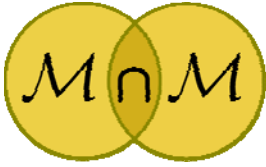


International Research Center on
MATHEMATICS AND MECHANICS OF
COMPLEX SYSTEMS



and



FONDAZIONE TULLIO LEVI CIVITA

JEAN-JACQUES MARIGO

Monsieur Jean-Jacques Marigo a débuté sa carrière en tant que Ingénieur Chercheur à la Direction des Etudes et Recherches, auprès du Département de Mécanique et Méthodes Numériques d'EDF (Electricité de France), après avoir reçu son doctorat du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées avec une thèse sur «La propagation des ondes ultrasonores et microfissuration du béton».

Son expérience au sein d'EDF s'est déroulée pendant exactement dix ans (1980-1990), durant lesquels il a commencé à mener ses recherches sur l'analyse des mécanismes qui règlent les fractures et la fatigue dans le contexte de la mécanique des milieux continus. Dans ses oeuvres de cette période sont déjà présents des concepts de base sur lesquelles il fondera ensuite ses recherches: i) les phénomènes de fracture et de endommagement, même en étant irréversibles, peuvent être étudiés avec une formulation variationnelle, ii) une analyse multi-échelle est essentielle pour la formulation de modèles des matériaux composites ou hétérogènes, iii) une formulation rigoureuse de la thermomécanique non linéaire est une condition nécessaire pour la formulation précise et efficace des théories d'endommagement et de fracture.

Les dix années passées au sein d'EDF ont donné à Jean-Jacques Marigo la grande opportunité de travailler dans un contexte où les études théoriques doivent forcément être portées à une application industrielles à court terme - en particulier dans le secteur du nucléaire - et lui fournira un terrain fertile pour le développement de son intérêt pour les phénomènes de fracture et de micro-fractures. Néanmoins, l'objectif «pratique» de ses recherches n'a jamais conduit à des compromis à l'égard de la rigueur mathématique et de l'analyse rationnelle des problèmes. De ce point de vue, Jean-Jacques Marigo personnifie la meilleure tradition française, qui considère la mathématique rigoureuse comme le seul instrument disponible pour obtenir une description claire et précise des phénomènes physiques.

Après son expérience au sein d'EDF, Jean-Jacques Marigo a obtenu l'Habilitation à Diriger les Recherches, pour laquelle il a présenté le travail "Thermodynamique et lois de Comportement, Modélisation de l'endommagement, Théorie asymptotique des Poutres élastiques". A cette époque, il a commencé sa collaboration avec Gilles Francfort, qui a conduit à des avancées considérables dans la théorie de la fracture.

La revisitation de la théorie de Griffith qui dérive de l'analyse mathématique rigoureuse développée dans une série d'oeuvres commencée par *Francfort, G. A.; Marigo, J.-J. Stable damage evolution in a brittle continuous medium. European J. Mech. A Solids 12 (1993), no. 2, 149–189*, constitue désormais une référence reconnue dans le domaine.

La maîtrise d'outils mathématiques sophistiqués de l'analyse fonctionnelle a conduit, dans la suite des travaux qui aboutissent avec l'élégant travail *Bourdin, Blaise; Francfort, Gilles; Marigo, Jean-Jacques, The variational approach to fracture. J. Elasticity 91 (2008), no. 1-3, 5–148*, à une formulation très élégante du problème qui présente, cependant, des nouveaux obstacles de nature mathématique.

C'est précisément la solution de ces problèmes qui a permis de formuler une théorie prédictive sur le chemin d'une fracture, ce qui constitue une considérable généralisation de la théorie classique, dans laquelle ce chemin est supposé être connu a-priori. En d'autres termes, alors que dans la littérature classique les théories sont capables de prédire l'ouverture d'une fracture seulement sur un chemin pré-établi, les travaux cités permettent maintenant de prédire cette route. Les simulations numériques réalisées dans certains de ces travaux, où le comportement physique des systèmes complexes est soigneusement analysé et reproduit, sont surprenants. Nombreuses géométries particulières, nombreux chemins des fractures classiques peuvent être prédites par des codes numériques - développés par Blaise Bourdin - basés sur le modèle théorique variationnel.

