

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF – M'SILA**

**Département Hydraulique**

**Faculté de technologie**

**2<sup>eme</sup> ANNEE LICENCE**

**T P N°4**

**ESSAI DE RESILIENCE**

**Sommaire**

- 1. But de l'essai**
- 2. Définition du principe de l'essai**
- 3. Machine d'essai**
- 4. Conditions de l'essai de résilience**
- 5. Les éprouvettes pour la résilience**
  - 5.1 Eprouvettes CHARPY U**
  - 5.2 Eprouvettes CHARPY V**
- 6. Effet d'entaille**
- 7. Effet de température**
- 8. Manipulation et déroulement d'essai**

**Dr. ABID TAHAR**

*Mars 2020*

## 1. But de l'essai de résilience

L'essai de résilience Charpy est utilisé pour la mesure de résilience afin de donner une représentation de la ténacité du matériau, autrement dit, il permet de caractériser la fragilisation d'un matériau. Il consiste à rompre une éprouvette entaillée (l'entaille a pour but de fragiliser le matériau) –éprouvette Charpy - sous l'impact d'un "mouton-pendule".

On mesure l'énergie nécessaire pour rompre l'éprouvette par la différence des positions de départ et d'arrivée du pendule. Cette énergie est ramenée à la section de l'éprouvette pour donner la valeur de résilience. Elle s'exprime habituellement en Joules/cm<sup>2</sup>

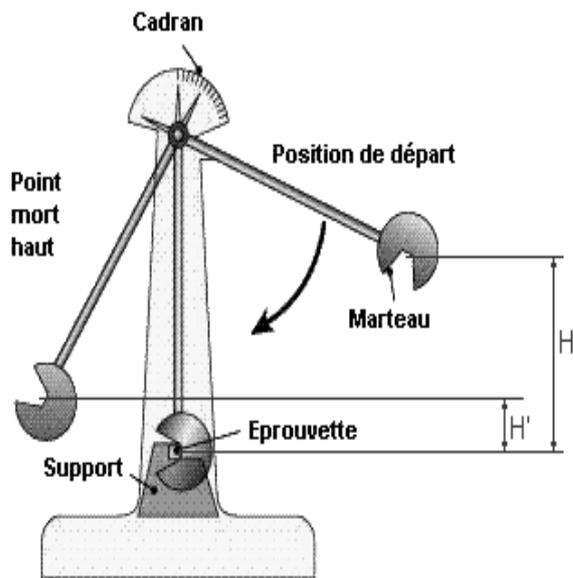
## 2. Définition du principe de l'essai

L'essai de résilience (essai au choc) consiste à rompre, par un seul choc, une éprouvette préalablement entaillée en son milieu et à mesurer l'énergie  $W$  (en joules) absorbée par la rupture. La résilience est définie par la lettre  $K$  (Joules/cm<sup>2</sup>).

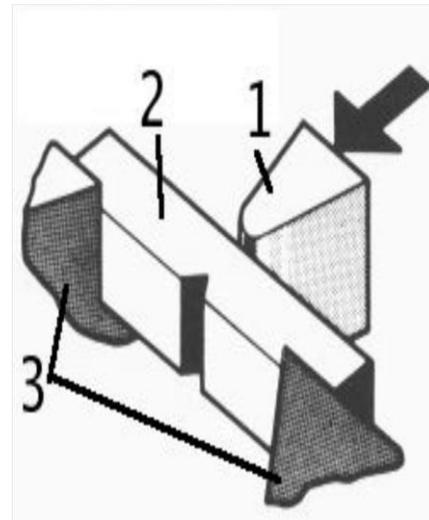
L'essai se réalise sur une machine appelée mouton pendule rotatif. On mesure la résistance au choc du matériau. L'essai est exécuté selon les normes : EN 10045 :1990 , EN 8752 et NFA 03-161,ect.

