TD Titanic Correction

2.1 Comparaison des aciers ancien et moderne

2.1.1 Déterminez les températures de transition ductile-fragile de l'acier moderne A36 et de la tôle prélevée sur le Titanic dans les deux directions (longitudinale et transverse) en précisant la méthode employée (FIG. 2).

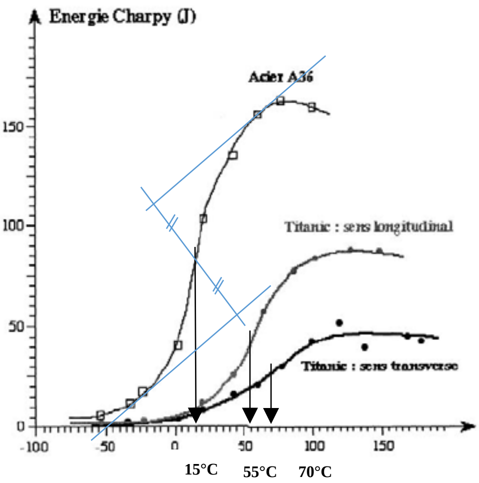


FIG. 2 - Courbes de résilience des deux aciers.

Transition ductile/fragile

- **T Moderne = 15°C+/-5°C**
- **T Tit Long = 55°C +/- 5°C**
- **T Tit Trans = 70°C +/- 5°C**

Conclusions

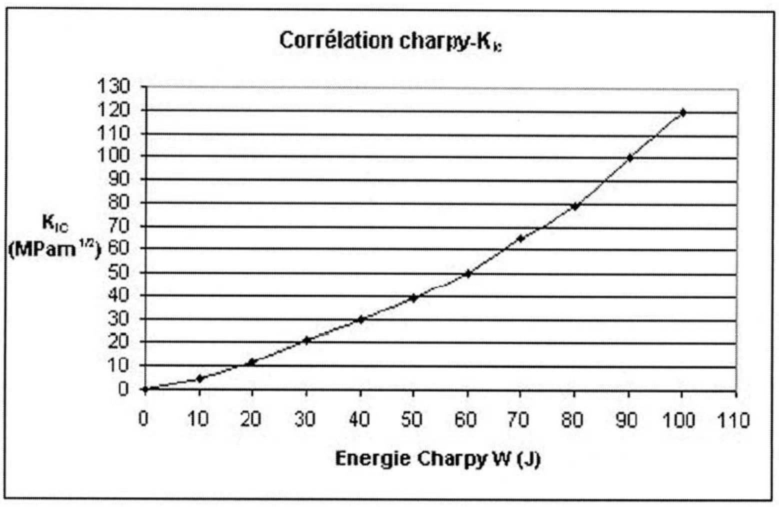
- **mtx titanic anisotrope**
- **Tmoderne<< T Tit**
- **Mtx tit est fragile à 0°C !**

2.1.2 Commentez l'allure des faciès de rupture à 0 ° C. Conclusions (FIG. 3).

Faciès acier moderne : rugueux, non plan, bourrelet de matière sur les bords, éprouvette non rompue ➔ signes d'une rupture ductile

Faciès acier Titanic : rupture plane,, MEB : rivière de clivage, éprouvette complètement rompue (2 morceaux) ➔ signes de rupture fragile

2.1.3 Il existe une corrélation entre l'énergie de rupture par choc Charpy et la ténacité de l'acier à 0 ° C (FIG. 4). Que pouvez-vous en déduire ?



- **KV (0°C) Moderne = 45J ➔ KIC = 35 MPa m1/2**
- **KV (0°C) Tit = 5J ➔ KIC = 5 MPa m1/2**

- **Conclusions : A 0°C, l'acier du titanic a une résistance à la propagation de fissure (KIC) proche de celle des céramiques**

2.2 Effet du procédé d'assemblage et tenue en fatigue

2.2.1 Assemblage par rivetage à chaud

Les tôles qui constituaient le Titanic étaient épaisses (e = 30 mm) et assemblées par rivetage à chaud. Les trous étaient cependant percés à froid au moyen d'un bélier à vapeur. Cette méthode, assez brutale, a conduit à l'apparition de fissures radiales autour des trous de rivetage. Afin de modéliser le comportement de la tôle assemblée, on considère un fragment de cette tôle, comportant un seul trou de rivetage et soumise à une contrainte de traction uniaxiale σ. Les trous de rivetage ont un diamètre de 50 mm et les fissures initiales, radiales, une longueur de $a_0 = 1$ mm.

