

# Déchiffrer les surfaces de rupture: Application à l'analyse de défaillance

Contacts: Laurent Ponson ([laurent.ponson@upmc.fr](mailto:laurent.ponson@upmc.fr)) & Simon Trancart ([simon.trancart@tortoise.io](mailto:simon.trancart@tortoise.io))

Entreprise: Tortoise ([www.tortoise.io](http://www.tortoise.io))

Laboratoire d'accueil: Institut Jean le Rond d'Alembert, Université Pierre et Marie Curie

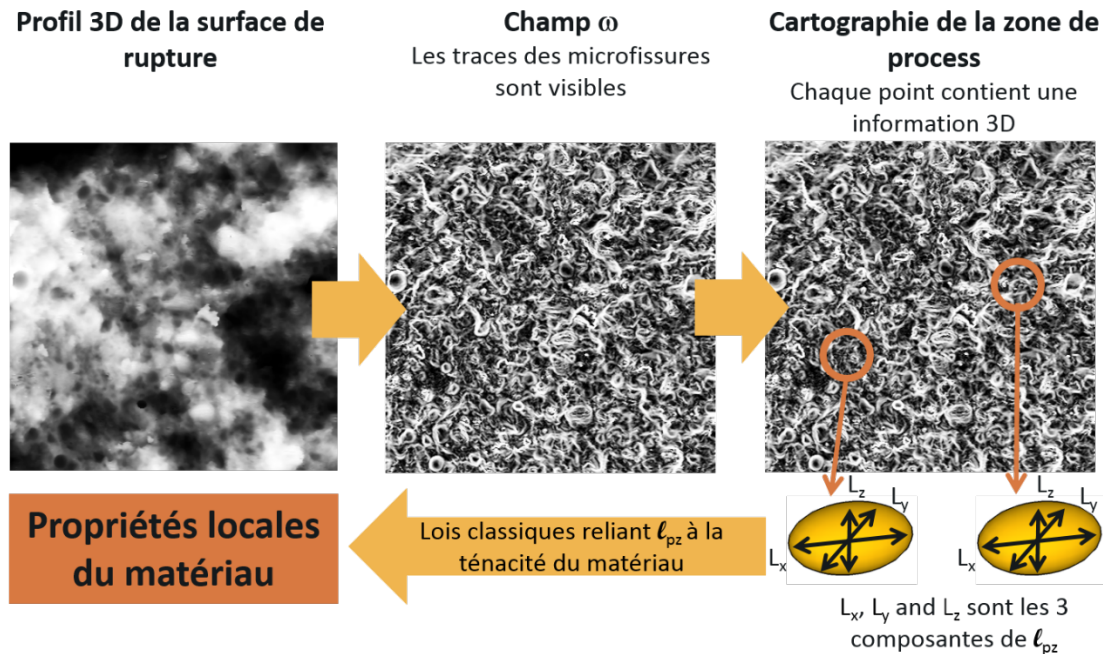


Figure : De la morphologie des faciès de rupture aux propriétés de rupture des matériaux: un traitement statistique breveté<sup>1</sup> mis au point par un des futurs encadrants permet de révéler les mécanismes d'endommagement mis en jeu au cours de la fissuration, ouvrant ainsi la voie à une caractérisation post-mortem des propriétés de rupture des solides.

Les surfaces de rupture sont semblables à la pierre de Rosette: elles révèlent des informations précieuses sur la rupture des solides à condition qu'on sache les déchiffrer.

