

Sujet de thèse : Vers une plateforme robuste et flexible pour la planification des activités de maintenance dans un environnement incertain

Plusieurs études ont mis en évidence la nécessité d'accorder une attention particulière à la fonction maintenance dans les entreprises manufacturières ou de services. Dans ces études, nous voyons davantage le souci croissant des décideurs à améliorer la fiabilité des équipements et des produits au même niveau que la productivité et la qualité. Cet intérêt a incité les gestionnaires de maintenance à travailler d'une manière proactive afin d'assurer une productivité optimale de l'entreprise [P1,P2].

L'ordonnancement est une forme de décision jouant un rôle important dans les entreprises de production de biens et de services. La plupart des travaux qui traitent des problèmes d'ordonnancement considèrent que les machines sont toujours disponibles. Or dans la réalité, les machines peuvent être sujettes à des intervalles d'indisponibilité qui sont soit connus à l'avance (préventif) soit aléatoires (pannes). On peut alors être confronté à deux cas de figure, l'interruption d'une tâche pour une activité de maintenance est possible (avec ou sans pénalité) ou impossible. Ainsi les entreprises doivent optimiser et synchroniser l'ordonnancement des activités de production et de maintenance d'une manière proactive pour augmenter la fiabilité et la disponibilité de leurs équipements afin de respecter les dates de livraison contractées avec les clients [P3,P4].

Les modèles d'ordonnancement déterministes considèrent que les paramètres sont connus à l'avance avec précision. Dans ce cas, l'objectif est de trouver un ordonnancement optimal quand c'est abordable en terme du temps de calcul ou des solutions approximatives de bonne qualité pour des problèmes de taille réelle. Or dans la réalité, les équipements peuvent être sujets à des pannes aléatoires. Ainsi l'incertitude par rapport à la fréquence des pannes et aux durées d'interventions de maintenance est à prendre en considération dans l'ordonnancement proactif des activités de production et de maintenance. Dans ce cas des approches plutôt stochastiques sont à utiliser [P5].

Dans l'ordonnancement proactif on tient compte de l'incertitude pour construire un ordonnancement appelé « référence ». Cette approche peut être intéressante dans le cas où l'incertitude peut être modélisée par une distribution aléatoire (ex : la fréquence des pannes par une distribution exponentielle). Dans d'autres cas une approche basée sur les scénarios peut être envisagée. Dans l'ordonnancement réactif, on ordonnance en temps réel en fonction des imprévus qui peuvent arriver au fur et à mesure. Dans ce cas on répare l'ordonnancement en tenant compte de l'état actuel du système. Ainsi les décisions sont prises dynamiquement à chaque arrivée d'un événement incertain. Cette approche est basée souvent sur des règles simples dans un souci d'atteindre un délai de réactivité le plus intéressant possible [P10].

Cependant, c'est plus intéressant de combiner les deux approches proactive et réactive. C'est-à-dire prendre des décisions d'une manière dynamique à l'arrivée de chaque événement incertain en prenant en considération à la fois l'état actuel du système et les possibles futurs événements incertains qui peuvent arriver.

Dans un premier temps on s'est intéressé au problème d'ordonnancement des tâches de production en prenant en considération la maintenance comme contrainte. Nous avons utilisé les méthodes exactes comme la programmation dynamique et le branch and bound pour avoir la solution optimale pour les petites instances. Pour les instances de tailles réelles nous avons proposé des heuristiques et des méta-heuristiques comme le recuit simulé et la recherche tabou.

Pour des systèmes complexes nous avons proposé des schémas d'intégration des techniques d'optimisation et de simulation [P1,P2,P3,P5].

Ensuite, nous sommes intéressés au problème d'ordonnancement des tâches de production et des tâches de la maintenance préventive en déterminant la meilleure périodicité de celle-ci. Nous avons utilisé la programmation linéaire pour avoir la solution optimale pour les petites instances et des méthodes approximatives de bonne qualité pour les problèmes de taille réelle [P4].

Dans un autre travail nous avons étudié l'ordonnancement des tâches de production et les tâches de la maintenance préventive sachant que les équipements sont sujets à des pannes aléatoires. Pour ce problème stochastique nous avons proposé un programme dynamique pour résoudre le problème d'une manière optimale en espérance. Pour étudier le même problème dans le cas de différentes distributions de pannes nous avons utilisé la simulation [P6,P7].

