

Prise de décision dynamique dans la sélection des maintenances des tournées de techniciens

Florian Delavernhe¹, Bruno Castanier², Christelle Guéret², Jorge E. Mendoza³

¹ Univ. Bourgogne Franche Comté, DRIVE EA1859, F58000, Nevers France.

florian.delavernhe@u-bourgogne.fr

² Univ Angers, LARIS, SFR MATHSTIC, F-49000 Angers, France. {bruno.castanier,

christelle.gueret}@univ-angers.fr

³ HEC Montréal, CIRRELT, Canada. jorge.mendoza@hec.ca

1 Introduction

On considère dans ce travail un système décentralisé de maintenance visant à maintenir des machines dispersées à partir d'un dépôt où sont basés les techniciens et les pièces de rechange. Le regroupement des opérations de maintenance sur un même site, motivé par des coûts logistiques non négligeables, peut permettre de véritables économies d'échelle. L'une de nos contributions majeures est d'offrir la possibilité de définir le niveau de maintenance à réaliser sur une machine visitée, contrairement aux approches classiques [1, 2], permettant sa remise en état partielle dans une durée moindre mais bien sûr à un niveau de fiabilité moindre. Cette hypothèse nous semble rejoindre une certaine réalité propre aux tournées de techniciens.

2 Définition du problème

Dans ce problème, on considère un ensemble \mathcal{M} de machines et un dépôt δ . $\forall (i_1, i_2) \in (\mathcal{M} \cup \{\delta\})^2$, Le temps de déplacement $d_{i_1 i_2}$ entre i_1 et i_2 est donné. \mathcal{N} est l'ensemble des techniciens disponibles pour effectuer des maintenances. L'horizon de temps est discrétisé en un ensemble \mathcal{T} de périodes, avec E la taille d'une période correspondant aussi au temps disponible pour chaque technicien. Chaque machine peut se trouver dans un état $k \in \mathcal{K} = \{1, 2, \dots, K\}$ avec l'état 1 étant une machine neuve et l'état K une machine défectueuse. La matrice des probabilités de transition entre états, $p_{k_1 k_2}, \forall (k_1, k_2) \in \mathcal{K}^2$, est une donnée d'entrée du problème. La dégradation se fait uniquement en fin de période, et l'état est constant sur toute la période sauf si la machine est maintenue. Le coût d'une opération de maintenance et sa durée sont respectivement représentés par $r_{k_1 k_2}$ et $o_{k_1 k_2}, \forall (k_1, k_2) \in \mathcal{K}^2, k_1 > k_2$. Chaque technicien $j \in \mathcal{N}$ ne peut intervenir que sur les machines se trouvant dans un état $k \in \mathcal{K}, k \leq c_j$, avec c_j la qualification donnée de j . Le coût de déplacement est de C^{tr} par unité de temps et le coût d'une période de panne (machine en état K) est C^f . L'objectif est de minimiser tous les coûts (déplacements, panne et maintenance préventive).

Dans [3], nous avons considéré des tournées basées sur l'estimation de l'état de chaque machine. Ici, nous supposons l'intégration d'une nouvelle information, à savoir la connaissance de l'état réel de la machine à l'arrivée du technicien sur site, cette information pouvant être par exemple liée à une inspection. Une telle hypothèse étend le problème initialement statique à un problème de décision dynamique : à chaque machine visitée, on doit déterminer le niveau de maintenance en fonction de l'état courant de la machine et de l'impact sur la tournée en cours. Notons que toutes les périodes futures, ainsi que leurs tournées de maintenance, deviennent dépendantes de cette décision.

3 Méthode de résolution

Nous proposons un algorithme en deux étapes pour la résolution de ce problème dynamique de tournées de techniciens et de maintenance sélective. La première étape, hors-ligne, fournit des tournées pour toutes les périodes et tous les techniciens sur la base des caractéristiques stationnaires du problème [3].

La seconde étape consiste à résoudre le problème dynamique lors de la collecte «on-line» de l'état réel de la machine, c'est à dire prendre une décision dynamique sur la maintenance à effectuer sur une machine en fonction de son état réel. Nous proposons une résolution de type Processus de Décision Markovien, basé sur un algorithme de Post-Decision Rollout. Lors de l'arrivée d'un technicien sur une machine au cours d'une période donnée, on estime le coût de chaque décision possible définie en fonction de l'état courant de la machine obtenu après inspection du technicien. Chaque décision est évaluée par une simulation de Monte Carlo qui génère 5000 scénarios sur le reste de la période pour lesquelles les règles de prise de décision sont simplifiées par une approche stationnaire. Ces règles reviennent alors à résoudre des problèmes de sac à dos multi-choix à l'aide d'une heuristique basée sur la relaxation linéaire.

Des expérimentations sont présentées pour étudier la qualité de la prise de décision dynamique. Le temps de calcul de la méthode est en moyenne de seulement $\approx 0.7s$ et atteint $21.7s$ dans le pire cas. Ces temps de calculs sont acceptables pour une application temps réel où un technicien vient d'arriver sur une machine et nécessite une prise de décision pour connaître sa prochaine tâche. Nos expérimentations nous ont aussi montré que l'utilisation de cette méthode sur une période offre une économie moyenne de 4% du coût de la période, comparé à un plan de maintenance optimisé hors-ligne. C'est un gain important qui affirme l'intérêt de l'utilisation d'une méthode de prise de décision dynamique dans ce domaine.

4 Conclusion

Pour conclure, nous avons formulé un problème de prise de décision dynamique dans le contexte de la maintenance d'un ensemble de machines dispersées. Le problème proposé est complexe et la méthode de résolution proposée utilise de l'optimisation hors-ligne et de nombreuses simulations pour obtenir la meilleure décision possible. Les résultats de nos expérimentations montrent que la méthode est applicable dans le contexte temps réel de notre problème et offre des économies intéressantes.

Références

- [1] Nguyen, Ho Si Hung and Do, Phuc and Vu, Hai-Canh and Iung, Benoit, *Dynamic maintenance grouping and routing for geographically dispersed production systems*, Reliability Engineering & System Safety, 185, p. 392–404, 2019.
- [2] López-Santana, Eduyn and Akhavan-Tabatabaei, Raha and Dieulle, Laurence and Labadie, Nacima and Medaglia, Andrés L, *On the combined maintenance and routing optimization problem*, Reliability Engineering & System Safety, 145, p. 199–214, 2016.
- [3] Delavernhe, Florian and Castanier, Bruno and Gueret, Christelle and Mendoza, Jorge, *Problèmes couplant la sélection de maintenances et les tournées de techniciens*, ROADEF'21.