

(Suite de la partie 2)

Il y a donc 3 facteurs d'intensité de contraintes (trois modes de sollicitation d'une fissure).  $K_I$ ,  $K_{II}$  et  $K_{III}$ . Ces facteurs dépendent en réalité du positionnement de la fissure (notamment si elle débouche en surface ou non). Pour une fissure de longueur  $2a$  et une pièce infinie, le facteur d'intensité de contrainte vaut :

$$K_I = \alpha \sigma \sqrt{\pi a} \text{ en MPa } \sqrt{m}$$

Dans sa formulation générique, le facteur d'intensité des contraintes s'écrit

$$K = \sigma \sqrt{\pi a} f(a/W)$$

où  $\sigma$  est la contrainte appliquée, et où  $f(a/w)$  (parfois noté  $Y$  ou  $\alpha$ ) est fonction de la géométrie de l'éprouvette, et du ratio entre la longueur de fissure,  $a$ , et la largeur de l'échantillon  $w$ .

La détermination de  $K$  peut se faire analytiquement uniquement pour des géométries simples. Pour des cas plus complexes, il faut le faire numériquement ou expérimentalement :

- par les contraintes : par exemple  $K_I$  sera pris égale à la valeur obtenue (post-traitée) de

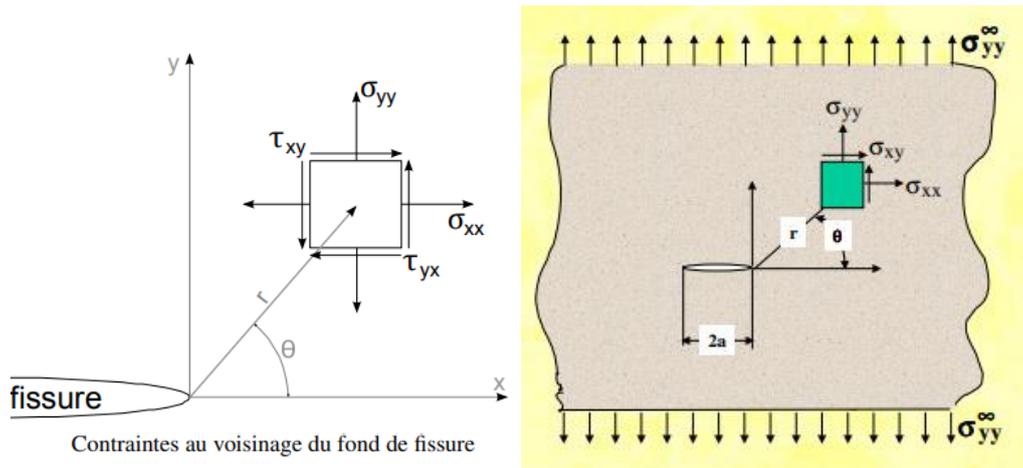
$$\sigma_{yy} \sqrt{2\pi r}$$

en fond de fissure. Cette méthode simple et directe est peu précise (car on utilise les contraintes).

- par les déplacements :  $K_I$  est obtenu par

$$v \sqrt{2\pi/r}$$

en fond de fissure (obtenu par extrapolation)  $v$  étant le coefficient de Poisson. Cette méthode relativement simple nécessite de raffiner le maillage autour de la fissure et sa précision n'est pas excellente (environ 5%).



## 2.5 Ténacité de la rupture (Kc)

Le résultat du calcul analytique montre qu'en coordonnées polaires  $(r, \theta)$  le premier terme du développement limité du champ des contraintes s'écrit en  $r^{-1/2}$  quelles que soient les conditions de chargement et la géométrie de l'éprouvette. Plus précisément, on peut toujours l'écrire sous la forme suivante :

$$\sigma_{ij} = \frac{K}{\sqrt{2\pi r}} f_{ij}(\theta)$$

La constante  $K$  est fonction du chargement et de la géométrie de l'éprouvette, et s'appelle facteur d'intensité des contraintes. C'est cette quantité qui est utilisée pour décrire le niveau du chargement au voisinage de la fissure et dimensionner la structure, plutôt que la « contrainte maximale ». Ainsi, au lieu de ne considérer que le point où se trouve le « maximum », l'ensemble de la singularité spatiale du champ des contraintes est pris en compte.

Les critères en contrainte stipulent alors que la fissuration devient instable lorsque le facteur d'intensité des contraintes excède une certaine valeur limite. Cette valeur limite est appelée **ténacité**, et est généralement considérée comme une propriété intrinsèque du matériau dans un état donné (température, traitements thermiques...). (Signalons qu'il existe une autre famille de critères de propagation, basés sur l'énergie potentielle libérée lors de l'avancement de la fissure).

