

# Une métaheuristique basée sur le Path-Relinking pour l'optimisation d'un problème d'équilibrage de lignes de transfert

Essafi Mohamed<sup>1,2</sup>, Xavier Delorme<sup>1</sup>, Alexandre Dolgui<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centre Génie Industriel et Informatique, Ecole Des Mines de Saint Etienne ; 158, Cours Fauriel, 42023 Saint Etienne, France

<sup>2</sup> G-SCOP, INPG, 35, Rue Félix Viallet, 38000, Grenoble, France  
(`essafi, delorme, dolgui`)@emse.fr

**Mots-Clés :** *Problème d'équilibrage, lignes de transfert, GRASP, Path-Relinking.*

## 1 Problème d'optimisation

Nous traitons le problème d'équilibrage de ligne d'usinage connu sous le nom de TLBP (Transfer Lines Balancing Problem) avec des contraintes liées aux choix d'équipements. Les lignes étudiées sont sérielles, i.e. la pièce à usiner traverse une séquence de stations en passant d'une station à l'autre en respectant une cadence imposée : le temps de cycle de la ligne. Les stations sont composées de machines d'usinage à commandes numériques (ou *machinesCNC* : *Computer Numerical Controller*). Une machine à commandes numériques est mono-broche et peut utiliser séquentiellement plusieurs outils d'usinage et faire tourner la pièce sur un plateau rotatif afin d'exécuter plusieurs opérations d'usinage sur des faces différentes de la pièce. Plusieurs machines peuvent être installées sur une seule station, elles effectuent alors les mêmes opérations sur des unités de produits différentes, ainsi le temps de cycle local de la station est égal au temps de cycle de la ligne multiplié par le nombre de machines de la station. Le problème d'équilibrage étudié intègre les contraintes classiques de précédence, d'exclusion et d'inclusion. En plus de cela, le temps de chargement d'une station dépend de la séquence d'opérations affectées. En effet, un temps inter-opérateurs doit être pris en compte entre deux opérations, ce temps est lié aux temps nécessaires pour le changement d'outils, rotation de la pièce, etc. Des contraintes d'accessibilité sont également traitées, en effet, suivant la position de la pièce dans la machine et le type de la machine utilisée, nous avons un ensemble de faces accessibles (et donc les opérations d'usinage situées sur ces faces sont accessibles) [1]. Le problème d'équilibrage consiste à déterminer, pour un temps de cycle donné, le nombre de stations à installer ainsi que le nombre de machines sur chaque station, la séquence d'opérations à affecter à la station, tout en tenant compte des contraintes du problème. L'objectif de l'équilibrage consiste à minimiser le coût total de la ligne à installer.

## 2 Méthode d'optimisation

Dans [2], nous avons proposé une méthode exacte basée sur un modèle linéaire en nombres entiers mixtes pour la résolution de ce problème. Néanmoins, les expérimentations ont montré que seul les

instances de petites tailles peuvent être résolues. Pour cela, nous avons opté pour une méthode approximative basée sur une métaheuristique. La métaheuristique développée combine entre le GRASP (Greedy Randomized Adaptive Search Procedure) [3] et le Path-Relinking [4]. La figure 1 résume le principe de fonctionnement de l'algorithme. La première partie de la métaheuristique consiste en un algorithme basé sur GRASP. GRASP combine itérativement un algorithme semi-greedy pour construire une solution faisable étape par étape et une procédure de recherche locale pour améliorer la solution trouvée. Ainsi, nous obtenons un archive de solutions faisables diversifiées. La construction de l'archive se fait à un critère de sélection basée sur la qualité des solutions. La seconde partie consiste en une phase d'intensification qui utilise les solutions déjà trouvées pour générer de nouvelles solutions (Path-Relinking). Une fois que l'archive de solutions atteint une taille minimale, la procédure de Path-Relinking est intégrée dans l'algorithme. Ainsi, toute solution générée de la première étape, est combinée avec une autre choisie au hasard dans l'archive. Ce qui nous permet de générer une nouvelle gamme de solutions qui est ajoutée à l'archive après filtrage. Nous fixons un temps de calcul maximum comme critère d'arrêt.

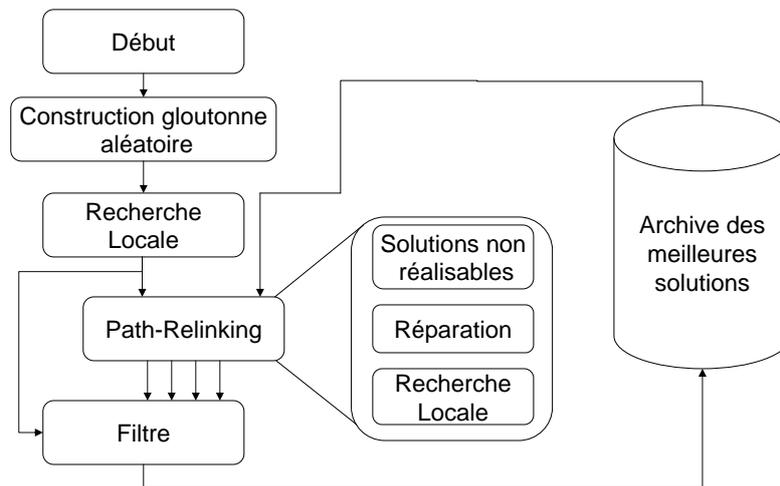


FIGURE 1 – Principe de fonctionnement de l'algorithme.

## Références

- [1] X. Delorme, A. Dolgui, M. Essafi, L. Linxe and D. Poyard. Automatic Machining Lines : Design and Optimization. *Chapter in : Handbook of Automation*, Springer Verlag, 2008.
- [2] M. Essafi, X. Delorme, A. Dolgui and O. Guschinskaya. A MIP Approach for Balancing Transfer Lines with Complex Industrial Constraints. *Computer and Industrial Engineering*, (accepted, in Press, available online 24 April 2009, Science Direct), 2009.
- [3] W.E. Feo and M.G.C. Resende. A probabilistic heuristic for a computationally difficult set covering problem. *Operations Research Letter*, Vol. 8, p. 67-71, 1989.
- [4] M.G.C. Resende and C.C. Ribeiro. GRASP WITH PATH-RELINKING : RECENT ADVANCES AND APPLICATIONS. *AT&T Labs Research Technical Report TD-5TU726*, 2005.