

Résolution d'un problème industriel de maintenance des TGV à la SNCF

Y. Le Quéré^{1,2}, M. Sevaux², D. Trentesaux² et C. Tahon²

1. SNCF, 57 rue F. Mathias, 59230 Lille-Hellemmes
2. Université de Valenciennes, CNRS, UMR 8530, LAMIH-SP
Le Mont Houy, 59313 Valenciennes Cedex 9
(ylequere, sevaux, trentesaux, tahon)@univ-valenciennes.fr

Mots-clés : Maintenance, ordonnancement, programmation linéaire en nombres entiers.

Introduction

Le problème abordé est celui de la maintenance des TGV réalisée à l'EIMM d'Hellemmes. Cette étude s'inscrit dans un cadre très large qui concerne la robustesse de la planification des tâches de maintenance pour une rame TGV. Pour une présentation détaillée, le lecteur pourra se reporter à [1]. Dans cette présentation, nous allons nous concentrer uniquement sur la recherche d'un ordonnancement optimal de ces tâches. Cet ordonnancement servira de base à la suite de l'étude.

La maintenance est effectuée par des ressources organisées par métier et par produit. L'affectation des tâches aux ressources est imposée, soit par l'organisation, soit par les contraintes de métier. Cette organisation impose un effort de coordination important. Dans le cadre des opérations mi-vie, les TGV sont entièrement démontés, on effectue ensuite les tâches de maintenance sur les différentes parties des remorques (structure, aménagements intérieurs) puis les remorques sont remontées et la rame ré-accouplée. La gamme opératoire est commune à l'ensemble des remorques, elle est caractérisée par des contraintes de précedence. De plus, on ne peut effectuer plus d'une tâche en même temps sur chaque remorque (contraintes de sécurité, d'emplacement, d'outillage). Donc la disponibilité limitée des remorques, d'une part, et la capacité unitaire des ressources d'autre part, font apparaître de nombreuses contraintes disjonctives entre les tâches.

Notre objectif est de trouver le meilleur séquençement des tâches tel que le C_{max} soit minimum. On propose une modélisation mathématique pour résoudre ce problème.

Définition et modélisation du problème

La figure 1 présente les tâches principales à réaliser pour traiter une remorque. La première et la dernière tâche sont à prendre en considération au niveau de la rame et ne sont pas traitées dans notre modèle.

Pour un job i , on note $t_{i,k}$ la date de début du job i de la remorque k et p_i la durée du job i . On note $G = (X, E)$ le graphe des précédences entre les différentes tâches à réaliser pour une même remorque. X représente les tâches et E les arcs de précedence entre deux tâches.

Les contraintes de gamme sont définies par :

$$t_{i,k} + p_i \leq t_{j,k} \forall k, \forall (i, j) \in E$$

On définit une variable binaire $y_{i,j,k,l}$ qui prend la valeur 1 si la tâche i de la remorque k précède la tâche j de la remorque l . La disponibilité unitaire des remorques s'écrit par des contraintes classiques de disjonction :

$$\left. \begin{array}{l} t_{i,k} + p_i \leq t_{j,k} + M(1 - y_{i,j,k,k}) \\ t_{j,k} + p_j \leq t_{i,k} + M y_{i,j,k,k} \end{array} \right\} \forall i, \forall j \neq i, \forall k$$

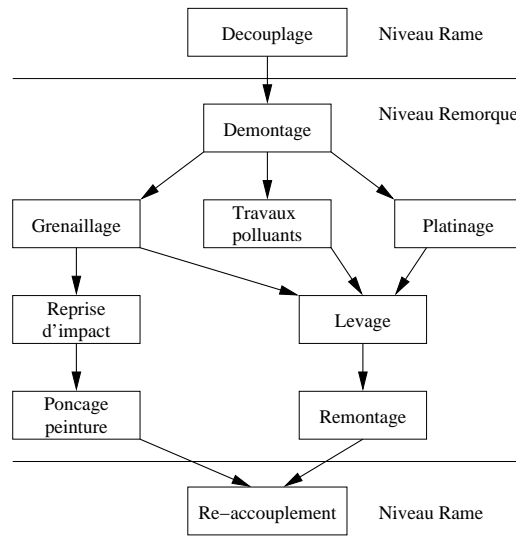


Figure 1: Contraintes de précédence.

où M représente une grande valeur ($M \gg \max_i(p_i)$).

Les tâches métiers sont affectées aux corps de métier habilités à les traiter (ressources métiers en exemplaire unique) tandis que les autres tâches sont effectuées par les ressources produits qui peuvent être en exemplaire multiples. Les affectations des tâches des différentes remorques aux ressources sont contenues dans un tableau de booléens ($Aff(i, k, s) = 1$ si la tâche i de la remorque k est affectée à la ressource s).

Pour les contraintes d'occupation des ressources, une formulation similaire à celles qui précèdent :

$$\left. \begin{array}{l} t_{i,k} + p_i \leq t_{j,l} + M(1 - y_{i,j,k,l}) \\ t_{j,l} + p_j \leq t_{i,k} + M y_{i,j,k,l} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \forall s, \forall i, \forall j, \forall k, \forall l \neq k, \\ \text{et } Aff(i, k, s) = Aff(j, l, s) = 1 \end{array}$$

Résultats

La modélisation et la résolution par un langage de programmation linéaire permet de trouver pour notre problème une solution optimale rapidement.

Les premiers tests ont été menés en utilisant le langage de modélisation XPress-MP de Dash Associates. Une version limitée du langage a permis de résoudre une instance avec 4 remorques. Cette instance est suffisamment réaliste car avec 8 remorques, la capacité des ressources est doublée et la durée des tâches est plus petite que celles choisies ici.

La résolution donne une durée totale de 26.5 jours. Pour comparer à ce qui est fait en pratique, il nous faut ajouter deux jours de découplage et de ré-accouplement de la rame et 8 jours d'essais. On arrive à un total de 39.5 jours. Aujourd'hui il faut 50 jours pour une rame de 8 remorques.

- [1] Y. Le Quéré, M. Sevaux, D. Trentesaux et C. Tahon, "Planification réactive des opérations de maintien et d'actualisation réglementaire et technologique des systèmes complexes", *Actes de la conférence internationale sur la maintenance assistée par ordinateur* 7-9 Novembre 2001, Rabat, Maroc, pp A15/1-A15/12.