

BOUKHROUFA Zina

**DETERMINATION DE LA DUREE
DE VIE D'UNE PLAQUE EN ACIERS
S235JR**

Table des matières

Préface.....	5
Introduction générale.....	7

Chapitre I

Notions de la mécanique linéaire de la rupture

I.1.Définitions.....	12
I.2.Énergie de rupture.....	17
I.2.1.Théorie de Griffith (paramètre G).....	17
I.2.2.Application à un cas simple.....	19
I.3.Mécanique élastique linéaire de la rupture.....	21
I.3.1.Théorie d'Irwin (paramètre K).....	21
I.3.2.Facteur d'intensité des contraintes.....	23
I.3.3.Exemples d'application.....	31
I.3.4.Relations entre G et K	32
I.3.5.Méthodes de calcul du facteur K	36

I. 4.Propagation brutale des fissures.....	41
I.4.1.Critère d'énergie G_C et critère de contrainte.....	41
I.4.2.Ténacité du matériau.....	45
I.4.3.Influence de différents paramètres sur la ténacité.....	46
I 4.3.1.Température.....	47
I.4.3.2 vitesse de sollicitation.....	48
I.4.3.3 Épaisseur.....	51
I.4.4 Cas des contraintes planes (courbes R)..	53
I.5.Propagation lente des fissures.....	57
I.5.1.Loïs de Paris et de Forman.....	57
I.5.2.Facteurs d'influence.....	60
I.6.Application à la conception des structures aéronautiques.....	64
I.6.1.Aspects réglementaires.....	64
I.6.2.Méthodes de tolérance aux dommages.....	66

I.6.3.Exemples d'application.....	70
I.6.3.1.Panneau raidi de voilure.....	70
I.6.3.2.Structures de fuselage.....	73
I.6.3.3.Structures épaisses.....	76
I.7.Résultats des calcules des paramètres de fatigue pour éprouvettes finis.....	77
Conclusion.....	85
Références.....	89

PREFACE

La mécanique de la rupture (Fractures Mechanics) est une étude qui met en jeu les paramètres habituels de la mécanique à partir d'une discontinuité existante : fissure ou défaut. .

Ce livre présente les théories classique et moderne de la fatigue des métaux. La pratique des calculs des paramètres d'endurance permet, l'estimation de la durée de vie des structures présentant des fissurations.

Cet ouvrage que l'on suppose à l'intention des lecteurs, ingénieurs, Master, D.E.A et doctorant se distingue par sa simplicité, par son accessibilité à un large cercle industriels, pédagogiques, recherches et même culturel.

Z. BoukhRoufa

Dédicace

Je dédie ce livre

A mes chers parents

A mes chers frères

A mes chères sœurs

Zina B.

INTRODUCTION

Grace aux progrès réalisés dans le domaine de la mise en forme des matériaux durant les trois derniers siècles, le fer et l'acier ont progressivement le bois et le ciment comme matériaux structuraux de base. Malgré leurs hâtes caractéristique, les structuraux réalisées à partir de ces matériaux ont connu des accidents importants dès le milieu du 19^{ème} siècle. L'origine de ces accidents était la rupture inattendue de composant critique de ces structures.

La rupture d'une pièce peut intervenir dans des conditions très variées qui dépendent des sollicitations mécaniques subies, de la température de service et de l'environnement chimique, sans parler des éventuels effets d'irradiation .En fait toute l'histoire mécanique de la pièce est importante : la rupture d'une pièce peut se produire

après une série de processus non immédiatement décelables au niveau macroscopique que l'on englobe sous le terme d'endommagement (damage). Celui ci consiste en fait en la germination puis la croissance de microfissures ou de microcavités. La sollicitation est effectuée de manière monotone ou de façon cyclique, qu'elle a lieu à basse ou à haute température. Les différents mécanismes microscopiques de l'endommagement et de la rupture et leurs conséquences sur les grandeurs macroscopiques caractérisant la résistance du matériau à la rupture. Le but est de donner une vision plus <<macroscopique >> et phénoménologique de ces phénomènes et des grandeurs caractéristiques qui mesurent la résistance du matériau à l'endommagement.

Si les concepts de la mécanique linéaire de la rupture sont reconnus comme étant Griffith (1893-1963) et Irwin (1907-1998), les premières

perceptions par l'homme du phénomène de rupture datent de l'époque préhistorique et de la fabrication d'outils par taille du silex (rupture fragile par clivage). Jusqu'au XVI^e siècle, le phénomène de rupture est utilisé principalement pour l'extraction de blocs de matériau pour la construction (pyramides et obélisques égyptiennes, temples et pyramides méso-américaines, cathédrales et constructions moyenâgeuses, etc.) ou la fabrication d'outils (meulière gallo-romaines).

