



*International Research Center on*  
**MATHEMATICS AND MECHANICS OF  
COMPLEX SYSTEMS**  
*and*  
**FONDAZIONE TULLIO LEVI CIVITA**



## Jean-Jacques Marigo

Il Professor Jean-Jacques Marigo ha iniziato la sua carriera da scienziato con l'incarico di *Ingénieur Chercheur à la Direction des Etudes et Recherches* presso il dipartimento di Meccanica e Metodi Numerici dell'EDF (Electricité de France), dopo aver conseguito il titolo di dottore per la ricerca presso il *Laboratoire Central des Ponts et Chaussées*, sostenendo una tesi dal titolo: "Propagation des ondes ultrasonores et microfissuration du beton".

La sua esperienza in EDF è durata esattamente dieci anni (1980-1990), ed è in questo periodo che ha cominciato ad interessarsi allo studio dei meccanismi che regolano il danno e la fatica nel contesto della meccanica del continuo. Nei lavori di questo periodo sono, infatti, già presenti tutti i concetti di base sui quali fonderà la sua ricerca futura: i) la frattura e i fenomeni di danno, benché irreversibili, possono essere studiati mediante una formulazione variazionale, ii) un'analisi multi scala è essenziale per la formulazione di modelli per continui compositi o eterogenei, iii) una formulazione rigorosa della termo-meccanica non lineare costituisce un prerequisito necessario per una precisa ed efficace formulazione di teorie del danno e della frattura.

I dieci anni passati in EDF hanno dato a Jean-Jacques Marigo la grande opportunità di poter lavorare in un contesto nel quale gli studi teorici dovevano convivere con la necessità di portare ad un'applicazione industriale a breve termine, in particolare nel settore nucleare. Questo ha fornito

terreno fertile al suo crescente interesse nello studio dei fenomeni di frattura e micro-frattura. È importante però sottolineare come lo scopo “pratico” della sua ricerca non lo abbia mai indotto a cercare compromessi per quanto riguarda il rigore matematico e l’analisi razionale dei problemi. Da questo punto di vista Jean-Jacques Marigo impersona la migliore tradizione francese, che considera il rigore matematico l’unico strumento disponibile per ottenere una chiara e precisa descrizione dei fenomeni fisici.

Al termine della sua esperienza in EDF, Jean-Jacques Marigo ha ottenuto l’*Habilitation à Diriger les Recherches*, nella quale ha presentato i suoi lavori “*Thermodynamique et lois de comportement, Modélisation de l’endommagement, Théorie asymptotique des poutres élastiques*”. In quel periodo è iniziata la sua collaborazione con Gilles Francfort, che ha portato considerevoli progressi nel campo della teoria della frattura.

La rivisitazione della Teoria di Griffith che risulta dalla rigorosa analisi matematica sviluppata in una serie di lavori, a partire da *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*, rappresenta ormai un punto di riferimento riconosciuto nel campo.

Utilizzando i sofisticati strumenti dell’analisi funzionale, i lavori che seguono e che culminano nell’elegante scritto *Bourdin, Blaise; Francfort, Gilles A.; Marigo, Jean-Jacques The variational approach to fracture. J. Elasticity 91 (2008), no. 1-3, 5–148* conducono ad una formulazione particolarmente innovativa del problema, che presenta però nuovi ostacoli di carattere matematico. È proprio la soluzione di questi problemi che ha permesso agli autori di formulare una teoria predittiva sul cammino di una frattura, generalizzando in maniera considerevole la teoria classica, nella quale tale percorso si supponeva noto a priori. In altre parole, mentre nei lavori già presenti in letteratura si era in grado di prevedere la crescita di una frattura solo facendole percorrere un cammino pre-determinato, i lavori citati rendono possibile la predizione del percorso stesso. Le simulazioni numeriche effettuate in alcuni di questi lavori, in cui il comportamento fisico di sistemi complessi e realistici è attentamente analizzato e riprodotto, sono particolarmente significative. Forme e percorsi di fratture che si manifestano in casi sperimentali classici sono predetti da codici numerici – sviluppati da Blaise Bourdin - basati sul modello teorico variazionale.