Le facteur d'intensité des contraintes peut évoquer, par son rôle, les coefficients de concentration de contraintes utilisés pour dimensionner les structures comportant des accidents géométriques. Il est vrai que ces deux grandeurs décrivent la solution au voisinage du défaut et peuvent être trouvées dans des abaques ou des formulaires pour un grand nombre de problèmes type. Cependant, l'analogie s'arrête là : les coefficients de concentration de contraintes sont des nombres sans dimension donnant directement la valeur maximale de la contrainte, tandis que le facteur d'intensité des contraintes s'exprime en  $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$  (c'est-à-dire

le produit d'une contrainte par la racine carrée d'une longueur) et caractérise l'ensemble du champ des contraintes autour de la pointe de fissure...

Le premier critère de rupture, en mécanique que la rupture consiste à dire que la fissure s'est propagée car le facteur d'intensité de contrainte a atteint une valeur critique, appelée facteur d'intensité de contrainte critique en mode I, II ou III, ou plus couramment "ténacité" en mode I, II ou III, qu'on nomme alors  $K_{IC}$ ,  $K_{IIIC}$  et  $K_{IIIIC}$ . Cette valeur critique est une propriété du matériau, indépendante d'effet de structure, comme la longueur de fissure.

Le verre à vitre a une ténacité inférieure à  $1 \text{ MPa m}^{1/2}$  et la plupart des céramiques techniques dépassent rarement  $10 \text{ MPa m}^{1/2}$  là où certains métaux peuvent atteindre jusqu'à  $200 \text{ MPa m}^{1/2}$ , à température ambiante.

On appelle donc communément « ténacité » le facteur d'intensité des contraintes critique au-delà duquel la rupture se produit. Les valeurs de ténacité peuvent être déterminées expérimentalement à l'aide d'éprouvettes préfissurées.

## 2.6 Relation entre (G) et (K)

Le facteur d'intensité des contraintes décrit la distribution des contraintes et des déformations près d'une fissure. Il est intuitif de penser que le taux de libération d'énergie, G, sera une grandeur très sensible à la singularité des contraintes.

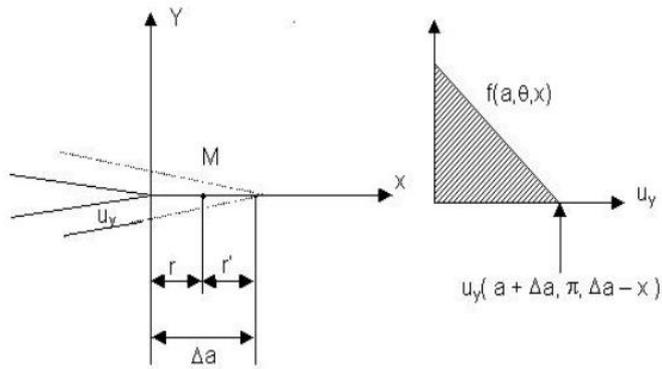
On se place en mode I dans un cas plan . On suppose qu'une fissure de longueur,  $a$ , progresse jusqu'à  $a + \Delta a$ . Nous devons déterminer au cours de cette avancée l'énergie élastique libérée. Elle est égale, en valeur absolue, au travail  $\Delta W$  nécessaire pour refermer la fissure sur l'étendue,  $\Delta a$ . Lorsque la fissure a une longueur  $a + \Delta a$ , le déplacement des points situés sur les lèvres entre  $a$  et  $a + \Delta a$  est celui donné par les formules du déplacement en mode I pour une fissure de longueur  $a + \Delta a$ , un angle  $\theta = \pi$ , une distance  $r' = \Delta a - x$ .

Lorsque la fissure s'est refermée de  $\Delta a$ , sa longueur est  $a$ . Les forces de cohésion à une distance  $x$  en avant sont données par :

$$df = t\sigma_{yy}dx$$

où :  $t$  est l'épaisseur de la plaque,

$\sigma_{yy}$  est calculée par les formules du déplacement en mode I pour une longueur de fissure  $a$ , un angle  $\theta = 0$  ; et une distance  $x$ . Au cours de la refermeture, les déplacements en tout point  $M$  passeront de  $u_y(a + \Delta a, \pi, \Delta a - x)$  à 0 tandis que les forces par unité d'épaisseur vont croître de 0 à  $\sigma_{yy}(a, 0, x)dy$ .



