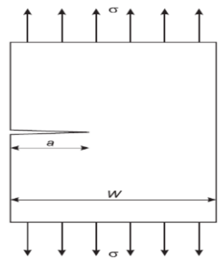
Examen Final

Exercice 1 : (6 points)

Considérant une plaque avec une fissure latérale (voir la figure). La plaque est soumise à une contrainte plane. La valeur du paramètre géométrique $\boldsymbol{Y = 1,12}$.

	Limite d'écoulement σ_0 (N/mm^2)	Coefficient de concentration de contrainte : K_{Ic} (N/mm$^2\sqrt{\text{mm}}$)
Aciers 4340	1470	1500
	1730	2900
	500	1040



Répondez aux questions suivantes pour les trois matériaux donnés dans le tableau ci-dessus :

1°/ La fissure se produit-elle à une contrainte $\sigma = 2/3\sigma_0$ avec une longueur de fissure $a = 1$ *mm* ?

2°/ Quelle est la taille critique du défaut à une contrainte $\sigma = 2/3\sigma_0$?

Exercice 2 : (8points)

A/

Un matériau métallique en service est soumis à une contrainte de traction de **150 MPa**, et possède un coefficient d'intensité de contrainte de l'ordre de K_{Ic} **= 42 MPa (mm)$^{1/2}$**. Sachant que le paramètre géométrique $\boldsymbol{Y=1,2}$.

1°/Calculer la longueur minimale d'une fissure de surface qui entrainera la rupture

2°/Quelle est l'ampleur de la contrainte maximale située à l'extrémité d'une fissure interne dont un **rayon** de courbure est de ρ **= 0.0001 mm** ?

B/

1- Quelle grandeur caractérise la nocivité (dangerosité) d'une fissure existante ?
2- Dans quelle situation la contrainte locale au voisinage de la fissure est égales 3 fois la contrainte globale appliquée ?
3- Citer la différence entre les **c**oefficients de **c**oncentration de **c**ontraintes ***Kt*** et le facteur d'intensité des contraintes K_{IC}
4- Quelle est la différence entre une rupture ductile et une rupture fragile ? Donnez un exemple de matériau pour chaque cas.

Exercice 2 (6 pts)

On réalise des contrôles non destructifs sur trois échantillons d'aciers ferritiques (nommés : A= plane, B=cylindrique et C=plane). L'acier ferritique a une limite d'élasticité σ_e **= 450 MPa** et une ténacité (Facteur critique d'intensité de contraintes) K_{Ic} **= 21 MPa m$^{1/2}$**. Les pièces doivent résister à une force de traction F égale à **320 *kN*** sans se déformer plastiquement.

Le tableau ci-dessous résume les longueurs (*L) ;* les largeurs (*l),* les épaisseurs *(e)* et diamètres (*d)* ainsi que les défauts détectés lors du contrôle de ces trois échantillons :

Eprouvettes	Dimension (**mm**)	Contrôle par (Rx)	Facteur géométrique (***Y***)
A	l = 40, e =20	Fissure aigue en surface de profondeur (**a=1.8 mm)**	**1.2**
B	L = 50, d =30	Pas de fissures **> 100 µm**	**---**
C	l = 50, e =15	Fissure centrale (**2a=4 mm)**	**1.2**

1- Pour chaque échantillon, déterminez s'il y a un risque de rupture ductile et/ou fragile. Quel(s) échantillon(s) pourra(ont) être utilisé(s) ? Détaillez vos calculs et expliquez brièvement votre conclusion.

2-Que se passe-t-il si les limites d'élasticités de trois matériaux dépassent la valeur, σ_e **= 450 MPa** ?

****

Méthode de résolution exigée.

Corrigé type :

Solution 1 :

a/ La fissure se produit-elle à une contrainte **σ = 2/3σ₀** et la longueur de fissure a = 1 mm ?

- ✓ Oui, car la contrainte nominale critique nécessaire pour amorcer la fissure est : 1 Pt

$$k_{Ic} = Y\sigma_{Nom}\sqrt{\pi\ a} \quad \Rightarrow \sigma_{Nom} = \frac{k_{Ic}}{Y\sqrt{\pi\ a}} = \frac{1500}{1.12\times\sqrt{\pi\ 1}} = 755.8 \quad N/mm^2$$

Et $\frac{2}{3}\sigma_0 = \frac{2}{3}(1470) = 980\ N/mm^2 > 755.8\ N/mm^2$

- ✓ Non, car la contrainte nominale critique nécessaire pour amorcer la fissure est : 1 Pt

$$k_{Ic} = Y\sigma_{Nom}\sqrt{\pi\ a} \quad \Rightarrow \sigma_{Nom} = \frac{k_{Ic}}{Y\sqrt{\pi\ a}} = \frac{2900}{1.12\times\sqrt{\pi\ 1}} = 1461.21 \quad N/mm^2$$

Et $\frac{2}{3}\sigma_0 = \frac{2}{3}(1730) = 1153.4\ N/mm^2 < 1461.21 \quad N/mm^2$