Les outils mathématiques nécessaires pour atteindre ces résultats ont été considérés comme "ésotériques" par de nombreux scientifiques "expérimentales". Néanmoins, il faut convenir que sans un espace fonctionnel "suffisamment riche" pour y inclure des champs de déplacement discontinu (comme l'espace BV ou SBV, et plusieurs espaces de Sobolev), il est impossible de capturer l'ouverture d'une fracture.

Il est aussi bien digne d'être noté le travail écrit par Jaubert, A.; Marigo, J.-J. intitulé: "*Justification of Paris-type fatigue laws from cohesive forces model via a variational approach*", *Contin. Mech. Thermodyn. 18 (2006), no. 1-2, 23–45*. Toutefois, dans les mots des auteurs, les modèles théoriques proposés pour les phénomènes de fatigue sont fondés principalement sur une base "phénoménologique".

La structure de ces lois peut changer d'un problème à l'autre et, très souvent, il n'y a pas une dépendance claire et explicite de paramètres du matériau, de la géométrie ou des charges. Dans ce remarquable travail, les auteurs proposent de déduire les lois de la fracture de fatigue à partir de la théorie plus générale. Le concept est particulièrement innovateur et va devenir la base pour ultérieures fructueuses analyses, dont on déduit que le lien avec les études menées par Jean-Jacques Marigo durant son mandat chez l'EDF est surprenant.

Le processus déductif est basé sur les ingrédients suivants:

1. Un principe de minimum d'énergie, dans l'esprit des travaux antérieurs de Francfort et Marigo;
2. Une énergie de surface de type Dugdale-Barenblatt;
3. Une condition de irréversibilité.

Chacun de ces ingrédients joue un rôle essentiel, en fait: i) sans une condition d'irréversibilité il est impossible d'obtenir les effets du comportement à la fatigue, ii) la convergence de la loi de propagation, résultant du modèle Dugdale, aux lois de Griffith et Paris est essentiellement une convergence en termes d'énergie. Cette déduction est conçue et développée pour la première fois par Jaubert et Marigo. Même si une approche variationnelle avait déjà été utilisée dans le contexte des modèles de Griffith et Barenblatt, un concept adéquat d'irréversibilité en termes de fatigue n'avait jamais été proposé dans le cadre de la théorie de Barenblatt.

Cette dernière contribution souligne le rôle joué par une analyse rationnelle de la physique bien articulée, c'est-à-dire le fait que les concepts abstraits existent pour clarifier et améliorer notre compréhension des phénomènes, et pas pour les cacher derrière des nuages de formalisme qui ne sont que le voile de notre ignorance.

Le conflit qui oppose les scientifiques qui fondent leurs recherches et leur enseignement sur la rigueur mathématique et ceux qui aient une prédilection pour l'application pratique, c'est une histoire ancienne. Le directeur de l'Ecole Polytechnique à l'époque de Cauchy, a été critique sur son "obsession" pour les mathématiques abstraites : *«Il est largement admis que l'enseignement des mathématiques pures est allé trop loin à l'Ecole, et que cette extravagance est préjudiciable pour les autres branches»*.

Jean-Jacques Marigo est fièrement en train de continuer cette longue tradition de «extravagance» à l'Ecole Polytechnique: éduquer les nouvelles générations de ingénieurs au formalisme abstrait, qui est essentiel pour décrire (soigneusement!) tous les phénomènes physiques. Tout ça avec la modestie et l'équilibre qui lui est propre, comme il est évident pour nous tous.

La Commission, investie de la
"Fondazione Levi-Civita"

et le Comité scientifique du
Centre International de Recherche MEMOCS

Ayant la responsabilité de conférer le
Prix international de Levi-Civita

Propose à l'unanimité le Professeur Jean-Jacques Marigo comme le vainqueur de
l'édition 2011