Le travail total pour les deux lèvres sera égal à

$$\Delta W = t \int_0^{\Delta a} \sigma_{yy} u_y dx = Gt\Delta a$$

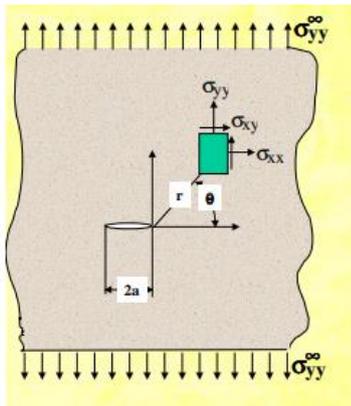
Après calcul il en résulte :

- En contrainte plane

$$K_I = \sqrt{EG}$$

- En déformation plane

$$K_I = \sqrt{\frac{EG}{1-\nu^2}}$$



$$G = 2\gamma$$

$$K_{Ic} = \underbrace{\sqrt{2E\gamma}}_{\text{ténacité } K_{Ic}}$$

$$\underbrace{\sigma^\infty \sqrt{\pi a}}_{K_I} \leq \underbrace{\sqrt{2E\gamma}}_{K_{Ic}}$$

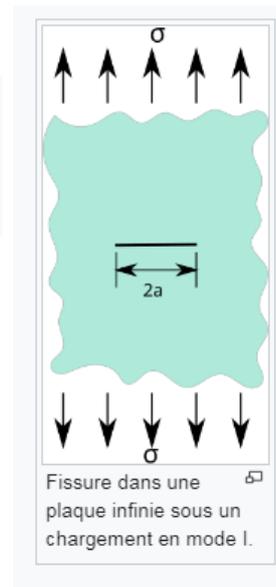
*chargement géométrie*
*matériau*

## Exemples

### Plaque infinie : contrainte uniaxiale uniforme.

Le facteur d'intensité des contraintes pour une fissure rectiligne de longueur  $2a$  perpendiculaire à la direction de chargement, insérée dans un plan infini, ayant un champ de contrainte uniforme  $\sigma$  est

$$K_I = \sigma\sqrt{\pi a}$$



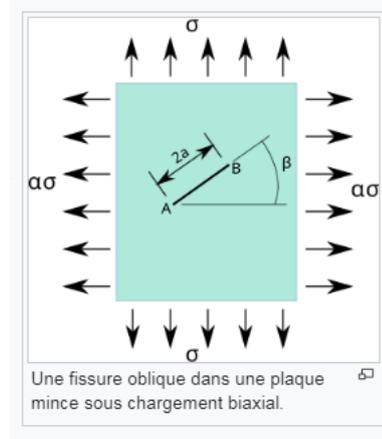
### Plaque infinie : fissure oblique dans un champ de contraintes biaxial

Pour une fissure oblique de longueur  $2a$  dans un champ de contrainte biaxial, avec une contrainte  $\sigma$  dans la direction  $y$  et  $\alpha\sigma$  dans la direction  $x$ , les facteurs d'intensité des contraintes sont :

$$K_I = \sigma\sqrt{\pi a} (\cos^2 \beta + \alpha \sin^2 \beta)$$

$$K_{II} = \sigma\sqrt{\pi a} (1 - \alpha) \sin \beta \cos \beta$$

où  $\beta$  est l'angle que fait la fissure avec la direction  $x$ .



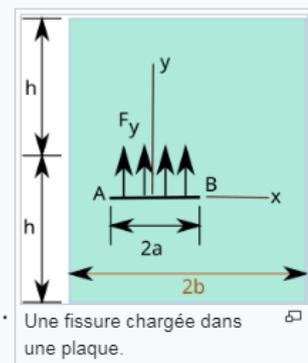
### Plaque infinie : force appliquée sur la fissure

Si la fissure est chargée par une force ponctuelle  $F_y$  située à  $y = 0$  et  $-a < x < a$ , les facteurs d'intensité des contraintes au point **B** sont :

$$K_I = \frac{F_y}{2\sqrt{\pi a}} \sqrt{\frac{a+x}{a-x}}, \quad K_{II} = -\frac{F_x}{2\sqrt{\pi a}} \left( \frac{\kappa-1}{\kappa+1} \right).$$

Si la force est répartie uniformément entre  $-a < x < a$ , alors le facteur d'intensité des contraintes à la pointe **B** est

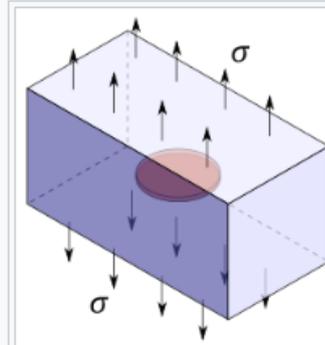
$$K_I = \frac{1}{2\sqrt{\pi a}} \int_{-a}^a F_y(x) \sqrt{\frac{a+x}{a-x}} dx, \quad K_{II} = -\frac{1}{2\sqrt{\pi a}} \left( \frac{\kappa-1}{\kappa+1} \right) \int_{-a}^a F_y(x) dx.$$