## 3. Machine d'essai - Mouton Charpy

Le mouton Charpy est constitué d'un couteau fixé sur un marteau qui oscille dans un plan vertical autour d'un axe (fig.1). Pour un essai, le couteau est amené à une hauteur  $H$  qui correspond à l'énergie de départ  $W_H = mg H$ . Dans sa chute, le couteau va engendrer la rupture de l'éprouvette qui sera accompagnée d'une absorption d'énergie  $K_v$  et le marteau remontera à une hauteur  $H'$  à laquelle est associée une énergie potentielle  $W_{H'} = mg H'$   
Il vient alors simplement :  $K_v = W_H - W_{H'}$ . Plus  $H'$ , la hauteur de remontée est faible, plus le matériau est résilient.



**Figure 1. Mouton Charpy**



**Schéma de réalisation de la rupture :**  
**1. Couteau 2. éprouvette 3. Appuis**

Donc, l'énergie  $K_v$  dépensée pour rompre l'éprouvette (les frottements étant négligés) vaut :

$$K_v = W_H - W_{H'} = P (H - H') = mg (H - H')$$

**La résilience est définie comme l'énergie de rupture (sous choc) ramenée à la section  $S$  de l'éprouvette à l'endroit de la fissure :  $K_v/S$  en  $(J/cm^2)$**

#### **4. Conditions de réalisation de l'essai**

L'essai doit se faire à une température ambiante, sauf spécification contraire si la température n'est pas spécifiée dans le cahier des charges, on prendra une température égale à  $23^\circ \pm 5$ .

L'éprouvette doit être disposée sur les appuis du mouton de Charpy de manière à ce que l'arrête du couteau du mouton vienne la frapper dans le plan de symétrie de l'entaille et sur la face opposée à celle-ci. Pour l'essai normal l'énergie nominale du mouton doit être de 300 joules  $\pm 10$ . Si pendant l'essai l'éprouvette ne se rompt pas complètement, la valeur obtenue pour la résilience est incertaine, dans ce cas il faudra mentionner « Eprouvette non rompue par x joules » et on relèvera l'angle de rupture de la pièce.

## 5. Eprouvettes pour l'essai de résilience

L'éprouvette utilisée pour la résilience est une éprouvette de section carrée ou rectangulaire, dans laquelle on fait une entaille, qui servira à la rupture par un mouton (masse) au bout d'une pendule.

Les dimensions de l'éprouvette, ainsi que les conditions de l'essai (masse et vitesse du mouton-pendule) sont rigoureusement normalisées. Pour réaliser l'essai, il est nécessaire de faire une entaille normalisée sur celle-ci les entailles peuvent être soit en U ou en V.

Les différences essentielles entre ces types d'éprouvettes sont la surface de matière testée (respectivement entre 0.5 et 0.8 cm<sup>2</sup>) et le rayon de courbure de l'entaille et donc la triaxialité des contraintes. Les éprouvettes en U ne sont pratiquement plus utilisées et ne servent plus qu'à des comparaisons avec des résultats anciens (suivi de vieillissements thermiques, notamment).

### 5.1 Eprouvettes CHARPY U

Une éprouvette est un barreau usiné de section carrée de 10 mm de côté et dont la longueur est 55mm. L'entaille de 2 mm de largeur et de 5 mm de profondeur se termine par un fond cylindrique de 1mm de rayon. La résilience est alors précisée selon le **symbole K CU**

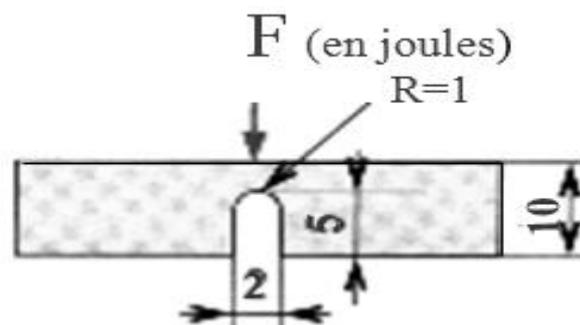


Figure .2 Eprouvette en U, symbole **K CU**

## Dimensions de l'éprouvette selon la norme NFA 03-161

Longueur :	55 +-0.6
Largeur :	10 +- 0.09
Hauteur :	10 +- 0.11
Angle de l'entaille :	42 +- 2°
Rayon à fond de l'entaille :	1 +- 0.07
Profondeur de l'entaille :	5

### 5.2 Eprouvette CHARPY V

Pour un essai avec une éprouvette Charpy V, l'éprouvette sera entaillée en V de 2 mm de profondeur et avec un angle de 45° dont les dimensions sont les mêmes que pour les éprouvettes Charpy U. On précise par le symbole KV l'essai de résilience en V.

