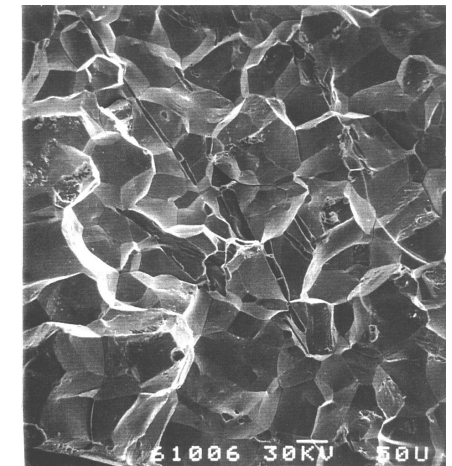
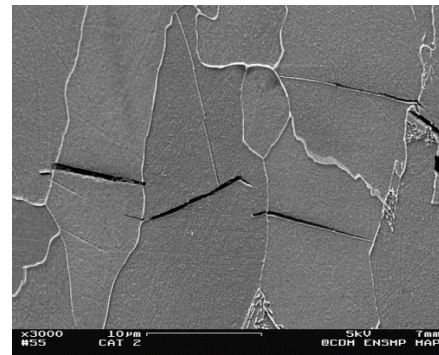


Université Frères Mentouri Constantine1
Institut des Sciences et Techniques Appliquées «ISTA»

3^{ème} Année GIM

Mécanique de la rupture Fatigue - Expertise

TD N° 03



2019-2020

***Application de la méthode de
détermination expérimentale
de la ténacité K_{IC}***

Une éprouvette de flexion trois points est testée conformément aux recommandations de l'ASTM. $\sigma_E = 1200MPa$ et $E = 210GPa$ sont les valeurs respectives de la limite d'élasticité et du module d'Young du matériau. L'éprouvette est chargée à une vitesse de $100kN / mn$. Elle est préfissurée en fatigue à $P_1^{max} = 45kN$ et $P^{min} = 0$. Les derniers cycles pour atteindre une longueur de fissure a telle que $a/W \approx 0,5$, sont effectués à $P_2^{max} = 30kN$. Les dimensions mesurées sont :

$$W = 8cm \quad e = 4cm \quad L = 30cm$$

$$a_1 = 3,996cm \quad a_2 = 4,007cm \quad a_3 = 3,997cm$$

$$a_{surface}^{gauche} = 3,915cm \quad \text{et} \quad a_{surface}^{droite} = 3,952cm$$

L est la distance entre les points d'appui de l'éprouvette et a_1, a_2, a_3 sont les longueurs de fissure mesurées après rupture (figure) et $a_{surface}^{gauche}$, $a_{surface}^{droite}$ sont les longueurs en surface.

