

Offre de thèse en génie industriel

Développement d'une méthodologie de co-conception produit-process pour les turbomachines du futur



LIEBHERR

Dates importantes

- * Envoi des dossiers de candidature à partir du 29 juin 2026
- * Entretiens : courant juillet 2026
- * Démarrage de la thèse : automne 2026

Encadrement scientifique

- * Directrice de thèse :
Audrey Abi Akle, Enseignante-Chercheuse, ESTIA
- * Co-encadrant :
Laurent Terrenoir, Enseignant-Chercheur, ESTIA

Contacts

a.abiakle@estia.fr
laurent.terrenoir@estia.fr
+33 5 59 43 85 31

Contrat

CDD de 36 mois avec rémunération brute annuelle de 27 740 €.

Localisation

Le poste sera localisé à ESTIA-Recherche (Bidart, 64).

Déplacements fréquents dont certains de longue durée (≈ 1 mois) prévus à Toulouse.

Contexte général

L'industrie aéronautique fait face à deux défis majeurs : la production de l'avion du futur, décarboné, couplé à la montée en cadence de la production. Cela implique la reconception des produits fabriqués ainsi que des processus de fabrication et d'assemblage de manière simultanée. Dans ce contexte, ce sujet de thèse s'intéresse au développement de **méthodes de co-conception produit-process, via l'exploration de design space, pour maîtriser les performances industrielles soutenables**. Ces méthodes seront appliquées à la conception des turbomachines du futur et de leur processus de production. Cette thèse intervient dans le cadre du projet **D**igitalisation et **I**nnovation pour la **G**estion **I**ndustrielle et la **F**abrication (DIGIFAB), en partenariat avec Liebherr Aerospace.

Problématique industrielle

Le développement des turbomachines de nouvelle génération s'inscrit aujourd'hui dans un contexte de fortes mutations industrielles, technologiques et environnementales. Les exigences croissantes en matière de rendement énergétique, de réduction des émissions, de fiabilité, de durée de vie et de maîtrise des coûts conduisent les industriels à explorer des architectures produits de plus en plus complexes, intégrant de nouveaux matériaux et de nouveaux procédés de fabrication. Les changements de conception constituent ainsi un enjeu industriel majeur. Une modification locale du produit ou du système productif peut engendrer des impacts en cascade sur les performances produit, les performances industrielles, les délais de développement, les coûts de fabrication, les opérations d'assemblage ou encore les activités de qualification et de validation. Ces phénomènes de propagation sont particulièrement critiques dans le domaine des turbomachines en raison du niveau d'intégration des composants, des exigences de sûreté, du niveau élevé d'incertitude, et des fortes dépendances entre disciplines métier.

Face à ces enjeux, les industriels ont besoin de méthodes et d'outils permettant d'explorer conjointement les espaces de conception produit et système productif dès les phases amont du développement, tout en tenant compte des incertitudes et des interactions entre les différents choix de conception. Une telle approche doit permettre non seulement d'identifier des configurations techniquement et industriellement pertinentes, mais également d'anticiper les impacts potentiels des changements sur les différentes dimensions du projet.

Sujet de la thèse

Les problématiques de co-conception produit–système productif ont été largement abordées dans les approches historiques de concurrent engineering et de Design for Manufacturing and Assembly (DFMA). Les travaux fondateurs du DFMA ont notamment montré que les performances industrielles dépendent fortement des choix d’architecture produit réalisés dès les phases amont de conception (Boothroyd et al., 2010). Plusieurs revues de littérature récentes confirment que les décisions prises précocement influencent directement les coûts, les temps de développement, les opérations d’assemblage, la qualité ainsi que les performances industrielles globales (Naiju, 2018 ; Formentini et al., 2022).

