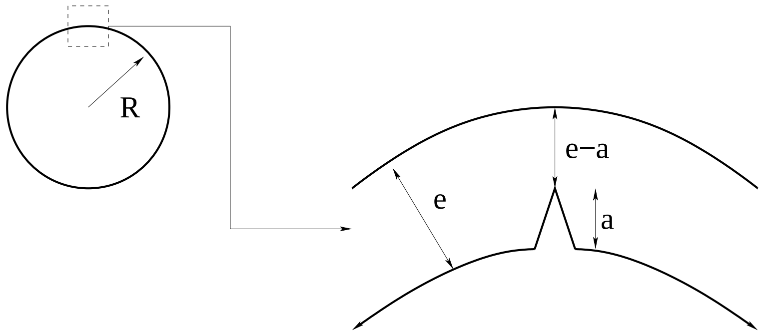
TD23
Rupture d'un pipeline

On considère un pipeline réalisé avec un tube cylindrique de rayon R et d'épaisseur e. Ce tube contient une fissure de longueur a. On cherche à établir les conditions de ruine de ce pipeline.



Question 1 Établir que la contrainte orthoradiale dans le tube loin de la fissure est égale à :

$$\sigma_\theta = p\frac{R}{e}$$

où p est la pression à l'intérieur du tube.

Question 2 On considère que le tube casse par ruine plastique (chargement limite). En écrivant l'équilibre du tube fissuré considéré localement comme une tôle plate et en négligeant l'effet de concentration des contraintes calculer la pression limite p_L. On considère également que le tube est parfaitement plastique avec une limite d'écoulement notée σ_y.

En pratique en tenant compte des concentration de contraintes, on trouve plutôt :

$$p_L = \sigma_y \frac{e}{R}\left(1 - \frac{a}{e}\right)^2$$

Question 3 Le facteur d'intensité des contraintes est donné par :

$$K_I = 0.6\sqrt{\pi a} g(a/e) p \frac{R}{e}$$

avec

$$g(a/e) = \frac{1 + 2a/e}{(1 - a/e)^{3/2}}$$

Soit K_{Ic} la ténacité du matériau. Calculer la pression d'éclatement pour une longueur de fissure donnée en supposant que la rupture se produit cette fois par propagation brutale d'une fissure et non par chargement limite.

Question 4 Le tube est pressurisé progressivement. Pour quelle longueur de fissure a_L se trouve-t-on à la limite entre un mode de rupture par chargement limite et un mode de rupture par propagation brutale de fissure (on posera simplement l'équation donnant a_L).

Question 5 Dans le plan K/K_{Ic}–p/p_L tracer la zone de non rupture et indiquer le mode de rupture à la frontière de cette zone (on suppose a_L connue). On quantifie le degré de sûreté par la distance séparant le point de fonctionnement et la frontière de rupture.

Question 6 On a réalisé des essais de fatigue sur l'acier ayant servi à fabriquer le pipeline Déterminer les coefficients C et α de la loi de Paris du matériau :

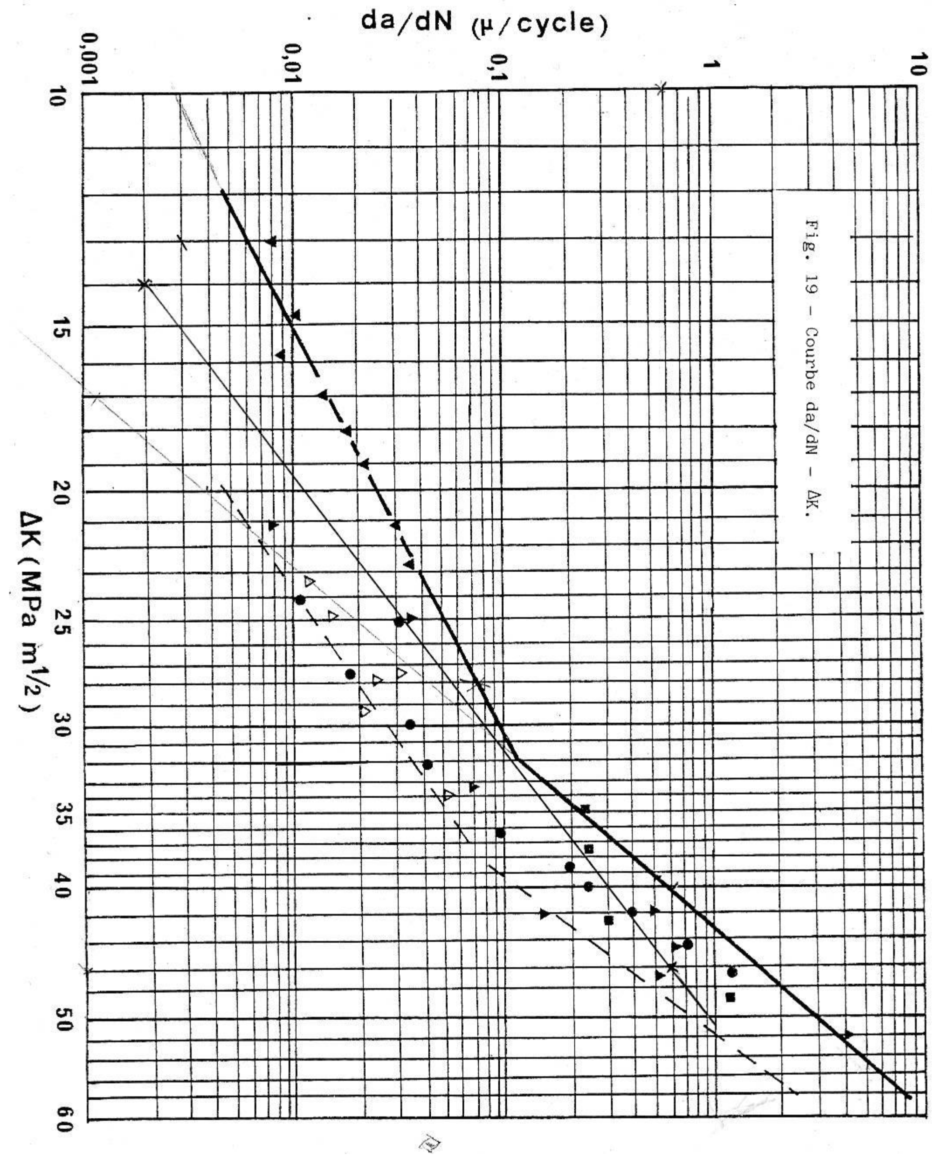


Fig. 19 – Courbe da/dN – ΔK.

$$\frac{da}{dN} = C(\Delta K)^{\alpha}$$

Question 7 Lors de son utilisation, le pipeline est soumis à des variations de pression entre 0 et $p_{\max}$. On suppose un défaut de taille a_0 tel que la structure ne

rompt pas en fonctionnement. Intégrer la loi de Paris et poser l'équation donnant le nombre de cycles à rupture.
On notera

$$G = \int \frac{1}{(\sqrt{\pi a} g(a/e))^{\alpha}} da$$