

CONTRAT DE CHERCHEUR POST-DOCTORAL

Titre: Jumeaux hybrides pour le contrôle santé de structures intelligentes multimatériaux

Laboratoire et groupe de recherche: [PIMM](#) / équipe DYSCO

Encadrement et contacts: Nazih Mechbal (nazih.mechbal@ensam.eu), Eric Monteiro (eric.monteiro@ensam.eu) et Marc Rébillat (marc.rebillat@ensam.eu):

Financement: Projet [MORPHO](#) (EU H2020)– “Embedded Life-Cycle Management for Smart Multimaterials Structures: Application to Engine Components”.

Date de démarrage : 1^{er} semestre 2022

Durée : 18 à 24 mois

Description du sujet

Contexte :

Les matériaux hybrides ont récemment gagné en attention et en intérêt pour la conception de moteurs dédiés à l'aéronautique. Le corps central des aubes de soufflante de certains moteurs actuels est composé d'un matériau composite tissé en 3D tandis que le bord d'attaque est constitué de titane. Ces composants complexes à haute valeur ajoutée sont soumis à des conditions opérationnelles difficiles notamment en termes de température, vibrations, fatigue et impacts d'oiseaux. Surveiller leur état structurel de manière robuste et automatisée est un défi important dans leur développement et leur exploitation.

En outre, doter la structure de capacités cognitives (via des données provenant de capteurs et de modèles numériques) implique d'y inclure stratégiquement des capteurs. Ces capteurs peuvent alors permettre de surveiller l'état de santé de la structure tout au long de sa durée de vie et de pousser vers une philosophie de “*fabrication écologique durable*” promue par les industriels de l'aéronautique, en développant des concepts originaux de désassemblage, de réutilisation, et de recyclage.

Le jumeau numérique est défini comme un modèle de simulation multi-physique standard. Le concept de jumeau hybride¹ va bien au-delà du jumeau numérique, en combinant des modèles basés sur la physique et des modèles basés sur les données. Il fait appel à des techniques de réduction de l'ordre des modèles (MOR – « *Model Order Reduction* ») (également appelées modèles de substitution) pour résoudre en temps réel des modèles basés sur la physique qui ont été calibrés à l'aide de données provenant de capteurs physiques et de modèles basés sur les données (estimations et approches par apprentissage automatique) utilisés pour corriger toute déviation ou inadéquation observée entre les données et la prédiction réalisée par le jumeau hybride. Les données fournies par les capteurs imprimés et embarqués sur la structure intelligente sont ainsi transmises en temps réel au jumeau hybride qui s'adapte en ligne pendant tout son cycle de vie.

Ce poste fait partie du projet H2020 MORPHO dont l'objectif global est de permettre la fabrication, la maintenance et le recyclage efficaces, rentables et respectueux de l'environnement de ces aubes de moteur intelligentes de nouvelle génération. Le consortium MORPHO est composé de multiples partenaires issus de plusieurs universités et entreprises européennes et une collaboration étroite avec eux est attendue.

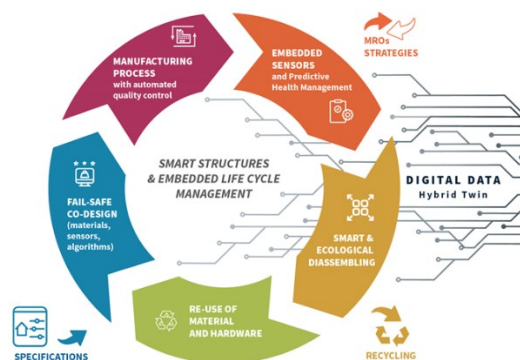


Fig. 1: Concept général du projet MORPHO

¹ Chinesta, F., Cueto, E., Abisset-Chavanne, E. et al. Virtual, Digital and Hybrid Twins: A New Paradigm in Data-Based Engineering and Engineered Data. *Arch. Comput. Methods Eng.*, 27, 105–134 (2020).

Objectifs et travaux de recherche :

Le candidat sera chargé de développer un jumeau hybride fusionnant des modèles basés sur la physique et des modèles basés sur les données afin de surveiller la durée de vie en service d'une pale de moteur aéronautique intelligente. Le suivi en temps réel et de manière autonome de l'état de santé des structures est appelé contrôle santé des structures (SHM). Le **SHM** se décompose en 4 étapes, à savoir la détection de dommages, leur localisation, leur classification et leur quantification. L'apprentissage automatique par transfert (ou **Transfer learning**²) est un outil de plus en plus utilisé en SHM du fait de son efficacité en termes de classification et de prédiction basée sur les données. Il permet d'apprendre sur une structure (ou son jumeau numérique) et de diagnostiquer une autre structure similaire³.

En plus des capteurs FBG (Fiber Bragg Gratings) qui seront intégrés à la structure intelligente lors du processus de fabrication RTM, la structure hybride sera équipée de capteurs imprimés (PZT, température ou humidité). Les données générées seront ensuite utilisées à des fins de numérisation et pour alimenter des algorithmes robustes de SHM^{4,5}, qui seront élaborés pour prédire la durée de vie restante (RUL) de la structure.

Parmi les principaux objectifs, nous pouvons souligner les suivants :

- Élaborer une plateforme interactive de **jumeaux hybrides** permettant de fournir un retour d'information concernant les spécifications afin d'évaluer les performances des pales de moteur intelligentes.
- Développer des **algorithmes** spécifiques au SHM utilisant l'apprentissage par transfert.
- Quantifier les performances des pales de moteur intelligentes dans leur environnement en développant un modèle paramétrique réduit de pale qui sera inclus dans les outils de simulation de systèmes complexes.

Profil recherché

Vous êtes titulaire d'un doctorat en génie mécanique avec une composante traitement du signal, analyse statistique multivariée ou apprentissage automatique. Vous pouvez également être titulaire d'une thèse en génie électrique, en traitement du signal ou en apprentissage automatique ayant des liens avec le domaine du génie mécanique. Nous attendons un intérêt manifeste pour les activités numériques et la gestion de projets industriels.

Les candidats intéressés doivent envoyer à **M. Monteiro** (eric.monteiro@ensam.eu) un dossier de candidature contenant :

- 1) une lettre de motivation personnelle (max. 1 page A4) décrivant pourquoi vous postulez et comment le poste s'inscrit dans votre plan de carrière,
- 2) un CV complet montrant comment votre profil correspond aux exigences (4 pages maximum),
- 3) une copie électronique de votre mémoire de doctorat
- 4) des lettres de recommandation
- 5) une liste de personnes de référence que nous pouvons contacter.

² S.J. Pan and Q. Yang. "A survey on transfer learning", *IEEE Trans. on Knowledge and Data Eng.*, 22:1, 2010.

³ P.Gardner, L.A. Bull, N.Dervilis & K. Worden. "On the application of kernelised Bayesian transfer learning to population-based structural health monitoring", *MSSP journal*, 2022

⁴ M Rebillat & N Mechbal, "Damage localization in geometrically complex aeronautic structures using canonical polyadic decomposition of Lamb wave difference signal tensors", *Structural Health Monitoring journal* 19 (1), 305-321, 2019.

⁵ A. Rahbari, M. Rébillat, N. Mechbal and S. Canu, "Unsupervised damage clustering in complex aeronautical composite structures monitored by Lamb waves: An inductive approach", *Eng. Applications of Artificial Intelligence*, vol. 97, 2021