

Soutenance de la thèse intitulée :

"Propagation brutale de fissures et effets dynamiques : application industrielle à la notion de longueur d'arrêt",

par :

Pierre-Emmanuel Dumouchel

(Université Pierre et Marie Curie et EDF R&D AMA/T64 - LaMSID)

devant un jury composé de :

Mr. Huy Duong Bui, Membre de l'académie des sciences (examinateur) ;
Mr. Gilles Debruynne, Ingénieur à Edf (invité) ;
Mr. Andre Dragon, Directeur de recherche au LMPM-ENSMA (rapporteur) ;
Mme. Françoise Lene, Professeur UPMC à Institut Jean le Rond d'Alembert (examinateur) ;
Mr. Eric Lorentz, Ingénieur Docteur à Edf (examinateur) ;
Mr. Jean-Jacques Marigo, Professeur UPMC à l'Institut Jean le Rond d'Alembert (directeur de thèse) ;
Mr. Lev Truskinovsky, Directeur de recherche au LMS (rapporteur).

Résumé de la thèse :

La thèse traite, à l'aide de modèles simples, quelques phénomènes présents en mécanique de la rupture en dynamique et en milieu hétérogène. Dans un premier temps, nous nous sommes intéressés aux phénomènes de propagation brutale sous chargement quasi-statique (on entend par chargement quasi-statique, lorsque la vitesse du chargement tend vers 0). Pour cela nous avons développé un modèle de décollement de film (soumis à un déplacement imposé) à travers une interface ayant une discontinuité de ténacité. Le film commence par se décoller de façon stable, puis lorsqu'il se décolle à travers la discontinuité de ténacité, le décollement devient brutal sur une certaine longueur. La solution dynamique du modèle a été développée et nous avons obtenu que lorsque le chargement du film devient quasi-statique alors la solution dynamique converge en tous points vers une solution quasi-statique particulière que l'on nomme "métastable".

Dans un deuxième temps, nous avons cherché à construire le même résultat pour une structure 2D présentant une discontinuité de ténacité à travers le trajet de fissuration. Pour cela nous avons utilisé un algorithme de type débouillage de nœuds pour construire la solution dynamique. Nous avons obtenu que la longueur de la propagation brutale donnée par l'approche numérique est plus faible que celle obtenue avec la solution "métastable". Ces différentes considérations nous ont permis d'introduire quelques grandeurs couramment utilisées dans l'industrie comme la ténacité à l'arrêt.

Dans un troisième temps nous avons cherché à analyser l'influence d'un défaut sur la propagation d'une fissure. Pour cela nous avons utilisé le modèle de film précédemment défini et la discontinuité de ténacité a été remplacé par un défaut. On montre que le décollement du film est brutal à travers le défaut, redevient stable en sortie de défaut et converge (lorsque la vitesse du chargement tend vers zéro) vers une courbe limite que l'on nomme "couche limite". Ensuite après un temps suffisamment long, la couche limite regagne la solution quasi-statique. Nous avons montré que cette couche limite peut s'interpréter d'un point de vue énergétique par un mécanisme de relaxation de l'énergie cinétique. Différentes interprétations de ce phénomène en statique et en dynamique sont présentées et en particulier des ténacités apparentes sont introduites. Dans un quatrième temps nous nous sommes intéressés à l'influence d'un milieu contenant une infinité de défauts. Le même modèle de film est utilisé avec une infinité de défauts. Différentes solutions quasi-statiques sont présentées, en particulier la solution métastable et celle obtenue avec une approche de type minimum global de l'énergie. En dynamique deux approches différentes sont étudiées: une première qui permet de construire la solution limite (lorsque la vitesse du chargement tend vers zéro) et une seconde plus directe et qui consiste à prendre en compte toutes les ondes. Pour la seconde méthode, un passage à la limite (vitesse de chargement) sera effectué de façon numérique. Au final on obtient que lorsque la taille des défauts tend vers zéro et que le chargement devient quasi-statique alors une ténacité équivalente du milieu apparaît.