

SUJET DE THESE 2024-2027

Titre : Complémentarité essai-calcul pour la prévision de durée de vie des matériaux par émission acoustique.

Etablissement de préparation de la thèse : [MATEIS](#), INSA Lyon

Date de début de la thèse : 01/10/2024

Date limite de candidature : 04/04/2024

Profil et compétences recherchées : Formation en mécanique des matériaux, mécanique expérimentale (essais mécanique, éprouvettes entaillées, suivi par contrôle non destructif), modélisation mécanique, simulation par éléments finis, Machine Learning et intelligence artificielle

Contacts : Candidature (CV) à envoyer à S. Deschanel, N. Godin, A. Doitrand
stephanie.deschanel@insa-lyon.fr, nathalie.godin@insa-lyon.fr, aurelien.doitrand@insa-lyon.fr

Mots clés : Mécanique de la Rupture, Emission acoustique, Intelligence artificielle, Simulations par éléments finis, Mécanique expérimentale, Pronostic de durée de vie

Descriptif : Le projet de thèse proposé vise à une meilleure compréhension des signaux acoustiques [1,2] émis lors de l'amorçage ou de la propagation de fissure dans divers matériaux (par exemple composites, métalliques, polymères). L'approche proposée sera basée sur un fort dialogue entre expériences et simulation numérique qui impliquera à la fois l'amorçage, la propagation de fissures et l'étude de l'émission acoustique qui en résulte.

Des expériences multi-instrumentées (capteurs d'émission acoustique, caméra rapide, corrélation d'images numériques) conduisant à une propagation stable de la fissure après l'amorçage seront mises en place et couplées à différentes approches de modélisation de la rupture [3,4] telles que le critère couplé, les modèles de zone cohésive ou le champ de phase pour la rupture. Une confrontation de ces différentes approches est envisagée afin d'évaluer l'influence de la modélisation de la source d'émission acoustique sur les signaux mesurés (Figure 1).

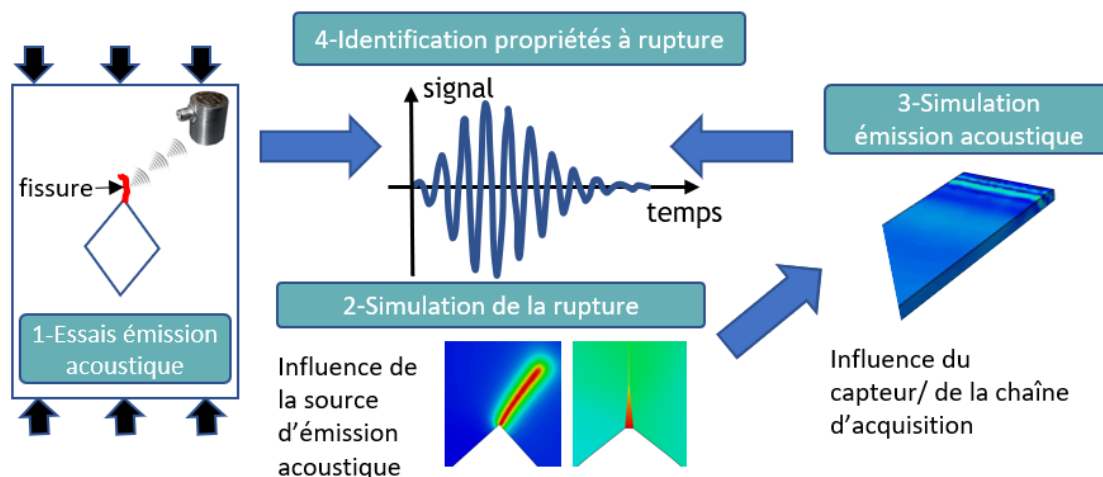


Figure 1 : schéma descriptif de l'approche proposée.

La simulation de l'émission acoustique sera ensuite réalisée depuis la source jusqu'au signal final en tenant compte de toute la chaîne d'acquisition d'émission acoustique. Les signaux d'émission acoustique obtenus numériquement et expérimentalement seront confrontés dans le but d'une meilleure compréhension du lien entre la source, le milieu de propagation et les conditions d'acquisition. Cela visera à optimiser l'instrumentation d'émission acoustique lors des essais de rupture, et à dépasser l'objectif classique de suivi de l'endommagement par émission acoustique.

L'approche combinée de caractérisation et de simulation numérique mise en place sera utilisée comme un outil pour identifier les propriétés à rupture telles que le taux de restitution d'énergie critique ou la résistance en traction et en cisaillement. Les résultats de modélisation ainsi obtenus seront ensuite utilisés pour produire des données permettant d'entraîner un réseau de neurones (apprentissage supervisé) et ainsi d'obtenir une classification fiable à partir des caractéristiques des signaux connus (descripteurs temporels et fréquentiels tels que l'amplitude, le barycentre fréquentiel par exemple) dans des cas où plusieurs sources d'émission acoustique sont présentes. Coupler les mesures expérimentales et les simulations numériques permettra de mettre en place des approches systématiques de prévisions de durée de vie des matériaux étudiés.

Programme de recherche :

Le programme de recherche couvrira à la fois des aspects expérimentaux et numériques dont la proportion pourra être adaptée en fonction du profil du/de la candidat(e). Il comprendra notamment :

- Réalisation d'essais de rupture pour des configurations où la fissuration est successivement abrupte (amorçage) puis stable (propagation), instrumentés avec un suivi des champs de déplacement et d'émission acoustique [1].
- Mise en place, apprentissage et utilisation de modèles à réseau de neurones pour la classification de mécanismes d'endommagement et la prévision de la durée de vie.
- Simulation numérique des essais de rupture [3,4] pour prévoir l'amorçage et la propagation de fissures.
- Simulation numérique de la propagation des ondes associées aux mécanismes de rupture jusqu'au capteurs d'émission acoustique et confrontations par identification inverse avec les mesures expérimentales.
- Mise en place d'approches d'identification inverse de propriétés à rupture.
- Mise en place de bibliothèques hybrides de signaux d'émission acoustique.

Références bibliographiques :

- [1] Anastassopoulos A, Philippidis T. Clustering methodology for the evaluation of acoustic emission from composites, **Journal of Acoustic Emission** 1995, [https://doi.org/10.1016/s0963-8695\(97\)85511-9](https://doi.org/10.1016/s0963-8695(97)85511-9).
- [2] Godin N, Reynaud P, Fantozzi G. Challenges and Limitations in the Identification of Acoustic Emission Signature of Damage Mechanisms in Composites Materials. **Applied Sciences** 2018, <https://doi.org/10.3390/app8081267>.
- [3] Doitrand A, Leguillon D, Estevez R. Comparison between cohesive zone and coupled criterion modeling of crack initiation in rhombus hole specimens under quasi-static compression. **Theoretical and Applied Fracture Mechanics** 2019, <https://doi.org/10.1016/j.tafmec.2018.11.007>.
- [4] Bourdin B, Francfort G, Marigo JJ, Numerical experiments in revisited brittle fracture, **Journal of the Mechanics and Physics of Solids** 2000, [https://doi.org/10.1016/S0022-5096\(99\)00028-9](https://doi.org/10.1016/S0022-5096(99)00028-9).