

**Titre :** Spécification d'un système d'aide à la décision pour la conception des systèmes de production reconfigurables

**Directeur de thèse :** Lionel ROUCOULES  
**Co-Encadrante :** Nathalie KLEMENT & Esma YAHIA

**Laboratoire de recherche :** LISPEN

**Contacts :** nathalie.klement@ensam.eu, lionel.roucoules@ensam.eu, esma.yahia@ensam.eu

**Spécialité proposée :** Génie industriel

**Mots clés :** Systèmes de production reconfigurables  
Mass customization  
Flexibilité  
Agilité  
Mix produit  
Incertitudes  
Système robuste  
Approches multicritères  
Extraction des patrons de processus  
Apprentissage automatique

**Site de travail :** campus Arts et Métiers d'Aix-en-Provence et de Lille

**Date limite de candidature :** 9 avril 2018  
**Date retour de sélection :** 16 avril 2018  
**Date auditions :** 17 et 18 avril 2018  
**Date dossier complet :** 30 avril 2018 (De nombreux documents sont nécessaires à l'élaboration du dossier complet, la liste vous sera envoyée en même temps que la convocation pour l'audition, commencez à préparer ce dossier au plus vite)

**Date de début de la thèse :** 1 octobre 2018

**Profil du candidat :** Master Recherche et/ou Diplôme d'ingénieur  
Compétences en gestion industrielle et recherche opérationnelle

#### **Présentation détaillée du projet de thèse :**

A l'ère de l'Industrie 4.0, les recherches actuellement menées dans le cadre de la conception des systèmes de production sont amenées à intégrer les différentes perspectives prometteuses liées à l'utilisation des technologies des objets connectés et intelligents (IoT). Ces derniers assurent la communication en temps réel entre les systèmes, les machines, les outils, les opérateurs, les produits mais aussi les clients. La digitalisation de ces systèmes de production a donc fait émerger le paradigme de la personnalisation de masse qui consiste à faire participer le client dans les prises de décisions dès la phase de conception des produits permettant ainsi la production personnalisée rentable de produits dans des lots pouvant contenir un article unique (Ivanov et al., 2016; Koren et Shpitalni, 2010).

La personnalisation de masse implique de la variabilité dans le mix produit et les quantités commandées. Les systèmes de production doivent donc être flexibles et agiles pour s'adapter à cette nouvelle tendance de consommation. Or, leur configuration est souvent fixe : les systèmes de production sont dimensionnés pour une production donnée, avec une quantité connue sur des horizons donnés (court, moyen et long terme). Comment faire évoluer ses systèmes pour s'adapter

à la personnalisation de masse ? Plusieurs pistes de recherche sont envisageables :

- Gestion des commandes et du système de production
- Utilisation de nouveaux moyens de transitique et de production reconfigurables
- Exploitation des données de masses (Big Data)

De nombreuses pistes de réflexion sont à l'étude. Afin de pouvoir trouver la ou les bonnes solutions, un outil d'aide à la décision doit être développé et proposé à tout décideur du système de production. Au niveau stratégique, en fonction des caractéristiques du système de production, des produits présents et à venir, cet outil doit permettre de tester les différentes options possibles pour le dimensionnement du système. Au niveau tactique, sur un horizon temporel plus fin, cet outil doit permettre l'affectation des ressources aux produits à fabriquer. Finalement, au niveau opérationnel, l'outil doit construire l'ordonnancement quotidien des produits sur chaque ressource considérant les possibles aléas. Cet outil doit être générique afin d'être utilisable sur un quelconque système de production.

L'objectif de ces travaux de thèse est de proposer un système d'aide à la décision qui permet :

1. Aider aux choix des stratégies de reconfigurabilité en se basant, en premier temps, sur les techniques issues de la RO et en deuxième temps, sur les techniques d'apprentissage automatiques permettant sur la base des données capitalisées de structurer ces données et trouver les caractéristiques de reconfigurations exigées...
2. Mettre en place les KPI pour évaluer ces stratégies
3. Mettre en place une architecture d'analyse multicritères pour évaluer les différentes solutions dans l'espace des KPIs défini précédemment
4. Mettre en place une obeya virtuelle pour le management visuel des systèmes de production et de leur reconfiguration

#### **Références bibliographiques de l'équipe d'encadrement scientifique de la thèse :**

- Klement, N., Gourgand, M., and Grangeon, N. (2017). Medical imaging: Exams planing and resource assignment - hybridization of a metaheuristic and a list algorithm. To appear in 10th International Conference on Health Informatics, 2017.
- Klement, N., Silva, C., and Gibaru, O. (2017). A generic decision support tool to planing and assignment problems: industrial application & Industry 4.0. To appear in IFAC 2017 World Congress, Toulouse, France.
- Silva, C., Klement, N., and Gibaru, O. (2016). A generic decision support tool for lot-sizing and scheduling problems with setup and due dates. In International Joint Conference - CIO-ICIEOM-IIE-AIM (IJC 2016), San Sebastian, Spain. ICIEOM.
- Roucoules, L., Yahia, E., Es-Soufi, W., Tichkiewitch, S. (2016), Engineering design memory for design rationale and change management toward innovation, Annals of the CIRP, 65(1):193-196.
- Ahmed, A., Kleiner, M., Roucoules, L., Gaudy, R. (2016), Data aggregation architecture "Smart-Hub" for heterogeneous systems in industrial environment, Joint Conference on Mechanical Engineering, Catania (Italy).
- Es-Soufi, W., Yahia, E., Roucoules, L. (2016), Collaborative Design and Supervision Processes Meta-Model for Rationale Capitalization, International Conference on Product Life-cycle Management (PLM'2016), Columbia (USA).

