

## **Proposition sujet de thèse en Génie Industriel :**

**Méthode de Conception intégrée de Systèmes Produits-Services, avec configuration des chaînes de création de valeur et de leurs modèles économiques.**

**Application à la conception de systèmes interconnectés de production thermique**

**UMR de rattachement :** LIMOS, UMR CNRS 6158, Mines Saint Etienne

**Directeur de thèse :** Pr. Xavier Boucher, EMSE – Institut FAYOL.

**Co-encadrant(s):** A préciser éventuellement ultérieurement

**Ecole Doctorale :** Ecole Doctorale SIS, Ecole des Mines de Saint Etienne et Université Jean Monnet.

**Financement de la thèse :** CIFRE avec la société ELM Leblanc

**Mots clés :** Conception intégrée de systèmes, Systèmes Produits-Services (PSS), Simulation de performance, Evaluation économique, Modélisation de chaînes de création de valeur.

### **Contexte industriel**

ELM Leblanc, membre du groupe Bosch, est un acteur national et international majeur dans le domaine de la conception et fabrication de systèmes de production thermique. Dans le cadre de sa stratégie internationale d'innovation, ELM Leblanc a récemment engagé un programme de recherche sur la conception et l'industrialisation de solutions de production thermique s'appuyant sur les objets interconnectés. Il s'agit pour l'entreprise de pouvoir connecter de manière souple, modulaire et interopérable plusieurs dispositifs de chauffage / eau chaude / air froid au sein d'une même habitation (maison individuelle) ou d'un même groupement d'habitations (logements sociaux). En s'appuyant sur les technologies de l'information, ces systèmes interconnectés sont destinés à offrir de nouvelles formes de valeur ajoutée aux utilisateurs, associés à des services concernant notamment la supervision intelligente de ces solutions intégrées, leur maintenance, leur adaptabilité et évolutivité.

Cette thèse CIFRE ne cible pas les problématiques de développement technologique des systèmes thermiques interconnectés mais, de manière complémentaire, elle vise à doter l'entreprise de nouvelles capacités à concevoir et délivrer des offres de services associés à ces systèmes, en s'attachant aux problèmes de configuration des chaînes de création de valeur partenariales (collaboration avec partenaires extérieurs, notamment pour assurer le service) et de maîtrise des risques liés au partage de valeur entre les parties prenantes.

### **Problématique ciblée et objectifs de recherche**

Le sujet de recherche proposé se situe à l'intersection de deux domaines de recherche complémentaires : d'une part, la conception de systèmes interconnectés intelligents offrant de nouvelles opportunités de valeur ajoutée pour les utilisateurs ; d'autre part la configuration d'offres intégrées produits/services mettant en œuvre des chaînes de création de valeur multi-acteurs interopérables et économiquement résilientes aux incertitudes. Le sujet de recherche vise à développer une méthode d'aide à la décision destinée à maîtriser les risques liés au partage multi-acteurs de valeur, lors de la conception d'offres intégrées pour des systèmes thermiques interconnectés.

La thèse visera à développer une méthode d'aide à la conception de systèmes intégrés produits-services. La problématique de recherche a pour enjeu de mettre au point des mécanismes de régulation du partage de la valeur (plus particulièrement pour la valeur économiquement transférable) entre l'ensemble des parties prenantes d'une offre produits/services dans le domaine de la production thermique : elle visera ainsi à spécifier et expérimenter des méthodes et outils permettant, dès la conception technique du système de chaudière interconnectée, (i) d'anticiper les problématiques et difficultés de partage de valeur pour les parties prenantes, (ii) de concevoir et évaluer des scénarios alternatifs de création de valeur, (iii) de mettre au point et équilibrer les

modèles économiques multi-acteurs en vue de maîtriser les risques liées au déploiement des innovations techniques proposées.

