

Ordonnancement en Temps Réel pour l'Industrie du Futur

Le monde industriel et plus largement le domaine de la logistique vit actuellement ce que l'on appelle la 4ème révolution industrielle, couramment nommée Usine du future ou Industrie 4.0. Grâce au développement des nouvelles technologies, il est maintenant possible (et à la portée de tous systèmes quels qu'ils soient : unité de production industrielle, véhicule, ferme, etc.) de disposer de technologies (capteurs) permettant de connaître en temps réel l'état (ensemble d'indicateurs renseignant sur les performances) de toutes composantes d'un système. L'intérêt de cette collecte d'informations réside principalement dans l'amélioration de la prise de décision, dite en temps réel.

Ce sujet de thèse porte sur les problèmes d'ordonnancement en temps réel (« online ») que rencontrent (ou vont rencontrer) les entreprises dans le contexte de la 4ème révolution industrielle (Industrie 4.0, Industrie du Futur) que nous vivons actuellement.

En effet, grâce à internet et la mise en place dans un atelier de production d'outils de mesure (capteurs) permettant de connaître en temps réel l'état des entités le composant (machines, stocks, convoyeurs, etc.) et l'état d'avancement des ordres de fabrication, il sera possible de gérer en temps réel l'utilisation des ressources afin d'optimiser les objectifs de production et d'intégrer au mieux les aléas dans la prise de décision.

Les problèmes d'ordonnancement que l'on rencontre dans ce contexte sont dit « online » voire « semi online » à la différence des problèmes d'ordonnancement classiques dit « offline ». Ils sont principalement caractérisés par le fait que l'on prend connaissance des informations relatives aux tâches à ordonnancer lors de leur arrivée dans le système de production, à la différence des ordonnancements « offline » où l'on suppose connues toutes les informations relatives aux tâches avant de réaliser l'ordonnancements.

Afin d'accompagner les industries dans cette transition de leur mode de gestion, et leur permettre de disposer de nouveaux outils d'aide à la décision (logiciels) pour améliorer les performances de leur gestion de production, le développement de méthodes d'optimisation dédiées à ce contexte est nécessaire. Cette transition numérique pour les industries s'accompagne également d'une transition écologique, qui va les amener à intégrer dans leur prise de décision des données liées aux ressources énergétiques et aux émissions polluantes. En effet, les études en ordonnancement intégrant de telles contraintes se multiplient pour les problèmes « off line » mais sont quasi inexistantes pour les problèmes « online ».

Dans le cadre de cette thèse, dans un premier temps, le doctorant sera amené à réaliser une cartographie des travaux existant sur l'ordonnancement « online » et « semi-online » (quand une partie des informations est connue à l'avance). Cette cartographie permettra d'identifier la formalisation des objectifs et les contraintes de faisabilité à respecter (interruption des tâches, prise en compte de la maintenance, de la détérioration des tâches, la possibilité d'en rejeter, etc.) et d'aborder l'évaluation des méthodes, notamment à travers le calcul du « competitive ratio » en comparant les solutions données par les algorithmes « online » aux solutions optimales pour le même problème « offline ».

Une fois cette cartographie effectuée, nous chercherons à enrichir ces travaux en proposant de nouveaux outils d'aide à la décision pour mieux répondre à la problématique globale d'ordonnancement en temps réel (définition de nouveaux problèmes, reflétant la réalité rencontrée chez nos partenaires industriels, amélioration des méthodes existantes dans la littérature pour les rendre plus performantes). Nous pourrions notamment intégrer la consommation énergétique dans la prise de décision.

Les résultats obtenus sur des structures à une machine constitueront ensuite une base pour proposer des outils d'aide à la décision pour des ateliers plus complexes intégrant des machines parallèles et pour des ateliers complexes.

Le doctorant pourra être amené, dans le cadre de cette thèse, à étudier des problématiques chez nos partenaires industriels (notamment dans le cadre de la Chaire Connected innovation) permettant de répondre au mieux aux préoccupations de terrain.

Les travaux réalisés conduiront également à des valorisations scientifiques dans des congrès internationaux, et des articles de revues scientifiques et pourront être intégrés dans des logiciels via notre partenaire Opta Lp.

Durée : 3 ans (à partir de septembre 2018)

Mots clés : Ordonnancement, Temps réel, online, Optimisation, Industrie du Futur, Energie.

