

Série: Fatigue

Exercice 01

Lorsque l'on provoque, dans un matériau viscoélastique, une certaine déformation que l'on maintient constante par la suite, la contrainte qui existe dans ce matériau décroît au cours du temps. Cette décroissance s'exprime par la formule:

$$\sigma = \sigma_0 \exp \left(- \frac{t}{t_0} \right)$$

où σ_0 est la contrainte initiale, t , le temps et t_0 une constante appelée temps (ou constante) de relaxation.

Considérez le cas d'une bande de caoutchouc de 10 cm de long. Sous l'effet d'une contrainte initiale de 8,3 MPa, elle s'étire jusqu'à 14 cm. La déformation initiale est maintenue alors constante. Après 42 jours à 20°C et dans cette position étirée, la bande n'exerce plus qu'une contrainte de 4,13 MPa. Calculez:

- a) le temps de relaxation (en jours);
- b) la contrainte (en MPa) exercée par la bande si celle-ci demeurerait étirée 90 jours?

EXERCICE 02

Pour un axe devant subir en service des contraintes de flexion rotative, vous avez le choix entre deux alliages d'aluminium : le 2024-T6 et le 7075-T6. Les courbes de Wöhler de ces deux alliages sont données à la figure 7.26 du livre *Des Matériaux*. La durée de vie exigée pour l'axe est égale à 10^7 cycles.

- a) Quelle sera l'amplitude maximale de contrainte $\Delta\sigma$ tolérable sur l'axe selon l'alliage que vous choisirez ?
- b) Pour la durée de vie imposée à l'axe et pour une amplitude égale de la force de flexion imposée à l'axe, quelle devra être la valeur du rapport d_2/d_1 , où d_2 est le diamètre de l'axe s'il est fait d'alliage 7075-T6 et d_1 le diamètre de l'axe s'il est fait d'alliage 2024-T6 ?

EXERCICE 03

Vous disposez des résultats d'essais de résilience Charpy réalisés sur un acier, ainsi de la corrélation expérimentale qui existe entre la résilience Charpy (à 20 °C) et la ténacité K_{IC} pour ce type d'acier (voir figures ci-dessous). Vous disposez aussi de la courbe de Paris en fatigue – propagation de cet acier.

- a) Quelle est la température de transition ductile – fragile **TTDF** (en °C) de cet acier, selon que cette **TTDF** soit définie par un critère de 25 J ou par un critère de 50 % de ductilité ?
- b) Quelle est la valeur de la ténacité K_{IC} de cet acier à 20 °C ?

Cet acier est utilisé pour la fabrication d'une pièce qui, en service, est soumise à des efforts de fatigue en traction, d'amplitude constante et caractérisés par un rapport $R = 0$. La contrainte maximale exercée par ces efforts est égale à 200 MPa.