Jusqu'au la l'incertitude est prise en compte seulement par rapport aux pannes. Dans un de nos travaux nous avons considéré également l'incertitude par rapport aux durées opératoires et aux délais. Pour un tel problème complexe, nous avons pu donner des caractéristiques de la solution optimale dans le cas de la distribution exponentielle. Pour utiliser d'autres distributions plus générales nous avons proposé des techniques d'approximations efficaces [P8,P9].

Deux concepts très intéressants ont émergé en optimisation sous incertitudes et qui peuvent être utilisés en ordonnancement des activités de maintenance pour mesurer la performance d'une approche par rapport à une autre. La robustesse et la flexibilité. Un équipement n'est jamais fiable sur tout l'horizon de planification. Donc il s'agit dans ce cas de trouver un ordonnancement qui non seulement donne la meilleure performance à l'avance mais qui reste robuste et flexible à être modifié en cas d'arrivée d'événement incertain. Dans la littérature, la robustesse est définie comme étant la capacité d'une solution à rester optimale dans n'importe quel scénario et la flexibilité comme étant sa capacité à être modifié (ré-ordonnancement) le plus rapidement possible pour rester optimal après l'arrivée d'un événement incertain [P10].

L'objectif de cette proposition est de développer une plateforme robuste et flexible d'ordonnancement des activités de maintenance dans un environnement incertain. Cette plateforme contiendra un noyau basé sur des algorithmes robustes et flexibles pour l'ordonnancement et ré-ordonnancement en temps réel. Des approches exactes, approximatives et hybrides vont être développées et implémentées au sein de cette plateforme. Ce noyau va être lié avec un simulateur pour faciliter la prise en compte des événements incertains. La plateforme disposera également d'une interface conviviale pour faciliter la modélisation de l'environnement à optimiser.

Références :

[P1] Allaoui, H. and Artiba, A., (2004). "Integrating simulation and optimization to schedule a hybrid flow shop with maintenance constraints", *Computers & Industrial Engineering*, 47, 431-450.

[P2] Allaoui, H., and Artiba, A., (2006). "Two stage hybrid flow shop scheduling with availability constraints", *Computers & Operations Research*, 33-5, 1399-1419.

[P3] Allaoui, H., Artiba, A., Elmaghraby, S.E. and Riane, F., (2006). "Scheduling two machine flow shop with an availability constraint on the first machine". *International Journal of Production Economics*, 99, 1-2, 16-27.

- [P4] Allaoui, H., Lamouri, S., Artiba, A. and Aghezzaf, E., (2008). "Jointly scheduling n jobs and preventive maintenance on two machine flow shop to minimize makespan". *International Journal of Production Economics*, 112-1, 161-167.
- [P5] Allaoui, H, Artiba, A., (2009). "Johnson's algorithm: A key to solve optimally or approximately flow shop scheduling problems with unavailability periods", *International Journal of Production Economics*, 121-1, 81-87.
- [P6] Benmansour, R., Allaoui, H, Iassinovski, S, Artiba, A, and Pellerin, R. "Simulation based approach to joint production and preventive maintenance scheduling on a failure prone machine", to appear in *Journal of Quality in Maintenance Engineering*.
- [P7] Allaoui, H., Artiba, A. and Elmaghraby, S, and Goncalves, G. (2008). "Scheduling n Jobs and Preventive Maintenance in a Single Machine Subject to Breakdowns to Minimize the Expected Total Earliness and Tardiness Costs", 17th IFAC World Congress, July 6-11, 2008, Seoul, Korea.
- [P8] Benmansour, R., A. Artiba, and H. Allaoui. Stochastic single machine scheduling with random common due date. In *Proceedings of the 8th ENIM-IFAC International Conference of Modeling and Simulation*, Hammamet, Tunisia, May 2010.
- [P9] Elmaghraby, S.E., R. Benmansour, H. Allaoui, and A. Artiba. Approximation of continuous distribution via the generalized Erlang distribution. In *Proceedings of the 13th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing*, Moscow, Russia, 2009.
- [P10] Jensen, M., (2001). Robust and flexible scheduling with evolutionary computation. Ph.D. Thesis, University of Aarhus, Department of Computer Science.