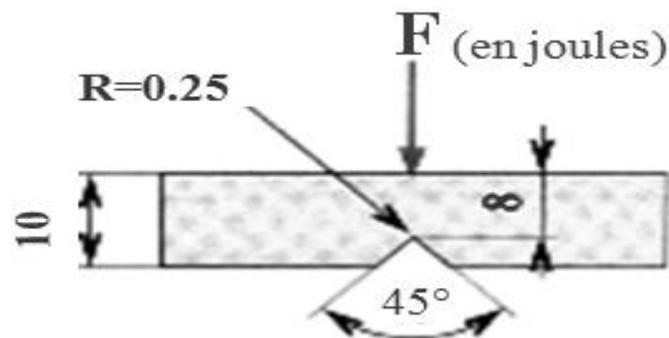


Figure.3 Eprouvette en V , symbole KCV

## Dimensions de l'éprouvette selon la norme NFA 03-161

Longueur :	55 +-0.6
Largeur :	10 +- 0.06
Hauteur :	10 +- 0.11
Angle de l'entaille :	42 +- 2°
Rayon à fond de l'entaille :	0.25 +- 0.025
Profondeur de l'entaille :	2

**NB :** Il existe d'autres types d'éprouvettes, qui ne sont pas normalisées. Elles ont une section plus réduite. Il est cependant impossible de comparer des résultats obtenus avec des éprouvettes différentes.

## 6. Effet d'entaille de l'éprouvette

L'effet de la forme de l'éprouvette sur l'énergie de rupture est très prononcé. L'entaille a pour objet de garantir un état de contrainte triaxiale, déjà lors de l'amorçage de la fissure, plutôt que de provoquer l'effet d'entaille. C'est pour cette raison que le fond de l'entaille n'est pas pointu mais (arrondi) cylindrique (rayon de 0.25 ou de 1 mm selon le type d'éprouvette).

L'aire de la section restant à l'endroit de l'entaille est, selon la définition de la résilience, la section à utiliser pour le calcul de sa valeur. Les deux éprouvettes ne sont pas équivalentes. L'énergie de rupture (en J) et la résilience (en J/cm<sup>2</sup>) varient avec la profondeur de l'entaille et le rayon de courbure au fond de l'entaille. Si l'on fait varier le rayon à fond de l'entaille, on modifie la concentration et la triaxialité des contraintes à son extrémité. La résilience est minimale pour une fissure aigue (rayon = 0, effet d'entaille) et elle augmente avec le rayon (figure.4).

Rayon de courbure au fond d'entaille (mm)	Energie de rupture (en J)
Fissure aigue (r = 0)	5.4
0.17	9.5
0.34	11.3
0.68	18.6

Figure .4 Influence du rayon à fond d'entaille sur l'énergie de rupture d'une éprouvette en acier doux, profondeur 5 mm.

## 7. Effet de température

La mesure de l'énergie de rupture absorbée varie en fonction de la température. A haute température, l'énergie de rupture est relativement élevée, ce qui correspond à une rupture de type ductile. Lorsque la température baisse, la valeur de l'énergie de rupture chute considérablement ce qui correspond à une rupture de type fragile.

L'apparence de la surface de défaillance révèle la nature de la rupture et peut faciliter la détermination de la température de transition ductile-fragile. Une rupture ductile produit une surface fibreuse (matte), tandis qu'une rupture fragile engendre une surface brillante. Ces deux types de caractéristiques sont présents dans la transition ductile-fragile (figure 5).

