

## Offre de thèse

<b>Équipe de recherche</b>	ENIT – LGP – DIDS - UPRES EA n°1905	<a href="http://www.lgp.enit.fr">www.lgp.enit.fr</a>
<b>Lieu</b>	Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tarbes	<a href="http://www.enit.fr">www.enit.fr</a>
<b>Directeurs de thèse</b>	DESFORGES Xavier et LETOUZEY Agnès	
<b>Financement</b>	Bourse ministérielle	
<b>Date de début</b>	1 <sup>er</sup> octobre 2020	
<b>École doctorale</b>	EDSYS	<a href="http://www.adum.fr/as/ed/edsys">www.adum.fr/as/ed/edsys</a>
<b>Spécialité</b>	Informatique et Génie Industriel	
<b>Contact</b>	Agnès Letouzey	<a href="mailto:agnes.letouzey@enit.fr">agnes.letouzey@enit.fr</a> 05 62 44 29 42
<b>Limite de candidature</b>	mai 2020	

## Approche générique pour un ordonnancement coopératif sous incertitude des activités de production, de logistique et de maintenance

Generic Approach for Cooperative Scheduling under Uncertainty for Production, Logistics and Maintenance Activities

### Mots clés

Ordonnancement, logistique, incertitude, maintenance prédictive, gestion de production  
Scheduling, logistics, uncertainty, predictive maintenance, production management

### Profil du candidat

Le candidat ou la candidate devra, au moment de l'inscription, être titulaire d'un Master 2 européen ou équivalent et justifier d'une expérience en recherche (par exemple un stage dans un laboratoire). Des connaissances en planification, ordonnancement, recherche opérationnelle et informatique (POO et applications distribuées) seront souhaitées.

### Description de la thèse

Parmi les objectifs de « l'industrie 4.0 » figure la réalisation de produits correspondant au plus juste aux besoins des clients. Ceci entraîne nécessairement un besoin de très grande flexibilité des systèmes de production qui doivent répondre au mieux en quantités, qualité et délais requis pour satisfaire ces besoins. Pour cela, un renforcement de l'autonomisation des ressources contribuant à cette réponse est nécessaire. Cette autonomisation fait largement appel aux concepts associés aux systèmes cyber-physiques dans lesquels des objets numériques et/ou logiciels interagissent et pilotent des objets physiques mais aussi dialoguent avec l'humain. Parmi les ressources contribuant à cette réponse, les ressources de production transforment les matières et les pièces et assemblent les produits, les ressources logistiques stockent et transportent matières, pièces et produits et les ressources de maintenance assurent la disponibilité des deux premières catégories de ressources. L'autonomisation accrue de ces ressources, principalement de production et logistique (au moins en interne des sites de production), se caractérise par une capacité à s'adapter à différentes perturbations et à rendre compte aux autres ressources ou systèmes de supervision de leurs décisions afin qu'ils puissent entreprendre les actions appropriées, comme par exemple une machine-outil adaptant la vitesse de coupe en fonction de l'usure de ses outils et de son état de santé général (Desforges et al. 2011), ce qui conduit à des temps de

fabrication variables et incertains. Cependant, d'autres sources d'incertitude doivent être considérées, telles que les temps de transports affectés par le trafic ou la météo. Le besoin très fort de disponibilité des ressources conduit à la mise en œuvre de politiques de maintenance plus optimales, comme la maintenance prédictive, basée sur les données issues du PHM (Prognostic and Health Management) comportant de l'incertitude (Gonzalez et al. 2018) (Laloix 2018).

L'ordonnancement conjoint de toutes ces activités (production, transport et maintenance) doit prendre en compte toutes ces incertitudes. De nombreux travaux de recherche ont été menés sur le traitement de l'incertitude dans l'ordonnancement (Chaari et al. 2014). Toutefois, la considération de l'incertitude sur l'ensemble des tâches, qu'elles soient de production, de transport ou de maintenance, ne semble pas être traitée dans une approche conjointe de planification. C'est pourquoi nous visons à développer une méthode générique permettant planification de tâches de durées variables et/ou incertaines intégrant la production, la logistique et la maintenance prédictive, à partir de données issues du PHM donnant la probabilité/chance de défaillance par rapport à la sévérité des tâches passées, voire futures.

En outre, les activités de maintenance et de logistique doivent prendre en compte les coûts de transport, des biens, des ressources de production ou des ressources de maintenance. Ainsi, la méthode de planification devra chercher à regrouper certaines activités, voire certains transports, afin de trouver le meilleur compromis entre les coûts de production, de maintenance, d'indisponibilité et de transport en s'inspirant par exemple des approches proposées pour traiter certaines de ces problématiques :

- La planification conjointe de la maintenance prédictive et de la production (Bencheikh et al. 2018) (Gehlhoff et Fay 2020)
- La planification de la production et de la maintenance sous incertitude (Coudert et al. 2004)
- La planification d'activités de transports (Memon et Archimède, 2013)
- La planification sur des ressources partagées comme peuvent l'être des ressources de maintenance (Archimède et al. 2014)
- Etc.