- Roucoules, L., Tichkiewitch, S. (2015), Knowledge synthesis by least commitment for product design, *Annals of the CIRP*, 64(1):141–144.

**Références bibliographiques principales disponibles sur la question :**

- Benkamoun, N., Huyet, A.-L., Kouiss, K. (2013). Reconfigurable assembly system configuration design approaches for product change. In *Industrial Engineering and Systems Management (IESM), Proceedings of 2013 International Conference on* (Vol. 2013, pp. 1–8).
- Cedeno-Campos, V. M., Trodden, P. A., Dodd, T. J., Heley, J. (2013). Highly flexible self-reconfigurable systems for rapid layout formation to offer manufacturing services. In *Proceedings - 2013 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, SMC 2013* (pp. 4819–4824).
- Dou, J., Dai, X., Meng, Z. (2010). Optimisation for multi-part flow-line configuration of reconfigurable manufacturing system using GA. *International Journal of Production Research*, 48(14), 4071–4100.
- Koren, Y., Shpitalni, M. (2010). Design of reconfigurable manufacturing systems. *Journal of Manufacturing Systems*, 29(4), 130–141.
- Lee, J., Kao, H. A., Yang, S. (2014). Service innovation and smart analytics for Industry 4.0 and big data environment. *The 6th CIRP Conference on Industrial Product-Service Systems*, 16, 3–8.
- Zheng, L., Zhu, L., Wang, B., Bai, L. (2013). A simulation analysis of facility layout problems in Reconfigurable Manufacturing Systems. In *International Conference on Computer Sciences and Applications* (pp. 423–427).

**Title:** Exploitation of emerging technologies (robotics, supervision, etc.) for the design of reconfigurable production systems in order to respond to mass customization.

**Keywords:** Reconfigurable production systems  
Mass customization  
Flexibility  
Agility  
Product mix  
Uncertainties  
Robust system

**Detailed presentation of the thesis project:**

In Industry 4.0 era, researches in the field of production system design are integrating novel perspectives related to the use of the smart and connected objects (IoT) (Stakovic, 2014). These devices enable the real-time connection between systems, machines, tools, workers, products and customers. Manufacturing process digitalization has then emerged a novel production paradigm, called mass customization which enables the customer involvement since the product design phase and should be profitable even when producing batches as smaller as unique item (Ivanov et al., 2016; Koren et Shpitalni, 2010).

Mass customization involves variability in the mix-product and quantities ordered. Production systems must be flexible and agile to be adaptable to this new trend of consumption. However, their configuration is often fixed: production systems are designed for a given production, with a quantity known for the next years. How evolve production systems to adapt to mass customization? Several opportunities of research can be envisaged:

- Command management: how are commands handled? Can we group the products according to their type, that is to say according to the ranges and resources required, in order to minimize the setup of tool, to move from one product to the next one. This problem is known as lot-sizing problem.
- Production system management: how can we think of production systems so that they can be easily and quickly reconfigured, from the production of one product to the production of another product? Several definitions exist in the literature; we are dealing with systems that are changeable, robust, reconfigurable, flexible, agile, etc.
- Use of new means of handling and production
- Machine learning: how to exploit the abundance of data available to each production system. New technologies have exploded in recent times: Internet of objects, cloud computing, connected and mobile devices, and so on. All these new technologies mean that the production system has a lot of data to exploit. Field data must be returned to supervision to detect recurring failures and to improve maintenance operations. Supervisory data must be refined to convey the right information in the field to synchronize flows optimally, in order to better control or anticipate a change in production.

Some research fields have been thought. In order to find the right solutions, a decision-making tool must be developed and proposed to any decision-maker in the production system. At the strategic level, depending on the characteristics of the production system, current and future products, this tool must be able to test the various possible options for system sizing. At the tactical level, over a shorter time horizon, this tool must allow the allocation of resources to the products to be manufactured. Finally, at the operational level, the tool must build the daily scheduling of products on each resource considering the possible hazards.

The thesis research objectives are to propose a decision aid system that allows to:

1. define the best reconfigurability strategies based, first, on the Operations research approach and second, based on the learning approaches when the capitalized data are structured in order to retrieve the reconfigurations features, ...
2. define different KPIs in order to evaluate the proposed strategies
3. define a framework based on multi-criteria approaches to evaluate the proposed strategies based on the identified KPIs
4. define a virtual Obeya allowing the visual management of the production systems and their reconfigurations