

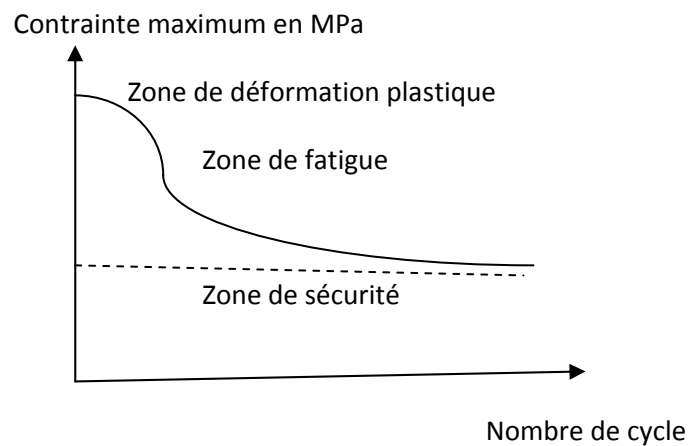
Fatigue et fluage

Ce chapitre fait suite à celui sur les déformations élastique et plastique et les ruptures en introduisant la variable « temps ». On rappelle en particulier la définition de la ténacité en $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$: $K_c = \sigma(\pi l)^{1/2} = (G E)^{1/2}$

1. La fatigue

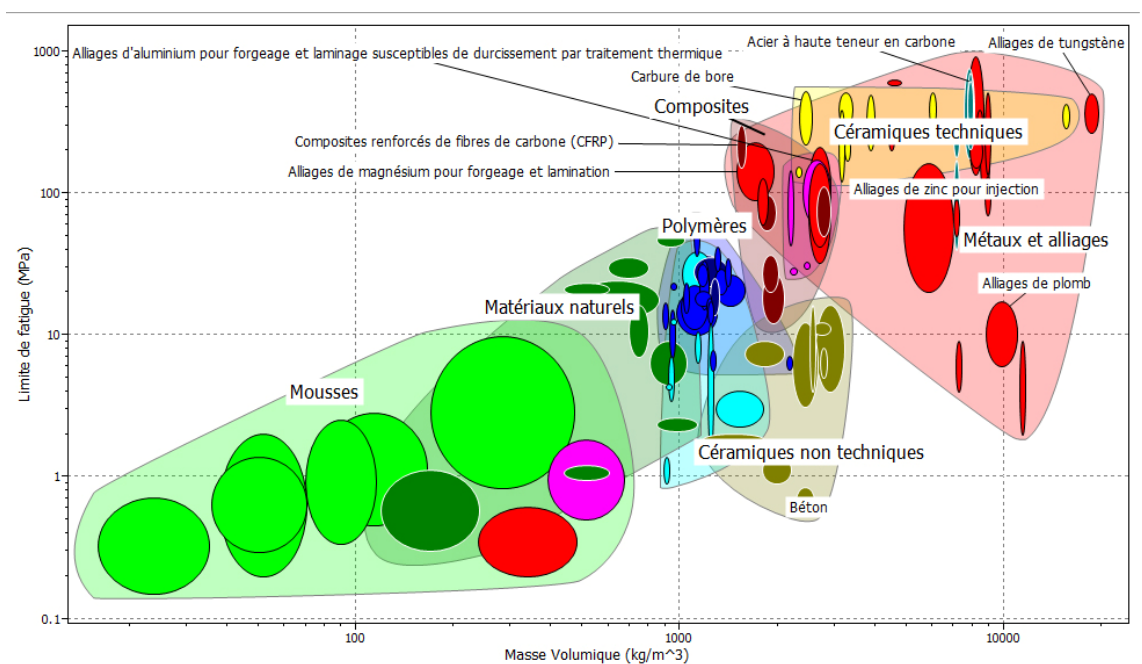
Une contrainte cyclique peut entraîner la rupture du matériau pour une contrainte inférieure à la contrainte de rupture et à la limite élastique.