Ces approches ont permis d’intégrer progressivement les contraintes de fabrication et d’assemblage dans le développement produit. Cependant, elles restent majoritairement centrées sur des logiques d’amélioration locale ou d’optimisation incrémentale. Les systèmes productifs y sont principalement considérés comme des contraintes de fabricabilité ou d’assemblabilité, plutôt que comme des espaces de conception à part entière. Plusieurs travaux récents soulignent ainsi que les approches actuelles restent insuffisantes pour traiter explicitement la conception conjointe des produits et des systèmes productifs dans des contextes industriels complexes (Battaïa et al., 2018).

D’autres contributions récentes ont cherché à intégrer plus explicitement les dimensions de fabrication et de procédés dans les approches d’exploration. Les travaux portant sur la fabrication additive montrent notamment que la complexité géométrique influence directement les performances industrielles et que certaines variables de conception ont des effets croisés importants sur le temps de fabrication, la précision ou la manufacturabilité (George & Chowdary, 2023). Ces travaux montrent que les relations entre variables produit et performances industrielles deviennent de plus en plus interdépendantes dans les procédés avancés.

En parallèle, plusieurs travaux issus du Systems Engineering ont mis en évidence les limites des approches strictement basées sur les exigences dans les phases amont de conception. Bertoni et al. (2013), à travers la méthode EVOKE, montrent que les problèmes de conception préliminaire sont fortement marqués par des informations incomplètes, des préférences évolutives et des arbitrages difficiles à formaliser. Ces travaux soulignent également que l’incertitude ne porte pas uniquement sur les valeurs des paramètres, mais également sur la fiabilité et la stabilité des connaissances disponibles.

Dans le contexte considéré, les approches de Design Space Exploration (DSE) apparaissent particulièrement pertinentes pour soutenir l’exploration progressive d’alternatives de conception et l’analyse des compromis entre performances. Elles permettent d’aborder la conception non comme une simple recherche d’optimum, mais comme un processus d’exploration et de structuration progressive d’un espace de solutions. Cependant, plusieurs verrous scientifiques ont été identifiés :

- l’exploration conjointe des espaces produit et système productif ;
- la prise en compte des effets de propagation des changements ;
- l’intégration des incertitudes liées à la maturité des connaissances et des procédés ;
- ainsi que la structuration dynamique des espaces de conception au cours du développement.

Objectifs scientifiques et programme de recherche

L’objectif général de cette thèse est donc de développer une approche de Design Space Exploration (DSE) permettant de soutenir la co-conception des produits et des systèmes productifs dans un contexte de forte incertitude, appliqué au développement des turbomachines du futur. La thèse vise à mieux comprendre, représenter et piloter les interactions entre choix de conception produit, choix d’industrialisation et performances soutenables associées, tout en intégrant les effets de propagation des changements sur l’ensemble du cycle de développement.

Les principaux objectifs de la thèse sont :

- **[O1] Cartographier les processus de conception et d'industrialisation**
- **[O2] Formaliser les connaissances métiers et les incertitudes associées**
- **[O3] Évaluer et modéliser les performances produit-process**
- **[O4] Développer un modèle d'aide à la décision basé sur le Design Space Exploration**
- **[O5] Appliquer et valider les approches développées sur des cas industriels**

Thèmes de recherche de l'équipe d'encadrement

Cette thèse s'inscrit à l'interface de plusieurs thématiques de recherche portées par l'équipe d'encadrement autour de la conception de systèmes complexes, de l'industrialisation et de l'exploration d'espaces de conception sous incertitude.

Les travaux menés dans le domaine du Design Space Exploration (DSE) (Abi Akle et al., 2019) portent sur la structuration et l'exploration d'espaces de conception dans des contextes caractérisés par de fortes interactions entre variables de décision, performances et contraintes. Ces recherches s'intéressent notamment aux mécanismes de prise de décision en phase amont, à l'analyse des compromis multicritères, à la gestion des incertitudes ainsi qu'à l'évolution des espaces de conception au cours du développement (Laguna Salvado et al., 2022). Plusieurs travaux ont également porté sur l'intégration de dimensions multiples de performance dans les processus de conception, notamment dans les domaines de l'énergie et des systèmes complexes.