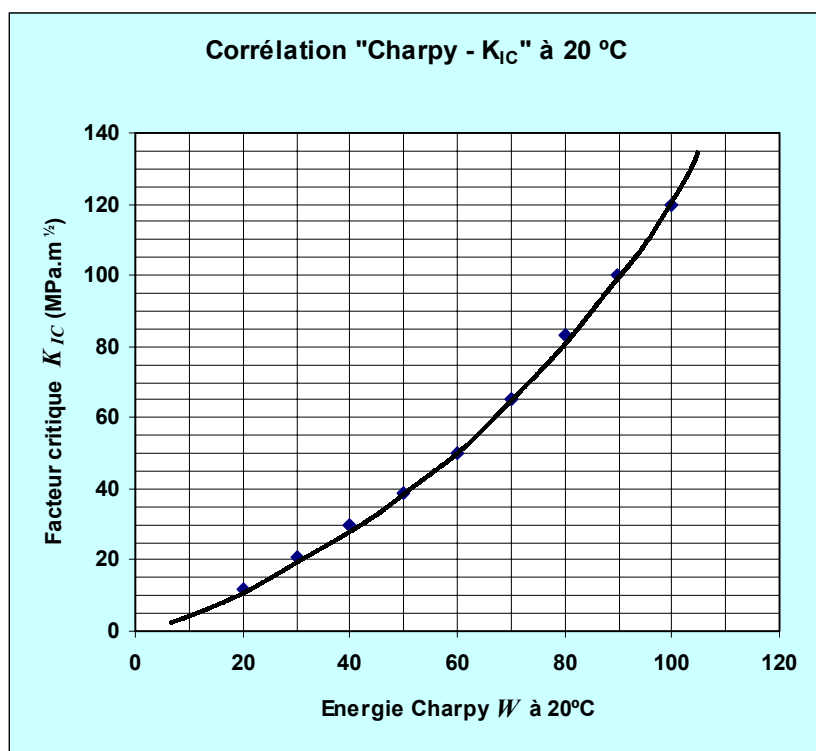
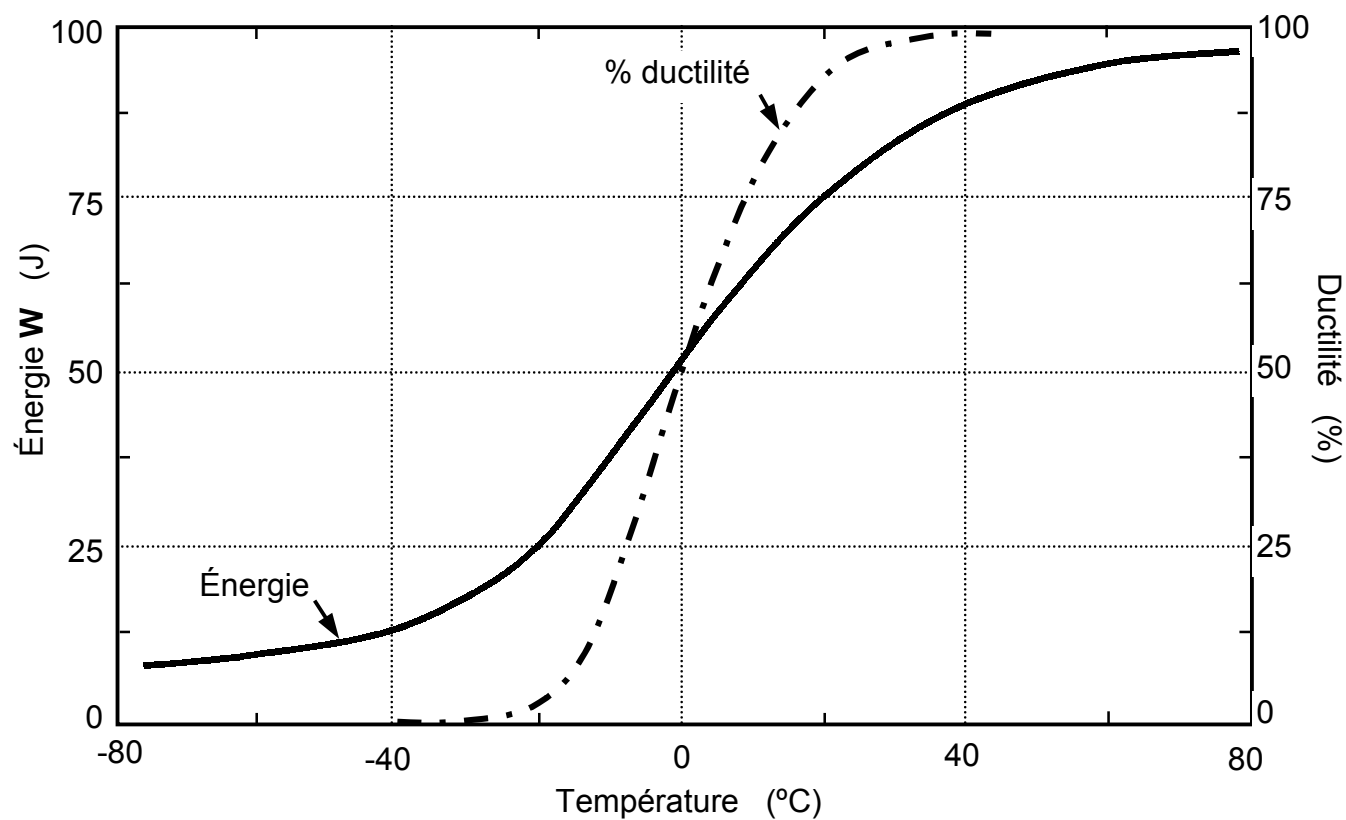
- c) Quelle est l'amplitude de contrainte σ_a (en MPa) caractérisant le chargement de fatigue ?