Gli strumenti matematici necessari per arrivare a questi risultati sono stati considerati “esoterici” da molti scienziati “applicativi”. Si deve concordare, tuttavia, sul fatto che, senza uno spazio funzionale sufficientemente ricco da includere campi di spostamento discontinui (come ad esempio gli spazi BV, SBV o molti spazi di Sobolev), catturare il comportamento di una frattura risulta impossibile.

Degno di nota è anche il lavoro di Jaubert, A.; Marigo, J.-J. dal titolo: “*Justification of Paris-type fatigue laws from cohesive forces model via a variational approach*”, *Contin. Mech. Thermodyn.* 18 (2006), no. 1-2, 23–45.

Citando le parole degli autori, i modelli teorici proposti per i fenomeni di fatica sono basati su leggi postulate principalmente su base “fenomenologica”. La struttura di queste leggi può cambiare da un problema ad un altro e, molto spesso, la dipendenza da parametri materiali, dalla geometria o dai carichi risulta assente o non chiaramente riconosciuta. In questo splendido lavoro, gli autori deducono le leggi della fatica dalla più generale teoria della frattura. Il concetto, difatti, è particolarmente innovativo e costituisce la base per un’ulteriore analisi, da cui si comprende come il collegamento con gli studi condotti da Jean-Jacques Marigo durante la sua esperienza in EDF sia sorprendente.

Il processo deduttivo è basato sui seguenti ingredienti:

1. Un principio di minima energia nello spirito dei precedenti lavori di Marigo e Francfort;
2. Un’energia superficiale del tipo Dugdale-Barenblatt;
3. Una condizione di irreversibilità.

Ognuno di questi ingredienti gioca un ruolo essenziale, infatti: i) senza una condizione di irreversibilità è impossibile ottenere gli effetti di un comportamento a fatica, ii) la convergenza della legge di propagazione risultante dal modello di Dugdale verso le leggi di Griffith o Paris è principalmente una convergenza in termini di energia.

Questa deduzione è concepita e sviluppata per la prima volta da Jaubert and Marigo. Anche se un approccio variazionale era già stato utilizzato nel contesto dei modelli di Griffith e Barenblatt, un concetto adeguato di irreversibilità dal punto di vista della fatica non era mai stato formulato all’interno della teoria di Barenblatt.

Quest'ultimo contributo esemplifica il ruolo di una analisi razionale ben articolata dei problemi fisici: i concetti astratti sono lì per chiarificare e migliorare la nostra comprensione dei fenomeni, non per nasconderli dietro nuvole di formalismo che costituisce solo il velo della nostra ignoranza.

La controversia che oppone gli scienziati che basano la loro ricerca ed il loro insegnamento sul rigore matematico a quelli che premiano l'applicazione pratica è antica: il direttore dell'*Ecole Polytechnique* era, all'epoca, critico dell'ossessione di Cauchy riguardo la matematica astratta: *'È opinione diffusa che l'insegnamento della matematica pura si è spinto troppo oltre nell'Ecole, e che questa stravaganza sia pregiudiziale nei confronti degli altri rami'*.

Jean-Jacques Marigo sta orgogliosamente portando avanti una lunga tradizione di "stravaganza" presso l'*Ecole Polytechnique* ritenendo che per educare le nuove generazioni, il formalismo astratto sia essenziale per descrivere (attentamente!) tutti i fenomeni fisici. Questo è l'insegnamento che porta avanti, con modestia ed equilibrio, come risulta evidente a tutti noi.

La commissione, investita dalla

"Fondazione Levi-Civita"

e dal comitato scientifico del

International Research Center MEMOCS

Avente la responsabilità di conferire il

Premio Internazionale Levi-Civita

Propone all'unanimità il Professor Jean-Jacques Marigo come vincitore dell'edizione 2011.