

## EXERCICES

### Exercice 1

Dans les installations industrielles, on inspecte des tôles de fortes épaisseurs afin de détecter d'éventuelles fissures susceptibles de provoquer une rupture brutale en service.

Si le matériau a une fissure de 1mm.

- a) Calculer la ténacité du matériau
- b) Comparer la valeur trouvée avec le facteur d'intensité critique puis déduire une conclusion
- c) Calculer la taille critique de la fissure

On donne :

$Re = 480 \text{ MPa}$ , facteur de correction géométrique  $\alpha = 1.12$  ;  $\sigma = Re$ ,

$K_{IC} = 53 \text{ MPa}\cdot\sqrt{\text{m}}$

### Exercice 2

Une large plaque a une fissure débouchante soumise à une contrainte de traction de 100 MPa, et d'une ténacité de  $K_{IC} = 50 \text{ MPa m}^{1/2}$ .

- a) Déterminer la taille critique de la fissure, on suppose que le matériau a un comportement linéaire élastique
- b) Calculer l'Energie critique de ce matériau sachant que son module d'Young

$E = 207000 \text{ MPa}$

### Exercice 3

Une plaque d'acier ( $K_{IC}=150 \text{ MPa}\cdot(\text{m})^{1/2}$  ;  $\sigma_e =1500 \text{ MPa}$ ) est supposée contenir une fissure débouchante semi-elliptique de longueur apparente 3 cm et de profondeur de 0.5 cm. Quelle est dans ce cas la contrainte causant la rupture de la plaque.

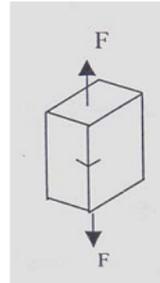
$$K_I = 1.12\sigma\sqrt{\frac{\pi a}{\Phi}}$$

Prendre  $\Phi=1$

#### Exercice 4

Un barreau en acier ( $\sigma_e = 1790 \text{ MPa}$ ,  $K_{IC} = 90 \text{ MPa(m)}^{1/2}$ ) de section carrée  $120 \times 120 \text{ mm}^2$  est soumis à une force de traction  $F = 12 \text{ MN}$ . Le barreau a une fissure d'angle en quart de cercle de rayon  $a = 1 \text{ cm}$ . Si on évalue le facteur d'intensité de contraintes à partir de celui de la fissure semi-circulaire débouchante, le facteur de corrosion sur la surface libre (1,12) étant appliqué deux fois pour tenir compte des deux surfaces perpendiculaires

$$K_I = (1.12)^2 \times 2\sigma \sqrt{\frac{a}{\pi}}$$



Le barreau résistera-t-il à la charge qui lui est appliquée ?

#### Exercice 5

Une plaque épaisse de dimension ( $W = 200 \text{ mm}$ ) présente deux fissures critiques de côtés de longueur  $a = 10 \text{ mm}$  chaque une. Supposons qu'elle est sollicitée à une contrainte de traction de  $650 \text{ MPa}$ .

- Déterminer le facteur d'intensité de contrainte.
- Quelle serait le défaut qu'on peut tolérer (critique) pour une plaque de fissure centrale et qui a la même valeur du facteur d'intensité de contrainte et sollicitée à la même contrainte précédente.

On donne l'intensité de contrainte pour une plaque de deux fissures de cotés :

$$K = \sigma (\pi a)^{1/2} \left\{ \frac{W}{\pi a} \tan \left( \frac{\pi a}{W} \right) + \frac{0,2 W}{\pi a} \sin \left( \frac{\pi a}{W} \right) \right\}^{1/2}$$

Le facteur d'intensité de contrainte pour une plaque de fissure centrale :

$$K = \sigma (\pi a)^{1/2} \left\{ \frac{W}{\pi a} \tan \left( \frac{\pi a}{W} \right) \right\}^{1/2}$$

#### Exercice 6

On réalise des essais de rupture sur deux plaques de ce matériau contenant une fissure centrale :

- la première de largeur  $W = 500 \text{ mm}$  contient une fissure de longueur  $2a = 75 \text{ mm}$
- la seconde de largeur  $W = 50 \text{ mm}$  contient une fissure de longueur  $2a = 25 \text{ mm}$ .