Pour traiter cette problématique, deux types d'approches scientifiques complémentaires sont proposées : d'une part les méthodes qualitatives de 'Modélisation conceptuelle' (Karagianis et al., 2016) permettant de maîtriser la formalisation et l'implémentation de méthodes de modélisation spécifiquement dédiées à la conception de systèmes produits-services (Boucher et al., 2016); d'autre part les méthodes quantitatives de 'Simulation en contexte incertain', permettant d'analyser quantitativement (dès la conception du système) l'impact des incertitudes notamment liées aux comportements d'acteurs, au sein des chaînes de création de valeur (Chalal et al. 2015, Buxton et al., 2003). Ces deux types de méthodes scientifiques correspondent également à deux contributions majeures développées dans le travail de thèse :

- La première contribution vise à créer un formalisme et une méthode d'aide à la conception s'appuyant sur la modélisation des chaînes de création de valeur (Medini & Boucher, 2015), dédiée au contexte spécifique des systèmes de production thermiques interconnectés et réutilisable pour les différents contextes d'application de ELM Leblanc. La méthode de modélisation sera destinée à (1) capter et analyser les usages attendus d'un système à concevoir, à (2) faciliter l'analyse des opportunités de services associées et à (3) concevoir différentes alternatives de chaînes de création de valeur susceptibles de mettre en œuvre les offres intégrées produits/services identifiées. La méthode inclut de modéliser les attentes de valeur ajoutée pour l'ensemble des parties prenantes en vue d'analyser les difficultés et compromis nécessaires dans le partage de valeur multi-acteurs, puis de modéliser les différents scénarios collaboratifs possibles, pour configurer des chaînes de création de valeur répondant aux besoins.
- La seconde contribution vise à créer une démarche et une plateforme d'aide à la décision pour l'analyse des modèles économiques multi-acteurs, destinées à être utilisées par les concepteurs du système. La plateforme d'aide à la décision offrira les fonctionnalités nécessaires pour évaluer quantitativement le comportement et la résilience des modèles économiques associés à différents scénarios de chaînes de création de valeur, en prenant en compte les incertitudes liées aux comportements de la clientèle et des usagers ou bien liées à d'autres facteurs dynamiques. Cette analyse quantitative sera orientée sur la prise en compte et la modélisation des points de vue des diverses parties prenantes, en vue de maîtriser le partage multi-acteurs des risques dès les phases de conception du système.

Les méthodes 'Simulation en contexte incertain' sont très adaptées à l'analyse des performances d'offres intégrées produits/services. Elles présentent ici un double avantage : d'une part, l'approche simulateur permet de virtualiser le comportement dynamique des chaînes de création de valeurs (Phumbua et al., 2012), dont la complexité ne pourrait être représentée par d'autres approches mathématiques ; d'autre part, la représentation de l'incertain est distribuée au sein du simulateur sur un ensemble de facteurs locaux, ce qui permet d'analyser un ensemble d'interactions complexes entre les facteurs d'incertitude, dans une perspective de maîtrise anticipée des risques.

## Enjeux scientifiques et résultats industriels attendus

Plusieurs enjeux scientifiques sont traités dans le cadre de cette thèse CIFRE :

- Un enjeu d'intégration des méthodes et outils d'aide à la conception d'offres intégrées produits/services. Le manque de méthodes intégrées d'aide à la conception pour les systèmes produits/services représente un verrou actuel crucial dans ce domaine. La thèse contribuera à lever ce verrou scientifique par l'intégration entre une méthode de modélisation qualitative (allant de l'analyse des usages à la représentation des scénarios alternatifs de création de valeur) et une méthode quantitative d'évaluation des performances dédiée à anticiper le partage des risques lors de la mise en place des chaînes de création de valeur.
- Dans cette perspective de maîtrise des risques, un second enjeu scientifique est la capacité à modéliser et évaluer plusieurs formes d'incertitudes notamment liées aux comportements des acteurs des chaînes de création de valeur.

