

Planification optimale des opérations post-production de véhicules en atelier du secteur de la construction automobile

Hugo Chareyre¹, Arthur Godet², Florian Fontan¹

Artelys, 81 rue Saint-Lazare, 75009 Paris, France

Artelys, 12 avenue Carnot, 44000 Nantes, France

`prenom.nom@artelys.com`

Mots-clés : *Programmation Par Contraintes, Ordonnancement, Industrie, Logiciels Opérationnels.*

1 Introduction

Lors de l'achat d'un véhicule automobile, le client a souvent le choix parmi un ensemble d'options. Ces options sont de différents types, tels que l'installation de barres de toit, d'un système GPS ou encore le revêtement des sièges. Afin d'éviter le ralentissement de la chaîne de production, ces options sont mises en place sur les véhicules dans un second temps, en atelier.

La bonne planification des opérations en atelier est primordiale puisqu'il s'agit d'une part intégrante de la chaîne logistique du fabricant, soumise à des contraintes de délai de livraison notamment. Celle-ci est donc préparée minutieusement tous les jours. Toutefois, l'ordonnancement de l'ensemble des activités post-production à effectuer sur les véhicules est complexe pour plusieurs raisons :

- Les activités nécessitent des ressources spécifiques,
- Elles exigent que les opérateurs soient polyvalents,
- Elles sont réparties entre différentes équipes,
- Elles doivent respecter des délais de livraison stricts.

Artelys a résolu ce problème pour le compte de Toyota Motor Europe.

2 Description du problème

Pour une journée donnée, un ensemble de véhicules sont planifiés au sein de l'atelier. Chaque véhicule doit subir une liste d'activités post-production. Chaque activité possède une durée, définie par le modèle de véhicule et le type de l'activité.

Une activité nécessite un et un seul opérateur pour être effectuée, ainsi qu'une place au sein de l'atelier. Le nombre d'opérateurs et le nombre de places dans l'atelier sont tous deux limités.

Il est tout à fait possible, notamment pour optimiser le planning, de ne pas effectuer toutes les activités d'un véhicule en une seule fois. En effet, certaines activités nécessitant des ressources spécifiques, on ne peut pas nécessairement se permettre d'attendre que la ressource soit disponible pour libérer une place au sein de l'atelier, au risque de ralentir toute la chaîne de production.

Les activités sont soumises à des règles de précedence, qui peuvent être propres au véhicule. Ces précedences sont de type *end-before-start*, c'est-à-dire que s'il existe une activité a_i précédant une activité a_j , alors l'activité a_j ne pourra débuter qu'une fois l'activité a_i entièrement exécutée. De plus, les activités peuvent être soumises à des séquences. Une séquence est une liste d'activités non-ordonnées entre elles. Il peut y avoir des pauses entre l'exécution des activités d'une séquence, mais tant que l'ensemble des activités de la séquence ne sont pas exécutées, il est impossible d'exécuter une quelconque autre activité sur le véhicule.

Un véhicule possède une date de livraison, à laquelle celui-ci doit être prêt, c'est-à-dire que toutes ses activités post-production ont été exécutées. De plus, à chaque fois qu'un véhicule entre, sort de l'atelier ou change de place au sein de celui-ci, un temps d'inactivité doit être observé sur le véhicule et sur la place qu'il occupait. D'un point de vue planification, cela correspond à l'allongement de la première et de la dernière activité du véhicule pour chaque session de travail sur ce dernier.

L'atelier est organisé en *shifts*, durant lesquels il y a des pauses. Les activités étant non-préemptives, leur durée doit être allongée si leurs exécutions intersectent avec une ou plusieurs pauses : l'allongement de la durée de l'activité est d'autant que la durée de la pause qu'elle intersecte.

Enfin, une fonction multi-objectif est utilisée comme critère d'optimisation : minimisation du makespan, maximisation du nombre d'activités faites dans les temps, etc. 7 objectifs sont ainsi pris en compte dans la fonction d'optimisation. Les objectifs sont ordonnés et ont une tolérance. Ainsi, un objectif de plus faible priorité peut être amélioré en dégradant un objectif de priorité plus importante si cette dégradation ne dépasse pas la tolérance.

3 Résolution

La modélisation de ce problème a été faite en programmation par contraintes à l'aide du langage Mosel [2] et la résolution repose sur le solveur Artelys Kalis [1]. Ce module de calcul est situé au sein d'un serveur Java qui s'occupe de la préparation et la vérification des données ainsi que de la communication avec le reste de l'architecture informatique.

Afin de permettre une utilisation rapide de ce moteur de calcul par les planificateurs, les solutions doivent être renvoyées rapidement, quelque soit leur taille. Ainsi, le micro-service doit être capable de planifier des milliers d'activités, correspondant à des centaines de véhicules, en moins d'une minute. Cette rapidité de résolution permet aux planificateurs de tester différents scénarios, notamment à l'aide d'une fonctionnalité de réoptimisation.

Le micro-service développé vient remplacer un traitement manuel et fastidieux par tableur, qui prenait deux heures et demie, contre moins de trente minutes avec le micro-service, pour générer le planning de production quotidien. De plus, les solutions renvoyées par le micro-service sont de meilleures qualités sur l'ensemble des critères que celles construites auparavant.

Références

- [1] Artelys Kalis. <https://www.artelys.com/fr/solveurs/kalis/>.
- [2] Susanne Heipcke. Xpress-Mosel. DOI : 10.1007/978-3-642-23592-4_5, 2012.