Les tuyaux en acier inoxydable 304 L du système RRA dans la centrale de Civaux sont ainsi soumis à un cyclage par choc thermique lié au fonctionnement du système de refroidissement. La durée de vie N est la Somme du nombre de cycles à l'amorçage N_A et du nombre de cycles N_p pour la propagation de la fissure jusqu'à une longueur critique. En outre, une pré-entaille dans un composant de structure peut réduire

considérablement, voir annuler le nombre de cycles à l'amorçage et donc diminuer la durée de vie de la structure.

Le mécanisme gouvernant l'avancée de la fissure par fatigue est lié à la déformation plastique en pointe de fissure. Il est montré que ce paramètre peut influencer essentiellement sur le comportement en dépend beaucoup du chargement appliqué, voir de l'histoire du chargement. Ceci a notamment fait apparaître le besoin de mieux appréhender l'effet de la contrainte initiale (pré-déformation) dans le matériau. La mise en évidence des phénomènes accompagnants la rupture passe par une série d'expérience et de calcul, pour cela notre travail est articulé sur un chapitre concerne les notions de la mécanique linéaire de la rupture.

Chapitre I

NOTIONS DE LA MECANIQUE LINEAIRE DE LA RUPTURE

I.1 . Définitions

La sollicitation macroscopique peut être imposée suivant différentes directions par rapport au plan de la fissure sollicitée : ces différentes sollicitation appelées modes I (ouverture de la fissure), mode II (cisaillement perpendiculaire au fond de fissure) et mode III (cisaillement parallèle au fond de fissure) :

- **Mode I** (mode par ouverture) : les surfaces de la fissure se déplacent dans des directions opposées et perpendiculairement au plan de fissure

- **Mode II** (glissement de translation) : les surfaces de la fissure se déplacent dans le même plan et dans une direction perpendiculaire au front de fissure ;

- **Mode III** (glissement de rotation) : les surfaces de la fissure se déplacent dans le même plan et dans une direction parallèle au front de la fissure ;

La rupture plate correspond au mode I ; la rupture inclinée aux modes II et III sont représentés dans la (figure I.1)

La rupture de **mode I** est généralement la plus dangereuse, ce qui explique le développement particulier donné à l'étude de ce mode de rupture, en générale.

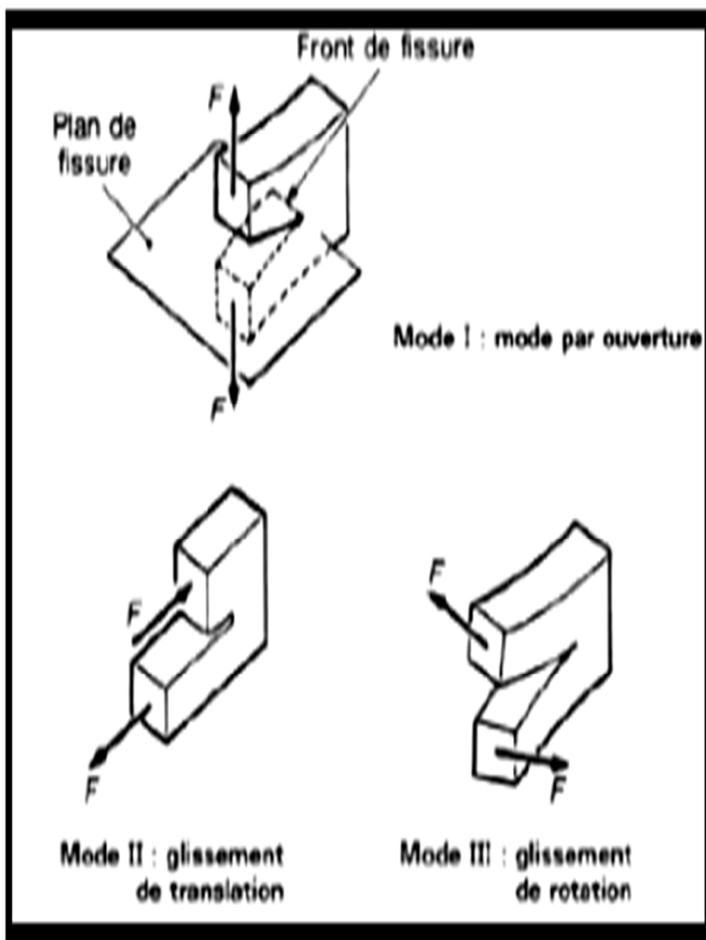


Fig. I.1 : mode d'ouverture des fissures.

On distingue les fissures superficielles, les fissures internes, les fissures traversant es sous forme semi-elliptique, elliptique ou en coin, etc. (figure I.2) Ces fissures sont généralement planes, c'est-à-dire que leurs deux faces sont très voisines d'un plan moyen et se rejoignent selon un bord anguleux.