## Volume infini : fissure circulaire

Le facteur d'intensité des contraintes en pointe d'une fissure circulaire de rayon  $a$  dans un volume infini sous chargement uniaxial  $\sigma$  est<sup>1</sup> :

$$K_I = \frac{2}{\pi} \sigma \sqrt{\pi a}.$$



Fissure circulaire dans un volume infini sous chargement uniaxial. □

## 2.7 Plasticité au front de la fissure

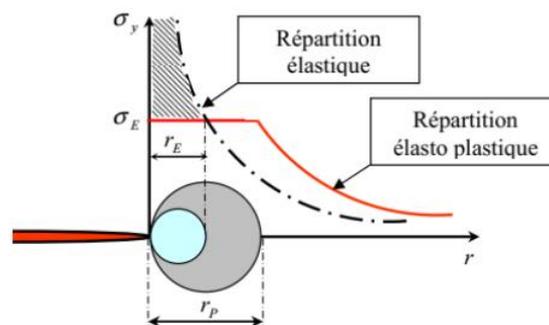
La mécanique linéaire de la rupture (MLR) **prédit** des contraintes infinies à l'extrémité d'une fissure **aiguë**, ce qui est une simplification théorique, car dans les matériaux réels, nous savons que les contraintes à l'extrémité d'une fissure restent finies. Cela est dû au fait que, **dans les matériaux réels, le rayon à fond de fissure n'est pas nul, contrairement à ce que la MLR suppose**. Au fur et à mesure que la taille de la zone plastifiée qui se forme à l'extrémité de la fissure devient importante, les prédictions de la MLR deviennent de plus en plus imprécises. **Cependant, il est possible de remédier à cette limitation en apportant des corrections simples à la MLR**, du moins lorsque la taille de la zone plastifiée reste raisonnable. Lorsque la **plastification devient significative**, le facteur d'intensité des contraintes (FIC) **K n'est plus adapté** pour décrire de manière précise les champs de contraintes et de déplacements à l'extrémité de la fissure. Dans de tels cas, **d'autres paramètres** doivent être introduits **pour tenir compte de la plasticité du matériau**. C'est pourquoi il est essentiel de déterminer la taille de la zone plastique à l'extrémité de la fissure.

Pour cela, **deux approches** couramment utilisées sont celles d'Irwin et celle de Dugdale Barenblatt. Ces approches conduisent à **des corrections simples du FIC** pour prendre en compte la zone plastique. Le terme "zone plastique" est généralement utilisé pour les métaux, mais il peut également être utilisé de manière plus générale pour caractériser une zone de déformations inélastiques, qu'il s'agisse de métaux, de polymères, ou d'autres matériaux. En somme, ces approches permettent d'améliorer la précision des prédictions concernant le comportement des fissures dans des matériaux réels.

**Approche d'Irwin** : Dans le contexte de l'approche d'Irwin, dans le plan de la fissure et en aval de son extrémité, la contrainte normale  $\sigma_y$  est exprimée, notamment dans le cas d'une sollicitation en mode I (avec  $\theta=0$ ), par la relation suivante :

$$\sigma_y = \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}}$$

Dans l'approche d'Irwin, en première approximation, on considère que la limite entre les zones élastique et plastique du matériau se situe à l'endroit où les contraintes atteignent la limite d'élasticité du matériau.



Répartition des contraintes élastiques et élasto plastiques dans le plan de la fissure et en aval de son extrémité

Pour prendre en compte les forces dans la zone hachurée de la figure ci-dessus, il est nécessaire d'assurer l'équilibre entre les deux répartitions de contraintes (élastique et élastoplastique).

Étant donné que la taille  $r_p$  de la zone plastique doit être supérieure au rayon  $r_E$  pour maintenir l'équilibre des forces entre les deux configurations, cela conduit à l'équation suivante (compte tenu de l'expression de  $\sigma_y$ ):

$$r_p = \frac{1}{2\pi} \left( \frac{K_I}{\sigma_E} \right)^2 = 2r_E$$

La distribution des contraintes dans la répartition élastoplastique pour  $r > r_p$  est obtenue en effectuant une translation d'une distance  $r_E$  par rapport à la répartition élastique,

Irwin définit un facteur d'intensité des contraintes (FIC) effectif en augmentant la longueur de la fissure de  $r_E$ . Cela revient à considérer non pas la longueur réelle  $a$  de la fissure, mais une longueur effective  $a_{\text{eff}} = a + r_E$

Ainsi, dans le cas d'une fissure traversant une plaque infinie sous sollicitation en mode I, le FIC sans correction :

