

Séminaire



LABORATOIRE de MÉCANIQUE et GÉNIE CIVIL

Mhadji Abdoussalam

ENSMA (Poitiers)

jeudi 18 décembre 2025
14:00 – 15:30

Bat.2 - 860, rue de Saint Priest
Salle 169

« Développement d'un modèle à gradient d'endommagement pour la simulation du couplage thermique-mécanique : application à la dégradation des matériaux composites »

Résumé

L'utilisation de matériaux composites est courante dans les structures où la réduction de poids est essentielle, tout en maintenant des propriétés de rigidité et de résistance élevées.

Cependant, ces matériaux sont inflammables, ce qui augmente les risques d'incendie. Il est généralement observé qu'un flux de chaleur provoque la transformation du matériau composite sain en charbon, ce qui entraîne une dégradation de ses propriétés mécaniques et une modification de ses propriétés thermiques initiales. Cependant, l'influence de l'hétérogénéité microstructurale sur la dégradation thermique, ainsi que le couplage entre cette dégradation et l'endommagement mécanique, demeurent peu étudiés dans la littérature.

L'objectif de cette étude est d'analyser l'impact des mécanismes de dégradation, à la fois mécaniques et thermiques, sur différents phénomènes physiques tels que le transfert de chaleur, la décomposition thermique et la fissuration. Le but est de simuler l'interaction entre les différents modes de dégradation et leurs cinétiques, afin d'évaluer leur influence réciproque sur le comportement du matériau à l'échelle de la microstructure. Pour ce faire, une approche thermodynamique rigoureuse est adoptée, visant à introduire les variables internes correspondant à chaque phénomène physique, ainsi que leurs gradients. Cette démarche de modélisation associe deux approches : d'une part, un modèle à gradient de type champ de phase est employé pour décrire la dégradation thermique, évoluant selon une loi d'Arrhenius.

Ce modèle permet de représenter avec précision l'interface entre les zones dégradées et intactes, tout en intégrant des informations liées à l'hétérogénéité de la microstructure et en suivant la propagation du front de décomposition, influencée par la morphologie. De plus, une étude expérimentale menée au sein du laboratoire a validé cette approche de modélisation, démontrant sa capacité à représenter de manière fidèle les phénomènes observés, notamment en ce qui concerne l'influence des variations microstructurales sur la dégradation des matériaux. D'autre part, un modèle à gradient d'endommagement basé sur le principe des puissances virtuelles distingue les forces thermodynamiques associées au processus réversible dérivant de l'énergie libre et les forces thermodynamiques associées au processus irréversible qui dérive cette fois du potentiel de dissipation. Ce choix de modélisation permet d'éviter les problèmes de localisation de l'endommagement et la dépendance au maillage. En couplant ces deux approches, il est possible de simuler l'interaction entre l'endommagement mécanique et la dégradation thermique du matériau. Les résultats montrent, d'une part, que les zones transformées en charbon deviennent des régions où l'endommagement et la fissuration s'initient facilement en raison de la dégradation des propriétés mécaniques. D'autre part, les zones endommagées ou fissurées agissent comme une barrière thermique, retardant la propagation de la chaleur. En effet, la présence de fissures réduit la conductivité thermique dans ces zones, limitant ainsi l'avancée du front thermique.