

HABILITATION A DIRIGER DES RECHERCHES
UNIVERSITE PARIS 6

Spécialité :
MECANIQUE DES SOLIDES ET DES STRUCTURES

**MODELISATION ET SIMULATION NUMERIQUE
DE L'ENDOMMAGEMENT DES STRUCTURES**

Eric LORENTZ

Soutenance le 8 juillet 2008

Devant le jury composé de :

M. Georges CAILLETAUD	Rapporteur
M. Marc GEERS	Rapporteur
M. Alain MILLARD	Rapporteur
M. Frédéric FEYEL	Examineur
M. Antonio HUERTA	Examineur
M. Jean-Jacques MARIGO	Examineur

Laboratoire de Mécanique des
Structures Industrielles Durables
UMR CNRS/EDF 2832

1, avenue du Général de Gaulle
92141 Clamart cedex

Electricité de France
Division Recherche et Développement

1, avenue du Général de Gaulle
92141 Clamart cedex

Modélisation et simulation numérique de l'endommagement des structures

Les travaux de recherche présentés dans ce mémoire concourent à la modélisation et à la simulation de l'endommagement mécanique des structures, avec pour cibles les installations de production et de transport d'électricité d'EDF. L'objectif affiché est la prédiction de l'évolution de défauts, préexistants ou non, à l'échelle macroscopique de la structure, sous chargements quasi-statiques non cycliques. En particulier, les sollicitations répétées (fatigue) ou dynamiques (crash, séismes) sont exclues de ces travaux, ainsi que d'autres modes de ruine tels que le flambement ou les instabilités plastiques.

Compte tenu de la difficulté à prédire l'évolution de défauts dans toute sa généralité, nous avons opté pour une stratégie de modélisation échelonnée, selon la nature et la richesse des informations recherchées. Trois niveaux d'attentes ont été répertoriés.

- Prédiction de l'amorçage d'un défaut
L'approche en taux de restitution d'énergie de la mécanique de la rupture linéaire a été étendue pour couvrir les situations élastoplastiques, l'apparition de défauts, les propagations instables (dynamiques). La prédiction de la rupture reste conservative car la ruine y est associée à l'amorçage d'un défaut.
- Modélisation de la propagation d'un défaut selon un trajet prédéfini
L'approche proposée vise à décrire l'initiation et la propagation d'un défaut, le long d'un trajet donné. Elle s'appuie sur des modèles de zones cohésives dans lesquels des forces d'interaction sont introduites entre les lèvres de la fissure. Les simulations numériques sont plus complexes que précédemment car tout le régime de propagation (non linéaire) est dorénavant modélisé.
- Détermination du trajet de fissuration
Lorsque le trajet de fissuration ne peut plus être anticipé, nous proposons une réponse fondée sur la mécanique continue de l'endommagement. Elle soulève des difficultés physiques et numériques de plusieurs ordres, auxquelles nous avons tenté d'apporter quelques réponses. Il nous semble malgré tout que ce n'est qu'à ce prix qu'on peut décrire l'initiation et la propagation de défauts dans toute sa généralité.

Enfin, répondre à cet objectif, avec une finalité industrielle, requiert à la fois de formuler des modélisations appropriées et de développer les outils numériques nécessaires à leur mise en œuvre dans les codes de calcul des ingénieurs (*Code_Aster* dans notre cas). Leur emploi dans les pratiques industrielles impose en outre trois types d'exigence,

- *robustesse*, au sens de la capacité à produire un résultat dans des situations variées ;
- *fiabilité*, c'est-à-dire que le résultat n'est pas excessivement sensible aux choix de modélisations numériques (discrétisations spatiale et temporelle, entre autres) et donc qu'il est reproductible par des ingénieurs d'étude différents ;
- *performance*, pour que l'utilisation des modèles soit compatible avec les délais des études industrielles.

Ces préoccupations ont fait l'objet d'une attention particulière. Elles nécessitent souvent un compromis entre la finesse de description physique et le caractère opérationnel de la formulation.