

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ MOHAMED BOUDIAF – M'SILA

**Département Hydraulique**

**Faculté de technologie**

**2ème Année Licence**

---

TP-RESISTANCE DES  
MATERIAUX -RDM

---

TP N°5 ESSAI DE DURETE

---

Dr. ABID TAHAR

Avril 2020

## **SOMMAIRE**

1. Introduction
2. objectifs de l'essai
3. Définition du principe de l'essai
  - 3.1. Machine d'essai et éprouvettes
4. Principaux Essais de dureté
  - 4.1. Dureté Brinell (HB)
  - 4.2. Essai de dureté Rockwell (HR)
    - 4.2. Essai de dureté Vickers (Hv)
5. Manipulation et déroulement d'essai
6. Travail demandé

## **1. Introduction**

La dureté est une propriété intrinsèque dépendant essentiellement de la nature, la composition chimique et la structure du matériau. Elle consiste à définir la résistance qu'oppose une surface de l'échantillon à la pénétration d'un poinçon, par exemple une bille en acier trempé (dureté Brinell) ou une pyramide en diamant (dureté Vickers). S'il y résiste bien, il est dit dur, sinon il est dit mou. La dureté se mesure sur différentes échelles selon le type de matériau considéré. Elle est désignée principalement par la lettre H, du mot Hardness en anglais.

## **2. Objectifs de l'essai**

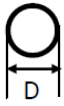
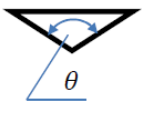

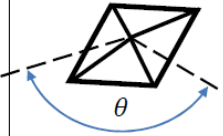
- Mettre en évidence l'essai de dureté.
- Savoir exploiter et utiliser le duromètre afin de mesurer les duretés des différents matériaux
- Caractériser un matériau à partir de l'essai de dureté.

## **3. Définition du principe de l'essai**

Il s'agit d'un ensemble d'essais les plus couramment pratiqués. Le principe est toujours identique, il consiste à produire une empreinte sur une surface d'un échantillon par opposition à un pénétrateur indéformable de formes différentes (tableau 1) soumis à un effort  $F$ , les conditions de charge et de vitesse d'application étant contrôlées. La profondeur ou dimension de l'empreinte (indentation) résultante est mesurée et rapportée à un nombre de dureté. Plus le matériau est mou, plus l'empreinte est grande et profonde et plus le nombre d'indexation de la dureté est petit.

Les trois techniques les plus répandues sont ; la mesure selon Brinell, selon Vickers et selon Rockwell. Ces essais se distinguent essentiellement par la forme géométrique du pénétrateur (Brinell : une sphère ; Vickers : une pyramide de base quadratique, Rockwell B, Rockwell , ect.) (tableau 1).

L'ensemble de ces essais ont l'avantage d'être plus simples à réaliser et de donner des résultats reproductibles. Il existe une grande variété d'essais de dureté possibles, ils sont très utilisés en contrôle qualité pour comparer ou estimer la résistance ou la rigidité des matériaux.

Pénétrateur	Brinell	Rockwell		Vickers
Nature	Acier trempé ou carbure de tungstène	Diamant	Acier trempé	diamant
Forme	sphère	cône	Sphère	Pyramide à base carrée
Dimensions	 D=10mm ; 5mm ; 2,5 mm ; 1mm.	 $\theta = 120^\circ$	 D=1,587 mm D=3,175 mm	 $\theta = 136^\circ$

**Tableau 1 :** Différentes méthodes d'essai de dureté

### 3. 1 Machines d'essai et éprouvettes

Les duromètres disponibles au laboratoire RDM, sont de types WOLPERT-TESTOR ; Fig.1 Les éprouvettes peuvent être en différents métaux, alliages et différentes formes carrées, cylindriques de différents rayons (10, 15, 20, 25, 30 mm,) ayant pour hauteur au moins 15 mm pour qu'on puisse les maintenir par les doigts. Les surfaces des échantillons doivent subir un polissage et un nettoyage pour pouvoir les utiliser sur le duromètre.



Figure 1. Machine d'essai de dureté – DUROMETRE

## 4. Méthodes d'essai de dureté

### 4.1 Dureté Brinell (HB)

L'essai consiste à faire pénétrer en appliquant une force  $F$  de 3000 kgf pendant 15 à 30 s un pénétrateur ayant une forme de bille diamètre  $D$  de 10 mm , généralement du carbure poli, dans un métal afin d'en déduire la dureté du matériau.

#### Mode opératoire

- Placer le pénétrateur en contact avec la surface du matériau.
- Appliquer la force. Maintenir cette charge pendant 10 à 15 secondes.
- Mesurer sur l'empreinte deux diamètres à  $90^\circ$  l'un de l'autre. La mesure est effectuée à l'aide d'un dispositif grossissant et d'une règle graduée tenant compte du facteur de grossissement.