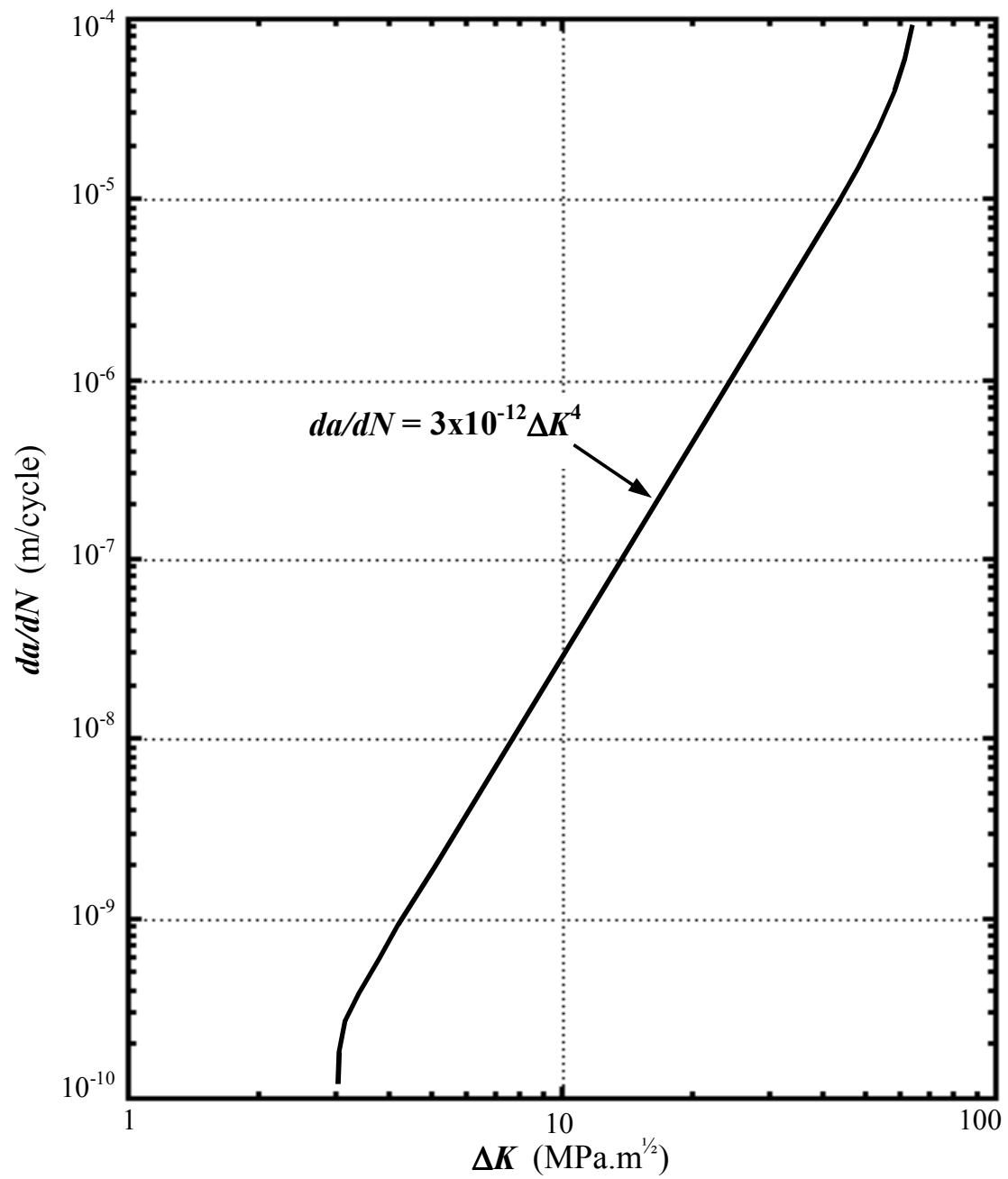
Au bout de 2 ans de service (730 jours), la pièce subit un contrôle non destructif par radiographie X et on y découvre une fissure de fatigue qui a atteint une longueur $a_0 = 2$ mm. Cette fissure est caractérisée par son paramètre géométrique $\alpha = 1,1$.

- d) Quelle est la vitesse de propagation (en m/cycle) de la fissure au moment de sa découverte ?
- e) Quelle est la longueur critique a_C (en mm) de la fissure de fatigue qui entraînerait la rupture brutale fragile de la pièce ?
- f) À quelle valeur (en MPa) devrait-on réduire la contrainte maximale du chargement en fatigue pour que cette fissure ne se propage plus ?

Malheureusement, les conditions d'emploi de la pièce sont telles que la contrainte maximale de 200 MPa ne peut pas être réduite. Par mesure de sécurité, vous décidez donc que la pièce doit être remplacée si la fissure de fatigue atteint une longueur tolérable maximale $a_F = 25$ mm.

- g) Calculez le nombre de cycles N de sollicitations en fatigue que la pièce pourra encore supporter jusqu'à ce que la fissure atteigne la longueur tolérable maximale $a_F = 25$ mm.
- h) Si la fréquence de la sollicitation en fatigue est égale à 2×10^{-3} Hz, quel est le nombre j de jours de service que pourra encore assurer la pièce avant qu'elle ne soit remplacée ?





Exercice 04

Fait de deux sections (de diamètre différent **D** et **d**) raccordées par un congé de rayon de courbure **r**, l'axe en acier est soumis en service à un chargement cyclique en traction, d'amplitude constante et de contrainte moyenne nulle ($\sigma_{\text{moy}} = 0$). La force maximale **F_{max}** appliquée à l'axe est égale à **1,45 MN**. La courbe de Wöhler de l'acier est donnée ci-dessous.

Les dimensions de l'axe sont les suivantes : **D** = 180 mm; **d** = 100 mm; **r** = 10 mm

- Quelle est la valeur du rapport **R** = $\sigma_{\text{min}} / \sigma_{\text{max}}$ caractérisant le chargement cyclique ?
- Si une fissure principale de fatigue apparaît dans le congé de raccordement de l'axe, quelle sera la durée de vie **N** de cet axe dans ces conditions de chargement ? Conseil : consultez l'abaque **K_{tCongé}**.

En observant la surface de rupture de l'axe rompu par fatigue, on constate que la fissure principale avait atteint une profondeur **a_c** = 11 mm à l'instant de la rupture finale. Le facteur géométrique **α** associé à cette fissure est égal à 1,27.

- Quelle est la ténacité **K_{IC}** de l'acier ?

