

## LA FATIGUE DES MATERIAUX

### I - DESCRIPTION GLOBALE DES PHENOMENES DE FATIGUE

#### 1 - INTRODUCTION

##### 1.1 - Définition

Depuis très longtemps on a observé que des pièces ou des matériaux peuvent se rompre si on leur applique de façon répétée un grand nombre de sollicitations, dont l'amplitude est inférieure à la résistance à la rupture instantanée. C'est ce phénomène que l'on désigne sous le nom de fatigue.

Ces phénomènes de fatigue sont d'une très grande importance dans les diverses constructions. Il y a en effet de nombreux cas où les matériaux doivent résister à des sollicitations répétées un très grand nombre de fois : par exemple la sollicitation par flexion d'une pièce tournante (essieu, etc...) ; la sollicitation des matériaux routiers dans une chaussée due au passage répété des véhicules lourds ; les sollicitations provenant des phénomènes de vibration (structures d'avion ; ouvrages d'art dont la vibration est entretenue par le passage des véhicules lourds) ... Il est donc absolument nécessaire, dans le calcul de ces divers éléments, de tenir compte de ce que les matériaux ne résistent pas aussi bien aux efforts répétés qu'à une sollicitation unique.

Les premières études consacrées à ce phénomène sont déjà fort anciennes ; les premières études de rupture sous l'effet de sollicitations répétées datent de près de 150 ans, et les premières études fondamentales en laboratoire, effectuées sur les premières machines de fatigue, ont été effectuées par WOHLER en 1852.

Depuis, de très nombreuses études ont été faites ; c'est sur les métaux que l'on dispose sans doute de la masse de connaissances la plus importante ; mais des études nombreuses ont également été consacrées aux bétons, aux matières plastiques, aux bétons bitumineux.

①

## 1.2 - Terminologie

On appelle endommagement une diminution progressive de la résistance. La fatigue est donc un endommagement engendré par la répétition des sollicitations. C'est un cas particulier de rupture différée. On appelle en effet rupture différée une rupture se produisant dans une pièce ou un matériau un certain temps après le début d'une sollicitation dont l'amplitude reste constamment inférieure à celle entraînant la rupture instantanée. Il existe un autre cas de rupture différée, c'est l'endommagement statique, qui est une rupture différée sous contrainte constante.

Lorsque la rupture par fatigue se produit après un petit nombre de cycles (par exemple inférieur à 10.000), on l'appelle fatigue oligocyclique.

Avant de rechercher quel pouvait être le mécanisme de la fatigue et l'explication de ces ruptures de type particulier, on s'est d'abord contenté d'en décrire les manifestations générales. C'est ce que nous ferons dans ce chapitre.

## 2 - L'EXPERIENCE DE BASE : L'ESSAI DE FATIGUE

### 2.1 - Courbe de WOHLER

L'expérience de base, permettant de mettre en évidence le comportement à la fatigue d'un matériau, consiste à soumettre une éprouvette du matériau à des sollicitations répétées, toutes identiques (périodiques), et à déterminer le nombre de répétitions de ces sollicitations entraînant la rupture.

Puis en répétant cet essai sur des éprouvettes identiques du matériau, on cherche à établir une relation entre l'amplitude de la sollicitation appliquée et le nombre de sollicitations entraînant la rupture.

La courbe représentative du nombre de répétitions de charges jusqu'à la rupture, en fonction de l'amplitude de la contrainte (ou déformation) appliquée, est appelée courbe de WOHLER (fig. 2.1.1).

On appelle Résistance à la fatigue pour N cycles la valeur de la sollicitation pour laquelle l'éprouvette supporterait N cycles avant de se rompre. La courbe de WOHLER est donc aussi le graphique représentant la résistance à la fatigue pour N cycles, en fonction de N. Le nombre de cycles de chargement entraînant la rupture N est souvent appelé durée de vie, bien qu'en toute rigueur cette expression devrait être réservée à l'intervalle de temps séparant le début de la sollicitation de la rupture différée.

Plusieurs formes de relation sont employées pour représenter de façon mathématique cette relation entre amplitude de la sollicitation appliquée  $S$  et durée de vie  $N$ .

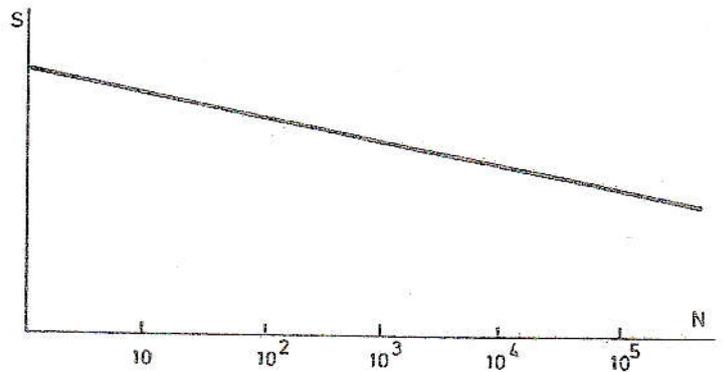


Fig. 2.1.1 - Courbe de WOHLER d'un béton de ciment.

On rencontre le plus souvent les formes suivantes :

- .  $S = AN^{-\gamma}$  (la courbe de WOHLER est une droite en échelle logarithmique de la sollicitation et de la durée de vie)
- .  $S = a - b \log N$  (la courbe de WOHLER est une droite en échelle arithmétique de la sollicitation et logarithmique de la durée de vie).

C'est donc presque toujours par son logarithme qu'intervient la durée de vie.

## 2.2 - La limite d'endurance (ou limite de fatigue)

Pour certains matériaux (par exemple certains aciers) on peut mettre en évidence une certaine valeur de l'amplitude de la sollicitation appliquée telle qu'en dessous de cette valeur on peut l'appliquer un nombre infini de fois sans qu'il y ait rupture ; cette sollicitation est appelée limite d'endurance ou limite de fatigue (fig. 2.2.1).

La limite d'endurance est donc la résistance à la fatigue pour un nombre illimité de cycles (en pratique  $10^7$  à  $10^8$  cycles). En dessous de ce seuil de sollicitation, il n'y a donc pas d'endommagement par répétition.

Cette notion a évidemment une grande importance pratique.

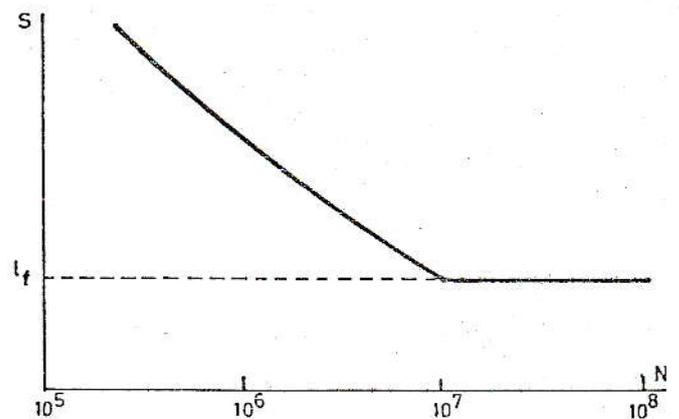


Fig. 2.2.1 - Limite d'endurance  $l_f$

3