Avec  $K_{IC} = 100 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ ,  $\beta_1 = 1$ ,  $\beta_2 = 1.18$

Pour chacune des plaques:

- 1) Calculer la contrainte critique qui conduirait à la rupture brutale
- 2) Déterminer la contrainte qui conduirait à une plastification généralisée de la section contenant la fissure
- 3) En déduire comment se produira la rupture dans chacun des cas et pour quelle contrainte. On rappelle

$$K_I = \beta \sigma \sqrt{\pi a} \quad \beta = 1 + 0.256\left(\frac{a}{W}\right) - 1.152\left(\frac{a}{W}\right)^2 + 12.200\left(\frac{a}{W}\right)^3$$

### Exercice 7

Estimer la valeur de la contrainte théorique de rupture d'un matériau fragile, comportant une fissure de forme elliptique de longueur de 0.5 mm, avec un rayon de courbure de  $5 \cdot 10^{-3}$  mm. Sachant que la contrainte appliquée de traction est de 103,5 MPa

### Exercice 8

Une large vitre en verre est soumise à une contrainte de traction de 40 MPa. L'énergie de surface du verre est de  $0.3 \text{ J/m}^2$  et son module d'élasticité  $E = 69 \text{ GPa}$ . Déterminer la longueur de la surface fissurée (surface perpendiculaire à la contrainte) qui pourra causer la rupture.

### Exercice 9

Les calculs basés sur la force de cohésion suggèrent que la contrainte de traction du verre est de 10 GPa. Tandis que la valeur de la contrainte de traction trouvée expérimentalement est seulement de 1.5 % de cette valeur. Griffith suppose que cette valeur est faible à cause de la présence des fissures dans le verre.

Calculer la longueur de la fissure, de direction perpendiculaire à la contrainte de traction.

On donne : Module d'Young  $E = 70 \text{ GPa}$ , l'énergie surfacique est de  $\gamma_s = 0.5 \text{ J/m}^2$

### Exercice 10

Une plaque en acier a une contrainte de traction de 1900 MPa. Calculer la valeur du pourcentage de réduction de contrainte causée par la fissure dans cette plaque qui est de longueur  $2a = 3 \text{ mm}$  (surface perpendiculaire à la contrainte)

On donne :

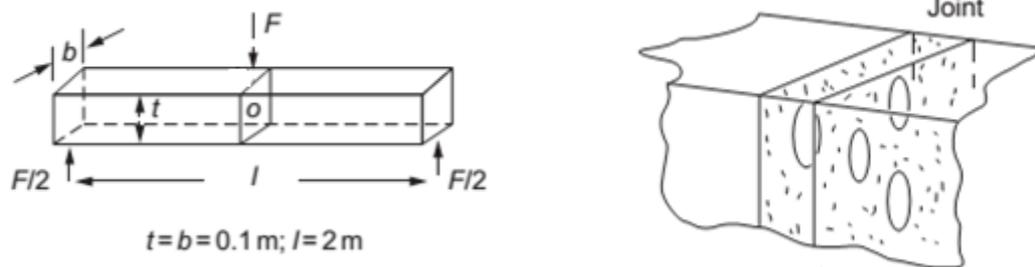
$E = 200 \text{ GPa}$ , l'énergie surfacique  $\gamma_s = 2 \text{ J/m}^2$ , l'énergie plastique  $\gamma_p = 2 \times 10^4 \text{ J/m}^2$

### Exercice 11

Deux poutres en bois sont assemblées à l'aide d'un adhésif époxy comme indiqué dans la figure ci-dessous. L'adhésif a été agité avant l'application, entraînant de l'air des bulles qui, sous pression dans la formation de l'articulation, se déforment en disques de diamètre  $2a = 2 \text{ mm}$ . Si le faisceau a les dimensions indiquées, Et l'époxy a une ténacité de fracture de  $0,5 \text{ MN m}^{-3/2}$ .

