

# AEON : Synthèse d'Algorithmes d'Ordonnement à partir de Modèles de Haut Niveau

Jean-Noël Monette<sup>1</sup>, Yves Deville<sup>1</sup> et Pascal Van Hentenryck<sup>2</sup>

<sup>1</sup> INGI-ICTEAM, UCLouvain, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgium

<sup>2</sup> Brown University, Box 1910, Providence, RI 02912

{jean-noel.monette,yves.deville}@uclouvain.be, pvh@cs.brown.edu

**Mots-Clés :** *ordonnement, contraintes, modelisation, recherche locale, job-shop*

**Motivations.** Les problèmes d'ordonnement sont omniprésents dans l'industrie et ont été l'objet d'une importante recherche depuis plusieurs dizaines d'années. Il existe à l'heure actuelle des algorithmes efficaces pour différentes classes de problèmes et des systèmes pour modéliser et résoudre des problèmes complexes sont disponibles. Cependant, avec les outils existants, l'utilisateur ne peut se contenter de connaître son domaine d'application. Il doit aussi être expert dans les aspects algorithmiques et combinatoires. En effet, deux applications qui peuvent sembler pratiquement identiques du point de vue du modèle peuvent nécessiter des approches totalement différentes pour obtenir des solutions de bonne qualité. Et inversement, deux problèmes différents peuvent nécessiter le même algorithme de résolution.

**Description de AEON.** Le présent travail est une première étape pour supprimer ces limitations et combler la distance entre modélisation de haut niveau et résolution efficace de problèmes d'ordonnement. Cet article présente AEON, un système qui permet de transformer des modèles de haut niveau en des algorithmes efficaces en exploitant la structure du modèle. Les modèles dans AEON sont écrits avec les abstractions habituelles et leur structure est analysée pour synthétiser des algorithmes *ad hoc* pour l'application décrite. L'utilisateur décrit son modèle et se contente de choisir un synthétiseur qui va générer et exécuter un algorithme d'un paradigme particulier (par exemple, la programmation par contraintes (ppc) ou la recherche locale). Les synthétiseurs d'AEON sont compositionnels, ce qui permet de déclarer des algorithmes hybrides de façon naturelle.

**Avantages.** Le système présente différents avantages. Du point de vue de l'utilisateur, AEON permet de se concentrer sur la description de son application à un niveau élevé d'abstraction, le déchargeant ainsi de s'occuper des aspects algorithmiques. De plus, comme les modèles révèlent la structure des applications, les synthétiseurs d'AEON sont capables d'exploiter toute la richesse de la recherche en ordonnement pour dériver des algorithmes efficaces. Finalement, grâce à la séparation nette entre le modèle et la résolution, AEON permet d'appliquer des paradigmes de recherche différents et de développer des hybridations, dont le potentiel a été démontré pour de nombreuses applications. Au niveau de l'implémentation, AEON présente aussi des innovations. Premièrement, l'analyse du modèle est extensible et permet d'ajouter des nouvelles classes de problèmes en les décrivant selon un format XML standard. Deuxièmement, de nouveaux synthétiseurs peuvent être ajoutés simplement et compositionnellement. Finalement, plusieurs abstractions simplifient l'écriture de synthétiseurs.

En particulier, AEON fournit des *vues du modèles*, qui permettent d'accéder à un modèle général et à sa solution à travers une interface spécialisée pour un problème particulier.

**Comparaison avec d'autres approches.** Ce papier étend et généralise la recherche commencée dans [4] qui montrait comment synthétiser des algorithmes de recherche locale à partir de modèles COMET. Les synthétiseurs proposés ici s'appliquent plus particulièrement à l'ordonnancement de tâches, considèrent différents paradigmes de recherche (algorithmes gloutons, recherche locale, ppc) et sont extensibles et compositionnels. Le style des modèles utilisé est similaire à ceux de ILOG Scheduler, OPL, COMET et d'autres systèmes d'ordonnancement basés sur les contraintes. Il est par ailleurs utile de contraster notre travail avec des travaux récents en ppc qui visent la conception de procédures de recherche par défaut [1, 3]. Leur but est de proposer une procédure de recherche robuste sur une large gamme de problèmes. Au contraire, notre objectif est d'exploiter la structure du modèle pour dériver des algorithmes spécifiques.

**Description de l'analyse.** La synthèse d'algorithme à partir de modèles s'effectue en plusieurs étapes brièvement décrites ci-dessous :

1. Le modèle est transformé vers une forme interne et est ensuite simplifié.
2. Le problème est analysé pour récupérer une série de caractéristiques de base (p. ex. nombre d'activités ou type de précédences).
3. A partir des valeurs des caractéristiques de base, des caractéristiques de haut niveau (p. ex. disjonctif) et des classes (p. ex. RCPSP) sont assignées au problème.
4. La stratégie correspondant à la classification du problème est instanciée et exécutée par un synthétiseur.

**Résultats expérimentaux.** Les résultats expérimentaux montrent la faisabilité de l'approche. Le sur-coût d'AEON par rapport à des algorithmes dédiés est faible et le temps d'analyse est très acceptable et croît de manière quadratique avec la taille du problème. Le temps d'analyse est de moins de 6 secondes même pour des problèmes à 600 activités.

Ce travail a été présenté à ICS2009 et publié dans [2].

## Références

- [1] Philippe Laborie and Daniel Godard. Self-adapting large neighborhood search : Application to single-mode scheduling problems. *In Proceedings MISTA-07, Paris, 2007*.
- [2] Jean-Noël Monette, Yves Deville, and Pascal Van Hentenryck. Aeon : Synthesizing scheduling algorithms from high-level models. *Operations Research and Cyber-Infrastructure*, pages 43–59, 2009.
- [3] Philippe Refalo. Impact-based search strategies for constraint programming. In *CP 2004, Toronto (Canada)*, pages 557–571, 2004.
- [4] Pascal Van Hentenryck and Laurent Michel. Synthesis of constraint-based local search algorithms from high-level models. *AAAI'07, Vancouver, British Columbia, 2007*.