

# Rectangle Packing applied to industrial placement problem

Thomas Piotaix

Université Grenoble Alpes, Alma Scop, France

**Mots-clés :** *Optimization, Rectangle Packing, Cutting Stock Problem, True Shape Nesting, Guillotine Cuts.*

## 1 Introduction

Le problème industriel est le suivant : optimiser la découpe de pièces dans ce que nous appellerons une tôle (plaque/rouleau/surface rectangulaire de tissu, papier, verre, cuir, métal, pierre, etc.) en minimisant la quantité de chutes inutilisables. On s'intéressera ici au cas particulier où les pièces sont rectangulaires mais pas seulement, il est aussi question de placer des blocs rectangulaires de pièces quelconques pavées. Même si cela s'approche du cadre usuel du sac à dos 2D rectangle, en pratique le problème rencontré est plus général et nécessite des développements spécifiques.

## 2 Alma et PowerNest

Alma est une entreprise spécialisée dans l'édition de logiciels et en particulier de logiciels dédiés à la conception et fabrication assistées par ordinateur. Une fonctionnalité importante de ces logiciels (capables de gérer tout le processus de la découpe automatisée de matière) est le placement automatique optimisé (nesting) de pièces dans une ou plusieurs tôles. Ce stage a été effectué dans l'équipe "nesting" sous la supervision de Simon Chanal, du département Logiciels Industriels de Alma. Le moteur de placement développé par cette équipe et commercialisé par Alma se nomme PowerNest.

Le problème classique résolu par PowerNest est le suivant : étant donné un ensemble de pièces que l'on souhaite produire (pièces de formes quelconques) ainsi que des dimensions de tôles disponibles pour la découpe, minimiser le nombre de tôles nécessaires pour placer toutes les pièces désirées. S'ajoute à cela la nécessité de respecter un ensemble de contraintes métiers/utilisateurs/matériaux. La dernière tôle du placement (souvent partiellement utilisée) bénéficie d'une optimisation particulière visant à produire la chute la plus facilement réutilisable plus tard.

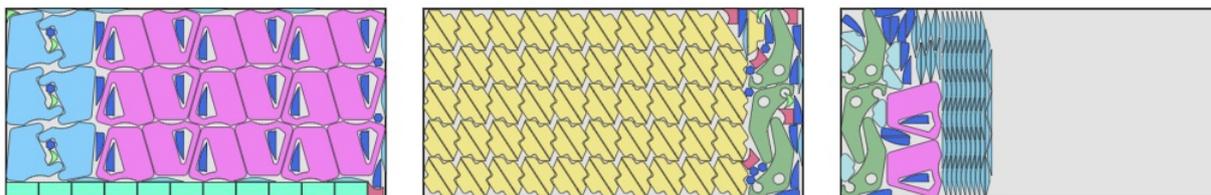


FIG. 1 – Exemple de placement réalisé à l'aide de la librairie PowerNest.

## 3 Le problème étudié

Le problème étudié ici est plus spécifique : étant donné une seule tôle de dimensions fixées, un ensemble de pièces rectangulaires ainsi qu'un ensemble de pièces quelconques disposant de

modèles de pavages, trouver le meilleur placement possible. C'est-à-dire celui qui maximise la valeur placée à l'intérieur de la tôle, chaque pièce étant associée à une valeur. La résolution de ce sous-problème s'inscrit dans un modèle de résolution de type "génération de colonne", qui apparaît naturellement lorsque l'on s'intéresse au Cutting Stock Problem et aux problèmes analogues.

Les recherches menées ont été la source d'inspiration de deux algorithmes. Ces algorithmes ont dû être adaptés aux instances rencontrées en pratique et dont la complexité est due à plusieurs facteurs :

- Un grand nombre de pièces disponibles différentes, parfois de l'ordre de quelques centaines.
- Un grand nombre d'orientations possibles de ces pièces si possibilité de pavage, entre 2 et 100 (limite arbitraire fixée). Alors que classiquement dans le placement rectangle seules deux orientations (celles orthogonales aux bords de la tôle) sont considérées.
- Des pièces de dimensions très différentes les une par rapport aux autres. Et parfois très petites relativement à la taille de la tôle utilisée.
- Des quantités disponibles pour chaque pièce qui peuvent être très importantes et variables. Une très petite pièce peut être disponible en quantité avoisinant le millier et engendrer de gros problèmes de complexité selon l'algorithme utilisé.
- Pour être utilisable comme sous partie d'un algorithme de placement plus général les placements doivent être générés en des temps de l'ordre de quelques dixièmes de secondes.
- Pour des raisons de précision les dimensions des pièces et des tôles sont généralement de l'ordre de  $10^8$  ou  $10^9$  (mise à l'échelle en coordonnées entières d'un problème en mètre avec précision au micromètre).