En parallèle, les travaux menés autour de la soutenabilité des procédés de fabrication et des systèmes de production abordent également les enjeux liés à l'évolution des procédés industriels, à l'amélioration de l'efficacité des ressources, à la réduction des impacts environnementaux ainsi qu'à l'intégration de nouvelles exigences de durabilité dans les processus de développement et d'industrialisation (Terrenoir et al., 2025).

La complémentarité de ces travaux constitue un point d'appui pour cette thèse, qui contribuera au développement de nouvelles approches de Design Space Exploration appliquées aux problématiques de co-conception et d'industrialisation des turbomachines du futur, en s'appuyant sur des cas industriels réels définis avec Liebherr.

Mots clés

Co-conception produit process ; Performances industrielles ; Exploration du design space ; Décision sous incertitude ; Performances soutenables

Profil recherché

Formation/Expérience. De formation Bac + 5 (universitaire ou école d'ingénieurs), avec une spécialisation en génie industriel, aide à la décision ou conception (produits ou systèmes industriels, DFMA), la candidate ou le candidat devra présenter des connaissances et compétences dans une ou plusieurs des thématiques suivantes : exploration du design space, systèmes de production aéronautique, modélisation des performances soutenables, aide à la décision. De précédentes expériences professionnelles (lors de stages par exemple) en laboratoire de recherche ou en entreprise dans ces domaines seront appréciées.

Autres aptitudes. La candidate ou le candidat devra aussi être curieux, autonome et aimer interagir avec son équipe d'encadrants scientifiques et avec les autres doctorants. Étant amené à être au contact de partenaires académiques ou industriels et des étudiants de l'ESTIA dans le cadre d'activités pédagogiques, la candidate ou le candidat devra aussi faire preuve d'un bon relationnel et d'une capacité à communiquer (en langues française et anglaise) sur son projet mais aussi sur les connaissances acquises lors de son cursus.

Candidature

Le dossier de candidature doit comprendre un CV, une lettre de motivation et une lettre de recommandation à envoyer par mail à laurent.terrenoir@estia.fr à partir du 29 juin 2026. Les entretiens seront réalisés courant du mois de juillet en visio ou en présentiel.

Références

- Abi Akle, A., Yannou, B., & Minel, S. (2019). Information visualisation for efficient knowledge discovery and informed decision in design by shopping. *Journal of Engineering Design*, 30(6), 227–253.
- Battaia, O., Dolgui, A., Heragu, S. S., Meerkov, S. M., & Tiwari, M. K. (2018). “Design for manufacturing and assembly/disassembly: joint design of products and production systems.” *International Journal of Production Research*, 56(24), 7181–7189.
- Bertoni, M., Bertoni, A., & Isaksson, O. (2013). “EVOKE: A Value-Driven Concept Selection Method for Early System Design.” *Journal of Engineering Design*, 24(11), 803–824.
- Boothroyd, G., Dewhurst, P., & Knight, W. A. (2010). *Product Design for Manufacture and Assembly*. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press.
- Formentini, G., Boix Rodríguez, N., & Favi, C. (2022). “Design for manufacturing and assembly methods in the product development process of mechanical products: a systematic literature review.” *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 120, 4149–4173.
- George, N., & Chowdary, B. V. (2023). “Design Complexity as a Driver for Additive Manufacturing Process Improvement.” *Progress in Additive Manufacturing*, 8, 1167–1180.
- Laguna Salvadó, L., Villeneuve, E., Masson, D., Abi Akle, A., Bur, N. (2022). Decision Support System for technology selection based on multi-criteria ranking: Application to NZEB refurbishment, *Building and Environment*, Volume 212, 108786.
- Naiju, C. D. (2018). “DFMA for Product Designers: A Review.” *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 5(4).
- Terrenoir, L., Laguna Salvadó, L., Lartigau, J., Arjunan, A., & Merlo, C. (2026). A maturity assessment model for metal additive manufacturing: additive manufacturing readiness levels. *International Journal of Production Research*, 64(10), 3718–3735.