

## Chapitre I I : La rupture fragile

### Notion de la température de transition

## Corrigé du TD N° 2

### Exercice I :

#### 1. Classification des trois matériaux selon leur sensibilité à l'entaille

Matériau 3 >(sensible) Matériau 2 >(sensible) Matériau 1

#### Explication :

Le matériau 3 présente une zone de transition plus aigüe que les deux autres. En plus, la zone de transition se trouve dans les marges de température de service.

Le matériau 2, a une zone plus aigüe par rapport au matériau 2, en plus qu'elle est décalée vers les température de service. Le matériau 1 présente des valeurs d'énergie de rupture plus importantes que celles du matériau 2 pour les mêmes températures.

#### A retenir :

La sensibilité d'un matériau se mesure relativement par :

- La brusquerie de la transition ;
- La position de la zone plastique par rapport à la température de service ;
- La valeur de l'énergie de rupture en comparaison avec celle d'un autre matériau.

#### 2.a Températures de transition

Critères ↓	Matériau⇒	Matériau 1	Matériau 2	Matériau 3
Critère d'énergie de rupture ( $K_{CV} = 35 \text{ J/cm}^2$ )		-38 °C	-25 °C	8 °C
Critère du pourcentage de cristallinité ( $Cr\% = 50\%$ )		-8,5 °C	-14 °C	18 °C

2.b. Le critère de l'énergie de rupture est plus fiable. Il donne une idée plus claire et plus pratique sur le commencement de la transition. En plus, les résultats justifient le classement des matériaux d'après leur sensibilité à l'entaille.

#### 2.c. Relations : $K_{CV} = f(T^\circ)$ , $Cr\% = f(T^\circ)$ et $K_{CV} = f(Cr\%)$

On remarque que la courbe 2 (celle du matériau 2) présente une zone pratiquement linéaire dans l'intervalle de température [-30°C, 10°C]. Dans cet intervalle, on peut définir une relation mathématique simple, de la forme :

$$K_{CV} = AT^\circ + B, \text{ avec } A \text{ et } B \text{ des constantes.}$$

D'après la figure, en prenant les résultats ( $T^\circ$ ,  $K_{CV}$ ) de deux points  $T^\circ=35^\circ\text{C}$  et  $T^\circ = 10^\circ\text{C}$ , on trouve :

$$K_{CV} = 1,857T^\circ + 81,43$$

Il est aussi possible de représenter la courbe de cristallinité par une relation linéaire de la forme :

$$Cr\% = CT^\circ + D, \text{ avec } A \text{ et } B \text{ des constantes, dans l'intervalle } [-30^\circ\text{C}, 0^\circ\text{C}].$$

Avec le même raisonnement pour  $K_{CV} = f(T^\circ)$ , on détermine les constantes C et D, en prenant deux points  $(T^\circ, K_{CV})$  :  $(-30^\circ\text{C}, 80\%)$  et  $(-14^\circ\text{C}, 50\%)$ .

On trouve :

$$Cr\% = -1,857T^\circ + 24$$

On remarque que dans l'intervalle  $[-30^\circ\text{C}, 0^\circ\text{C}]$ , la droite  $K_{CV}$  est perpendiculaire à celle de  $Cr\%$  :

$$\frac{K_{cv} - 81,43}{Cr\% - 24} = -1$$

Alors, en combinant les deux relations dans l'intervalle  $[-30^\circ\text{C}, 0^\circ\text{C}]$ , on démontre que l'équation  $K_{CV} = f(Cr\%)$  est une droite d'équation :

$$K_{cv} = -Cr\% + 105,43$$

#### Note :

Ces relations (exercice 2C) sont relatives aux résultats de cet exercice qui n'est nullement un cas pratique concret. Cependant, elle nous montre la possibilité de trouver des relations entre les différents paramètres de courbe de transition. Ces relations sont très utiles pour modéliser la zone de transition en prenant les résultats de plusieurs essais. **Il peut faire l'objet d'un sujet de fin d'études.**

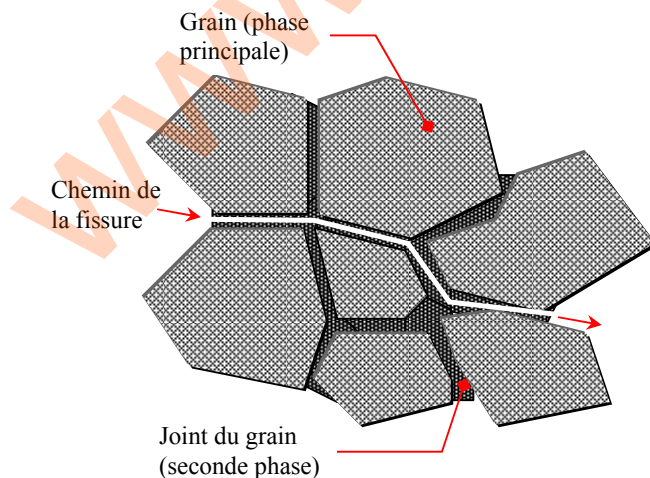
### Exercice 2 :

#### A. Les micromécanismes de la rupture fragile intergranulaire

a. La rupture fragile survient par accumulation d'impuretés ou d'inclusions ou ségrégation d'élément chimique au joint du grain en formant une seconde phase. On remarque souvent ce type de rupture lors du phénomène de la fragilité au revenu remarquée en faisant un traitement de trempe suivi de revenus.

#### b. Remarquée sous deux formes :

- A basses températures : Les éléments ségrégés au joint du grain diminuent l'énergie de cohésion ;
- Aux températures élevées ( $\geq 1/3 T^\circ$  de fusion), par fluage : Les défauts sont des cavités qui se multiplient, puis leur décohésion et rupture.



#### A retenir :

Les éléments fragilisant les plus remarquables dans les aciers :

- Le soufre ;
- Le silicium ;
- L'azote ;
- Potassium, ect...

### c. Caractéristiques visibles de la rupture fragile intergranulaire :

- Décohésion intergranulaire (entre les grains) ;
- Suit les joints des grains ;
- Aspect lisse (sombre) de la surface de rupture en cas d'une déformation plastique réduite ;
- Aspect de cupules.

### B. La zone plastique et la propagation de la fissure

La zone plastique autour de la fissure a pour effet d'atténuer la concentration de contrainte en permettant l'ouverture de la fissure sans qu'elle se propage. Les dislocations permettent d'absorber les contraintes locales, ce qui retarde la propagation de la fissure et améliore ainsi la ténacité du matériau.