Calculez la charge maximale  $F$  que le faisceau peut supporter.

Sachant que :  $\sigma = M_f \cdot V / I_0$ ,  $I_0 = bh^3/12$  et  $V = h/2$



### Exercice 12

Lors d'un essai de détermination de la ténacité, on trouve  $K_Q = 55 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ . La limite d'élasticité du matériau étant égale à  $690 \text{ MPa}$  et l'épaisseur de l'éprouvette étant de  $12,7 \text{ mm}$ .

- Indiquer si l'essai est valide.
- Donner la valeur maximale de la ténacité qui peut être mesurée avec une telle éprouvette.

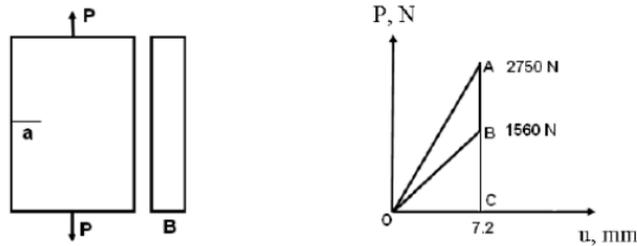
### Exercice 13

Une éprouvette en alliage AlCu4Mg1 de traction de type B (CT)  $50 \text{ mm}$  de largeur,  $12,5 \text{ mm}$  d'épaisseur, soumis à une force critique de  $F_Q = 9,05 \text{ kN}$ . La valeur de la fissure  $a = 25 \text{ mm}$  sa contrainte élastique est de  $390 \text{ MPa}$ .

- Calculer le facteur d'intensité de contrainte apparent du matériau
- Déduire la largeur minimale  $B_{\min}$  de l'éprouvette
- Que ce vous pouvez conclure ?

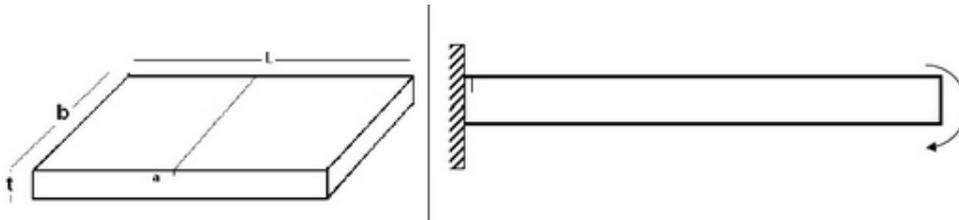
### Exercice 14

Une grande plaque d'épaisseur de 36 mm avec une fissure de bord  $a = 32$  mm de longueur est tiré très lentement sous charge de déplacement. Au déplacement de 7,2 mm, lorsque la charge enregistrée est de 2750 N, la fissure commence à croître. A  $a = 41,7$  mm, la fissure est arrêtée et la charge diminue à 1560 N. Déterminer le taux d'énergie critique libérée.



### Exercice 15

Une plaque de perplexe rectangulaire de 600 mm par 300 mm par 6 mm d'épaisseur est décrite en deux carrés égaux par un couteau, laissant une coupe uniforme de profondeur de 0,3 mm. Quel est le moment de flexion nécessaire pour briser la plaque si la perplexe a un travail à une fracture de  $500 \text{ J} / \text{m}^2$  ? Notez que  $E = 2.5 \text{ GPa}$  pour perplexe.



### Exercice 16

Si la contrainte de rupture d'une grande tôle d'acier maraging, qui contient une fissure centrale de 40 mm, est de 480 MPa, calculez la contrainte de rupture d'une feuille similaire contenant une fissure de 100 mm.

### Exercice 17

Une poutre en porte-à-faux fissurée est déviée de 8 mm sous une charge de 10kN. À la même charge, la déviation est augmentée de 1 mm en raison d'une extension de la fissure de 0,5 mm. Calculez le facteur d'intensité de contrainte initiale. Supposons  $E = 200 \text{ GPa}$ , épaisseur de la section = 0,5 m