

# Ordonnancement de véhicules dans les usines RENAULT : une approche par recherche locale à voisinage large

B. Estellon<sup>1</sup>, F. Gardi<sup>1,2</sup>, et K. Nouioua<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire d'Informatique Fondamentale,  
Parc Scientifique et Technologique de Luminy, Marseille, France

<sup>2</sup> PROLOGIA - Groupe Air Liquide,  
Parc Scientifique et Technologique de Luminy, Marseille, France

{Bertrand.Estellon,Frederic.Gardi,Karim.Nouioua}@lif.univ-mrs.fr

Le Challenge ROADEF 2005 a pour objet l'ordonnancement des véhicules dans les chaînes de montage des usines RENAULT (problème plus connu sous le nom de *car sequencing* en anglais). Voici une heuristique naturelle pour résoudre ce problème :

**Descente par recherche locale :**

**début ;**

calculer une solution initiale ;

**tant que** le temps imparti n'est pas écoulé **faire**

sélectionner  $k$  véhicules de la séquence ;

calculer une nouvelle solution par permutation de ces  $k$  véhicules ;

**retourner** la solution ;

**fin ;**

Lorsque  $k = 2$ , la permutation en question correspond à un simple échange. En dépit de son voisinage réduit, ce type de recherche locale permet d'obtenir d'excellents résultats [1]. Toutefois, le choix d'une valeur de  $k$  plus grande élargit considérablement l'espace de recherche et donc les chances de trouver une permutation améliorant le coût de la solution courante. Dans cette note, nous indiquons comment déterminer efficacement une permutation optimale (ou presque) de ces  $k$  véhicules lorsque  $k$  est très grand, c'est-à-dire de l'ordre du tiers voire de la moitié du nombre de véhicules à ordonnancer.

Le problème du *car sequencing* peut être représenté sous la forme d'un programme linéaire en nombres entiers. En associant à chaque couple véhicule/position une variable binaire, nous obtenons un programme de type *set partitioning* auquel il faut ajouter les variables associées aux pénalités provoquées par les violations de ratios ainsi que les contraintes permettant d'activer celles-ci. Les contraintes portant sur la couleur des véhicules peuvent aussi être traduites, mais de façon moins naturelle. Bien entendu, la résolution exacte d'un tel programme est impossible puisque le nombre de variables binaires est quadratique en le nombre de véhicules à ordonnancer. De plus, la relaxation linéaire, elle aussi difficile à calculer, est de très mauvaise qualité (solution très fractionnaire de coût quasi nul). Cependant, nous avons pu observer qu'en fixant des véhicules à des positions données (c'est-à-dire en fixant des variables binaires à un), la qualité de la relaxation s'améliore nettement, rendant ainsi abordable la résolution en nombres entiers. En fait, moins il y a de contiguïté entre les véhicules libres de permuter, meilleure est la relaxation linéaire. En choisissant de façon aléatoire les  $k$  véhicules à permuter puis en ajoutant à ceux-ci les véhicules provoquant des violations, nous obtenons un programme linéaire en nombres entiers dont la résolution ne prend que quelques secondes à l'aide d'un *branch and bound* classique [2] sur un PC 1.6 MHz et 256 Mo (la résolution de la relaxation linéaire du programme se fait par la méthode du simplexe, accélérée par le passage d'une base réalisable calculée à partir de la solution courante).

Notons enfin qu'une solution initiale de qualité peut être calculée à l'aide de cette même méthode en résolvant (exactement ou presque) le problème pour un échantillon représentatif de l'ensemble des véhicules : les violations provoquées par le raccordement des échantillons optimisés sont facilement réparables). Malgré cela, les résultats obtenus par la recherche locale à voisinage large restent largement inférieurs à ceux obtenus par recherche locale à voisinage réduit [1]. À ce propos, nous

pensons que l'écriture d'un algorithme du simplexe dédié au problème peut permettre une nette amélioration des performances de la méthode (l'opération la plus coûteuse à chaque itération est la résolution de la relaxation linéaire du programme).

## Références

1. B. ESTELLON, F. GARDI et K. NOUIOUA (2005). Ordonnancement de véhicules dans les usines RENAULT : une approche par recherche locale à voisinage réduit. In *Actes du 6ème Congrès de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision*.
2. A. MAKHORIN (2004). Librairie GLPK (GNU Linear Programming Kit, version 4.4). <http://www.gnu.org/software/glpk/glpk.html>.