La dureté s'exprime par le rapport de la charge  $F$  à la surface  $S$  de la calotte sphérique imprimée dans le métal.

$$HB = \frac{F}{S} = \frac{2 \times 0,102F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

$F$  : charge en N

$D$  et  $d$  : diamètre de la bille et de l'empreinte (en mm)

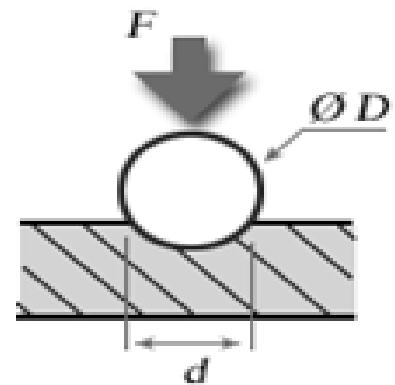


Figure 2. Dureté Brinell

On peut constater que le diamètre  $d$  est d'autant plus grand que le métal est moins dur et que la bille s'enfonce plus profondément dans le métal.

### 4.2. Essai de dureté Rockwell (HR)

L'essai consiste à mesurer en deux étapes la profondeur rémanente de l'empreinte laissée par un pénétrateur, bille d'acier ou cône de diamant, dans le matériau à tester en appliquant deux charges d'intensité  $F_0$  et  $F_1$  en trois étapes ( $F_0$ ,  $F_0 + F_1 + F_0$ ).

La dureté, dans ce cas, contrairement à Brinell et Vickers, est obtenue par lecture directe d'une longueur d'enfoncement d'un pénétrateur. Une précharge ( $F_0$ ) permet de faire une empreinte initiale en vue d'éliminer les incertitudes propres aux défauts de surface.

- **Essai à la bille** : une bille d'acier trempé, polie, de diamètre 1,587 mm (essais B ou F) ou 3,175 mm (essai E). L'essai à la bille n'est pas recommandé si HB >250  
L'empreinte peut être réalisée sur une surface brute (mais exempte d'oxydation).

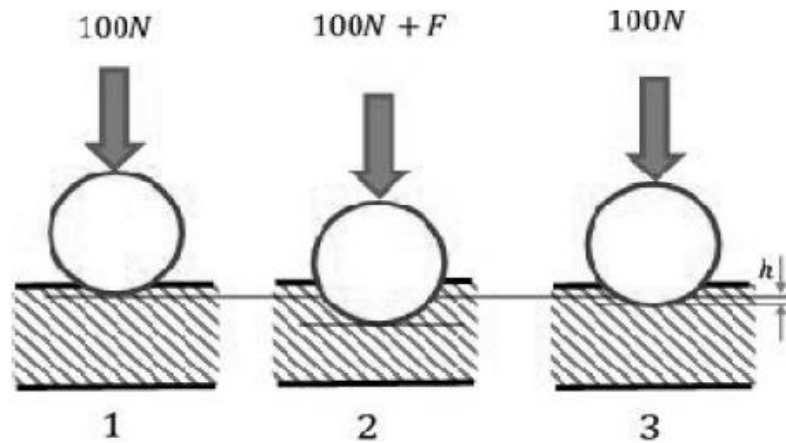


Figure 3. Essai Rockwell à la bille

- **Essai au cône de diamant** : un cône de diamant (essai C) de section circulaire, d'angle au sommet 120°, à pointe arrondie sphérique (rayon de 0,2 mm). L'angle au sommet 120° est utilisé pour le contrôle de la dureté des matériaux durs. L'empreinte doit être réalisée sur une surface propre.

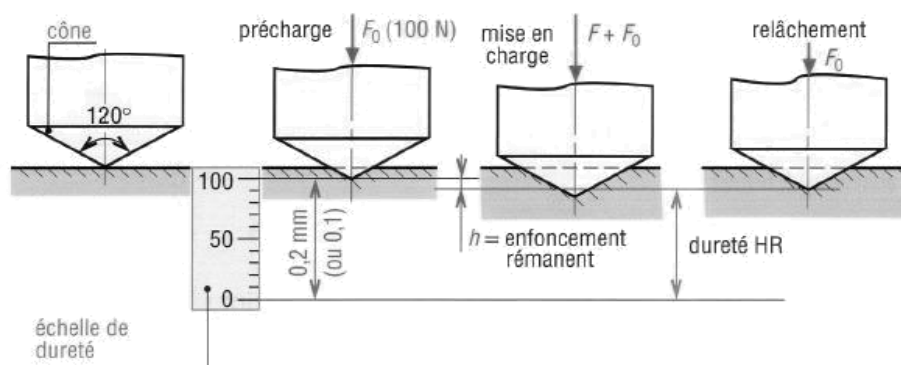


Figure 3. Essai Rockwell au cône de diamant

### 4.3. Essai de dureté Vickers (HV)

L'essai consiste à imprimer dans le métal étudié un pénétrateur de diamant de forme pyramidale à base carrée, d'angle au sommet de 136°, sous l'action d'une charge  $F$ , la plus couramment utilisée est 294 N (30kgf).