Le premier verrou scientifique à lever concerne la définition d'une méthode de planification des tâches de production, de logistique et de maintenance simultanément, en prenant en considération l'état de santé des ressources fourni par des techniques de PHM et les transports entre sites de production et/ou de maintenance. Le deuxième verrou est la prise en compte et le traitement de l'incertitude, tant sur la durée des activités que sur les données issues du PHM. Enfin, la méthode développée devra être la plus générique possible, capable de s'adapter aussi bien aux problématiques d'une entreprise intégrée, disposant de toutes les ressources en interne, qu'à celles d'un écosystème d'entreprises plus indépendantes.

La première partie de la thèse concerne la modélisation des informations à traiter pour cet ordonnancement. Les techniques de modélisation orientée objet semblent adaptées aux besoins de modélisation et de distribution pour ces travaux (Blaha et Rumbaugh, 2005). En outre, des techniques issues de la logique floue (Zadeh 1965) ou de la théorie des possibilités (Dubois et Prade, 1988) ont été investiguées pour la planification sous incertitude (Coudert et al. 2004 ; Roghanian et al. 2018). De même pour l'incertitude des données issues du PHM, la théorie des fonctions de croyance (Shafer, 1976) a été utilisée pour l'évaluation de l'état de santé présent et futur des ressources techniques (Gonzalez et al. 2018).

La deuxième partie de la thèse sera consacrée à la définition de la méthode de planification conjointe des activités de transport, production et maintenance sous incertitude. Parmi les approches qui peuvent être envisagées, il sera possible d'étudier les systèmes multi-agents qui ont fait leurs preuves sur différents points du problème. Cependant, d'autres approches peuvent être envisagées telles que celle développée dans (Wu et al. 2009) traitant de planification sous contraintes avec incertitude. Etant donnée la configuration du problème, les approches distribuées semblent être à privilégier.

Les problèmes d'ordonnancement des tâches de production étant NP-difficiles (Carlier et Chretienne 1982), la démarche proposée ne visera pas une planification optimale, mais une solution acceptable obtenue en un temps raisonnable.

## Description

Among the objectives of "Industry 4.0" there is the manufacturing of products that correspond as closely as possible to customers' needs. This necessarily entails a need for very high flexibility in production systems, which must respond as well as possible in terms of quantity, quality and lead times required to meet these needs. For this, a reinforcement of the empowerment of resources contributing to this response is necessary. This empowerment makes extensive use of the concepts associated with cyber-physical systems in which digital and/or software objects interact and drive physical objects but also interact with humans. Among the resources contributing to this response, production resources transform materials and parts and assemble products, logistics resources store and transport materials, parts and products, and maintenance resources ensure the availability of the first two categories of resources. The increased autonomy of these resources, mainly production and logistics resources (at least within production sites), is characterised by an ability to adapt to different disturbances and to report to other resources or supervisory systems on their decisions so that they can take appropriate action, such as a machine tool adapting the cutting speed according to its tools wear and its general state of health (Desforges et al. 2011), which leads to variable and uncertain manufacturing times.

However, other sources of uncertainty need to be considered, such as transport times affected by traffic or weather. The very strong need for resource availability leads to the implementation of more optimal maintenance policies, such as predictive maintenance, based on data from PHM (Prognostic and Health Management) involving uncertainty (Gonzalez et al. 2018) (Laloix 2018).

The joint scheduling of all these activities (production, transportation and maintenance) must take all these uncertainties into account. Much research has been conducted on the treatment of scheduling uncertainty (Chaari et al. 2014). However, the consideration of uncertainty across all tasks, whether manufacturing, transportation or maintenance, does not appear to be addressed in a joint scheduling approach. This is why we aim to develop a generic method allowing the planning of tasks of variable and/or uncertain duration integrating production, logistics and predictive maintenance, using data from the PHM giving the probability/chance of failure in relation to the severity of past or even future tasks.

In addition, maintenance and logistics activities must take into account the costs of transport of goods, of production resources or of maintenance resources. Thus, the planning method will have to seek to group certain activities, or even certain transports, in order to find the best compromise between production, maintenance, unavailability and transport costs, drawing for example on the approaches proposed to deal with some of these issues:

- Joint planning of predictive maintenance and production (Bencheikh et al. 2018) (Gehlhoff and Fay 2020)
- Production and maintenance planning under uncertainty (Coudert et al. 2004)
- Transportation activity planning (Memon and Archimede, 2013)
- Planning on shared resources such as maintenance resources (Archimedes et al. 2014)
- Etc.