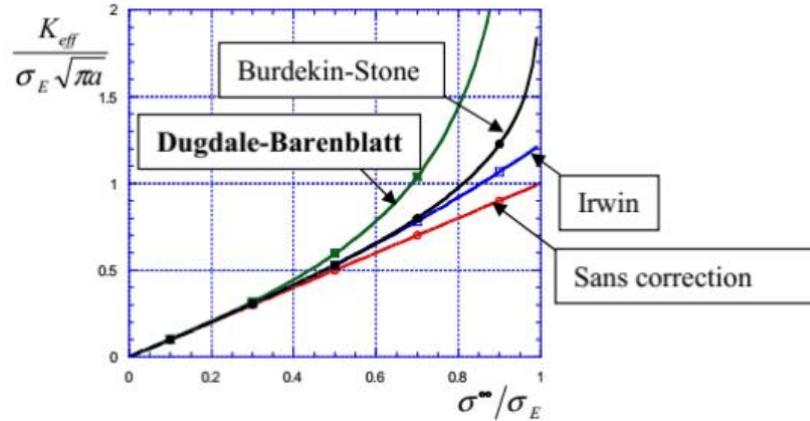
$$K_I = \sigma \sqrt{\pi a}$$

devient après correction :

$$K_{\text{eff}} = \sigma \sqrt{\pi (a + r_E)} = \sigma \sqrt{\pi a} \left[ 1 + \frac{1}{2} \left( \frac{\sigma}{\sigma_E} \right) \right]^{1/2}$$

### Comparaison des corrections de zone plastique

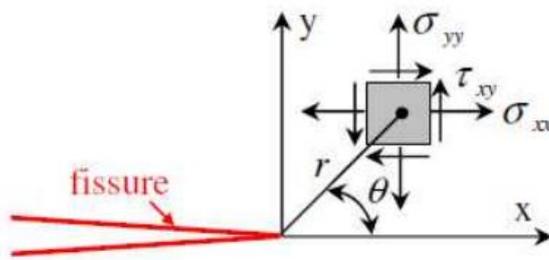
La figure ci-dessous illustre la comparaison entre les différentes corrections de la zone plastique que nous avons examinées précédemment et l'analyse de la mécanique linéaire de la rupture (MLR) sans correction, dans le contexte d'un état de contraintes planes.



Sur la figure, nous observons que le facteur d'intensité des contraintes effectif ( $K_{eff}$ ) normalisé par  $\sigma_E \sqrt{\pi a}$  est représenté en fonction de la contrainte appliquée normalisée ( $\sigma_\infty / \sigma_E$ ). Lorsque la contrainte appliquée  $\sigma_\infty$  est inférieure à  $0,5 \sigma_E$ , les corrections apportées par les différentes méthodes restent relativement proches et similaires. Cependant, dès que la contrainte appliquée  $\sigma_\infty$  dépasse  $0,5 \sigma_E$ , les corrections deviennent significatives. Dans ce cas, la correction de Dugdale-Barenblatt devient excessive, tandis que les corrections d'Irwin et de Burdekin & Stone sont équivalentes jusqu'à  $\sigma_\infty = 0,7 \sigma_E$ .

## 2.8 Contrainte pour différents modes de fracture

Les expressions des contraintes au voisinage de l'extrémité d'une fissure se diffèrent selon le mode de sollicitation :



### Mode I

$$\begin{cases} \sigma_x = \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}} \cos \frac{\theta}{2} \left( 1 - \sin \frac{\theta}{2} \sin \frac{3\theta}{2} \right) \\ \sigma_y = \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}} \cos \frac{\theta}{2} \left( 1 + \sin \frac{\theta}{2} \sin \frac{3\theta}{2} \right) \\ \sigma_{xy} = \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}} \cos \frac{\theta}{2} \sin \frac{\theta}{2} \cos \frac{3\theta}{2} \end{cases}$$

### Mode II

$$\begin{cases} \sigma_x = -\frac{K_{II}}{\sqrt{2\pi r}} \sin \frac{\theta}{2} \left( 2 + \cos \frac{\theta}{2} \cos \frac{3\theta}{2} \right) \\ \sigma_y = \frac{K_{II}}{\sqrt{2\pi r}} \sin \frac{\theta}{2} \cos \frac{\theta}{2} \cos \frac{3\theta}{2} \\ \sigma_{xy} = \frac{K_{II}}{\sqrt{2\pi r}} \cos \frac{\theta}{2} \left( 1 - \sin \frac{\theta}{2} \sin \frac{3\theta}{2} \right) \end{cases}$$

