On applique au pénétrateur , progressivement et sans chocs ( 2 à 8 secondes ) une surcharge  $F_1$  qui entraîne un accroissement de pénétration " b " .
- \* Essai à la bille ( HRb ) :  $F_1 = 883 \text{ N}$  ( 90 Kgf )
- \* Essai au diamant ( HRc ) :  $F_1 = 1372 \text{ N}$  ( 140 kgf )
- \* L'effort total de pénétration étant :  $F = F_0 + F_1$

#### 4.3.3 : 3<sup>ème</sup> Phase

- \* On supprime la surcharge  $F_1$  qui se traduit par une légère remontée du pénétrateur due à l'élasticité du métal et de la machine .
- \* La pénétration est alors égale à " c "

L'enfoncement rémanent dû à l'application de la charge "  $F_1$  " a pour valeur :

$$e = c - a$$

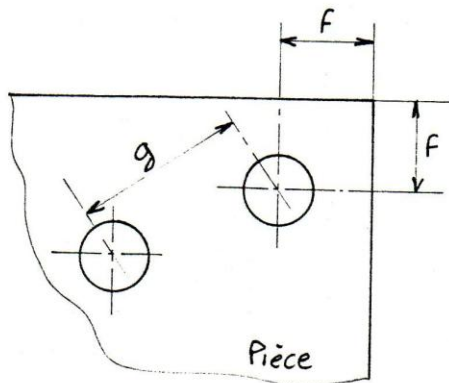
Cet accroissement est exprimé en unités égales à 0,002 mm

Le nombre de dureté Rockwell est :

$HR_c = 100 - e$
$HR_b = 130 - e$

#### 4.4 : CONDITIONS D'ESSAI

- \* Les conditions générales ( prép. pièce , application de la charge ) sont encore une fois identiques à celles de la méthode Brinell .



Position de l'empreinte	H	F	g
Aciers	$> 8e$	$\geq 3\text{mm}$	$\geq 3\text{mm}$
Cuivre et Aluminium.	$> 10e$	$\geq 3d$	$\geq 6d$

H → épaisseur de la pièce