Profil du candidat :

Les candidats doivent être titulaires d'un diplôme de master en Informatique, Mathématiques Appliquées ou discipline proche. Les candidats doivent démontrer à la fois des capacités de programmation avancées et une très bonne connaissance des outils de l'optimisation combinatoire (programmation linéaire en nombres entiers, metaheuristiques). Une expérience dans le développement de méthodes de résolution pour des problèmes de tournées de véhicules sera appréciée.

Dossier de candidature :

Merci d'envoyer votre candidature sous la forme de fichier pdf (si possible un seul fichier) incluant un curriculum vitae complet, les relevés de notes, les copie des diplômes les plus récents ainsi que, dans la mesure du possible, des lettres de recommandation et/ou le rapport de stage de Master aux emails de contacts ci-dessous.

Pour toute question, merci de les envoyer à :

Contact :

- Taha Arbaoui (taha.arbaoui_at_utt.fr), LOSI, UTT
- Alice Yalaoui, (alice.yalaoui_at_utt.fr) HDR, LOSI, UTT

Références :

[1] Ming Fan, Qiushi Han, Xiaokun Yang, Energy minimization for on-line real-time scheduling with reliability awareness, Journal of Systems and Software, Vol. 127, 2017, 168-176.

[2] Robert I. Davis, Liliana Cucu-Grosjean, Marko Bertogna, Alan Burns, A review of priority assignment in real-time systems, Journal of Systems Architecture, Vol. 65, 2016, 64-82.

[3] Linwei Niu, Dakai Zhu, Reliability-aware scheduling for reducing system-wide energy consumption for weakly hard real-time systems, Journal of Systems Architecture, Vol. 78, 2017, 30-54.

[4] Maxime Chéramy, Pierre-Emmanuel Hladik, Anne-Marie Déplanche, Algorithmes pour l'ordonnancement temps réel multiprocesseur, Journal Européen des systèmes automatisés, Lavoisier, 2015, 48 (7-8), 613-639

[5] C.L. Liu and James Layland, Scheduling Algorithms for Multiprogramming in a Hard-Real-Time Environment, 1973.

- [6] Becchetti, Luca, Stefano Leonardi, Alberto Marchetti-Spaccamela, et Kirk Pruhs. « Online weighted flow time and deadline scheduling ». *Journal of Discrete Algorithms, Special issue in honour of Giorgio Ausiello*, 4, no 3 (1 septembre 2006): 339-52. <https://doi.org/10.1016/j.jda.2005.12.001>
- [7] Anderson, E.J., et C.N. Potts. « Online scheduling of a single machine to minimize total weighted completion time ». *Mathematics of Operations Research* 29, no 3 (2004): 686-97. <https://doi.org/10.1287/moor.1040.0092>.
- [8] Kacem, Imed, et Hans Kellerer. « Semi-online scheduling on a single machine with unexpected breakdown ». *Theoretical Computer Science* 646 (2016): 40-48. <https://doi.org/10.1016/j.tcs.2016.07.014>.
- [9] Liu, Ming, Yinfeng Xu, Chengbin Chu, et Feifeng Zheng. « Online scheduling to minimize modified total tardiness with an availability constraint ». *Theoretical Computer Science* 410, no 47 (2009): 5039-46. <https://doi.org/10.1016/j.tcs.2009.07.055>.
- [10] Ma, Ran, Jiping Tao, et Jinjiang Yuan. « Online scheduling with linear deteriorating jobs to minimize the total weighted completion time ». *Applied Mathematics and Computation* 273 (2016): 570-83. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2015.10.058>.
- [11] Liu, Yuan. « Online tradeoff scheduling on a single machine to minimize makespan and maximum lateness | SpringerLink ». <https://link.springer.com/article/10.1007/s10878-015-9918-2>.
- [12] MohammadMohsen Aghelinejad, Yassine Ouazene and Alice Yalaoui, Production scheduling optimisation with machine state and time-dependent energy costs, *International Journal of Production Research*, 2017 (<https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1414969>)
- [13] Wang, Qian, Ji Tian, Ruyan Fu, et Xiangjuan Yao. « Online algorithms for scheduling on batch processing machines with interval graph compatibilities between jobs ». *Theoretical Computer Science* 700 (14 novembre 2017): 37-44. <https://doi.org/10.1016/j.tcs.2017.07.022>
- [14] Hopf, Michael, Clemens Thielen, et Oliver Wendt. « Competitive algorithms for multistage online scheduling ». *European Journal of Operational Research* 260, no 2 (16 juillet 2017): 468-81. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.12.047>.