Du fait de cette grande complexité d'instance il est impossible d'utiliser les algorithmes de la littérature tels quels, des heuristiques sur mesure ont été conçues.

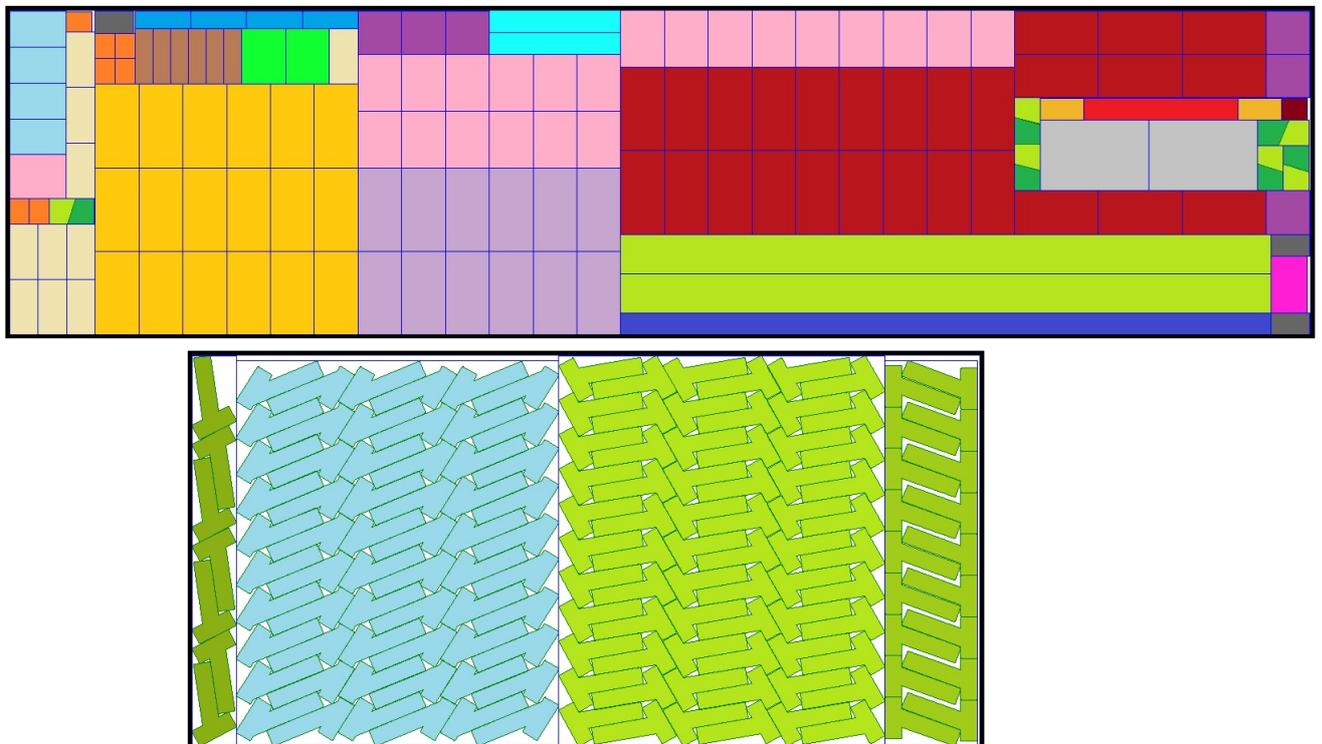


FIG. 2 – Exemples : placements réalisés en une seconde et qui illustrent le type d'instance à résoudre en pratique. La complexité des instances est bien visible, le deuxième placement en particulier nécessite l'optimisation de l'orientation des pièces incluses dans les pavages pour que chacun des blocs placés soit choisi au mieux.