

# IbexOpt : un module d'optimisation globale sous contraintes fiable

Gilles Trombettoni<sup>1</sup>, Ignacio Araya<sup>2</sup>, Bertrand Neveu<sup>3</sup>, Gilles Chabert<sup>4</sup>

<sup>1</sup> INRIA, I3S, Université Nice-Sophia

`Gilles.Trombettoni@inria.fr`

<sup>2</sup> Universidad Tecnica Federico Santa Maria, Valparaiso, Chili

`iaraya@inf.utfsm.cl`

<sup>3</sup> Imagine LIGM Université Paris-Est

`Bertrand.Neveu@enpc.fr`

<sup>4</sup> LINA Ecole des Mines de Nantes

`Gilles.Chabert@emn.fr`

**Mots-clés** : *optimisation globale, contraintes, intervalles*

## 1 Introduction

IbexOpt est un module de la bibliothèque logicielle Ibex [3] de résolution de systèmes de contraintes sur intervalles. Ce module traite les problèmes d'optimisation globale sous contraintes. Il permet de trouver le minimum global d'une fonction non convexe de  $n$  variables réelles définie sur une boîte (chaque variable prend ses valeurs dans un intervalle borné) et soumis à des contraintes également non linéaires. Il applique une méthode complète de recherche arborescente par séparation - évaluation (Branch & Bound) en meilleur d'abord.

## 2 Composants d'IbexOpt

L'algorithme de B & B comprend des composants provenant d'une part de la programmation par contraintes, et d'autre part de la programmation mathématique. A chaque bisection, les contraintes sont propagées pour réduire la boîte courante et on recherche un minorant et un meilleur point faisable. L'algorithme termine quand on atteint la précision demandée sur l'objectif. L'algorithme est fiable dans le sens que le point faisable trouvé satisfait les contraintes avec une tolérance donnée. On peut ainsi traiter des contraintes d'égalité. Les principaux points forts détaillés dans [2] sont les suivants :

- une propagation de contraintes avec l'algorithme récent Mohc [1] exploitant la monotonie des contraintes ;
- l'obtention d'un minorant par linéarisation de l'objectif et des contraintes : nous utilisons une linéarisation par applications de la formule de Taylor proposée par Lin et Stadtherr [5] sur un sommet de la boîte courante. Il s'avère que 2 linéarisations par contrainte en un sommet au hasard et un sommet opposé donnent les meilleurs résultats ;
- la recherche d'un point faisable à l'aide de boîtes intérieures d'une part et d'une linéarisation intérieure d'autre part qui forme un *polytope intérieur* représentant un ensemble de points qui sont tous faisables ;
- différentes stratégies de bisection sont disponibles : une variante de l'heuristique *Smear function* [4] donne généralement de bons résultats.

### 3 Expérimentations

Une version boîte noire de l’algorithme où tous les paramètres des différents composants ont été fixés s’est révélée efficace et robuste.

Nous avons résolu 70 des 74 problèmes tests de la base Coconut sélectionnés dans [6] en moins d’une heure de temps de calcul avec une précision de  $10^{-8}$  et une tolérance des contraintes de  $10^{-8}$  aussi. La figure 1 montre les profils de performance de IbexOpt, Baron [7], système rapide mais non fiable et de notre meilleur concurrent fiable IBBA+ [6]. IbexOpt parvient à battre Baron sur certaines instances de la classe ex6-2-\* et sur l’instance ex7-2-3.

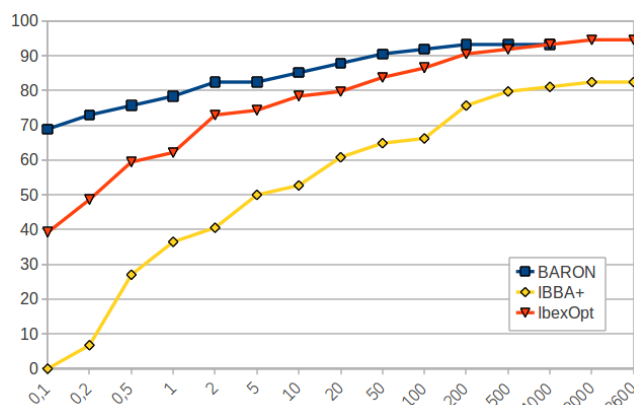


FIG. 1 – **Profils de performance.** Pour un algorithme donné, un point  $(t, p)$  sur la courbe correspondante indique le pourcentage  $p$  de systèmes résolus en moins de  $t$  secondes.

### 4 Conclusion

IbexOpt est maintenant disponible en tant qu’extension de la bibliothèque Ibex. Il peut être utilisé aussi bien en tant que boîte à outils pour mettre au point de nouvelles stratégies de filtrage, linéarisations et bisections, qu’en tant que boîte noire avec la stratégie par défaut utilisée dans les expérimentations.

### Références

- [1] I. Araya, G. Trombettoni, and B. Neveu. Exploiting Monotonicity in Interval Constraint Propagation. *In Proc. AAAI 2010* pages 9–14
- [2] I. Araya, G. Trombettoni, B. Neveu, and G. Chabert. Inner Regions and Interval Linearizations for Global Optimization *proc. of AAAI 2011* pages 99-104
- [3] G. Chabert and L. Jaulin. Contractor Programming *Artificial Intelligence*, 173 :1079–1100, 2009.
- [4] R.B. Kearfott and M. Novoa III. INTBIS, a portable interval Newton/Bisection package. *ACM Trans. on Mathematical Software* 16(2) :152–157, 1990
- [5] Y Lin, and M. Stadtherr. LP Strategy for the Interval-Newton Method in Deterministic Global Optimization *Industrial Engineering Chemistry Research* vol 43 n 14 pages 3741-3749, 2004
- [6] J. Ninin, F. Messine, and P. Hansen. A Reliable Affine Relaxation Method for Global Optimization *Mathematical Programming* accepté pour publication
- [7] M. Tawarmalani and N. V. Sahinidis. A Polyhedral Branch-and-Cut Approach to Global Optimization *Mathematical Programming* 103(2) :225–249, 2005.