

## Avis de Soutenance

Madame Imane BOUHALI

Sciences et Technologies Industrielles

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

*Conception d'une architecture multi-physique pour un jumeau numérique d'un banc de test de siège passager avion*

dirigés par Monsieur Frédéric KRATZ et Monsieur Jean-Yves CHOLEY

Ecole doctorale : Mathématiques, Informatique, Physique Théorique et Ingénierie des Systèmes - MIPTIS

Unité de recherche : PRISME - Laboratoire Pluridisciplinaire de Recherche en Ingénierie des Systèmes et Mécanique Energétique

Soutenance prévue le **mercredi 09 juillet 2025** à 9h30

Lieu : INSA Centre Val de Loire campus de Bourges 88 BD Lahitolle CS 60013 18022 BOURGES CEDEX

Salle : Amphi Papillon

### Composition du jury proposé

M. Frédéric KRATZ	INSA Centre Val de Loire	Directeur de thèse
M. Gregory FARAUT	ENS Paris Saclay	Rapporteur
M. Vincent CHAPURLAT	IMT Mines Alès	Rapporteur
M. Jean-Yves CHOLEY	ISAE-Supméca	Co-directeur de thèse
M. Vincent IDASIAK	INSA Centre Val de Loire	Co-encadrant de thèse
Mme Faïda MHENNI	ISAE-Supméca	Co-encadrante de thèse
Mme Claude BARON	INSA Toulouse	Examinatrice
Mme Pascale MARANGE	Université Lorraine	Examinatrice
M. Jacques MARTINEZ	Safran Seats	Invité
M. Luca PALLADINO	Safran Seats	Invité

**Mots-clés :** Jumeau numérique, multi-physique, banc de test, Architecture,

### Résumé :

L'avènement des systèmes mécatroniques intelligents, tels que les sièges de classe affaires d'avion, nécessite de nouvelles approches appliquées pendant le processus de développement pour gérer leur complexité multidisciplinaire croissante. Les approches traditionnelles, souvent monodisciplinaires et séquentielles, n'adressent pas les défis posés par ces systèmes, notamment en ce qui concerne l'intégration étroite des composants mécaniques, électroniques, et informatiques, à des fins liées au test préalable des systèmes en cours de développement. L'intégration de la simulation virtuelle dans le processus de développement représente une avancée majeure. Elle permet de tester virtuellement les systèmes avant la fabrication physique, offrant ainsi une meilleure compréhension des interactions et des performances potentielles. Le jumeau numérique va au-delà de la simulation classique en offrant une amélioration significative. Il fournit une représentation virtuelle précise et dynamique du système physique, synchronisée en temps réel. Contrairement aux modèles de simulation qui reposent sur des hypothèses et approximations théoriques, le jumeau numérique intègre des données réelles provenant du système physique, ce qui améliore la précision des analyses et des simulations. Il facilite l'anticipation des tests et l'optimisation du développement avant même la fabrication des prototypes physiques, réduisant ainsi les itérations coûteuses et les délais associés aux vérifications tardives. Cette thèse propose une méthodologie intégrant le jumeau numérique d'un banc de test générique et modulaire dans le processus de développement des sièges d'avion. Ce banc de test représente une plateforme multi-cinématique, suffisamment représentative de la multiplicité des sièges affaires d'avion. En utilisant des notions avancées d'architecture système, l'Ingénierie Systèmes Basée sur les Modèles (ISBM) offre une conception détaillée du jumeau numérique au travers des vues opérationnelles, fonctionnelles et physiques, simplifiant par la suite son implémentation en vue de l'anticipation des tests de vérification et validation du système. Cela permet de réduire les coûts et les délais liés aux cycles de vérification et validation, et également d'optimiser le développement des produits grâce à des analyses basées sur des données représentatives. Les objectifs principaux de cette thèse incluent la conception et la validation de l'architecture du jumeau numérique, l'intégration du jumeau numérique dans le processus de test au cours du développement des systèmes, et la mise en place des méthodologies menant l'utilisation du jumeau numérique pendant le processus de développement.