

Sommaire

| | |
|--|-----------|
| Introduction | 15 |
| | |
| Chapitre I : Les critères de fatigue multiaxiaux..... | 19 |
| | |
| I.1 Formalisme général d'un critère de fatigue | 19 |
| | |
| I.2 Formalisme et classification des critères de fatigue multiaxiaux | 20 |
| I.2.1 Les critères d'approche empirique | 21 |
| I.2.1.1 Nomenclature | 21 |
| I.2.1.2 Le critère de Hohenemser & Prager..... | 21 |
| I.2.1.3 Le critère de Gough & Pollard | 22 |
| I.2.1.4 Le critère de Davies | 22 |
| I.2.1.5 Le critère de Nishihara & Kawamoto | 22 |
| I.2.1.6 Le critère de Lee 1 | 22 |
| I.2.1.7 Le critère de Lee 2 | 23 |
| I.2.1.8 Conclusion..... | 23 |
| I.2.2 Les critères de type plan critique | 23 |
| I.2.2.1 Nomenclature | 24 |
| a) Les termes relatifs aux contraintes normales | 25 |
| b) Les termes relatifs aux contraintes tangentielles..... | 26 |
| I.2.2.2 Le critère de Stulen & Cummings..... | 26 |
| I.2.2.3 Le critère de Findley | 27 |
| I.2.2.4 Le critère de Yokobori | 27 |
| I.2.2.5 Le critère de McDiarmid 1 | 28 |
| I.2.2.6 Le critère de McDiarmid 2 | 28 |
| I.2.2.7 Le critère de Dang Van 1 | 29 |
| I.2.2.8 Le critère de Mataka..... | 29 |
| I.2.2.9 Le critère de Flavenot & Skalli..... | 29 |
| I.2.2.10 Le critère de Dang Van 2 | 30 |
| I.2.2.11 Le critère de Froustey dérivé Yokobori..... | 30 |
| I.2.2.12 Le critère de Munday & Mitchell | 31 |
| I.2.2.13 Le critère de Galtier & Séguret..... | 31 |
| I.2.2.14 Le critère de Deperrois | 32 |

| | |
|---|----|
| I.2.2.15 Le critère de Robert..... | 33 |
| I.2.2.16 Conclusions..... | 34 |
| I.2.3 Les critères d'approche globale | 34 |
| I.2.3.1 Nomenclature | 35 |
| I.2.3.2 Le critère de Sines | 35 |
| I.2.3.3 Le critère de Crossland | 36 |
| I.2.3.4 Le critère de Marin | 36 |
| I.2.3.5 Le critère de Deitman & Issler 1 | 37 |
| I.2.3.6 Le critère de Deitman & Issler 2 | 37 |
| I.2.3.7 Le critère de Deitman & Issler 3 | 37 |
| I.2.3.8 Le critère de Grübisic & Simbürger | 37 |
| I.2.3.9 Le critère de Kinasoshvili | 40 |
| I.2.3.10 Le critère de Kakuno & Kawada..... | 40 |
| I.2.3.11 Le critère de Hashin | 41 |
| I.2.3.12 Le critère de Fogue | 41 |
| I.2.3.13 Le critère de Papadopoulos 1 | 42 |
| I.2.3.14 Le critère de Froustey & Lasserre | 42 |
| I.2.3.15 Le critère de Papadopoulos 2 | 44 |
| a) Cas des métaux doux..... | 44 |
| b) Cas des métaux durs..... | 45 |
| I.2.3.16 Le critère d'Altenbach & Zolocheski 1 | 46 |
| I.2.3.17 Le critère d'Altenbach & Zolocheski 2 | 46 |
| I.2.3.18 Le critère de Palin-Luc..... | 46 |
| I.2.3.19 Conclusions..... | 48 |
| | |
| I.3 Confrontation des critères avec la banque de données d'essais multiaxiaux | 49 |
| I.3.1 Objectifs | 49 |
| I.3.2 Principe de validation des critères | 50 |
| I.3.3 Présentation de la banque de données d'essais multiaxiaux | 51 |
| I.3.4 Validation des critères de fatigue multiaxiaux | 53 |
| I.3.4.1 Critères de fatigue de type plan critique..... | 53 |
| I.3.4.2 Critères de fatigue d'approche globale..... | 59 |
| I.3.5 Particularités de certains critères de type plan critique..... | 66 |
| | |
| I.4 Conclusions | 69 |

