

Engagement des opérateurs sur une chaîne de montage automobile

Alain NGUYEN

Service Intelligence Artificielle Appliquée, Digital New Services, Groupe RENAULT
Alain.nguyen@renault.com

Mots-clés : *assembly-line balancing.*

1 Introduction

Une chaîne de montage véhicule chez RENAULT se compose généralement d'une quinzaine de tronçons, chaque tronçon regroupant les tâches d'assemblage d'une partie du véhicule. Un tronçon se compose de pas de chaîne (on en voit 2 sur la Fig2), chaque pas de chaîne pouvant contenir jusqu'à 4 postes de travail, c-a-d 4 opérateurs, aux 4 coins du véhicule (avant, arrière, droite et gauche).

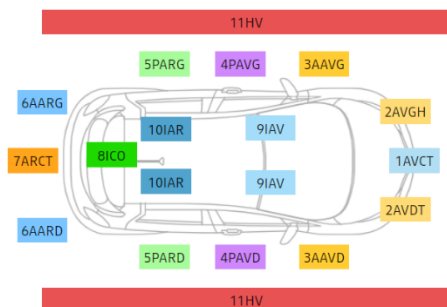


FIG. 1 – Zones du véhicule



FIG. 2 – opérateurs au poste de travail

L'engagement des opérateurs par le chef d'équipe responsable du tronçon consiste à définir le nombre de postes de travail pour chaque pas de chaîne, les tâches affectées à chaque poste de travail, enfin l'ordonnancement de ces tâches, le tout en minimisant le nombre d'opérateurs. Il s'agit du problème « Assembly line balancing with sequence dependent setup times », tel que décrit dans [1], avec quelques spécificités. Toutes les tâches affectées à un opérateur doivent durer moins d'une minute (temps de cycle), y compris les temps de déplacement et les temps de prise d'outil. Les temps de déplacement sont un exemple de temps de setup dépendant de la séquence des tâches : pour passer de la tâche n à la tâche $n+1$, l'opérateur va se déplacer de la zone z_n de la tâche n à la zone z_{n+1} de la tâche $n+1$, chaque tâche étant associée à une zone du véhicule (cf Fig1). Enfin la charge de travail au poste est calculée sur un panel de véhicule (typiquement 1 semaine de production), sachant que chaque tâche n n'est pas systématiquement exécutée sur tous les véhicules du panel. On peut citer par exemple les tâches spécifiques aux véhicules Direction à Droite, qui ne seront pas exécutées sur les véhicules Direction à Gauche.

2 Problème d'optimisation

Nous disposons des données d'entrée suivantes :

- Nombre maximal de pas de chaîne et nombre maximal d'opérateurs pour chaque pas de chaîne
- Temps de cycle (c-a-d le temps de passage d'un véhicule devant le poste de travail),
- Liste des tâches, avec leur temps, la zone du véhicule concernée, la définition de la population de véhicules concernés par la tâche, les outillages nécessaires avec les temps de prise associés
- Panel de véhicules

Il s'agit d'optimiser les objectifs suivants (classés par ordre de priorité) :

1. Minimiser le nombre de pas de chaîne et le nombre de postes de travail
2. Minimiser la charge totale de travail sur l'ensemble des véhicules du panel
3. Lisser la charge entre les pas de chaîne, et entre les postes de travail d'un pas de chaîne
4. Lisser le nombre de postes de travail entre les pas de chaîne.

sous les contraintes suivantes :

- Précédence entre tâches
- Symétrie entre tâches (2 tâches symétriques doivent être réalisées sur le même pas de chaîne par 2 opérateurs différents, par exemple 2 tâches à réaliser à droite et à gauche du véhicule)
- L'ensemble des tâches, déplacements et prises d'outil au poste de travail ne doit pas dépasser 120% du temps de cycle.
- Les véhicules pour lesquels la charge de travail au poste dépasse le temps de cycle ne doivent pas représenter plus de 10% du panel.
- Les tâches réalisées sur différents postes de travail d'un même pas de chaîne ne doivent pas concerner les mêmes zones du véhicule.

3 Méthode de résolution et résultats

Nous avons développé un POC avec le solveur Hexaly, en tirant parti de ses fonctionnalités de liste et de la puissance d'expression des fonctions lambda sur ces listes. Nous avons pu modéliser l'ensemble des contraintes et objectifs du problème. Le multi-objectif a été traité de manière lexicographique. Le POC a été testé sur 2 tronçons, l'un avec 350 tâches, 15 postes de travail et un panel de 6000 véhicules, le second avec 600 tâches, 24 postes de travail et un panel de 1200 véhicules. Nous avons pu obtenir des solutions de « bonne qualité » respectivement après 1h30 et 2h30 de calcul, c-a-d produisant un nombre de postes de travail égal à celui obtenu par les chefs d'équipe experts, mais surtout respectant l'ensemble des contraintes (ce qui n'est pas le cas des solutions appliquées sur le terrain !).

4 Conclusions et perspectives

Le POC répond au besoin d'un engagement opérateur « à partir d'une page blanche ». Reste à traiter la ré-optimisation d'un engagement existant pour s'adapter aux évolutions du panel de véhicules (changements du mix de véhicules, et par conséquent de la charge de travail au poste). Parallèlement, nous travaillons sur la génération automatique des contraintes de précédence entre tâches, à partir de l'historique des engagements appliqués dans les usines. La saisie de centaines de contraintes de précédence (pour chaque tronçon) est extrêmement lourde, voire réhhibitoire, pour les chefs d'équipe.

Références

- [1] Armin Scholl, Niels Boysen, Malter Fliedner. The assembly line balancing and scheduling problem with sequence-dependent setup times: problem extension, model formulation and efficient heuristics. *OR Spectrum*, Volume 35, Issue 1.