Recherche Locale : Vers une Exploitation des Propriétés Structurelles

Laure Brisoux Devendeville
LSIIT - Université Louis Pasteur
Pôle API, Bd. Sébastien Brant, 67400 Strasbourg
email: `ldevende@dpt-info.u-strasbg.fr`

Lakhdar Saïs* **Éric Grégoire***
CRIL - Université d'Artois
SP16, rue de l'université, 62307 Lens Cedex
email: `{sais, gregoire}@cril.univ-artois.fr`

Résumé

Cet article présente une nouvelle stratégie de recherche locale, utilisée pour résoudre le problème SAT et basée sur la méthode tabou. Nous proposons l'utilisation d'un pré-traitement avant la recherche à base de propagation unitaire afin d'exhiber des informations structurelles qui seront ensuite utilisées pour améliorer l'efficacité des algorithmes de recherche locale.

Les développements de la recherche locale ont permis de résoudre des problèmes intraitables par un algorithme qui explore tout l'espace de recherche. Cependant, un des points faibles des algorithmes de recherche locale réside dans leur incapacité à exploiter la structure de la formule à résoudre. Une structure simple présente dans de nombreux problèmes est l'équivalence ou l'implication.

Afin de caractériser ces implications, nous avons défini une notion de dépendances entre les variables : une variable v « dépend » d'une variable x si, lorsque l'on fixe la valeur de x alors, afin de satisfaire le problème, v est astreinte à prendre une valeur. Un moyen simple pour trouver la liste des littéraux dépendants est d'effectuer la propagation unitaire sur les littéraux de la formule.

Exemple 1 *Si* Σ *contient les clauses suivantes :* $\neg l \vee a$, $\neg l \vee \neg b$, $b \vee \neg c$. *Alors fixer* l, *fixera les littéraux* a, $\neg b$, $\neg c$. *Nous aurons ainsi la dépendance* $l \Rightarrow (a \wedge \neg b \wedge \neg c)$.

*Ce travail a été financé en partie par la *Région Nord/Pas-de-Calais*.

Lors de la recherche locale, dans l'exemple 1, si l est à F dans l'interprétation courante et que cette variable est élue pour être réparée alors, l sera mis à V, a à V, b à F et c à F. Les littéraux de l (a, b et c) deviendront tabou et ne pourront plus être élus tant que l ne sera pas de nouveau réparé. Ce pré-traitement est à rapprocher du principe de la méthode tabou. C'est pourquoi nous avons choisi de l'intégrer dans TSAT (*Tabou Search for SAT*) proposé par Mazure et al. [MSG97]. Cet algorithme, basé sur la méthode tabou, effectue une utilisation systématique d'une liste de réparations interdites pour « éviter » les réparations récurrentes et échapper aux minima locaux. TSAT conserve dans une liste FIFO la liste des variables réparées et interdit leur modification durant un certain nombre de réparations. La longueur de la liste tabou est essentielle pour les performances de l'algorithme.

Nous avons développé un algorithme qui effectue la propagation unitaire sur la négation des littéraux apparaissant dans les clauses binaires et associe à chaque littéral une liste des littéraux impliqués (liste de dépendances). La variable v étant élue, il suffit de libérer les variables qui étaient fixées par l'ancienne valeur de v (en les ôtant de la liste tabou), de fixer la valeur des variables dépendantes de la nouvelle valeur de v (en les ajoutant à la liste tabou) et d'ajouter v dans la liste tabou.

Nous avons réalisé une série d'expérimentations sur une partie des instances satisfaisables de DIMACS [DIM93]. Pour la liste tabou de TSAT, l'absence de réglage automatique nous a obligé à déterminer manuellement la taille optimale de la liste pour chaque instance. À la vue des résultats expérimentaux, nous pouvons constater que l'introduction de la propagation unitaire dans TSAT permet de résoudre davantage d'instances que TSAT seul. De plus, nous avons constaté que la longueur optimale de la liste tabou est plus petite (voire égale à 1) pour TSAT+Dépendances que pour TSAT. En effet, l'introduction de la propagation unitaire diminue la longueur de la liste tabou car non seulement les variables contenues dans cette liste ne peuvent plus être inversées mais aussi celles qui sont fixées par une variable qui a été réparée. La propagation unitaire permet, de plus, d'augmenter le nombre de clauses qui sont satisfaites dans l'interprétation courante et donc de résoudre davantage d'instances que TSAT.

En conclusion, grâce à l'introduction de la propagation unitaire, dans la méthode tabou, nous proposons une méthode permettant de détecter les dépendances entre variables et ainsi prendre en compte les informations structurelles du problème. Ainsi, certains problèmes insolvables avec une méthode classique sont résolus.

Ce travail ouvre de nombreuses perspectives, entre autre, utiliser les informations des listes de dépendances afin de détecter les littéraux équivalents et ainsi simplifier le problème ou encore étudier la taille des listes des littéraux dépendants afin de trouver une corrélation entre celles-ci et la taille obtenue dans TSAT.

Références

[DIM93] Second SAT challenge organized by the Center for Discrete Mathematics and Computer Science of Rutgers University, 1993. The benchmarks used in our tests can be obtained by anonymous ftp from Rutgers University Dimacs Center: `ftp dimacs.rutgers.edu cd pub/challenge/sat/benchmarks/cnf`.

[MSG97] B. Mazure, L. Saïs, and É. Grégoire. Tabu Search for SAT. In *Proceedings of the Fourteenth National Conference on Artificial Intelligence (AAAI'97)*, pages 281–285, Rhodes Island, 27-31 July 1997.