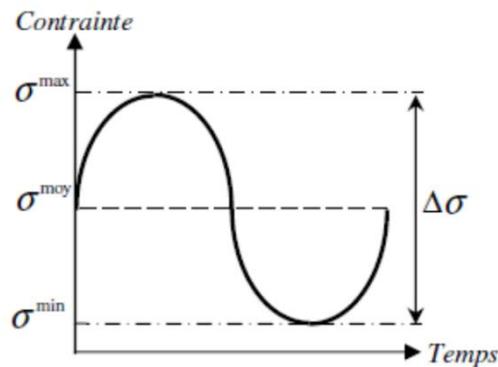
### Mode III

$$\begin{cases} \sigma_{13} = -\frac{K_{III}}{\sqrt{2\pi r}} \sin \frac{\theta}{2} \\ \sigma_{23} = \frac{K_{III}}{\sqrt{2\pi r}} \cos \frac{\theta}{2} \\ u_3 = \frac{K_{III}}{\mu} \sqrt{\frac{2r}{\pi}} \sin \frac{\theta}{2} \end{cases}$$

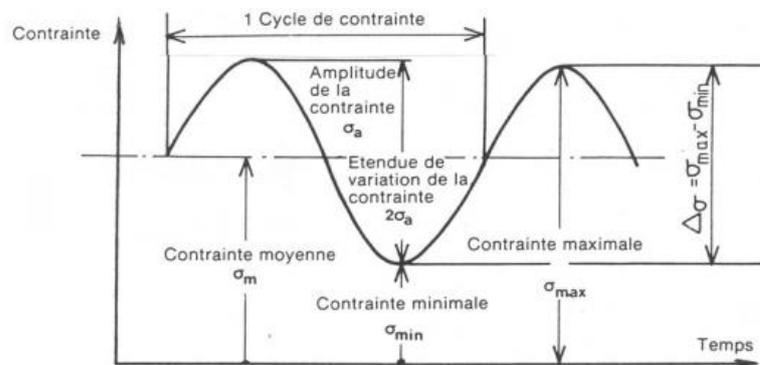
## Chapitre 3 : Les courbes et les lois de la fatigue

La fatigue est la modification des propriétés des matériaux consécutive à l'application de sollicitations cycliques. Elle produit en général des défaillances des structures qui conduisent à la fissuration et à la ruine des matériaux. Les composants mécaniques tels que les vilebrequins, les bielles, les pignons pour l'industrie automobile, les rails et essieux pour l'industrie ferroviaire ou encore les trains d'atterrissage, les aubes de turbines et de compresseurs pour l'industrie aéronautique, se détériorent souvent par fatigue. L'endommagement par fatigue, associé à plus de 50% des cas de défaillances des systèmes mécaniques, se manifeste en général par l'amorçage et la propagation de fissures.

Dans la pratique des procédures de caractérisation du phénomène de fatigue, la période de l'amorçage (apparition de fissure) est traitée à l'aide d'essais sur des éprouvettes lisses (parfois entaillées) et l'on détermine alors une durée de vie en fonction d'une amplitude de contrainte ou de déformation. La phase de propagation est quant à elle essentiellement étudiée à partir d'essais de fatigue sur des éprouvettes entaillées, la vitesse de fissuration est ensuite décrite en fonction de l'amplitude du facteur d'intensité des contraintes  $DK$ . C'est une des applications majeures du concept de FIC.



