

Algorithmes multi-objectifs pour la résolution de problèmes d'optimisation à espaces de recherche disjoints

Astrid Jourdan¹, Yannick Le Nir¹, Peio Loubière¹

EISTI, Laboratoire-Quartz, PAU, France
`{aj,yl,pl}@eisti.eu`

Mots-clés : *optimisation multi-objectifs, satisfaction de contraintes*

Problématique

Dans beaucoup de pays, le développement urbain est régi par un certain nombre de règles. En France, ces règles sont décrites dans le plan local d'urbanisme (PLU). Chaque parcelle constructible est soumise à un ensemble de contraintes que doit respecter un bâtiment pour être admissible.

Dans ce travail, nous proposons de générer de nouveaux bâtiments qui satisfont les règles d'urbanisme tout en optimisant un critère intrinsèque tel que la surface habitable. Cet objectif peut s'écrire sous la forme d'une optimisation sous contraintes. Les paramètres à optimiser caractérisent la forme du bâtiment (hauteur, largeur,...), la fonction objectif évalue la surface totale du bâtiment et les contraintes sont définies par le PLU.

La difficulté réside dans le fait que l'espace de recherche est scindé en plusieurs sous-ensembles disjoints [1]. Pour illustrer ce problème, nous considérons la règle d'alignement du bâtiment par rapport à la parcelle. Cette règle stipule d'autoriser la construction d'un bâtiment sur une arête du polygone modélisant la parcelle, ou sinon de laisser un espace (dit "zone interdite") de 3m entre cette arête et le bâtiment. Toute construction qui empiète sur cet espace sans être aligné avec le côté de la parcelle n'est donc pas valide, comme l'illustrent les figures 1a et 1b.

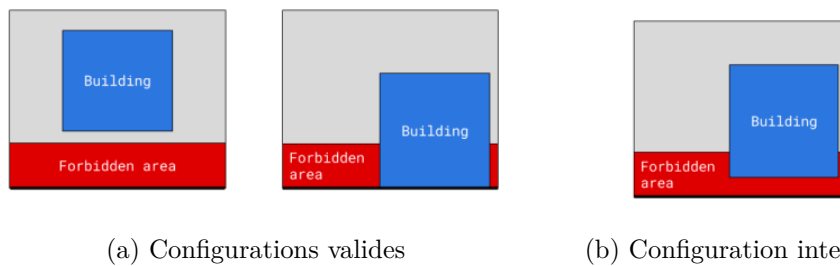


FIG. 1 – Configurations d'un bâtiment

Une solution classique pour résoudre ce type de problèmes est de construire des scénarios pour chaque espace de recherche disjoint (ici l'espace de recherche qui n'empiète pas sur la zone interdite, et l'espace de recherche dont un côté du bâtiment est aligné avec un côté de la parcelle).

Le problème d'une telle approche est la multiplication des scénarios selon la complexité de la parcelle et donc du temps de recherche d'une solution. Pour palier à ce problème, Runarsson [2] propose d'autoriser la violation de certaines contraintes.

Dans notre contexte, cela revient à joindre les deux espaces disjoints. Notre problématique devient donc de maximiser la surface du bâtiment tout en minimisant la violation des contraintes. Ceci nous amène donc à résoudre un problème d'optimisation bi-objectifs.

L'approche classique basée sur les scénarios nécessite d'adapter la modélisation du problème à chaque scénario et sa résolution. Nous proposons d'utiliser une approche multi-objectif, implémentée par un algorithme d'évolution différentielle (MODE), qui couvre l'ensemble des scénarios sans aucune modification de la modélisation. Il suffit pour cela de définir une fonction de pénalisation représentant les contraintes du PLU.

Implémentation et résultats

Afin de fournir la meilleure illustration du problème, nous considérons un exemple simple illustré sur la figure 2a avec les hypothèses suivantes :

- La parcelle et le bâtiment sont rectangulaires
 - Le bâtiment est défini par deux variables x_1 et x_2 ($x_1 \leq x_2$) et une largeur fixe égale à la largeur de la parcelle $d = 10$
 - Le bâtiment doit se trouver à l'intérieur de la parcelle : $x_1 \in [0, x_{max}]$ et $x_2 \in [x_1, x_{max}]$ avec $x_{max} = 10$
 - La distance entre le bâtiment et la limite de la parcelle est de 0 ou supérieur à $x_{lim} = 3$
- Nous définissons une pénalisation proportionnelle à la surface du bâtiment dans la zone interdite. Cette pénalité est définie par :

$$p(x_1, x_2) = \begin{cases} 0 & \text{if } x_2 \geq x_{lim} \\ x_2 * d * |x_2 - \min(x_{lim}, x_1)| & \text{if } x_2 < x_{lim} \end{cases}$$

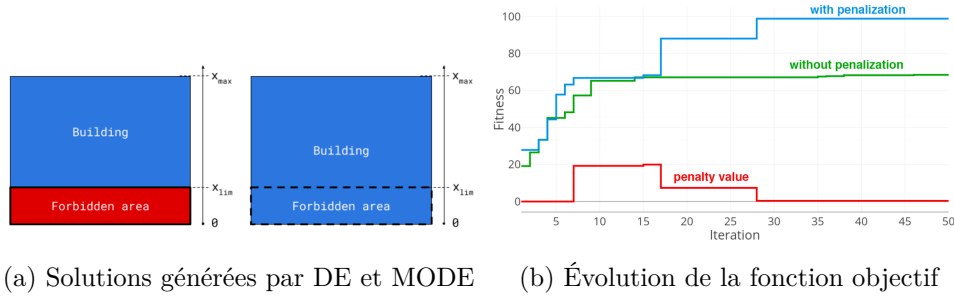


FIG. 2 – Résultats

La figure 2a montre que là où une méthode mono-objectif (à gauche) n'est pas capable de franchir la zone interdite et converge vers un optimum local, notre méthode (à droite) permet au bâtiment de s'aligner en limite de parcelle. La figure 2b montre qu'une fois que le côté du bâtiment est allé plus loin que le milieu de la zone interdite, la pénalité commence à diminuer mais la surface continue à augmenter. Cela permet de générer une meilleure solution tout en se rapprochant du côté de la parcelle.

L'utilisation d'un algorithme multi-objectifs permet de fournir le bâtiment optimal pour tout type de forme de parcelle (concave ou convexe), même lorsque la solution optimale n'englobe pas la zone interdite. Cette approche a été testée avec succès sur des parcelles plus complexes avec des bâtiments en 3D.

Références

- [1] F. Bao, D.-M. Yan, N. J. Mitra, and P. Wonka. *Generating and exploring good building layouts*. ACM Trans. Graph., vol. 32, no. 4, pp. 122 :1–122 :10, Jul. 2013.
- [2] T. P. Runarsson and X. Yao. *Stochastic ranking for constrained evolutionary optimization*. IEEE Transactions on Evolutionary Computation, vol. 4, no. 3, pp. 284–294, Sep. 2000.