| | |
|---|-----------|
| Chapitre II : Prise en compte du gradient de contrainte dans les critères de fatigue multiaxiaux | 71 |
| II.1 Effet du gradient de contrainte en fatigue..... | 71 |
| II.2 Interprétation de l'effet du gradient de contrainte | 78 |
| II.3 Prise en compte de l'effet du gradient de contrainte | 81 |
| II.3.1 La méthode du gradient de Brand et Sutterlin | 81 |
| II.3.2 La proposition de Papadopoulos..... | 89 |
| II.4 Propositions basées sur les travaux de Papadopoulos..... | 95 |
| II.4.1 Prise en compte du gradient de contrainte dans le critère de Robert..... | 95 |
| II.4.1.1 Formalisme du critère..... | 95 |
| II.4.1.2 Calage du critère | 96 |
| a) Résultats du premier calage..... | 97 |
| b) Résultats du second calage | 97 |
| II.4.2 Prise en compte du gradient de contrainte dans le critère de Fogue..... | 98 |
| II.4.2.1 Formalisme du critère..... | 98 |
| II.4.2.2 Calage du critère | 99 |
| a) Résultats du premier calage..... | 99 |
| b) Résultats du second calage | 99 |
| II.5 Validation des critères PAG (Papadopoulos), RBG (Robert) et FGG (Fogue) prenant en compte l'effet du gradient de contrainte..... | 100 |
| II.5.1 Résultats pour la série 500 | 103 |
| II.5.2 Résultats pour la série 600 | 105 |
| II.5.3 Résultats pour la série 800 | 106 |
| II.5.4 Analyse des résultats..... | 108 |
| II.6 Applicabilité des critères avec prise en compte du gradient de contrainte au cas des structures complexes..... | 111 |
| II.7 Conclusions | 115 |

| | |
|---|------------|
| Chapitre III : Estimation de durée de vie des structures sous chargement quelconque | 117 |
| III.1 Méthodes d'estimation de durée de vie en fatigue multiaxiale aléatoire | 117 |
| III.2 Approches développées dans le cadre du partenariat INSA-LEDEPP | 120 |
| III.2.1 Méthode classique d'estimation de durée de vie | 120 |
| III.2.1.1 La variable de comptage | 121 |
| III.2.1.2 L'utilisation des critères de fatigue multiaxiaux | 123 |
| III.2.1.3 Les lois d'endommagement | 124 |
| a) Loi de Miner | 125 |
| b) Loi de Lemaitre et Chaboche | 125 |
| Formalisme de la loi | 125 |
| Intégration de la loi..... | 126 |
| Calage du modèle | 127 |
| Arborescence de l'intégration..... | 127 |
| Accélération de l'algorithme par une formulation optimisée..... | 128 |
| III.2.1.4 Validation de la méthode classique | 130 |
| III.2.2 Méthode basée sur le principe du dommage par plan | 133 |
| III.2.2.1 Propositions de mise en œuvre du dommage par plan | 136 |
| a) Première proposition | 136 |
| b) Deuxième proposition | 137 |
| c) Troisième proposition | 138 |
| III.2.2.2 Présentation complète de l'approche retenue | 139 |
| III.2.2.3 Validation de la méthode basée sur le dommage par plan | 145 |
| III.2.3 Méthode du comptage et dommage par plan | 150 |
| III.2.3.1 Influence du plan de comptage | 150 |
| III.2.3.2 Mise en évidence de l'influence du plan de comptage | 155 |
| III.2.3.3 Comment choisir le plan de comptage adéquat ? Méthode du comptage et dommage par plan | 158 |
| III.2.4 Conclusions..... | 164 |
| III.3 Développement d'un logiciel industriel d'estimation de durée de vie en fatigue sous chargement quelconque | 166 |
| III.3.1 Extension des méthodes aux calculs en fatigue des structures..... | 167 |
| III.3.2 Logiciel Sollife | 169 |
| III.4 Validation du logiciel Sollife sur des applications industrielles | 171 |

| | |
|---|------------|
| III.4.1 Dimensionnement d'un disque d'accouplement..... | 171 |
| III.4.1.1 Introduction..... | 171 |
| III.4.1.2 Modélisation | 172 |
| III.4.1.3 Sollicitations | 174 |
| a) Etats unitaires..... | 174 |
| b) Séquence de chargement | 175 |
| III.4.1.4 Données de fatigue | 176 |
| III.4.1.5 Résultats des calculs en fatigue..... | 177 |
| III.4.1.6 Conclusion..... | 182 |
| III.4.2 Application à un composant automobile | 182 |
| III.4.2.1 Introduction..... | 182 |
| III.4.2.2 Modélisation du comportement en fatigue..... | 184 |
| III.4.2.3 Conclusion..... | 186 |
| | |
| III.5. Synthèse générale..... | 187 |
| | |
| Conclusions et Perspectives | 189 |
| | |
| Bibliographie | 193 |
| | |
| Annexe A : Banque de données d'essais de fatigue multiaxiaux | 201 |
| | |
| Annexe B : Validation des critères de fatigue multiaxiaux | 215 |
| | |
| Annexe C : Calage des critères de Robert et de Fogue à intégration du gradient de contrainte | 229 |