

Proposition de sujet de Thèse

Résolution interactive et compilation de problèmes de satisfaction de contraintes

Encadrement : Hélène Fargier, Institut de Recherche en Informatique de Toulouse (IRIT) ;

Mots clés : décision, méthodes et algorithmes, satisfaction de contraintes, compilation, théorie de la complexité

1 Thématique abordée

Lorsqu'il s'agit de résolution interactive c'est l'utilisateur, et non la machine, qui résout un problème de satisfaction de contraintes en restreignant progressivement les domaines des valeurs des variables. Les problèmes de configuration de produit sont des exemples typiques de telles approches [1], où un CSP modélise l'ensemble des produits réalisables et où l'utilisateur (client, vendeur, concepteur) spécifie progressivement ce qu'il désire en ajoutant/retirant des contraintes. Plus généralement, les approches par résolution interactive exigent que l'on puisse, en ligne, maintenir la cohérence globale des domaines des variables (indiquer les valeurs qui ne peuvent plus participer à une solution), le cas échéant calculer des explications de l'incohérence, ou proposer des actions de restauration de la cohérence (quelles contraintes retirer pour la retrouver?). Autant de requêtes qui sont a priori fortement combinatoires (au dessus de NP!), ce qui est incompatible avec une exécution en ligne. D'où l'idée de prétraiter, de "compiler", le problème original en l'exprimant sous une forme qui permet un traitement efficace des requêtes. C'est une idée que l'on voit apparaître dans différents domaines de l'IA, comme la résolution de CSP [5][6], la configuration de produit [1], la planification sous incertitude [3], le raisonnement automatisé [2]. Elle est beaucoup plus ancienne dans d'autres domaines - par exemple, la validation de modèle (*model checking*). Techniquement, cette compilation peut s'effectuer hors ligne, avant la phase de requêtes - ce qui relâche les contraintes sur sa complexité temporelle. Le problème est repoussé dans l'espace, puisque la forme compilée peut avoir une complexité spatiale théorique exponentielle. Un compromis est donc à trouver entre complexité spatiale et rapidité de réponse aux requêtes.

2 Sujet de la thèse

L'objectif de cette thèse est de proposer des outils théoriques et pratiques pour l'analyse, la compilation et la résolution interactive de problèmes de satisfaction de contraintes.

Le premier objectif est la proposition de formes compilées adaptés aux problèmes de satisfaction de contraintes (en intégrant également une représentation des préférences, et, si possible,

un encodage de l'incertitude qui peut peser sur certaines variables du problème) et la mise au point d'algorithmes efficaces pour leur construction et leur exploitation.

Il faudra également aborder des questions de complexité théorique : quelle est la forme la plus succincte permettant de répondre efficacement à quelle requête ? Comment évaluer l'efficacité de la réponse, en fonction de la forme originale et/ou de la forme compilée ? De la taille de la réponse ? Des études récentes existent mais elles sont généralement limitées à la logique propositionnelle (e.g. [4]). On commence à peine à proposer des approches par compilation de CSP, de planification non déterministe, et, hormis peut être par des réseaux bayésiens, on ne sait pas donner une forme compacte efficace à une relation d'incertitude, un CSP valué, une relation de préférence.

La dernière série de questions est d'ordre expérimental : hors les benchmarks issus de la validation de modèle et de la logique propositionnelle, on ne possède pas vraiment de base d'expérimentation. Ces instances sont limitées au cas booléen et ne correspondent pas toujours aux requêtes qui nous intéressent (par exemple, le maintien de la cohérence globale). Deux possibilités peuvent être explorées : la constitution de méthodes de génération aléatoire, comme il est d'usage en résolution de problèmes SAT ou CSP ; ou la simulation sur des instances issues de problèmes réels ou du moins sur des instances structurées. Cette seconde voie est particulièrement intéressante : l'hypothèse qui sous tend toute approche à base de compilation est qu'en pratique la complexité spatiale reste réduite. Il est très facile de l'invalider sur des problèmes aléatoires théoriques. Il est beaucoup plus intéressant de la valider sur un domaine d'expérimentation réel.

3 Contexte

Cette thèse se déroulera au sein de l'équipe RPDM, à l'IRIT, mais le doctorant pourra également bénéficier de collaborations en cours avec le LIRMM (Montpellier) et l'INRA (Toulouse), qui portent justement sur la compilation par automate à états finis, le CRIL (Lens) – sur la résolution de formules booléennes quantifiées et la représentation compacte de préférences – .

Références

- [1] J. Amilhastre, H. Fargier, P. Marquis, Consistency restoration and explanations in dynamic CSPs - Application to configuration. *Artificial Intelligence*, 135, 199–234, 2002.
- [2] M. Cadoli and F. M. Donini, A survey on knowledge compilation, *AI Communications*, 10, 137–150, 1997.
- [3] J. Hoey, R. St-Aubin, A. Hu, and C. Boutilier. SPUDD : Stochastic planning using decision diagrams. In *Proceedings UAI'99*, 279–288, 1999.
- [4] A. Darwiche, P. Marquis. A perspective on knowledge compilation. In *IJCAI 2001*, 175–182.
- [5] N. R. Vempaty. Solving constraint satisfaction problems using finite state automata, in *Proceedings of AAAI'92*, 453–458, 1992.
- [6] R. Weigel and Boi Faltings, 'Compiling constraint satisfaction problems', *Artificial Intelligence*, 115, 257–287, (1999).