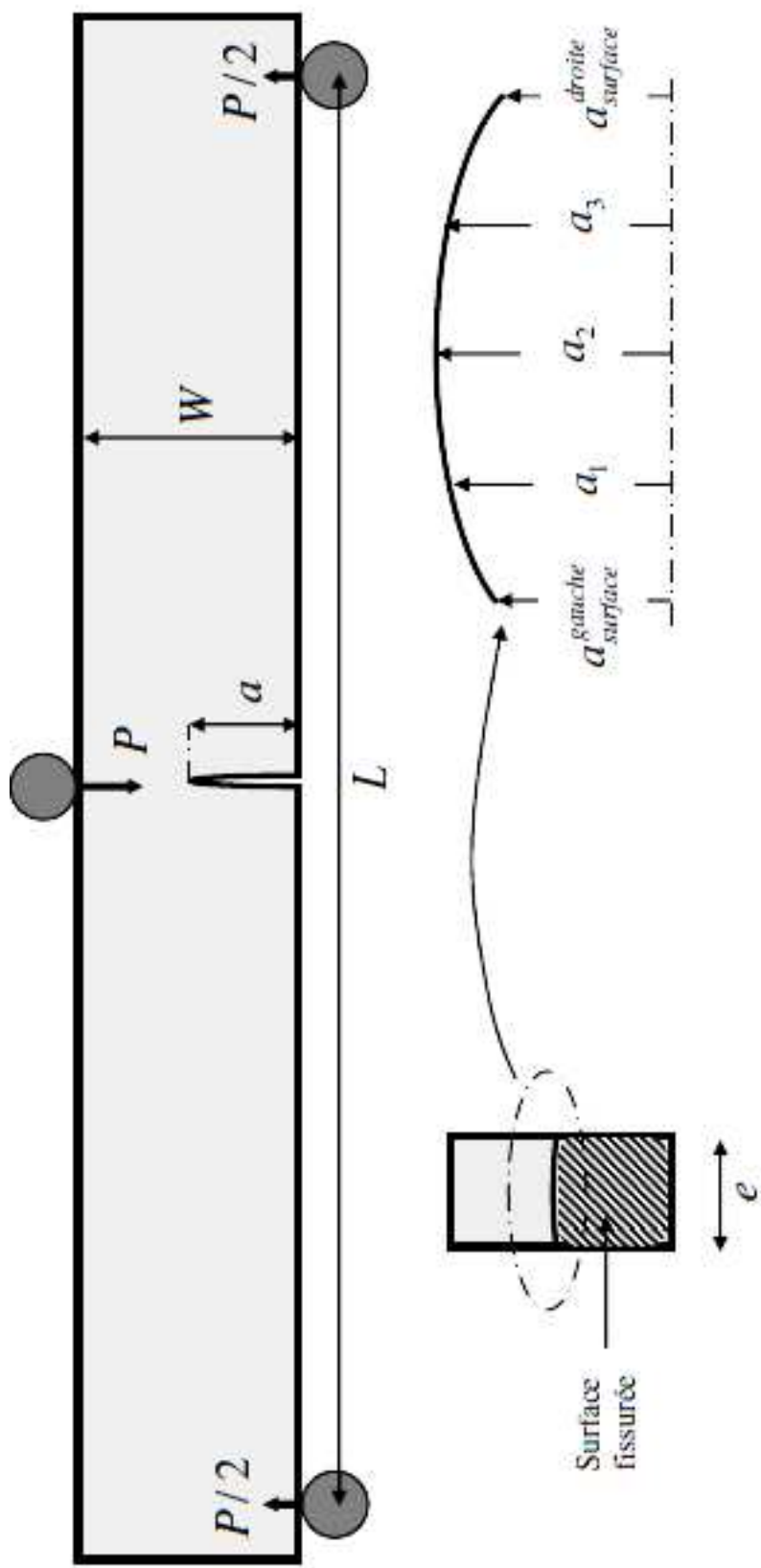


Figure I Epruvette de flexion 3 points pour la mesure de K_{Ic}

L'enregistrement du diagramme charge-déplacement a donné les valeurs suivantes pour la charge ultime P_u et la charge P_Q :

$$P_u = 86 \text{ kN} \quad P_Q = 80 \text{ kN}$$

Le FIC K_I pour l'éprouvette testée est calculé par la relation suivante :

$$K_I = \frac{PL}{eW^{3/2}} g(a/W)$$

avec

$$g(a/W) = \frac{3\sqrt{a/W} (1,99 - (a/W)(1 - a/W)(2,15 - 3,93a/W + 2,7(a/W)^2))}{2(1 + 2a/W)(1 - a/W)^{3/2}}$$

Solution

- On calcule dans un premier temps $a_{\text{moy}} = (a_1 + a_2 + a_3)/3$, soit $a_{\text{moy}} = 4\text{cm}$
- On détermine ensuite $K_Q = \frac{P_Q L}{eW^{3/2}} g\left(\frac{a_{\text{moy}}}{W}\right)$, avec $\frac{a_{\text{moy}}}{W} = \frac{1}{2}$, d'où $g\left(\frac{a_{\text{moy}}}{W}\right) = 2,663$ et

$$K_Q = \frac{80\text{kN} \cdot 0,3\text{m}}{0,04\text{m} \cdot (0,08\text{m})^{3/2}} 2,663 = 70,6\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$$

- On vérifie toutes les conditions imposées par l'ASTM :

$$- a, e, (W - a) \geq 2,5 \left(\frac{K_Q}{\sigma_E} \right)^2 = 2,5 \left(\frac{70,6\text{MPa}\sqrt{\text{m}}}{1200\text{MPa}} \right)^2 = 0,865 \cdot 10^{-2}\text{m} = 8,65\text{mm}$$

la condition est vérifiée ;

$$- \frac{a_{\text{moy}} - a_{\text{surface}}^{\text{gauche}}}{a_{\text{moy}}} = \frac{4 - 3,915}{4} = 0,02 < 0,1 \text{ et } \frac{a_{\text{moy}} - a_{\text{surface}}^{\text{droite}}}{a_{\text{moy}}} = \frac{4 - 3,952}{4} = 0,012 < 0,1$$

la condition *i*. est vérifiée ;

$$- K_I^{\max} = \frac{P_1^{\max} L}{e W^{3/2}} g(a/W) = \frac{45 \text{ kN} \cdot 0,3 \text{ m}}{0,04 \cdot (0,08)^{3/2}} \cdot 2,663 = 39,7 \text{ MPa} \sqrt{\text{m}} < 0,6 K_Q \text{ et}$$

le dernier stade de propagation est effectué à $P_2^{\max} = 30 \text{ kN}$ d'où

$$\frac{K_I}{E} = \frac{1}{E} \frac{30 \text{ kN} \cdot 0,3 \text{ m}}{0,04 \cdot (0,08)^{3/2}} \cdot 2,663 = \frac{29,6 \text{ MPa} \sqrt{\text{m}}}{210000 \text{ MPa}} = 0,14 \cdot 10^{-3} \sqrt{\text{m}} < 0,32 \cdot 10^{-3} \sqrt{\text{m}}$$

la condition *ii.* est vérifiée ;

$$- \frac{P_u}{P_Q} = \frac{86}{80} = 1,08 < 1,1 \text{ la condition } iii. \text{ est vérifiée ;}$$

$$- \frac{\Delta K_I}{\Delta t} = \frac{\left(100 \frac{\text{kN}}{60 \text{s}}\right) \cdot 0,3}{0,04 \cdot (0,08)^{3/2}} \cdot 2,663 = 1,47 \frac{\text{MPa} \sqrt{\text{m}}}{\text{s}} \text{ soit } 0,55 < \frac{\Delta K_I}{\Delta t} < 2,75 \frac{\text{MPa} \sqrt{\text{m}}}{\text{s}}$$

la condition *iv.* est vérifiée ;

- Les conditions de l'ASTM étant toutes vérifiées, on a donc :

$$K_{Ic} = K_{Q} = 70,6 \text{ MPa}\sqrt{m}$$