



Développement d'un processus numérique pour le démantèlement assisté par IA et réalité mixte de produits industriels complexes : application aux petits aéronefs

Résumé du sujet :

Dans un contexte de transition vers une économie circulaire et de montée en puissance du recyclage des aéronefs, cette thèse vise à concevoir un processus numérique innovant pour le **démantèlement assisté de produits industriels complexes**. Dans nombre de cas, le produit n'est pas accompagné de données numériques complètes.

Le travail portera sur la proposition d'une méthodologie complète et outillée qui permettra d'identifier les zones d'intérêt du point de vue désassemblage en listant l'ensemble des composants démontables et qui présentent une valeur pour le réemploi ou le recyclage. Le travail pourra s'appuyer par exemple sur l'intégration de technologies telles que la **numérisation 3D**, l'**intelligence artificielle (IA)** pour la reconnaissance de composants, et la **réalité mixte (RM)** pour l'assistance à l'opérateur. Il sera primordial de mettre un fort accent sur la **traçabilité** des pièces valorisables. L'usage et la problématique de la **formation des opérateurs à la méthodologie outillée** feront partie du périmètre de l'étude.

L'objectif est de développer une chaîne numérique complète, depuis la capture 3D jusqu'à l'aide au démontage par outils immersifs, capable de s'adapter à la diversité des modèles et au niveau d'expertise des opérateurs, afin de les guider dans les opérations de démontage.

Le processus inclura aussi un volet de **formation en environnement virtuel**, via un démonstrateur. Des phases de test avec des opérateurs permettront d'ajuster et valider les propositions.

L'application s'appuiera sur des partenariats industriels du laboratoire en lien avec le démantèlement, notamment de petits aéronefs mais aussi d'autres produits manufacturés complexes, comme les batteries de véhicules électriques par exemple.

Objectifs scientifiques et techniques :

- Définir une méthodologie de numérisation et d'analyse 3D d'un produit assez volumineux, destiné au démantèlement.
- Concevoir des algorithmes d'IA pour la reconnaissance (semi-)automatique des composants.
- Proposer l'usage de la réalité mixte pour l'assistance au démontage, en développant un outil adaptable à l'expérience de l'opérateur.
- Intégrer un module de traçabilité des composants valorisables pour leur réutilisation.
- Concevoir un environnement immersif de formation basé sur les outils développés.

Environnement scientifique :

Le doctorant ou la doctorante évoluera à l'interface entre **génie industriel**, **informatique appliquée à la 3D**, **interaction homme-machine**, et **réalité mixte**, en lien étroit avec un partenaire industriel. Le projet est fortement ancré dans une dynamique d'innovation et de transfert vers le terrain.

Au laboratoire, une plateforme technologique comportant divers systèmes et logiciels de XR, pourra être utilisée par le doctorant ou la doctorante, pour se familiariser avec les technologies et tester des scénarios.

Profil recherché :

Master ou élève ingénieur, en génie mécanique/industriel, informatique, réalité virtuelle/mixte, ou disciplines connexes. Des compétences en traitement 3D, apprentissage automatique ou ergonomie numérique seront un plus. Intérêt pour l'industrie aéronautique et les technologies immersives requis.

Equipe d'accueil :

Le Département IMC s'intéresse aux activités de conception en intégrant l'ensemble des phases de vie du produit. Il développe des méthodes et outils pour accompagner la prise de décision. Il a pour objectifs de réduire les risques décisionnels en conception, d'optimiser les choix en conception préliminaire et de développer des approches de conception robuste.

Il se structure en trois groupes thématiques :

GT1 : Méthodes de conception

GT2 : Analyse et modélisation des comportements

GT3 : Calcul scientifique pour la simulation et l'optimisation

Le travail de thèse se déroulera au sein du GT1 qui travaille sur la formalisation des connaissances intrinsèquement hétérogènes, l'intégration du multi physique, l'intégration du multi échelle, la prise en compte de l'Économie Circulaire et l'interaction homme – systèmes.

Les activités du groupe de recherche s'appuient sur une forte expérience et une maturité importante dans la modélisation des systèmes complexes dans des environnements à fortes variabilités, et dans l'usage des technologies XR dans un contexte d'ingénierie.