On a de façon classique une courbe de Wohler, établie en 1870, représentant la limite de rupture en fonction du nombre de cycles. Son allure est :



La rupture par fatigue se caractérise par une zone d'amorçage sans déformation apparente. On la voit après rupture comme très lisse. Il y a glissement des plans cristallins. Ensuite, la fissure se crée et se propage brutalement. L'aspect est mat et fibreux.

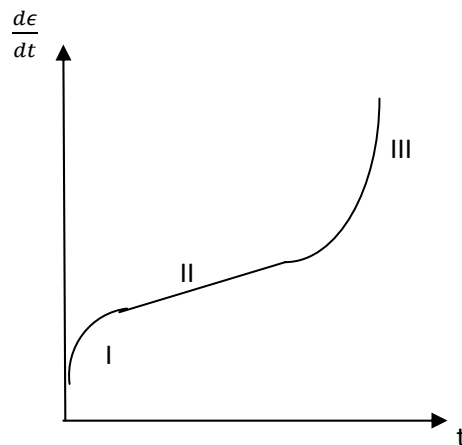
On trace ci-dessous le diagramme CES des matériaux représentant la limite de fatigue à 10^7 cycles en fonction de la masse volumique.



On remarque de façon assez logique que ce sont les métaux et les céramiques industrielles qui ont la limite de fatigue la plus élevée. Si on recherche des matériaux ayant une limite élastique élevée et une masse volumique plus petite, on choisira les composites et les alliages légers de magnésium ou d'aluminium.

2. Le fluage

Un matériau en usage est souvent sollicité par une contrainte de façon continue dans le temps. C'est le fluage qui dépend de la contrainte, du temps et de la température. Il se manifeste pour des températures supérieures à $0,5 T_f$. On représente ici la vitesse de déformation en fonction du temps :



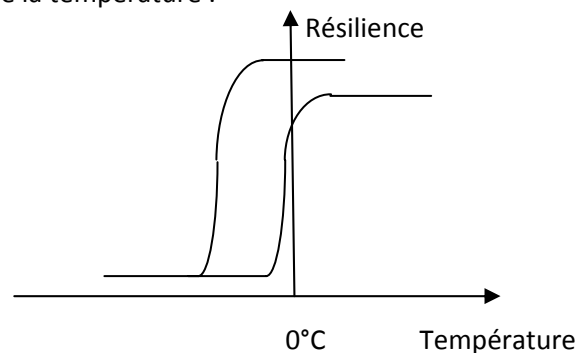
On distingue 3 zones : la zone I où la vitesse de déformation diminue et se stabilise, le matériau se consolide, la zone II où la vitesse de déformation est lente et constante puis la zone III de déformation rapide et allant à la cassure brutale.

La zone II correspond à une loi empirique $\frac{d\epsilon}{dt} = K\sigma^n$ ou en tenant compte de la température $\frac{d\epsilon}{dt} = K'\sigma^n e^{-\frac{E_f}{RT}}$ avec E_f l'énergie d'activation du fluage. On en déduit en fonction du temps $\epsilon = t K'\sigma^n e^{-\frac{E_f}{RT}}$

On consolidera le matériau par affinement du grain, solution solide, durcissement structural...

3. La température de transition ductile fragile

Pour les structures CC et HC, lorsque la température diminue, l'énergie de rupture chute de façon brutale. Ce phénomène ne se présente pas pour les structures CFC. On a des courbes que l'on peut tracer avec le Mouton de Charpy qui donnent la résilience en fonction de la température :



La ductilité est facilitée par le mouvement des dislocations. De plus, ce mouvement est thermiquement activé. Cela permet de comprendre qu'à basse température, le mouvement des dislocations devient si difficile que la rupture se fait brutalement. La différence entre les 2 zones est très nette, lisse et mat pour la rupture ductile, brillante et cristalline pour la rupture fragile.

On notera qu'un affinement des grains durcit les aciers et entraîne une baisse de la température de transition. Au contraire, l'augmentation du % de carbone dans l'acier entraîne la hausse de cette température. On recherche souvent d'avoir cette transition à des températures nettement inférieures à 0°C.