



**HAL**  
open science

## Principe de minimisation d'énergie appliqué aux fissures fragiles en forme d'étoile

Veronique Lazarus, Corrado Maurini, Blaise Bourdin, Georges Gauthier

### ► To cite this version:

Veronique Lazarus, Corrado Maurini, Blaise Bourdin, Georges Gauthier. Principe de minimisation d'énergie appliqué aux fissures fragiles en forme d'étoile. CFM 2013 - 21ème Congrès Français de Mécanique, Aug 2013, Bordeaux, France. hal-03441432

**HAL Id: hal-03441432**

**<https://hal.science/hal-03441432>**

Submitted on 22 Nov 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Principe de minimisation d'énergie appliqué aux fissures fragiles en forme d'étoile

V. Lazarus<sup>a</sup>, C. Maurini<sup>b</sup>, B. Bourdin<sup>c</sup>, G. Gauthier<sup>a</sup>, A. Davaille<sup>a</sup>

a. UPMC Univ Paris 6, Univ Paris-Sud, CNRS, UMR 7608, FAST, Bat 502, Campus Univ, F-91405, Orsay, France, veronique.lazarus@u-psud.fr

b. UPMC Univ Paris 6, CNRS, UMR 7190, Institut Jean Le Rond d'Alembert, Boite courrier 161-2, 4 Place Jussieu, F-75005, Paris, France

c. Department of Mathematics and Center for Computation & Technology, Louisiana State University, Baton Rouge LA 70803, U.S.A.

## Résumé :

*Il n'est pas rare, durant une randonnée dans la nature, de rencontrer des fissures en forme d'étoile. Nous montrerons comment l'approche variationnelle à la rupture, basée sur la compétition entre énergie élastique de déformations et énergie de rupture, permet de prédire leur forme.*

## Abstract :

*During a walk in nature, it is not seldom to meet star shaped cracks. It will be shown that the variational approach to fracture, based on the competition between deformation elastic energy and fracture energy, is able to predict their shape.*

**Mots clefs :** brittle fracture, minimisation principle, crack shape



FIGURE 1 – Exemples de fissures naturelles en forme d'étoiles : colonnes basaltiques (Chaussée des Géants, Irlande), septaria, tronc d'arbre (musée de Besançon, photo prise lors de CFM 12)

Les colonnes basaltiques, les septarias, les fissures d'impact en forme de toile d'araignée, les réseaux de fissures dans les boues, les peintures, les céramiques sont autant d'exemples de motifs de rupture faisant apparaître des fissures en forme d'étoile (cf. figure 1). Est-il possible de prédire leur forme ?

La mécanique de la rupture fragile classique basée sur l'utilisation des facteurs d'intensité des contraintes, n'est pas en mesure de le faire. Mais nous verrons à travers une expérience modèle, que l'approche variationnelle de la rupture semble être une alternative rigoureuse pour relever ce challenge.

Etant une extension du postulat énergétique de Griffith, cette approche est basée sur le principe que l'évolution quasi-statique d'une fissure est obtenue en minimisant la somme de l'énergie élastique et de l'énergie de rupture [2]. Cette approche a été régularisée à des fins numériques en remplaçant la fissure par un champ continu d'endommagement [1].

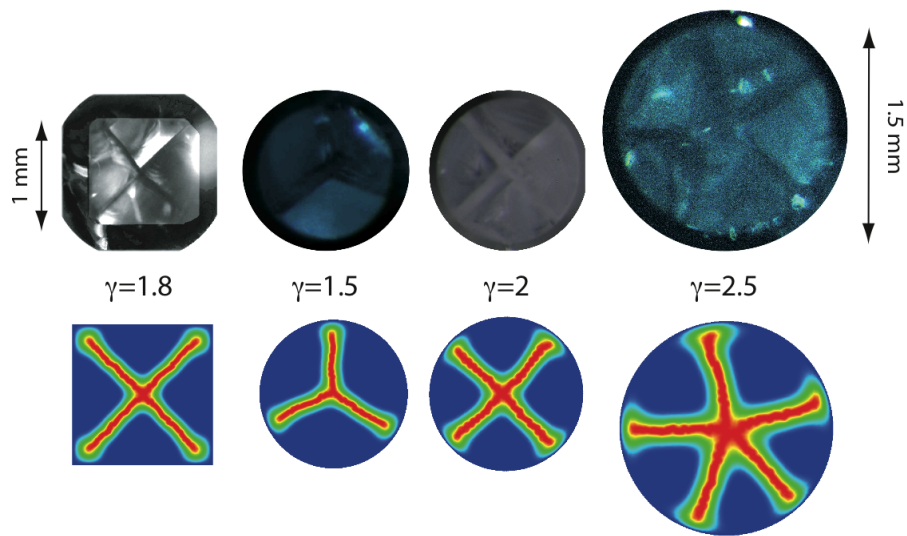


FIGURE 2 – Accord entre fissures en étoiles obtenues lors du séchage de suspensions colloïdales en tube étroit (en haut) et par l’approche variationnelles (en bas).

Nous l’appliquons à des expériences de séchage directionnel d’une suspension colloïdale dans un tube capillaire [3]. Nous avons récemment montré que ces systèmes non conventionnels, répondent au principe de minimisation [4] précédemment énoncé et que les formes de fissures peuvent être prédites quantitativement, à partir du matériau sain, sans à priori préalable sur leur forme [6]. Ces résultats sont résumés sur la figure 2.

Enfin, en guise d’illustration, nous l’appliquerons de façon inverse afin d’obtenir certaines informations sur l’origine de motifs naturels [5].

## Références

- [1] B. Bourdin, G. Francfort, and J.-J. Marigo. The variational approach to fracture. *Journal of elasticity*, 91(1) :5 – 148, 2008.
- [2] G. A. Francfort and J. J. Marigo. Revisiting brittle fracture as an energy minimization problem. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 46 :1319–1342, 1998.
- [3] G. Gauthier, V. Lazarus, and L. Pauchard. Alternating crack propagation during directional drying. *Langmuir*, 23(9) :4715–4718, 2007.
- [4] G. Gauthier, V. Lazarus, and L. Pauchard. Shrinkage star-shaped cracks : Explaining the transition from 90 degrees to 120 degrees. *EPL*, 89 :26002, 2010.
- [5] V. Lazarus, G. Gauthier, A. Davaille, and L. Pauchard. Contraction star-shaped cracks : From 90 degrees to 120 degrees crack intersections. In *Geophysical Research Abstracts*, Vienna (Austria), 2010. European Geosciences Union General Assembly.
- [6] C. Maurini, B. Bourdin, G. Gauthier, and V. Lazarus. Crack patterns obtained by unidirectional drying of a colloidal suspension in a capillary tube : experiments and numerical simulations using a two-dimensional variational approach. *International Journal of Fracture*, pages DOI : 10.1007/s10704-013-9824-5, In press.