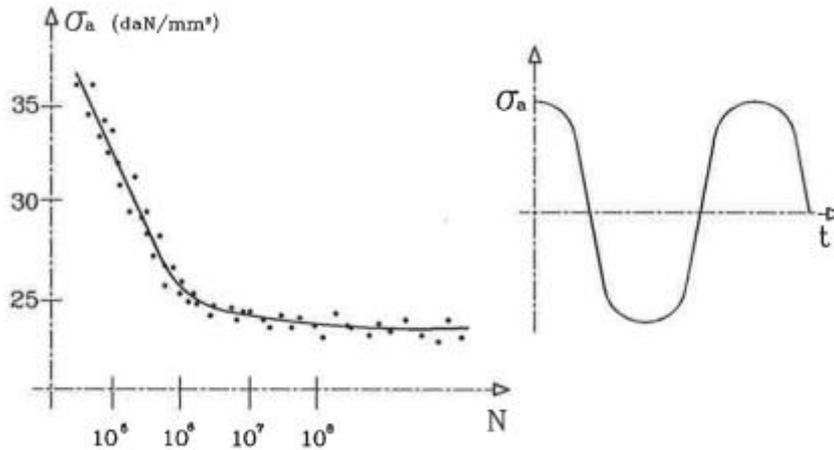
Cycle de contrainte



Définitions d'un cycle de contrainte en fatigue

### 3.1 Courbe de S-N (Wöhler)

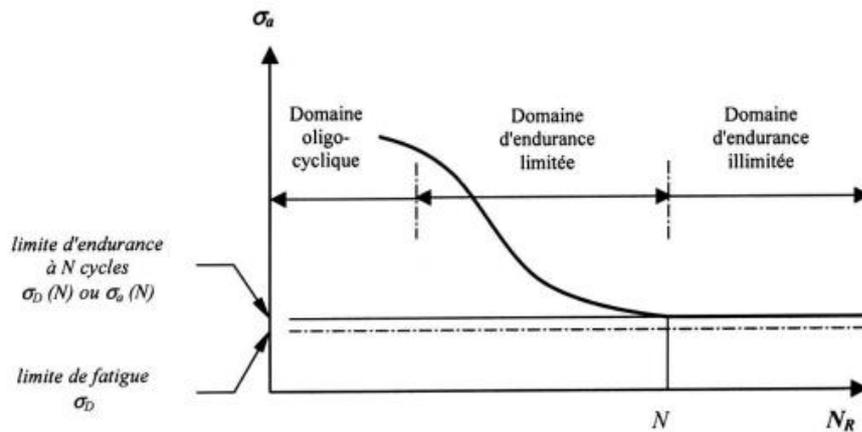
On appelle courbe de *Wahler*, ou courbe S-N, la courbe qui donne la durée de vie d'une pièce (nombre de cycles nécessaires pour atteindre un certain état limite) en fonction de l'amplitude  $\Delta\sigma$  du chargement auquel elle est soumise.



S indique la contrainte (Stress) et N le nombre cycle

Les courbes de *Wahler* sont établies expérimentalement. Elles dépendent de nombreux facteurs, tels que l'état limite considéré, les paramètres de chargement (fréquence,  $\sigma_{MAX}$ ,  $\sigma_{min}$ ,...), l'environnement (température, pression, agents corrosifs,...), la nature du matériau. Compte tenu de tous ces facteurs, parmi lesquels certains ont une influence encore mal connue, les résultats expérimentaux sont assez dispersés, de sorte que les courbes de *Wahler* sont en général obtenues par ajustement statistique. Bien souvent d'ailleurs, la dispersion des résultats n'est pas indiquée par les expérimentateurs qui ne donnent que les courbes S-N mais ne fournissent pas l'écart type.

Pour la tracer, on réalise généralement des essais simples qui consistent à soumettre chaque éprouvette à des cycles d'efforts périodiques, d'amplitude de chargement constante fluctuant autour d'une valeur moyenne fixée, et à noter le nombre de cycles au bout duquel l'amorçage d'une fissure est observé, appelé ici nombre de cycles à rupture. Pour plus de commodité, ce nombre est reporté en abscisse sur une échelle logarithmique, et l'amplitude de contrainte est reportée en ordonnée sur une échelle linéaire. A partir d'un certain nombre d'essais à contrainte généralement décroissante, on peut établir la courbe de Wöhler



Courbe de Wöhler et les différents domaines de fatigue

### 3.3 Loi de Miner (endommagement cumulatifs)

Lorsqu'une pièce est soumise à un chargement d'amplitude constante, la courbe de *Wahler* fournit directement sa durée de vie en fonction de l'amplitude de la sollicitation.

Supposons maintenant que l'amplitude du chargement ne soit plus constante mais varie en fonction du temps.

La façon classique d'aborder ce problème consiste à utiliser des lois de cumul d'endommagement. Plusieurs lois plus ou moins compliquées ont été proposées, mais aucune ne semble en mesure de détroner la loi de cumul linéaire de *Miner*.

Cette loi suppose que l'endommagement total d'une structure est la somme des endommagements subis au passage de chacun des niveaux d'amplitude de chargement. L'endommagement provoqué par un certain niveau d'amplitude est pris comme le quotient du nombre de cycles de chargement  $n_i$  à ce niveau par le nombre de cycles à la rupture  $N_i$  à ce même niveau, lequel est fourni par la courbe de *Wahler*. On suppose ensuite que les endommagements se cumulent sans qu'il y ait influence d'un niveau sur l'autre.

L'endommagement total est donc donné par la relation :

$$D = \sum_i \frac{n_i}{N_i}$$

La rupture est atteinte lorsque le cumul d'endommagement atteint la valeur 1 :

$$D = 1$$

Le principal reproche que l'on puisse faire à la loi de *Miner* est d'ignorer l'ordre dans lequel se succèdent les niveaux de chargement. Or l'expérience montre que la vitesse de fissuration ne dépend pas seulement

de l'amplitude du chargement à l'instant considéré mais encore des amplitudes au cours des cycles précédents. Il y a donc un effet d'un niveau de sollicitation sur les niveaux ultérieurs.

Si le matériau reçoit :  $n_1$  cycle à la contrainte  $S_1$ , la durée de vie est  $N_1$ . Si  $n_2$  cycle à la contrainte  $S_2$ , la durée de vie est  $N_2$ . Ect....

