

Projet Coup de Pouce F2M-msp: La ténacité effective dynamique d'un composite

Renaud Bargellini et Gilles Debruyne (LaMSiD, EDF)
Jean-Jacques Marigo (IJLRDA, UPMC)

14 octobre 2008

1. Description du Projet

1.1. MOTIVATIONS

L'objectif scientifique à terme est de déterminer la ténacité effective d'un composite à partir des propriétés des constituants. On ne peut pas espérer traiter ce problème en un an et même on ne peut pas l'aborder de front car, comme l'ont montré des études préalables sur des cas simplifiés, le problème doit forcément se traiter en dynamique. Il ressort, toujours de ces études antérieures, que son traitement a un intérêt industriel certain car il permet de mieux comprendre les notions de longueur d'arrêt et de ténacité de redémarrage en propagation de fissure dynamique.

1.2. LA PROBLÉMATIQUE ET LES TRAVAUX ANTÉRIEURS

Le cadre est celui de la théorie de Griffith de la rupture fragile. Il s'agit de voir comment se propage une fissure dans un matériau hétérogène dont la ténacité varie en espace. Mais même si le chargement est quasi-statique (lentement variable dans le temps), la réponse est a priori dynamique, car dès que la fissure passe d'un matériau tenace à un matériau moins tenace, elle accélère et sa vitesse peut être de l'ordre de grandeur de la vitesse du son. Il faut donc gérer un problème d'élastodynamique avec pointe de fissure évoluant suivant la loi (dynamique) de Griffith. Si l'on considère en plus un milieu hétérogène à microstructure fine, on a affaire à un *problème d'homogénéisation dynamique, non linéaire (non convexe)*. (Le problème est non convexe à cause de la ténacité variable.) On est donc très très loin de pouvoir utiliser les recettes classiques (VER, ...).

Il est de ce fait préférable d'aborder ces questions dans un cadre simplifié 1D où au moins on sait dire des choses sur l'équation des ondes. Un problème modèle de décollement de film mince a été étudié dans le cadre de la thèse de Dumouchel (CIFRE EDF-Paris 6) et du post-doc de Bargellini (Paris 6). On a réussi à ce jour à traiter de façon rigoureuse le cas d'une seule hétérogénéité (P.-E. Dumouchel, J.-J. Marigo, M.Charlotte. Dynamic fracture : an example of convergence towards a discontinuous quasi-static solution. *Continuum Mechanics and Thermodynamics*, 20 :1–19, 2008), celui d'un grand nombre d'hétérogénéités n'ayant reçu qu'un traitement numérique partiel (Bargellini, Dumouchel,

Marigo : article en préparation). Parallèlement des simulations 2D avec une hétérogénéité ont été effectuées par EDF.

1.3. SON TRAITEMENT DANS LA PÉRIODE DU SOUTIEN

On se propose de traiter le plus rigoureusement possible le problème 1D avec grand nombre d'hétérogénéités. Ceci passe par la gestion du "ballet" des ondes de choc qui sont générées à chaque changement de ténacité, qui se croisent, se réfléchissent au bord et sur le front mobile de fissuration (et changent la vitesse de propagation de la fissure). Il ressort des études antérieures qu'on a des phases de propagation rapide la fissure (de l'ordre de la célérité du son) et des phases d'arrêt ou de ralentissement. La transformation partielle ou totale de l'énergie cinétique en énergie de surface joue un rôle clé qu'il s'agit de comprendre et de quantifier pour faire émerger ce comportement effectif. Cela passera par des études théoriques et numériques. On envisagera également une application numérique 2D sur la problématique industrielle de longueur d'arrêt.

2. La demande de soutien

2.1. JUSTIFICATION THÉMATIQUE

On voit donc que ce projet s'inscrit directement ou indirectement dans 5 des 7 thèmes de recherche principaux de la F2M : "Approches multi-échelles" puisqu'il s'agit de comportement effectif (il y a 2 échelles de temps et 2 échelles d'espace), "Dynamique" évidemment, "Endommagement et rupture" évidemment, "Matériaux hétérogènes" évidemment, "Approches probabilistes en mécanique" car on peut s'attendre à ce que le traitement mathématique rigoureux du problème utilise des outils "probabilistes" (même si la géométrie est périodique, le ballet des ondes présente un caractère aléatoire d'où sort un ordre à découvrir).

2.2. JUSTIFICATION LOGISTIQUE

Les idées ne sont pas encore assez avancées pour que l'on se risque à lancer une thèse sur ce sujet sans regarder au préalable quels sont les bons outils théorético-numériques pour le traiter. L'idéal serait un post-doc d'un an du type mathématicien appliqué ou mécanicien théoricien (nous avons un candidat) qui traiterait le problème 1D avec infinité de défauts de façon la plus rigoureuse possible. Sa réflexion serait épaulée par les résultats déjà acquis et par des simulations numériques réalisées par les permanents dont en particulier R. Bargellini, G. Debruyne, J.-J. Marigo.