Contacts :

jerome.pailhes@ensam.eu; dominique.scaravetti@ensam.eu; nicolas.perry@ensam.eu

Lieu de réalisation de la thèse :

Laboratoire I2M, site ENSAM département IMC, Esplanade d'Arts et Métiers 33405 Talence Cédex

Rémunération (contrat de 36 mois)

2300€/bruts par mois

Contexte de financement de projet :

-Solutions pour l'industrie du futur, projet *ReclasIF*

-Compétences et Métiers d'avenir (CMA) : projet avion décarboné *PEGASE*



Development of a digital process for AI and Mixed Reality-assisted dismantling of complex industrial products: application to small aircraft

Summary of the subject:

In a context of transition towards a circular economy and the rise of aircraft recycling, this thesis aims to design an innovative digital process for the **assisted dismantling of complex industrial products**. In many cases, complete digital data of the product are not available.

The work will focus on the proposal of a complete and equipped methodology, that will identify areas of interest for disassembly, by listing all the removable components that have value for reuse or recycling. The work may rely, for example, on the integration of technologies such as **3D scanning**, **artificial intelligence (AI)** for component recognition, and **mixed reality (MR)** for operator assistance. It will be essential to place a strong emphasis on the **traceability** of recyclable parts. Usage and issue of **training operators in the equipped methodology** will be part of the scope of the study.

The objective is to develop a complete digital chain, from 3D capture to disassembly assistance using immersive tools, capable of adapting to the diversity of models and the level of operators' expertise, in order to guide them in disassembly operations.

The process will also include a training component **in a virtual environment**, via a demonstrator. Test phases with operators will allow the proposals to be adjusted and validated.

The application will rely on the laboratory's industrial partnerships related to dismantling, particularly of small aircraft but also of other complex manufactured products, such as electric vehicle batteries for example.

Scientific and technical objectives:

- Define a methodology for 3D scanning and analysis of a fairly large product intended for dismantling.
- Design AI algorithms for (semi-)automatic component recognition.
- Propose the use of mixed reality for dismantling assistance, by developing a tool adaptable to the operator's experience.
- Integrate a module for traceability of recoverable components for their reuse.
- Design an immersive training environment based on the developed tools.

Scientific environment:

The PhD student will work at the interface between **industrial engineering**, **3D computing**, **human-machine interaction** and **mixed reality**, in close collaboration with an industrial partner. The project is strongly anchored in a dynamic of innovation and transfer to the field.

Within the I2M laboratory, a technological platform comprising different XR systems and software can be used by the student to familiarize with the technologies and to test scenarios.

Profile sought:

Master's degree or engineering student in mechanical/industrial engineering, computer science, virtual/mixed reality, or related disciplines. Skills in 3D processing, machine learning, or digital ergonomics would be a plus. Interest in the aeronautics industry and immersive technologies is required.

Reception team:

The IMC Department focuses on design activities by integrating all phases of a product's life cycle. It develops methods and tools to support decision-making. Its objectives are to reduce decision-making risks in design, optimize choices in preliminary design, and develop robust design approaches.

It is structured into three thematic groups:

GT1: Design methods

GT2: Analysis and modeling of behaviors

GT3: Scientific computing for simulation and optimization

The thesis work will take place within GT1 which works on the formalization of intrinsically heterogeneous knowledge, the integration of multi-physics, the integration of multi-scale, the consideration of the Circular Economy and human-systems interaction.

The research group's activities are based on extensive experience and significant maturity in the modeling of complex systems in environments with high variability, and in the use of XR technologies in an engineering context.

Contacts:

jerome.pailhes@ensam.eu ; dominique.scaravetti@ensam.eu; nicolas.perry@ensam.eu

Place of completion of the thesis:

I2M Laboratory, ENSAM site, IMC department, Esplanade d'Arts et Métiers 33405 Talence Cedex FRANCE

Remuneration (36-month contract)

2300€/gross per month

Project financing context:

- Solutions for the industry of the future, *ReclasSIF project*
- Compétences et Métiers d'avenir (CMA), *PEGASE low-carbon aircra*