

Ordonnancement de la maintenance corrective des rames au sein de la SNCF

Tom Ray^{1,2}, Ronan Bocquillon², Vincent T'kindt²

¹ SNCF Voyageurs, ingénierie du matériel, Pôle de Saint-Pierre-Des-Corps

² Université de Tours, Laboratoire d'Informatique Fondamentale et Appliquée (EA 6300)
ERL CNRS 7002 ROOT, Tours

Mots-clés : *recherche opérationnelle, optimisation, ordonnancement, maintenance.*

1 Introduction

La SNCF Voyageurs s'occupe non seulement du transport des particuliers, mais également de la maintenance du matériel roulant [1]. Dans ces travaux, on considère deux types de maintenance :

- La maintenance préventive que l'on effectue régulièrement sur la base de butées légales et de la connaissance du matériel (usure). En pratique, elle se manifeste au travers de rendez-vous planifiés longtemps à l'avance.
- La maintenance corrective qui vise à corriger un dysfonctionnement constaté directement, ou par le biais de signalements. En pratique, elle se manifeste au travers de rendez-vous planifiés à la volée. Le délai de réalisation associé à cette opération est conditionné par la gravité du dysfonctionnement.

La maintenance d'une rame impose à celle-ci d'être à l'arrêt pendant un certain temps et d'avoir accès à certaines ressources, comme par exemple, des infrastructures spécifiques. Il y a donc une problématique de planification des opérations de maintenance corrective en fonction de différentes ressources, des disponibilités des rames et des voies ainsi que des rendez-vous planifiés en préventif.

Actuellement cette planification est faite à la main. Dans ces travaux, nous nous intéressons donc au développement d'algorithmes exacts et heuristiques pour la résolution de ce problème.

2 Présentation du problème

Nous cherchons à planifier un ensemble d'opérations de maintenance corrective. Chaque opération est associée à une rame qui effectue un service commercial. Une rame n'est disponible pour la maintenance que lors :

- D'une période d'arrêt, entre deux trajets, sur un site de maintenance.
- D'un rendez-vous déjà planifié en préventif. Ceux-ci sont fixes et connus à l'avance.

Les voies pouvant accueillir les opérations de maintenance ont des disponibilités réduites à cause des rendez-vous de maintenance préventive. Chaque voie est disponible sur tout l'horizon avec un découpage en demi-journées (jour, nuit). En période de rendez-vous, la voie n'est disponible que pour la rame concernée afin d'autoriser le mélange correctif/préventif.

Pour chaque opération, on peut faire un diagnostic du dysfonctionnement ce qui permet la remise en service temporaire de la rame. Sa durée est plus courte que la durée opératoire. Le choix de faire un diagnostic doit être conditionné par un manque de disponibilités et/ou de ressources. La gravité du dysfonctionnement donne la hiérarchie de l'opération. Elle détermine la date due pour réaliser le correctif et un poids de retard. Elle détermine également un poids associé au diagnostic. La durée opératoire est déterminée par le type d'opération.

En outre, les contraintes à respecter sont les suivantes :

- La rame concernée par le dysfonctionnement doit être disponible.
- La voie sur laquelle on veut effectuer la maintenance doit être disponible.
- Une voie ne peut accueillir qu'une seule rame à la fois.
- Une voie ne peut accueillir une opération que si elle a les bonnes infrastructures.
- Un site ne peut accueillir plus d'un certain nombre d'opérations pour une période donnée.
- La durée commune de disponibilité voie/rame doit être plus grande que la durée opératoire et/ou la durée du diagnostic.

Résoudre le problème revient donc à ordonnancer les opérations de maintenance sur les différentes voies tout en minimisant la somme des retards pondérés associés aux opérations.

Un second objectif visant à limiter le nombre de diagnostic est introduit au travers d'une contrainte epsilon [2]. Celle-ci impose une limite sur la somme pondérée des mises en diagnostic.

Ce problème est NP-difficile au sens fort.

3 Méthodes proposées

Nous proposons tout d'abord une méthode exacte basée sur la résolution d'un modèle de PLNE indexé sur le temps. Ce modèle utilise deux familles de variables de décisions booléennes, x et y . La première indiquant pour chaque opération quelle voie et quel instant sont choisis. La seconde s'il s'agit d'un diagnostic ou non.

Nous proposons également une heuristique de type local branching [3] qui exploite le PLNE en rajoutant une contrainte sur une distance de Hamming. A chaque itération, le nombre de changements de valeurs dans x et y est limité à l'aide de cette distance par des paramètres k_x , k_y . Ainsi entre deux itérations, il est possible de changer l'affectation de $k_x/2$ opérations, de changer $k_y/2$ mises en diagnostic. On limite aussi le temps de résolution d'une itération par un paramètre δ . L'arrêt d'une itération est conditionné par l'arrivée dans un optimum local ou le dépassement du délai δ dans l'itération en cours. De plus, si la solution n'est pas améliorée sur deux itérations consécutives, on arrête.

De plus, pour la résolution de ce problème, nous proposons un modèle de PPC.

Lors de la conférence, nous présenterons des résultats expérimentaux permettant d'évaluer l'efficacité des algorithmes proposés.

Références

- [1] Mira, L., Andrade, A. and Gomes, M. (2020). Maintenance Scheduling within rolling stock planning in railway operations under uncertain maintenance durations. *Journal of rail transport planning & management*, 100–177.
- [2] T'Kindt, V. and Billaut, J-C. (2006). Multicriteria Scheduling : theory, models and algorithms. *Springer*, pp.359.
- [3] Fischetti, M., and Lodi, A. (2003). Local Branching, *Mathematical Programming*, 98 : 23–47.