

2.2 Les propriétés de l'essai de dureté

2.2.1 Définition

La dureté, de symbole H (Hardness en anglais), est une autre propriété mécanique qu'il est parfois important de prendre en considération. Elle exprime la résistance d'un matériau soumis à une déformation plastique localisée (par exemple, une petite indentation ou une petite rayure). Les premiers essais de dureté furent effectués sur des minéraux naturels, selon une échelle construite seulement en fonction de la capacité d'un matériau à en rayer un autre plus tendre « *Un matériau A est dit plus dur qu'un matériau B si A raye B et n'est pas rayé par B* ». Un système qualitatif un peu arbitraire d'indexation de dureté, appelé échelle de Mohs, fut inventé. Il va de 1 pour le talc, un matériau mou, à 10 pour le diamant.

2.2.2 Epreuves

La surface de l'éprouvette doit être propre, plane et lisse soigneusement préparée. Plus des dimensions du pénétrateur sont petites, plus l'état de la surface doit être lisse. Une application du polissage en mode automatique est parfois obligatoire. La préparation de l'éprouvette doit être faite sans provoquer des altérations des propriétés du matériau dues, par exemple, au chauffage ou à l'écrouissage. L'épaisseur de l'éprouvette doit être suffisante pour qu'aucune trace d'une déformation ne soit visible sur la surface opposée à celle de l'application de la charge. D'après une règle générale, l'épaisseur minimale est au moins dix fois supérieure à la profondeur de l'empreinte.

2.2.3 Principe de l'essai

On emploie pour l'exécution de l'essai un dispositif qui est suffisamment rigide et stable (figure 2-15). L'essai doit être fait sans choc et sans vibrations, autrement les résultats sont erronés. L'éprouvette doit être installée sur un support rigide du dispositif pendant l'action de la charge. Les essais les plus courants se font par pénétration, les essais les plus classiques sont les essais Brinell, Vickers et Rockwell.

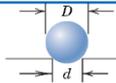
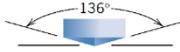
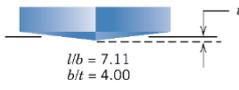
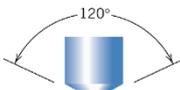


Figure 2-15: Dispositif pour l'essai de dureté Rockwell.

2.2.4 Les différents types d'essai de dureté

Le tableau 2-4 rassemble les différents types d'essai de dureté et leurs caractéristiques :

Tableau 2-4: Méthodes d'essai de dureté

Essai	Pénétrateur	Forme d'indentation		Charge	Formule du nombre de dureté
		Vue latérale	Vue de dessus		
Brinell	Bille en acier ou en carbure de tungstène de 10 mm			P	$HB = \frac{2P}{\pi D[D - \sqrt{D^2 - d^2}]}$
Vickers microdureté	Pyramide en diamant			P	$HV = 1.854P/d_1^2$
Knoop microdureté	Pyramide en diamant			P	$HK = 14.2P/l^2$
Rockwell et Rockwell superficiel	Cône en diamant Bille en acier d'un diamètre de 1,59 mm, 3,18 mm, 6,35 mm et 12,70 mm		 	60 kg } 100 kg } Rockwell 150 kg } 15 kg } 30 kg } Rockwell superficiel 45 kg }	

❖ Dans les formules de dureté données, P (la charge appliquée) est en Kg ; D , d , d_1 et l en mm

2.2.4.1 Essais de dureté Rockwell

Les essais Rockwell forment la méthode la plus communément utilisée pour mesurer la dureté, car ils s'effectuent simplement et ne nécessitent pas d'habiletés particulières. On peut utiliser plusieurs échelles différentes à partir de plusieurs combinaisons de pénétrateurs et de charges. Cela permet d'essayer pratiquement tous les métaux et tous les alliages, du plus dur au plus mou. Les pénétrateurs comprennent des billes sphériques en acier trempé d'un diamètre de 1,59 mm, 3,18 mm, 6,35 mm et 12,70 mm, et un pénétrateur conique (Brale) en diamant pour les matériaux les plus durs.