Récemment, ce verrou scientifique a pu être levé grâce à un algorithme basé sur les propriétés géométriques fractales des surfaces de rupture (cf. Figure).<sup>1</sup> Cette méthode fractographique s'appuie sur un nouveau paradigme en mécanique de la rupture:<sup>2</sup> les fissures à l'origine de la rupture des pièces se propagent à petite échelle à travers un processus de coalescence d'endommagement, et non pas de façon continue comme longtemps admis. Cette technologie permet, à partir d'une simple mesure de la topographie des faciès, de mesurer la taille caractéristique  $\ell_{pz}$  de ces processus d'endommagement, dont peuvent être déduites de nombreuses quantités d'intérêts telles que:

- les propriétés mécaniques intrinsèques du matériau comme sa ténacité qui caractérise sa capacité à résister à la propagation des fissures ;

<sup>1</sup> Vernède S. et Ponson L. Procédé de caractérisation du mécanisme de rupture de fissuration d'une pièce à partir de sa surface de rupture. Brevet français n°1459525 déposé en octobre 2014, et étendu à l'international en 2017.

<sup>2</sup> Vernède S., Ponson L. et Bouchaud J. P. Turbulent fracture surfaces: A footprint of damage percolation. *Physical Review Letters* **114**, 215501 (2015).

- l'historique de la rupture de la pièce étudiée, comme la direction et la vitesse locale de fissuration ou encore le chargement appliqué au moment de la rupture.

Cette invention est extrêmement versatile et s'applique aux matériaux les plus couramment utilisés dans l'industrie comme les alliages métalliques, les mortiers ou les céramiques.<sup>2</sup> Parmi les nombreux domaines d'application, l'analyse de défaillance est un domaine privilégié car l'invention permet de remonter aux causes racines de la rupture, permettant de se prémunir ainsi de futures défaillances. Toutefois, la méthode brevetée ne fournit pas directement les quantités d'intérêt que sont par exemple la ténacité ou la vitesse de fissure. Une étape supplémentaire, appelée calibration, est nécessaire. Celle-ci permet de traduire les quantités extraites des faciès comme la taille  $\ell_{pz}$  de la zone endommagée en grandeurs mécaniques. Le premier objectif de cette thèse vise à développer des méthodes de calibration efficaces, fiables et peu coûteuses. Ce projet sera réalisé en collaboration avec le CETIM qui procédera à une caractérisation des matériaux étudiés à travers des tests mécaniques traditionnelles, permettant ainsi de valider les méthodes de calibration développées au cours de cette étude.

Le deuxième objectif de cette thèse est de mieux appréhender l'effet des bruits de mesure générés lors de l'acquisition des relevés topographiques sur les performances de la technologie. Comme toute mesure expérimentale, les méthodes de profilométrie sont imparfaites. D'une part, elles ont une résolution spatiale finie. D'autre part, certains points du faciès ne sont pas résolus et doivent être interpolés afin de mettre en œuvre la méthode d'analyse statistique. L'effet de ces biais expérimentaux sur la mesure de la taille  $\ell_{pz}$  de la zone endommagée et donc in fine sur les grandeurs mécaniques prédites sont encore mal compris. Le second volet de cette thèse portera donc sur les aspects métrologiques de la technologie et son implémentation fiable et robuste selon la méthode profilométrique utilisée. Cette étude sera réalisée notamment à partir d'un profilomètre interférométrique mis à disposition du futur doctorant. A moyen terme, cette étude permettra la mise en œuvre de la technologie à partir de scanner déployables sur site, alors que celle-ci est aujourd'hui limitée à des profilomètres haute résolution nécessitant une installation en laboratoire.

L'objet de cette thèse est donc de développer des briques technologiques permettant d'accélérer l'industrialisation de l'invention. Ce projet s'articulera autour de deux thématiques : l'une technologique et l'autre entrepreneuriale. La thèse sera fortement marquée par l'aspect entrepreneurial. Intégré dans une équipe dynamique, le doctorant évoluera dans un contexte de start-up au contact des besoins industriels.

Cette thèse est une opportunité unique de recherche dans un domaine de la mécanique-physique des matériaux en pleine expansion et dont les applications industrielles sont nombreuses. En rejoignant Tortoise, le doctorant rejoindra une jeune entreprise dynamique et portée par l'innovation.