- Enfin, la généricité de la méthode produite représente également un enjeu important. Il s'agit de produire et expérimenter des méthodes et outils d'aide à la prise de décision qui puissent être réutilisables sur des contextes variés de conception des systèmes de production thermique, mais également de formaliser l'ensemble de la méthodologie de manière générique et transposable à d'autres domaines applicatifs.

D'un point de vue industriel, la thèse apportera des résultats concrets aux problématiques posées. La thèse expérimentera les méthodes et outils d'aide à la conception proposés sur un ou plusieurs cas industriels concrets, afin de permettre la définition et mise en œuvre par ELM Leblanc de chaînes de création de valeur efficaces et pérennes sur le long terme. Par la réutilisabilité de la méthode, les résultats de la thèse doteront l'entreprise de nouvelles capacités de maîtrise des risques en conception, adaptées aux différents contextes de systèmes thermiques interconnectables.

### **Contexte de la collaboration scientifique ELM Leblanc/Ecole des Mines**

Cette thèse se situe dans le cadre du développement d'un programme de collaboration stratégique entre ELM Leblanc et l'Institut Mines Telecom, visant à accroître sensiblement le niveau d'innovation de l'entreprise, à la fois dans les solutions mises sur le marché et dans l'organisation industrielle associée.

### **Profil du candidat**

Titulaire d'un master recherche français ou européen dans l'un des domaines suivant : génie industriel, génie mécanique (en priorité avec compétences en systèmes de production ou logistiques), sciences de la conception des systèmes. Si possible, diplômé d'une Ecole d'Ingénieur française ou européenne.

Compétences attendues dans certains des champs suivants :

- Conception intégrée des systèmes
- Modélisation et conception des systèmes industriels ou chaînes logistiques et de création de valeur
- Aide à la décision
- Modélisation de l'incertitude
- Evaluation de performance des systèmes industriels (notamment performance économique)
- Simulation des systèmes industriels ou chaînes logistiques

### **Dossier**

Le dossier de candidature inclura :

- CV
- Lettre de motivation
- Relevés des notes des 2 dernières années de formation
- Lettres de recommandation

et sera transmis en copie électronique à Xavier Boucher, [boucher@emse.fr](mailto:boucher@emse.fr)

### **Références bibliographiques**

Boucher X., Medini K., Fill H.G., "Product-Service-System Modelling Method", Book Chapter, in Domain-Specific Conceptual Modelling: Concepts, Methods and Tools, Edts Dimitris Karagiannis, Heinrich C. Mayr, John Mylopoulos, Springer Edition, 2016, ISBN 978-3-319-39416-9.

Buxton, D., Farr, R. and Maccarthy, B., 2003. The Aero Engine value chain under future business environments: using agent-based simulation to understand dynamic behaviour. In Proceedings of MITIP. pp. 11–12.

Chalal, M., Boucher, X., Marques, G., 2015. Decision support system for servitization of industrial SMEs: a modeling and simulation approach, Journal of Decision Systems, 24(4), 355-382.

Idrissi N., Boucher X., Medini K. Generic conceptual model to support PSS design processes. Proceedings of IPSS 2017, 9th CIRP IPSS Conference : Circular Perspectives on Product/Service-Systems., 19-21 June 2017, Copenhagen, Denmark.

Karagianis D. Mayr H.C. Mylopoulos J., 2016. Domain-specific Conceptual Modeling – Concepts, Methods and Tools, Springer, 2016.

Medini K., Boucher X., Value chain configuration for PSS delivery – evidence from an innovative sector for sludge treatment, CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology (2016), Vol 12, pp. 14-24, DOI information: 10.1016/j.cirpj.2015.10.003

Phumbua, S. and Tjahjono, B., 2012. Towards product-service systems modelling: a quest for dynamic behaviour and model parameters. *International Journal of Production Research*, 50(2), pp.425–442.