## *Energie de rupture en (J)*

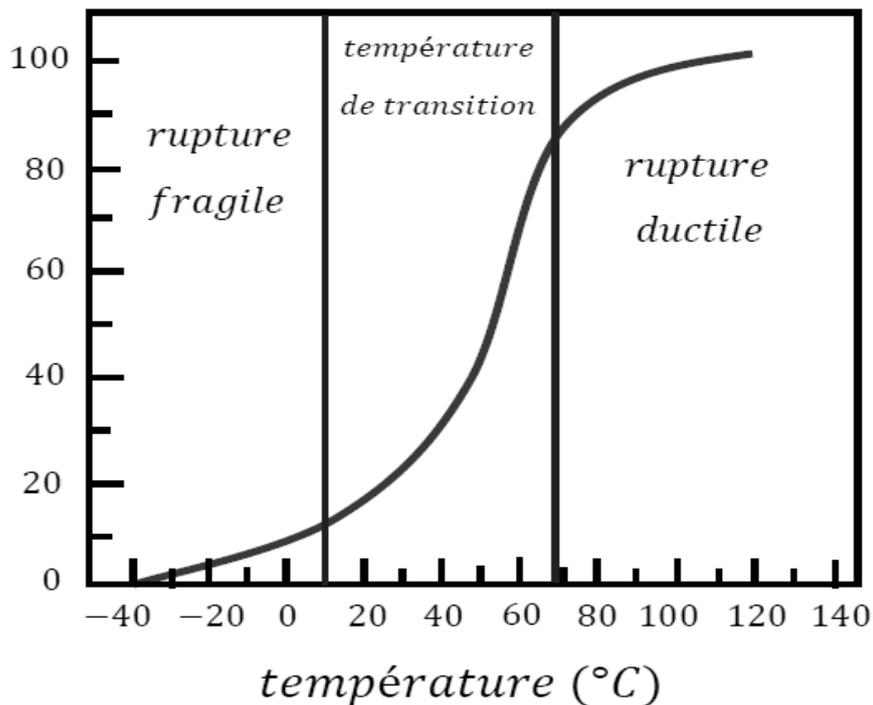


Figure 5. Effet de température sur l'énergie de rupture d'une éprouvette en acier doux

## **8. Manipulations et déroulement de l'essai**

1. Réalisation des essais de résilience sur le mouton Charpy, énergie nominale = 300 joules +10 énergie délivrée par la machine = 294 joules, utilisation une éprouvette entaillée en U et une autre en V

Il faudra au cours de l'exécution de l'essai respecter certaines conditions:

- Bien positionner l'éprouvette sur ses deux points d'appui (l'éprouvette ne doit pas comporter d'amorce de rupture)
- Vérifier la normalisation de l'éprouvette pendant l'essai, la température (salle d'épreuve) soit respectée et stable .

2. Influence de la température d'un revenu sur une éprouvette

On constate que lorsqu'on effectue des essais de résilience sur plusieurs pièces ayant subi des revenus à des températures différentes, cette modification joue sur la rupture de l'éprouvette.

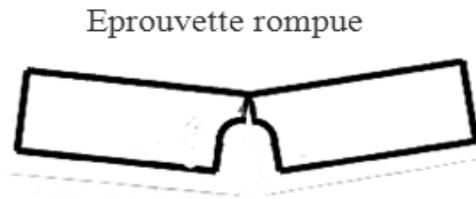
En effet, plus le revenu a été effectué à haute température, plus la rupture de l'éprouvette sera difficile.

## Résultats

Une fois l'éprouvette est rompue, on freine le couteau à l'aide du frein. On effectue la lecture:

Résultats

essai



Le résultat indiqué par le cadran est 34 Joules, d'où  $K_{CU} = 32 \text{ J}$

## Conclusion

Tout d'abord on peut conclure dire que l'essai de résilience est destructif, c'est à dire que la pièce est détruite. Plus les matériaux sont fragiles, moins ils seront résilients. Même si cet essai est destructif, il est d'une grande importance, car il est impératif de prendre en considération de la résistance aux chocs d'un matériau avant de l'utiliser en construction par exemple.