

## Invitation à la soutenance de thèse

### Analyse de la réponse sous impact des stratifiés composites par virtual testing : difficultés et influence des effets de vitesse

Maxime POULIQUEN

**9 juin 2023 – 14h00**  
ONERA Lille – Salle Kampé de Fériet

#### Devant le jury composé de :

<b>Emmanuelle Abisset-Chavanne</b>	Rapporteur, Professeure, ENSAM
<b>Christophe Bouvet</b>	Rapporteur, Professeur, ISAE-SUPAERO
<b>Pedro Camanho</b>	Examineur, Professeur, Université de Porto
<b>Frederic Laurin</b>	Examineur, Ingénieur de Recherche HDR, ONERA
<b>Olivier Allix</b>	Directeur, Professeur émérite, ENS Paris-Saclay
<b>Roland Ortiz</b>	Coencadrant, Ingénieur de Recherche, ONERA
<b>Juan Pedro Berro Ramirez</b>	Coencadrant, PhD, Technical Director France, Altair Engineering

#### Résumé

Les composites stratifiés sont, aujourd'hui, largement utilisés dans les structures aéronautiques, en raison de leurs propriétés spécifiques et de leur faible masse volumique. Cependant, la complexité de leur réponse, en particulier pour des sollicitations d'impact, conduit à la réalisation d'un grand nombre d'essais pour leur certification.

Pour diminuer les coûts induits, le concept de virtual testing s'est imposé. L'enjeu du virtual testing est, à partir de modèles intégrant la physique, de pouvoir remplacer les essais à grande échelle les plus coûteux, par des simulations numériques. Cette stratégie n'est pas aujourd'hui mature, en raison, notamment, de la complexité des phénomènes mis en jeu à petite échelle (difficiles à modéliser et très coûteux à simuler), et, dans le cas des chargements d'impacts, à la méconnaissance de la dépendance à la vitesse de sollicitation des matériaux utilisés. C'est sur cette problématique que se sont concentrés les travaux conduits dans cette thèse, où différents aspects de la modélisation des stratifiés composites soumis à des sollicitations d'impact ont été étudiés. Pour cela, un modèle numérique, adapté à la représentation de la propagation des endommagements sous sollicitation d'impact a été développé. L'influence des effets de vitesse sur le comportement des plis, a ensuite été étudiée lors de simulations d'impacts à différentes vitesses, et sur différentes stratifications, permettant de mettre en évidence leur influence sur les endommagements. En raison d'un manque de consensus dans la littérature, un des aspects les plus ouverts concerne la sensibilité du délaminage à la vitesse de sollicitation. La thèse s'est concentrée sur deux aspects. Le premier concerne la question d'une modélisation correcte des

effets de vitesse pour des chargements à vitesse variable. Le second, sur la proposition d'un modèle qui respecte les informations expérimentales qui nous ont parues les plus robustes concernant le délaminage. Une comparaison entre les résultats des simulations et des essais expérimentaux a permis de démontrer l'importance (i) d'une modélisation discrète de la rupture dans les plis du stratifié et (ii) du couplage entre les endommagements des plis et des interfaces. Enfin, une stratégie de chaînage de simulation, essais d'impact – essai de compression après impact dans un code industriel a été présentée, facilitant ainsi l'étude de la tenue résiduelle des stratifiés composites soumis aux impacts.

### **Mots clés**

Simulation numérique, Modèles cohésifs, Délaminage, Effets de vitesse