The first scientific issue to be resolved concerns the definition of a method for planning production, logistics and maintenance tasks simultaneously, taking into account the health of the resources provided by PHM techniques and transport between production and/or maintenance sites.

The second issue is the consideration and treatment of uncertainty, both on the duration of the activities and on the data obtained from the MHP.

Finally, the method developed must be as generic as possible, capable of adapting both to the problems of an integrated company, with all the resources in-house, and to those of an ecosystem of more independent companies.

The first part of the thesis concerns the modelling of the information to be processed for this scheduling. Object-oriented modelling techniques seem to be adapted to the modelling and distribution needs of this work (Blaha and Rumbaugh, 2005). In addition, techniques from fuzzy logic (Zadeh 1965) or possibility theory (Dubois and Prade, 1988) have been investigated for planning under uncertainty (Coudert et al. 2004; Roghanian et al. 2018). Similarly for the uncertainty of data from the PHM, the theory of Dempster

Shafer (Shafer, 1976) has been used for the assessment of the present and future health status of technical resources (Gonzalez et al. 2018).

The second part of the thesis will be devoted to the definition of the method for joint planning of transportation, production and maintenance activities under uncertainty. Among the approaches that can be considered, it will be possible to study the multi-agent systems that have proved their worth on different points of the problem. However, other approaches can also be considered such as the one developed in (Wu et al. 2009) dealing with constrained planning under uncertainty. Given the configuration of the problem, distributed approaches seem to be preferable.

Since production tasks scheduling problems are NP-difficult (Carlier and Chretienne 1982), the proposed approach will not aim at optimal planning, but at an acceptable solution obtained in a reasonable time.

## Références

- Archimède, B., Letouzey, A., Memon, M.A., Xu, J. Towards a distributed multi-agent framework for shared resources scheduling. *Journal of Intelligent Manufacturing* 2014 ; 25:5, p. 1077-1087.
- Bencheikh, G., Letouzey, A., Desforges, X. Scheduling of production and maintenance activities using multi-agents system. *ETFA 2018, Sep 2018, Torino, Italy.*
- Blaaha, M., Rumbaugh, J. *Object oriented modeling and design with UML*, second ed., Prentice Hall, 2005.
- Carlier, J., & Chretienne, P. (1982). Un domaine très ouvert: les problèmes d'ordonnancement. *RAIRO-Operations Research*, 16(3), p. 175-217.
- Chaari, T., Chaabane, S., Aissani, N., et al. Scheduling under uncertainty: Survey and research directions. In : 2014 International conference on advanced logistics and transport (ICALT). IEEE, 2014. p. 229-234.
- Coudert, T., Gabor, B., Archimède, B. Systèmes multi-agents et logique floue pour un ordonnancement coopératif production/maintenance. *Journal of Decision Systems* 2004 ; 13: 1, p. 27-62.
- Desforges, X., Habbadi, A., Archimède, B. Design methodology for smart actuator services for machine tool and machining control and monitoring. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 2011, vol. 27, no 6, p. 963-976.
- Dubois, D., Prade, H. *Théorie des possibilités*, 2nde édition, Masson, Paris, 1988
- Gehlhoff, F., & Fay, A. On agent-based decentralized and integrated scheduling for small-scale manufacturing. *at-Automatisierungstechnik*, 2020, vol. 68, no 1, p. 15-31.
- Gonzalez, E., Desforges, X., Archimède, B. Assessment method of the multicomponent systems future ability to achieve productive tasks from local prognoses. *Reliability Engineering & System Safety*, 2018, vol. 180, p. 403-415.
- Laloix, Thomas. *Méthodologie d'élaboration d'un bilan de santé de machines de production pour aider à la prise de décision en exploitation: application à un centre d'usinage à partir de la surveillance des composants de sa cinématique*. 2018. Thèse de doctorat. Université de Lorraine.
- Memon, M., Archimède, B. Towards a distributed framework for transportation planning : A food supply chain case study. In 2013 10th IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control (ICNSC), 2018 p. 603\_608.
- Roghani, E., Alipour, M., Rezaei, M. An improved fuzzy critical chain approach in order to face uncertainty in project scheduling. *International Journal of Construction Management*, 2018, vol. 18, no 1, p. 1-13.
- Shafer, G. "A mathematical theory of evidence." Ed. Princeton University Press, 1976.
- Wu, C.W., Brown, K.N., Beck, J.C. Scheduling with uncertain durations: Modeling  $\beta$ -robust scheduling with constraints. *Computers & Operations Research*, 2009, vol. 36, no 8, p. 2348-2356.
- Zadeh, L.A., "Fuzzy sets", *Information and Control*, vol.8, n°, 1965, pp. 338- 353