

Sujet de Projet de fin d'étude Ingénieur ou master 2 recherche

Titre : **Algorithmes d'optimisation pour le problème de fabrication de mélange**

Lieu du stage : laboratoire G-SCOP

Contact : Olivier Briant et Bernard Penz, {olivier.briant, bernard.penz}@grenoble-inp.fr

Collaboration : Société A-Systems, développeur d'outils d'optimisation pour les entreprises de fabrication d'aliments pour animaux

Contexte et problématique :

Dans les industries de mélange (métallurgie, agroalimentaire, etc.), les produits finis sont obtenus en mélangeant différentes matières premières. Les nombres de produits finis et de matières premières sont souvent très importants, de l'ordre de plusieurs centaines. L'un des principaux problèmes est de définir les « *recettes* », c'est-à-dire déterminer pour chaque produit fini quelles matières premières utiliser et en quelle proportion. Les produits finis doivent respecter des teneurs en certains composants, par exemple un certain taux de lipide pour des produits agroalimentaires, ou un taux de tungstène dans un alliage métallique. Pour chaque matière première, la teneur en composants est connue, et la teneur du mélange est proportionnelle aux quantités mélangées. L'objectif est alors de constituer les recettes qui respectent les teneurs exigées tout en optimisant l'utilisation et/ou l'achat des matières premières.

Sans contrainte additionnelle, ce problème peut être modélisé comme un programme linéaire et résolu à l'aide d'un solveur de programmation linéaire. Cependant, du fait de la diversité des produits finis et des matières premières, ce processus de mélange direct est souvent trop coûteux en temps et en stockage, et trop difficile à mettre en place. Pour des facilités de production, les entreprises décident donc de préparer des « *mélanges intermédiaires* » à partir de certaines matières premières, pour ensuite les utiliser dans les produits finis. C'est le cas par exemple dans l'industrie de l'aluminium où un certain nombre d'alliages standard sont fabriqués, et entrent ensuite dans la composition d'alliages plus spécifiques. Des entreprises de l'agroalimentaire utilisent déjà ce principe de « *mélanges intermédiaires* ». Ils utilisent alors l'expérience de leurs experts pour les définir, mais sans avoir de garantie que ces mélanges intermédiaires soient les plus appropriés.

Le problème n'est donc plus de déterminer les recettes permettant d'élaborer les produits finis à partir des matières premières. Il faut maintenant déterminer aussi les recettes des mélanges intermédiaires, et les incorporer dans celles des produits finis.

Objectifs industriels :

L'enjeu est donc de définir les « *bons* » mélanges intermédiaires, dans le but d'optimiser globalement la solution de planification (achat des matières premières, utilisation des stocks, etc.). On se trouve alors à résoudre des problèmes beaucoup plus complexes (quadratique), pour lesquels la programmation linéaire ne suffit plus.

Dans le cadre d'un travail achevé en 2013, un algorithme d'optimisation a été développé (Spatial Branch-and-Bound) permettant de déterminer la composition des mélanges intermédiaires à partir des matières premières, puis l'assemblage de ces mélanges intermédiaires pour obtenir les produits finis demandés. Lors de cette étude, les mélanges intermédiaires devaient posséder des caractéristiques précises, ce qui permettait de les différencier, et l'outil obtenu donne aujourd'hui satisfaction.

En revanche, si la seule information disponible sur les mélanges intermédiaires est leur nombre, et qu'aucune contrainte ne permet de les différencier a priori, l'algorithme de Branch-and-Bound proposé devient beaucoup moins performant. Ce cas particulier est appelé le «*problème de fabrication*». Il a été relativement peu étudié à ce jour, seule une borne inférieure sur la valeur optimale de l'objectif a pu être mise au point.

Travail demandé :

L'objectif principal est maintenant de trouver des algorithmes efficaces permettant d'obtenir des solutions réalisables de bonne qualité pour le problème de fabrication. De nombreuses idées ont été avancées et rédigées dans un document de synthèse. Certaines ont été programmées et testées, mais pas toutes.

Le travail demandé est donc de comprendre les pistes déjà envisagées, y apporter des améliorations, et proposer éventuellement d'autres heuristiques pour résoudre le problème.

Les algorithmes seront décrits, codés et testés sur des jeux de données fournis par A-Systems. Une comparaison des différents algorithmes sera analysée.

Compétences souhaitées :

Le candidat devra posséder de solides bases en recherche opérationnelle et en programmation