Dans ce système, le nombre de dureté est déterminé par la différence de profondeur de pénétration résultant de l'application d'une précharge initiale suivie de celle d'une charge plus grande; l'utilisation d'une précharge renforce l'exactitude de l'essai. Deux types d'essais reposent sur ces précharge et charge: le Rockwell et le Rockwell superficiel. Pour le Rockwell, la précharge est de 10kg et les charges majeures sont de 60kg, 100kg et 50kg. Chaque échelle est représentée par une lettre de l'alphabet; les tableaux 2-4 et 2-5 donnent plusieurs lettres, ainsi que le pénétrateur et la charge correspondants. Pour les essais de surface, la précharge est de 3

Chapitre 2 : Propriétés mécaniques

kg et les charges majeures possibles sont de 15 kg, 30kg et 45kg. Ces échelles sont identifiées par les nombres 15, 30 ou 45 (selon la charge) suivis des lettres N, T, W, X ou Y, selon le pénétrateur. On effectue souvent des essais de surface sur des éprouvettes minces. Le tableau 2-6 donne plusieurs échelles de surface.

Pour spécifier les duretés Rockwell superficielles, il faut indiquer le nombre de dureté et l'échelle. L'échelle est précisée par le symbole HR suivi de l'identification appropriée. Par exemple, 80 HRB représente une dureté Rockwell de 80 sur l'échelle B, et 60 HR30W représente une dureté superficielle de 60 sur l'échelle 30W.

Tableau 2-5 : Echelle de dureté Rockwell

<i>Symbole échelle</i>	<i>Pénétrateur</i>	<i>Charge majeure (Kg)</i>
A	Diamant	60
B	Bille de 1,59 mm	100
C	Diamant	150
D	Diamant	100
E	Bille de 3,18 mm	100
F	Bille de 1,59 mm	60
G	Bille de 1,59 mm	150
H	Bille de 3,18 mm	60
K	Bille de 3,18 1m	150

Tableau 2-6 : Echelles de dureté Rockwell superficiel

<i>Symbole échelle</i>	<i>Pénétrateur</i>	<i>Charge majeure (Kg)</i>
15N	Diamant	15
30N	Diamant	30
45N	Diamant	45
15T	Bille de 1,59 mm	15
30T	Bille de 1,59 mm	30
45T	Bille de 1,59 mm	45
15W	Bille de 3,18 mm	15
30W	Bille de 3,18 m	30
45W	Bille de 3.18 mm	45

2.2.4.2 Essais de dureté Brinell

Dans les essais Brinell, comme dans les essais Rockwell, on introduit de force un pénétrateur sphérique et dur dans la surface du métal à essayer. Le diamètre du pénétrateur en acier trempé (ou en carbure de tungstène) est de 10 mm. La plage des charges standard va de 500 kg à 3000 kg par pas de 500 kg; durant un essai, la charge demeure constante durant un temps spécifié (compris entre 10s et 30s). La formule du nombre de dureté Brinell est donnée par comme suite :

$$HB = \frac{2P}{\pi D \left[D - \sqrt{D^2 - d^2} \right]} \quad \text{Eq 2-22}$$

2.2.4.3 Essais de dureté Vickers

Le pénétrateur est une pyramide en diamant, à base carrée et d'un angle au sommet entre faces opposées égales à 136°. Après l'indentation, on mesure la moyenne des diagonales d_1 et d_2 de l'empreinte en microscopie optique. La formule du nombre de dureté Vickers est calculé par la relation suivante :

$$HV = 1,854 \frac{P}{d_1^2} \quad \text{Eq 2-23}$$

2.2.4.4 Essais de microdureté Knoop et Vickers

L'essai microdureté Knoop et l'essai microdureté Vickers (parfois appelé pyramide en diamant). Dans chacun de ces essais, on introduit un très petit pénétrateur en diamant de forme pyramidale dans la surface de l'éprouvette. Les charges appliquées, nettement inférieures à celles utilisées pour les essais cités précédemment, vont de 1g à 1000g. L'empreinte est observée et mesurée à l'aide d'un microscope métallographique, puis la mesure est convertie en nombre de dureté. Il faut parfois préparer soigneusement la surface de l'éprouvette (en la rectifiant et en la polissant) pour que l'indentation soit bien définie et qu'on la mesure exactement. On désigne les nombres de dureté Knoop et Vickers par HK et HV respectivement, et les échelles de dureté pour les deux méthodes sont à peu près équivalentes. Les essais de microdureté sont utilisés pour des corps particulièrement fragiles comme les verres ou les céramiques. Il existe également des applications spécifiques pour les plastiques.

