R. HERBACH **MQ51 EXAMEN FINAL** le 14.01.2013

Th. VIOLLET *Durée 2 heures, notes de cours et TD autorisées*

**PARTIE A : fissuration par fatigue** (sur 9 points)**.**

On souhaite déterminer l’épaisseur de tôle d’étanchéité du fuselage d’un avion de ligne qui effectue des missions au cours desquelles la pression interne relative *p = pi – pe* passe de 0 au sol à *pmax* = 6.104 Pa en altitude de croisière. Soit *e* l’épaisseur de tôle d’aluminium AU 2 GN dans la partie cylindrique du fuselage de rayon *R* = 1,5m. L’épaisseur *e* est calculée pour garantir un minimum de 104 vols (1 vol = 1 cycle en pression : 0 - *pmax*- 0).

On suppose qu’il existe dès la construction une fissure de longueur initiale *a0* = 1mm dans l’orientation la plus défavorable, et qui prend naissance à partir du bord d’un trou de rivet. On utilise un coefficient de sécurité *k* = 2 sur *σθθ* pour tenir compte des concentrations de contraintes.

Les caractéristiques de fissuration du matériau en mode I sont données :

$$\frac{da}{dN}=1,2.10^{-11}∆K^{4,2} avec \frac{da}{dN} en m/cycle et ∆K en MPa\sqrt{m}$$

**A1)** Donner l’expression, en partie littérale, de la longueur critique de fissure *ac* sachant que *KIC* = 65 MPa$\sqrt{m}$.

**A2)** Etablir la relation permettant le calcul de *σθθmaxi* (notée plus simplement *σ*). Montrer que cette relation se présente sous la forme :

$$Aσ^{4,2}=B-Cσ^{2,2}$$

En déduire *σ* (si besoin par itération en négligeant d’abord le terme en *C* puis en utilisant la valeur de *σ* ainsi obtenue pour calculer ce terme et obtenir un résultat plus précis).

En déduire *e* pour finir.

**A3)** Lors d’une inspection périodique, on détecte à cet endroit une fissure de longueur *a* = 20mm. Combien de vols peut encore effectuer l’appareil en toute sécurité ?

**PARTIE B : contraintes en pointe de fissure en mode I** (sur 11 points)**.**

On étudie la répartition des contraintes en pointe de fissure en déformations planes (DP) et mode I :

$$\tilde{σ\_{rr}}=cos\frac{θ}{2}\left(1+sin^{2}\frac{θ}{2}\right)$$

$$\tilde{σ\_{θθ}}= cos^{3}\frac{θ}{2}$$

$$\tilde{σ\_{rθ}}=sin\frac{θ}{2}cos^{2}\frac{θ}{2}$$

$$\tilde{σ\_{zz}}= ν(\tilde{σ\_{rr}}+\tilde{σ\_{θθ}})$$

**B1)** D’après le calcul des contraintes adimensionnelles pour $θ=\frac{π}{2}$ et pour $ν= {1}/{3}$ calculer les contraintes principales adimensionnelles en les organisant : $\tilde{σ\_{I}}\geq \tilde{σ\_{II}}\geq \tilde{σ\_{III}}$ et donner l’orientation α d’une direction principale par rapport à $\overline{e}\_{r}$ .

**B2)** Pour ce mode I en DP, avec *θ* variable, la scission octaédrale adimensionnelle vaut :

$$\tilde{τ\_{\*}}=\frac{\sqrt{2}}{3}cos\frac{θ}{2}\sqrt{(1-2ν)^{2}+3sin^{2}\frac{θ}{2}}$$

En déduire l’écriture du critère de Von Misès lorsque f = 0.

Représenter *rad* en fonction de *θ* à l’aide du document annexe sachant que :

$$r^{ad}=\frac{r}{R\_{0}} avec R\_{0}=\frac{K\_{I}^{2}}{2πk^{2}} $$

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_