

# Ordonnement de véhicules sur une ligne de montage pour minimiser le nombre d'interventions des moniteurs

R. El Hadj Khalaf<sup>1</sup>, G. Alpan<sup>2</sup>, O. Briant<sup>3</sup> et A. Lesert<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire G-Scop, 46 avenue Felix Viallet, 38031 Grenoble Cedex  
[elhadj@gilco.inpg.fr](mailto:elhadj@gilco.inpg.fr)

<sup>2</sup>Laboratoire G-Scop, 46 avenue Felix Viallet, 38031 Grenoble Cedex  
[alpan@gilco.inpg.fr](mailto:alpan@gilco.inpg.fr)

<sup>3</sup>Laboratoire G-Scop, 46 avenue Felix Viallet, 38031 Grenoble Cedex  
[briant@gilco.inpg.fr](mailto:briant@gilco.inpg.fr)

<sup>4</sup>Laboratoire G-Scop, 46 avenue Felix Viallet, 38031 Grenoble Cedex  
[lesert@gilco.inpg.fr](mailto:lesert@gilco.inpg.fr)

**Mots-clés :** Ordonnement, ligne de montage multi modèles, minimisation du nombre d'interventions des moniteurs, recuit simulé, programmation linéaire en nombres entiers.

## 1 Introduction

Une chaîne de montage de véhicules doit être en mesure de fabriquer une multitude de versions de plusieurs modèles différents. Sur la chaîne, les véhicules défilent à vitesse constante devant les opérateurs. Chaque opérateur se déplace pour suivre le véhicule, sur la longueur du poste qui le concerne. L'arrivée des véhicules est cadencée par un temps constant (temps de cycle).

Chaque poste de travail est confiné entre deux limites : la limite minimale où le véhicule entre dans le poste, et la limite maximale où il le quitte. Si l'opérateur n'est pas capable de traiter le véhicule dans la zone de travail définie par ces deux limites, il doit faire appel à un opérateur suppléant (le moniteur). Ce dernier s'occupe du véhicule qui mettait l'opérateur en difficulté, lui permettant ainsi de récupérer son retard et de passer directement au traitement du véhicule qui suit. Nous signalons ici que, conformément aux contraintes de l'atelier objet de l'étude, le moniteur prend en charge l'intégralité des tâches sur le véhicule en cas d'intervention. C'est-à-dire que lorsque l'opérateur s'aperçoit qu'il ne pourra pas achever le traitement du véhicule entrant à l'intérieur de sa zone de travail, il fait appel au moniteur et il passe directement au traitement du véhicule de rang suivant [1]. Cette organisation permet d'éviter l'arrêt coûteux de la ligne.

## 2 Présentation du problème

Notre objectif consiste à déterminer la séquence des véhicules qui minimise le nombre total d'interventions des moniteurs sur tous les postes de travail. La méthode utilisée actuellement pour atteindre cet objectif se base sur l'espacement des options lourdes qui provoquent une surcharge de travail (c'est-à-dire nécessitant un temps de traitement supérieur au temps de cycle). Pour chaque option  $i$  une contrainte de ratio  $N/P$  est définie de la façon suivante : chaque sous séquence de  $P$  véhicules successifs doit contenir au plus  $N$  véhicules qui ont cette option  $i$ . L'indicateur qui mesure la qualité d'une séquence définie par une telle méthode est le nombre total de violations de ces contraintes  $N/P$ . C'est une méthode indirecte pour minimiser le nombre d'interventions des moniteurs. Cependant, l'expérience montre que cette méthode demeure insuffisante et un nombre important d'interventions est toujours constaté.

Dans ce contexte, la présente étude consiste à minimiser directement le nombre d'interventions des moniteurs.

## 3 Méthode de résolution

Dans un premier temps, nous avons modélisé le problème sous forme d'un programme linéaire en nombres entiers. Malheureusement, la résolution de ce programme s'avère inefficace

par les logiciels commerciaux du fait de la taille des instances que nous souhaitons traiter. Nous avons donc mis au point une heuristique de type recuit simulé.

Dans un deuxième temps, nous avons comparé nos résultats avec ceux obtenus par quelques heuristiques de la littérature à savoir : l'heuristique de Kim [2], l'heuristique de lissage de charge [3], l'heuristique de Thomopoulos [4] et l'heuristique de Kim en utilisant l'algorithme de Tsai [5]. Contrairement à notre problème, les heuristiques existantes s'intéressent à la minimisation de la surcharge de travail. La surcharge est la partie du travail qui reste inachevé lorsque l'opérateur atteint la limite maximale de son poste. Cependant, nous avons choisi quelques heuristiques qui se rapprochent de notre problème et nous les avons adaptées de manière appropriée. Toutes ces heuristiques sont gloutonnes.

#### 4 Résultats et conclusion

Les tests ont été effectués sur quatre jeux de données réelles.

Le premier résultat que nous avons obtenu est que la minimisation directe du nombre d'interventions est beaucoup plus performante que la minimisation du nombre de violations des contraintes de type N/P. Ceci montre l'intérêt de cette nouvelle approche. Cependant, elle devra être affinée en tenant compte d'autres critères industriels, tels que la création de convoies de teintes (engager successivement un maximum de véhicules qui vont être teintés de la même couleur), ou le lissage de la consommation des pièces en bord de ligne.

De plus, au vue des résultats obtenus par les heuristiques de la littérature, notre approche de recuit simulé s'avère être très efficace en termes de qualité de la solution et de temps de calcul. Cependant, quelques heuristiques gloutonnes, comme celle de lissage de charge [3], donnent des résultats assez intéressants dans un temps de calcul extrêmement court. Ceci nous encourage à pousser davantage les recherches en vue d'établir une procédure performante d'ordonnement dynamique.

#### Références

1. V. Giard, J.Jeunet. Modélisation du problème général d'ordonnement de véhicules sur une ligne de production et d'assemblage. A paraître dans JESA. (2005).
2. Y.Kim, C.Park, W.Choi. A quick sequencing algorithm for a mixed model assembly line with multiple stations. <http://www.korms.or.kr/korea/main/B/B46.PDF>. (2001).
3. J.Miltenburg. Level schedules for mixed-model assembly lines in just in time production systems. *Management Science*. Vol.35, No.2, 192-207. (1989).
4. N.Thomopoulos. Line balancing-sequencing for mixed-model assembly. *Management Science*. Vol. 14, No.2, 59-75. (1967).
5. L.Tsai. Mixed-model sequencing to minimize utility work and the risk of conveyor stoppage. *Management Science*. Vol.41, No.3, 485-495. (1995).