- ✓ Non, car la contrainte nominale critique nécessaire pour amorcer la fissure est : 1 Pt

$$k_{Ic} = Y\sigma_{Nom}\sqrt{\pi\ a} \quad \Rightarrow \sigma_{Nom} = \frac{k_{Ic}}{Y\sqrt{\pi\ a}} = \frac{1040}{1\times\sqrt{\pi\ 1}} = 524.023 \quad N/mm^2$$

Et $\frac{2}{3}\sigma_0 = \frac{2}{3}(500) = 333.4\ N/mm^2 < 524.023 \quad N/mm^2$

b/ Quelle est la taille critique du défaut à une contrainte **σ = 2/3σ₀** ?

$$k_{Ic} = Y\sigma_{Nom}\sqrt{\pi\ a} \Rightarrow a = \frac{(k_{Ic})^2}{Y^2(\sigma_{Nom})^2\pi}$$

- ✓ $a = \frac{(1500)^2}{(1.12)^2(980)^2\pi} = 0.594\ mm$ 1 Pt
- ✓ $a = \frac{(2900)^2}{(1.12)^2(1153.4)^2\pi} = 1.6\ mm$ 1 Pt
- ✓ $a = \frac{(1040)^2}{(1.12)^2(333.4)^2\pi} = 2.47\ mm$ 1 Pt

Solution 2 :

A/

$$k_{Ic} = Y\sigma_{Nom}\sqrt{\pi\ a_c} \Rightarrow a_c = \frac{1}{\pi}\left[\frac{k_{Ic}}{Y\sigma_{Nom}}\right]^2 = \frac{1}{3.14}\left[\frac{42}{1,2.150}\right]^2 = 0.0176\ mm \quad 2Pts$$

La contrainte maximale est calculée par la relation suivante :

$$k_t = \frac{\sigma_{Max}}{\sigma_{Nom}} = 1 + \frac{2a}{b} = 1 + 2\sqrt{\frac{a}{\rho}} \quad \Rightarrow \sigma_{Max} = \sigma_{Nom}(1 + 2\sqrt{\frac{a}{\rho}}) = 150\times\left(1 + 2\sqrt{\frac{0.0176}{0.0001}}\right) = 4128\ MPa \ \ 2Pts$$

B/

1- La grandeur caractérise la dangerosité c'est le facteur d'intensité de contrainte *KIc*. C'est une grandeur locale. **1** pt
2- Pour un trou circulaire la contrainte locale est égale 3 fois la contrainte globale. **1** pt
3- La différence entre les coefficients de concentration de contraintes *Kt* et le facteur d'intensité des contraintes FIC.

- Le *FCC* (*Kt*) est lié à la discontinuité géométrique comme les trous, entailles, congés,….. (Indépendant de la géométrie de l'´éprouvette,)= qui ne donne que les informations locales à la pointe même de la fissure. 0.5 pt

- le FIC est lié à la propagation de fissure (*KI*). Mesure la sévérité de la singularité des contraintes= qui décrit l'ensemble de la singularité spatiale du champ de contrainte. 0.5 pt

4-

- Rupture ductile : Déformation plastique importante avant rupture (ex. : acier doux).0.5 pt
- Rupture fragile : Rupture sans déformation plastique significative (ex. : verre, fonte). 0.5 pt

Solution 3 :

1°/

✓ **Echantillon A :**

$\sigma_{nom} = \frac{F}{S} = \frac{F}{l.e} = \frac{320\times10^3\ N}{40\times20\ mm^2} = 400MPa < 450MPa$, **1 pt** donc **pas de risque** de rupture ductile (**pas de déformation plastique**), cependant pour confirmer s'**il y'a un risque** de rupture fragile ou non, on calcule le coefficient de ténacité K_{Ic}.

$k_{Ic} = Y\sigma_{Nom}\sqrt{\pi\, a} = 1.2\times400\times\sqrt{3.14\times1.8\times10^{-3}} \approx 36.086\ MPa\ \sqrt{m} > 21\ MPa\ \sqrt{m}$, **donc la fissure se propage rapidement,** on **ne peut pas l'utiliser.** **1 pt**

✓ **Echantillon B :** 1.5 Pts

$\sigma_{nom} = \frac{F}{S} = \frac{4\times320\times10^3}{3.14\times30^2} = 453MPa > 450MPa$, **il y a déformation plastique** donc on ne peut pas l'utiliser.

✓ **Echantillon C :**

$\sigma_{nom} = \frac{F}{S} = \frac{F}{l.e} = \frac{320\times10^3\ N}{50\times15\ mm^2} = 426MPa < 450MPa$ donc **pas de risque** de rupture ductile (**pas de déformation plastique**), cependant pour confirmer s'**il y'a un risque** de rupture fragile ou non, on calcule le coefficient de ténacité K_{Ic}.
1 pt

$k_{Ic} = Y\sigma_{Nom}\sqrt{\pi\, a} = 1.2\times426\times\sqrt{3.14\times2\times10^{-3}} = 40.510\ MPa\ \sqrt{m} > 21\ MPa\ \sqrt{m}$, **donc la fissure se propage rapidement,** on **ne peut pas l'utiliser** **1** pt

2°/

Quand les limites d'élasticités de trois matériaux dépassent la valeur, σ_e **= 450 MPa,** La déformation plastique apparaît à la racine des entailles (**Plastification du matériau**). 0.5 Pt