2.2.5 Conversion de dureté

Il serait souhaitable de pouvoir convertir facilement la dureté mesurée sur une échelle en celle d'une autre échelle. Mais comme la dureté n'est pas une propriété des matériaux bien définie et vu les dissemblances expérimentales entre les diverses méthodes, on n'a pu dresser un protocole de conversion détaillé et complet. Des valeurs converties ont été déterminées expérimentalement, mais on a découvert qu'elles dépendaient du type et des caractéristiques des matériaux. Les valeurs converties les plus fiables existent pour les aciers; nous en présentons quelques-unes à la figure 6-16 pour les échelles Knoop, Brinell et les deux Rockwell, ainsi que l'échelle Mohs.

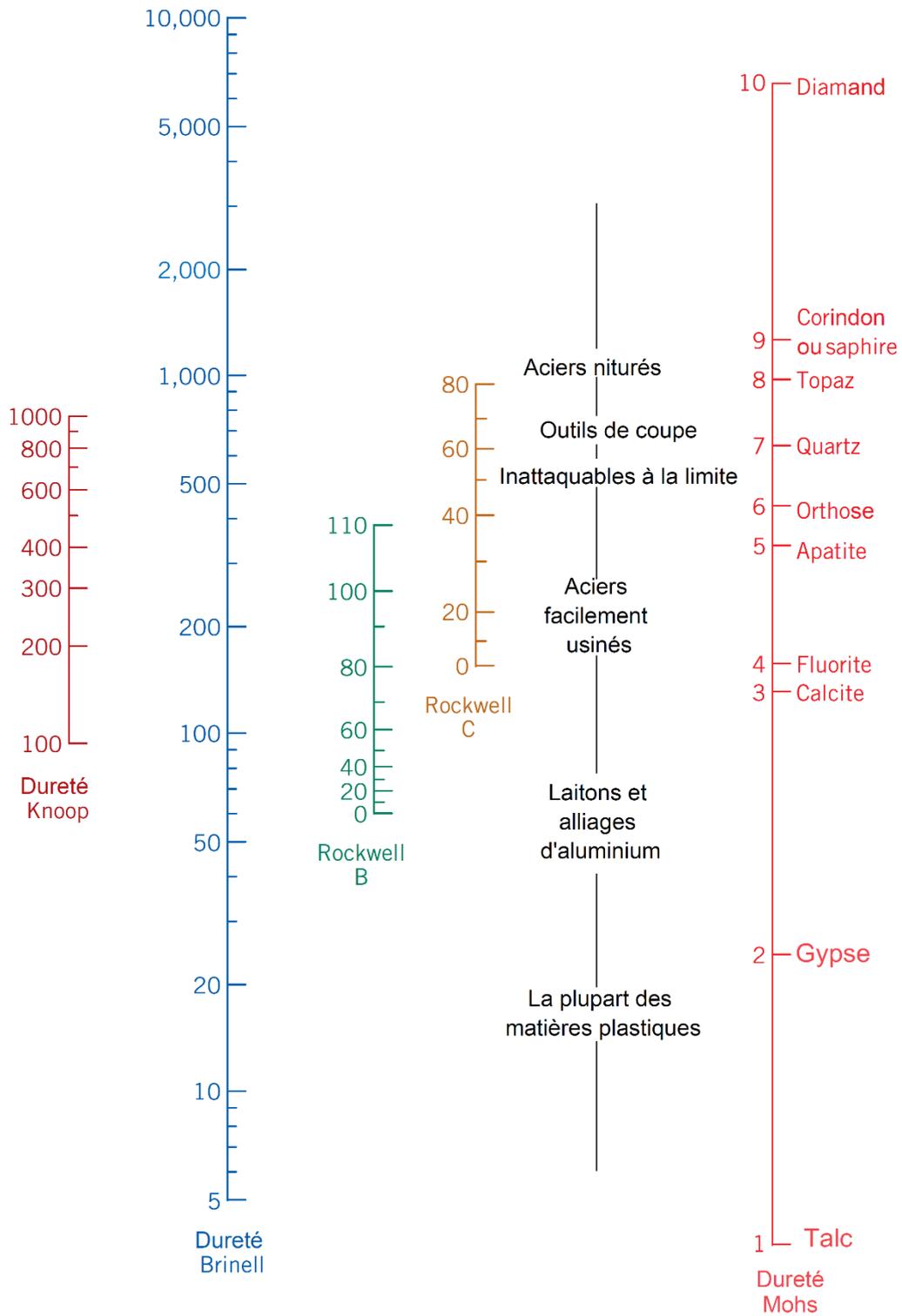


Figure 2-16: Comparaison de quelques échelles de dureté.