

# LocalSolver : avancées récentes dans la résolution de problèmes d'optimisation énergétique

Thierry Benoist, Julien Darlay, Bertrand Estellon,  
Frédéric Gardi, Romain Megel, Clément Pajean

Innovation 24 & LocalSolver, Groupe Bouygues  
264, rue du Faubourg Saint-Honoré, 75008 Paris, France

contact@localsolver.com

**Mots-clés** : *optimisation, énergie, LocalSolver.*

LocalSolver <http://www.localsolver.com> [1, 2] est un solveur de programmation mathématique innovant développé et commercialisé par Innovation 24 <http://www.innovation24.fr>, filiale experte en optimisation et aide à la décision du Groupe Bouygues.

Le formalisme de modélisation de LocalSolver offre des opérateurs mathématiques non-linéaires comme le produit, le minimum, le maximum, le logarithme, la puissance, le cosinus, le sinus, etc. évitant ainsi à l'utilisateur de linéariser son problème, tâche fastidieuse et sujette à erreur. Il permet également d'optimiser plusieurs objectifs dans un ordre lexicographique. Voici un petit modèle écrit à l'aide du langage LSP, langage de modélisation fourni dans le package LocalSolver en sus des interfaces de programmation C++, Java, ou .NET. Le problème joué que l'on cherche à résoudre est le suivant : trouver le cercle de rayon minimum couvrant un ensemble de  $N$  points dans le plan donnés par leurs coordonnées  $x[i]$  et  $y[i]$ .

```
function model() {
  x <- float( XMIN, XMAX ); // abscisse du centre du cercle recherché
  y <- float( YMIN, YMAX ); // ordonnée du centre du cercle recherché

  // pour chaque point donné en entrée, on calcule la distance euclidienne
  // du centre du cercle recherché à ce point
  for[i in 1..N] distance[i] <- sqrt( pow(x-x[i],2) + pow(y-y[i],2) );

  // le rayon du cercle recherché correspond au maximum de ces distances
  rayon <- max[i in 1..N]( distance[i] );

  // on minimize ce rayon
  minimize sqrt( rayon );
}
```

Bien que fortement non-linéaire, ce problème s'écrit naturellement à l'aide du formalisme de modélisation de LocalSolver. Sa résolution est tout aussi directe par le solveur.

Du point de vue technique, LocalSolver possède deux facteurs le différenciant des solveurs de programmation mathématique classiques, notamment des solveurs programmation linéaire en nombres entiers. Il intègre des techniques de recherche locale basées sur des mouvements (plus ou moins génériques) qui s'appuie sur les structures (plus ou moins riches) détectées au sein du modèle mathématique et dont l'évaluation incrémentale très efficace permet d'en effectuer des millions par minute de calcul. En outre, LocalSolver intègre désormais d'autres techniques

d'optimisation permettant d'explorer efficacement d'autres types de voisinages, notamment des voisinages larges, dans des espaces combinatoires, continues ou mixtes.

La version 5.0 de LocalSolver inclue de nouvelles fonctionnalités techniques permettant une performance accrue sur une gamme de problèmes très difficiles à résoudre et aux enjeux économiques importants : les problèmes d'optimisation en variables mixtes, fortement non-linéaires, rencontrés dans le secteur de l'énergie [3]. Nous présenterons deux problèmes rencontrés respectivement par deux grands acteurs du domaine, l'un français et l'autre japonais, ainsi que les résultats obtenus par LocalSolver 5.0 sur ces problèmes. Nous décrirons les grandes lignes de l'approche mise en œuvre au sein du solveur qui ont permis d'obtenir ces résultats : détection de la structure en couches des variables de décisions, détection de structures spécifiques au sein de ces couches (ex : contraintes de sac-à-dos, contraintes de flots), exploration de voisinages par des mouvements spécifiques exploitant cette structure en couches et les structures « globales » détectées.

## Références

- [1] F. Gardi, T. Benoist, J. Darlay, B. Estellon, R. Megel (2014). *Mathematical Programming Solver based on Local Search*. FOCUS Series in Computer Engineering, ISTE Wiley.
- [2] T. Benoist, B. Estellon, F. Gardi, R. Megel, K. Nouioua (2011). LocalSolver 1.x: a black-box local-search solver for 0-1 programming. *4OR, A Quarterly Journal of Operations Research* 9(3), pp. 299-316.
- [3] N.P. Padhy (2004). Unit commitment – a bibliographical survey. *IEEE Transactions on Power Systems* 19(2), pp. 1196-1205.