Alors l'endommagement total est  $D = \sum_i n_i/N_i$ . La rupture survient lorsque :

$D = 1$  c'est la condition de rupture. La relation de Miner permet de déterminer l'endommagement total en fatigue pour les chargements à amplitude variable. C'est une méthode standard.

La loi de Miner suppose :

1. Pas d'effet d'ordre des charges
2. Endommagement linéaire
3. Pas de plasticité importante

En pratique, la rupture survient souvent pour  $D \sim 0.7$

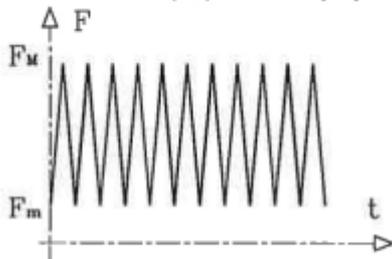
### 3.4 Loi de Paris

On rappelle que, pour les problèmes de fatigue, *Paris* propose de relier la vitesse de croissance de la fissure  $\delta a/\delta N$  aux paramètres caractérisant le matériau et son chargement :

$$\frac{\delta a}{\delta N} = C \left( \Delta K_I \right)^m$$

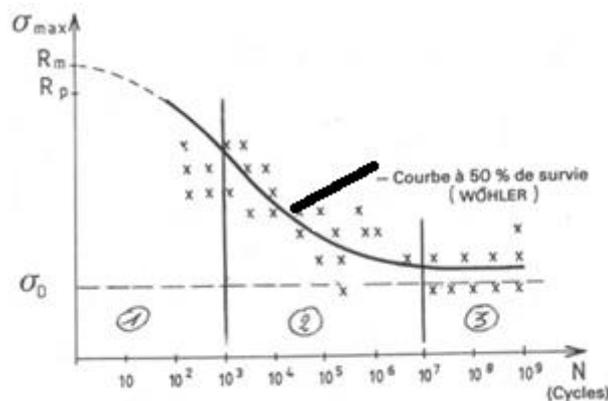
avec :

$$\Delta K_I = \left( K_I \right)_{\text{MAX}} - \left( K_I \right)_{\text{MIN}} = K_I(a, F_M) - K_I(a, F_m)$$



où N est le nombre de cycles et  $\Delta K$  la variation du facteur d'intensité de contrainte sur un cycle

### 3.5 Fatigue de faible cycle



Courbe de S-N (Wöhler)

1) Domaine de la fatigue oligocyclique où les ruptures surviennent après un petit nombre de cycles.

Domaine de fatigue plastique oligocyclique, pour faible nombre de cycles. Il correspond à des contraintes élevées pour lesquelles se produit une déformation plastique macroscopique du matériau. On peut situer ce domaine depuis la contrainte correspondant à la limite d'adaptation macroscopique jusqu'à celle correspondant à la charge de rupture statique  $R_m$  du métal considéré, sollicité dans

les mêmes conditions. Dans cette zone, la rupture survient après un certain nombre de cycles et est précédée d'une déformation plastique notable. Par suite de l'amplitude de la contrainte maximale, chaque cycle d'effort entraîne une déformation plastique d'ensemble accompagnée le plus souvent soit d'un durcissement notable, soit d'un adoucissement du métal.

2I Domaine de l'endurance limitée où les ruptures surviennent après un nombre de cycles croissant avec la décroissance de la contrainte.

Domaine de fatigue ou d'endurance limitée, où la rupture survient après un nombre limité de cycles ( $10^5$  à  $10^7$ ) sans être accompagnée d'une déformation plastique d'ensemble, mesurable. La réponse de l'éprouvette peut être purement élastique (comportement élastique dès les premiers cycles) ou bien adapté (comportement devenu élastique après stabilisation cyclique).

3I Domaine de l'endurance illimité où les ruptures ne se produisent pas avant un nombre de cycles supérieur à la durée de vie envisagée de la pièce.

Domaine d'endurance illimitée ou **zone de sécurité**, qui correspond aux contraintes les plus petites, inférieures à une contrainte seuil, dite **limite de fatigue**. En deçà de cette valeur limite **de  $\sigma$ , notée  $\sigma_D$** , il n'y a jamais de rupture par fatigue quel que soit le nombre de cycles appliqué. Cette limite peut ne pas exister ou être mal définie pour certains matériaux (aciers à haute résistance, métaux non ferreux). Dans ce cas, on introduit la notion de **limite de fatigue conventionnelle** ou limite d'endurance. Il s'agit, pour une contrainte **moyenne  $\sigma_m$  donnée**, de l'amplitude de contrainte pour laquelle il est constaté 50% de rupture après un nombre fini N (appelé censure) de cycles. On **la note  $\sigma_D(N)$**  et selon le matériau la censure N varie entre  $10^6$  à  $10^8$  cycles. Pour les aciers N est habituellement pris à  $10^7$ .