

# Coopération homme machine pour la mise en œuvre d'un ordonnancement de groupe

G. Pinot et N. Mebarki

IRCCyN, 1 rue de la Noë, BP 92101, 44321 Nantes Cedex 3  
guillaume.pinot@ircryn.ec-nantes.fr  
nasser.mebarki@univ-nantes.fr

## 1 Introduction

Nous cherchons à favoriser la coopération homme machine lors de l'exécution d'un ordonnancement pour améliorer la gestion des incertitudes. La méthode des ordonnancements de groupes d'opérations permutables, développée au LAAS, permet d'introduire une flexibilité séquentielle importante tout en garantissant une certaine qualité. Ceci fournit une grande liberté lors de l'exécution de l'ordonnancement, ce qui permet à l'humain d'effectuer des choix sans altérer les performances.

Par contre, il nous semble que l'utilisation de la flexibilité peut être grandement améliorée. Le but de ce travail est donc de proposer une méthode permettant à l'humain d'utiliser plus facilement cette flexibilité.

## 2 Ordonnancement de groupe

L'ordonnancement de groupe fut créé au LAAS il y a plus de 30 ans ([1,2,3]). Cette méthode fut par la suite adaptée à différents problèmes dans les thèses de doctorat [4,5]. Elle est également connue sous le nom ORABAID (ORdonnancement d'Atelier Basé sur l'Aide à la Décision) et est implémentée dans le progiciel ORDO<sup>1</sup>.

Un groupe d'opérations permutables est un ensemble d'opérations qui seront exécutées successivement sur une même machine, dans un ordre qui n'est pas fixé à l'avance. Un ordonnancement de groupe est défini par une séquence de groupe sur chaque machine. Il est dit faisable si toute permutation des opérations au sein de chaque groupe conduit à un ordonnancement qui satisfait les contraintes du problème (d'après [6]). Un ordonnancement de groupe définit ainsi plusieurs ordonnancements réalisables de manière implicite.

Cette représentation implicite d'un ensemble d'ordonnancement possède une propriété très intéressante : le calcul de la qualité de l'ordonnancement dans le pire des cas est calculable en temps polynomial pour les critères de type *minmax* (comme  $C_{\max}$ ,  $L_{\max}$  et  $T_{\max}$ ). Ainsi, cette méthode est utilisable pour les problèmes de tailles conséquentes, et donc dans les ateliers de productions complexes.

Carl Esswein dans [6] reformule la phase prédictive (c'est-à-dire la phase de génération de l'ordonnancement de groupe, effectuée hors ligne, avant son exécution) de manière multiobjectif. Deux objectifs sont retenus pour l'élaboration de l'ordonnancement de groupe : la qualité dans le pire des cas et la flexibilité. Une approche  $\varepsilon$ -contrainte est choisie : la qualité est fixée à un seuil minimal puis la flexibilité est optimisée. Des algorithmes efficaces sont proposés pour les problèmes de *flow shop* et de *job shop*.

## 3 Analyse de la phase réactive d'ORABAID

La phase réactive (c'est à dire la mise en œuvre en temps réel de l'ordonnancement de groupe) d'ORABAID se base sur la marge libre séquentielle. Exécuter l'opération possédant la plus grande marge libre séquentielle augmente les marges des autres opérations du groupe, ce qui permet de préserver au maximum la flexibilité temporelle. L'humain peut néanmoins décider d'exécuter une autre opération, qu'elle fasse partie du groupe en cours d'exécution ou pas. La machine informe

<sup>1</sup> Le progiciel ORDO est la solution d'ordonnancement et de planification du groupe Schneider Electric. Voir <http://www.ordosoftware.com/>.

l'humain sur les répercussions de son choix sur les marges des opérations, et l'humain valide ou non en dernier ressort.

Ainsi, cette phase réactive permet un contrôle total du décideur sur l'ordonnancement tout en garantissant une certaine qualité. De plus, en cas de retard possible, le problème est détecté avant qu'il ne soit trop tard, ce qui permet au décideur de réagir au bon moment.

Le principal inconvénient de cette phase réactive est qu'elle laisse le décideur choisir l'opération avec très peu d'aide : soit le décideur choisit l'opération proposée par le système, soit il doit évaluer les conséquences des autres décisions une à une, sans avoir d'autres indicateurs que la marge libre séquentielle. Le principal risque est que le système sera sous-utilisé : devant la complexité de la tâche, le décideur suivra la proposition donnée par la machine sans se poser de question comme le remarque Cegarra dans [7]. La flexibilité offerte par l'ordonnancement de groupe serait alors sous-utilisée et l'humain n'interviendrait que très peu dans la réalisation de l'ordonnancement.

## 4 Nouvelle formulation de la phase réactive

De nombreuses expérimentations ([7]) montrent que les performances obtenues en combinant l'humain avec la machine sont meilleures que celles obtenues en utilisant uniquement un des deux. Il est donc utile de favoriser cette coopération pour améliorer l'ordonnancement.

Pour cela, nous proposons une approche multiobjectif pour l'utilisation en ligne d'un ordonnancement de groupe. Nous prenons comme objectifs la préservation de la flexibilité temporelle et la qualité de l'ordonnancement. Nous pouvons remarquer que, dans ses perspectives ([6]), Esswein indique qu'utiliser une approche multicritère pour la phase réactive pourrait permettre d'améliorer la méthode ORABAID. Cette modélisation multiobjectif semble donc être adaptée.

La description des différentes possibilités offertes à l'humain sous une forme multiobjectif devrait lui permettre de mieux appréhender les conséquences de ses choix en termes d'objectifs (flexibilité ou qualité). Ainsi, les connaissances de la machine peuvent être combinées avec les connaissances propres à l'humain. Une autre conséquence est que la flexibilité générée pendant la phase prédictive est prise en compte de manière plus efficace car les connaissances de l'humain sont utilisées.

## 5 Conclusion

Nous avons vu que les ordonnancements de groupes fournissent des outils intéressants pour la gestion de la production. Cette méthode permet de décrire un ensemble d'ordonnancement tout en garantissant une certaine qualité.

Nous avons également vu que la phase réactive laissait un grand pouvoir au décideur, mais que ce pouvoir risquait de ne pas être utilisé à cause de la trop grande complexité de la tâche.

Nous proposons finalement d'aborder le problème d'un point de vue multiobjectif pour favoriser cette interaction et rendre la flexibilité disponible plus facile à utiliser.

## Références

1. Erschler, J. : Analyse sous contraintes et aide à la décision pour certains problèmes d'ordonnancement. Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse (1976)
2. Demmou, R. : Étude de familles remarquables d'ordonnements en vue d'une aide à la décision. Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse (1977)
3. Thomas, V. : Aide à la décision pour l'ordonnancement d'atelier en temps réel. Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse (1980)
4. Billaut, J.C. : Prise en compte des ressources multiples et des temps de préparation dans les problèmes d'ordonnancement en temps réel. Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse (1993)
5. Artigues, C. : Ordonnancement en temps réel d'ateliers avec temps de préparation des ressources. Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse (1997)
6. Esswein, C. : Un apport de flexibilité séquentielle pour l'ordonnancement robuste. Thèse de doctorat, Université François Rabelais Tours (2003)
7. Cegarra, J. : La gestion de la complexité dans la planification : le cas de l'ordonnancement. Thèse de doctorat, Université de Paris 8 (2004)