2.2.1.a Sur la figure 5 , quelles seront les fissures les plus sensibles à la rupture brutale ? Justifiez le raisonnement.

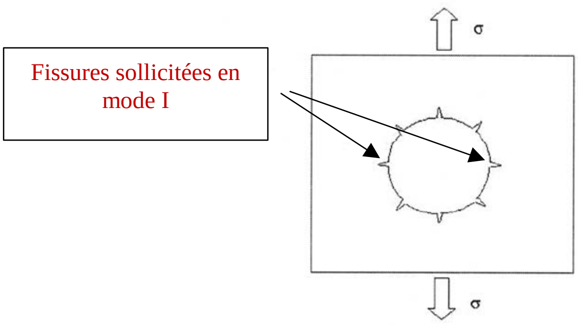


FIG. 5 - Trou de rivetage en présence de fissures.

2.2.1.b Déterminez la contrainte maximale admissible par la tôle pour les trois aciers considérés à 0 ° C (on pourra considérer que la longueur de la fissure est faible par rapport au diamètre du trou de rivetage, et que le facteur de concentration de contrainte au bord du trou est égal à 3).

Trou ➔ Concentration de contraintes (KT) = 3
KIC =3 Sigmac racine (pi a) ➔ sigmac = 30 MPa pour titanic et 208 MPa pour moderne

Or 200MPa = contraintes usuelles, le titanic verra ses fissures se propager brutalement sous contraintes usuelles

2.2.2 Assemblage par soudage

Sur les navires modernes, les tôles sont soudées. Il arrive néanmoins que des navires se rompent sous l'effet de la fatigue. Au cours de l'utilisation normale du navire, on considère que la sollicitation peut être représentée par un chargement sinusoïdal caractérisé par un rapport $R = -1$. La contrainte maximale exercée est $\sigma_{\text{max.}} = 20$ MPa. En mode de propagation stable des fissures, la vitesse da/dN est donnée en fonction de la variation ΔK du facteur d'intensité de contraintes par une loi de Paris de coefficients $C = 3.10^{-12}\text{m}^{-1}.\text{MPa}^{-4}$ et $n = 4$.

2.2.2.a En considérant un facteur d'intensité de contrainte de la forme $K = 1,1.\sigma\sqrt{\pi a}$, déterminez la longueur critique de la fissure correspondant à une rupture brutale au cours du chargement de fatigue (AN : pour le A36 à 0 ° C).

2.2.2.b En déduire le nombre de cycles à rupture si la longueur initiale des fissures est de $a_0 =$ 1 mm.

$\frac{da}{dN} = C\Delta K^n$ avec C=3.10^{-12} et n = 4

$\Delta K = \Delta\sigma\ 1.1\sqrt{\pi a}$
$\Delta\sigma = 400MPa$

$Acier\ moderne$ à $0°C$: $K_{IC} = 35\ MPa\sqrt{m}$ ➔ ac = 8 mm

$$N = \frac{1}{C(1-n/2)}\left(1.1\ \Delta\sigma\ \sqrt{\pi}\right)^{-n}\left({a_c}^{1-n/2} - {a_o}^{1-n/2}\right)$$

A.N. : $\left(1.1\ \Delta\sigma\ \sqrt{\pi}\right)^{-n} = 2.710^{-12}$ et $\left({a_c}^{1-\frac{n}{2}} - {a_o}^{1-\frac{n}{2}}\right) = -875$

N= 789 cycles à rupture

2.2.2.c Quelle devrait être la longueur des fissures initiales si on souhaite multiplier la durée de vie par 2 ?

$$2N = \frac{1}{C(1-n/2)}\left(1.1\ \Delta\sigma\ \sqrt{\pi}\right)^{-n}\left({a_c}^{1-\frac{n}{2}} - {a_1}^{1-\frac{n}{2}}\right) = A\ \left({a_c}^{1-\frac{n}{2}} - {a_1}^{1-\frac{n}{2}}\right)$$
$$\left({a_c}^{1-\frac{n}{2}} - 2N/A\right)^{-\left(1-\frac{n}{2}\right)} = a_1$$

A = -0.9
a_1 = 0.53 mm
Le défaut initial doit être environ deux fois plus petit pour augmenter la durée de vie de 2.