Le diamant laisse une empreinte carrée dont on peut mesurer la longueur de la diagonale (ou la moyenne des deux diagonales) à 0,002 mm près, grâce à un microscope liée à la machine. La dureté Vickers HV est le quotient de la charge d'essai  $F$  par l'aire de l'empreinte de diagonale  $D$  :

$$HV = 1,8544 \times \frac{0,102F}{D^2} .$$

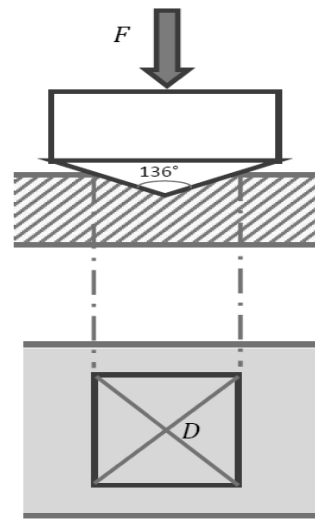


Figure 4. Essai Vickers

## 5. Déroulement des essais

Chaque sous groupe doit disposer des échantillons en métaux différents : acier doux, laiton, aluminium, selon la disponibilité.

Tout d'abord , il est recommandé de procéder à :

- Bien polir les deux surfaces de chaque éprouvette;
- Nettoyer avec une solution d'alumine pour enlever les bavures des surfaces;
- Si nécessaire, refaire l'étalonnage du duromètre avec les échantillons étalons;
- Mesurer pour une face plusieurs mesures et prendre la moyenne (se limiter à trois mesures pour cette face) pour chaque métal avec les deux types de dureté.

Pour réussir un essai de dureté, l'étudiant doit tout d'abord vérifier la précision de la machine en faisant l'essai de dureté sur un échantillon étalon adéquat ; c'est à dire qui convient au

choix du type d'essai (Brinell ou Rockwell). Etant donné que le choix du type de l'essai est celui de l'essai Rockwell, on doit donc tester l'échantillon étalon de dureté HRC.

Pour réaliser ce test et les essais qui suivent, l'étudiant doit respecter les consignes suivantes :

- Choisir la charge correspondante à appliquer,
- Tourner l'unité de réglage de charge jusqu'à obtenir la valeur choisie,
- Monter le pénétrateur de forme conique, et placer l'échantillon étalon sur son support,
- Tourner le levier C jusqu'à la butée, en agissant en même temps sur les deux poignées pour ne pas solliciter le bâti. (voir manuel d'utilisation).
- Régler à zéro valeur sur l'afficheur digital en suivant le manuel d'utilisation,
- Patienter quelques secondes (6-8 secondes) et Lire la valeur de dureté sur le digit,,
- Refaire le même travail sur d'autres endroits afin de relever plusieurs valeurs (plus que 3 valeurs),
- Calculer la valeur moyenne.
- Calculer la différence entre la valeur moyenne mesurée avec la valeur indiquée sur l'échantillon étalon. Cette différence est due à l'erreur de la machine.
- Dans les essais qui suivent sur les échantillons en question, on doit prendre en compte de l'erreur de la machine, soit  $\Delta H$  est l'erreur de la machine =  $H_{\text{étalon}} - H_{\text{mesurée}}$
- La dureté réelle sera donc égale :  $H_{\text{mesurée}} + \Delta H$

## 6. Travail demandé

- Dresser ces mesures dans un tableau comparatif
- Interpréter et discuter les résultats obtenus et conclure

## Références bibliographiques

Dr. G. BELHI, Polycopie de Résistance des matériaux, Université de Biskra, 2017.

AGATI, P., LEROUGE, F., & ROSSETTO, M. (2004). Résistance des matériaux. Dunod.

BAZERGUI, A. (2002). Résistance des matériaux. Presses inter Polytechnique.

COURBON, J. (1988). Résistance des matériaux. Ed. Techniques Ingénieur.

L. WEBER, J.-M. DREZET, Travaux pratiques – Matériaux TPI (MX2) et Métaux et alliages (GM2), Polycopie EPFL, Edition 2010.