

Série « Mécanique »

TP n°5 : Ténacité

## I - GENERALITES

Les objets qui nous entourent comportent souvent des micro-fissures (invisibles à l'œil nu) ou des macro-fissures. Par exemple, les avions sont parcourus par de nombreuses micro-fissures. Il faut donc être capable de prévoir leur évolution au cours des vols afin de ne pas mettre les passagers en danger. C'est la mécanique de la rupture.

Il existe trois modes de sollicitation d'une fissure (figure 1) :

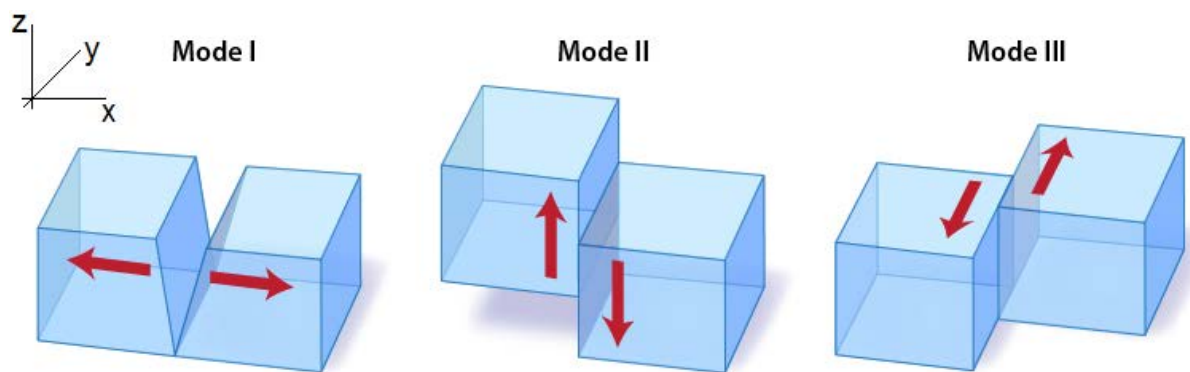


Figure 1 : Mode de sollicitation d'une fissure

Nous allons nous consacrer plus particulièrement au mode I (sollicitation perpendiculaire au plan de la fissure). Soit une fissure dans un milieu infini, soumise à une contrainte uniaxiale homogène (figure 2), en contraintes planes.

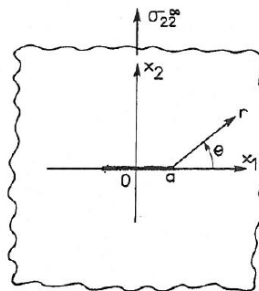


Figure 2: Fissure dans un milieu infini

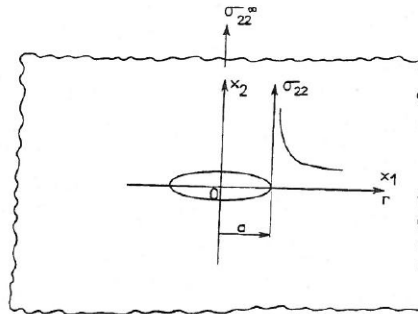


Figure 3: Contraintes en pointe de fissure

La solution asymptotique approchée de Westergaard donne en coordonnées polaires :

$$\sigma_{22} = \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}} \cos \frac{\theta}{2} \left( 1 + \sin \frac{\theta}{2} \sin \frac{3\theta}{2} \right)$$

Avec  $K_I$ , le facteur d'intensité des contraintes en mode I (en  $\text{MPa.m}^{1/2}$ ).

## II - PRINCIPES THEORIQUES

Considérons un matériau fissuré, d'épaisseur constante (figure 5).

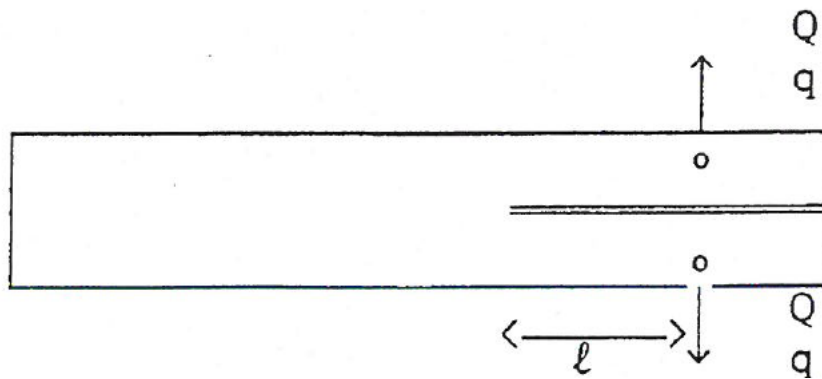


Figure 4: Eprouvette Double Cantiliver Beam (DCB)

### II-1 Définition

On impose un déplacement transversal  $q$  qui développe un effort  $Q$  lié à  $q$  par :

$$q = Q * C(l)$$

$C(l)$  est une caractéristique de la rigidité du corps fissuré qui dépend de la longueur de la fissure.  $C(l)$  est appelé complaisance ou compliance.

Principe de Clapeyron (les efforts sont appliqués linéairement et progressivement).

Enoncé : "Le travail des forces appliquées est égal à l'énergie de déformation engendrée dans la matière par la charge".

D'où dans un déplacement  $q$  sous un sollicitant  $Q$ , l'énergie de déformation  $E_d$  est :

$$E_d = \frac{1}{2} q * Q$$

$$E_d = \frac{1}{2} q^2 * C(l)$$

Remarque, cette énergie est en grande partie concentrée en fond de fissure.

## II-2 Ténacité

La propagation de la fissure dans le matériau, d'épaisseur  $b$ , sur une longueur  $\delta l$  libère une énergie :

$$\delta E_s = G \delta l b$$

$G$  étant le taux de restitution de l'énergie.

1) On cherche à tracer  $q=f(Q)$  pour les différentes longueurs d'entaille. La difficulté réside dans l'évaluation de la longueur de la fissure.

2) A l'aide des techniques de corrélation d'images numériques, évalué la longueur de la fissure pour différent ca de charge.

3) Calculez alors le taux de restitution de l'énergie critique  $G_C$  du matériau, ainsi que sa ténacité  $K_f$  (prendre  $E = 10000$  MPa pour le module d'Young du bois).

4) Prévion de  $G$  par un modèle mathématique.

L'éprouvette de hauteur  $h$  peut être considérée comme formée de deux poutres encastées de longueur  $l$  et de hauteur  $h/2$ .

A partir de la RDM, trouver la formule liant  $C(l)$  et  $l^3$  (on négligera les efforts dus au cisaillement).

Expliciter  $G$  pour  $Q = Q_r$ , charge de rupture du matériau et  $l = 12$  cm. Montrer que  $Q_r$ , est une fonction décroissante de  $l$ .

Estimer  $G_C$  et  $K_{Ic}$  en prenant la valeur du module d'Young du bois utilisé ( $E = 10000$  MPa).

5) Déterminer  $K_{Ic}$  par la formule théorique donnée pour une éprouvette DCB.

6) Conclusion et discussion des résultats.