

Une étude sur l’ordonnancement de groupes par rapport aux temps de transport dans une chaîne de production

Guillaume Pinot, Olivier Cardin, et Nasser Mebarki

IRCCyN — UMR CNRS 6597, 1 rue de la Noé, BP 92101, 44321 Nantes Cedex 3
`prenom.nom@irccyn.ec-nantes.fr`

1 Introduction

L’ordonnancement de groupes 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 devrait permettre d’absorber les incertitudes. Le but de cet article est de tester cette possible robustesse de l’ordonnancement de groupes par rapport aux incertitudes dues aux temps de transport entre deux opérations, ces temps de transport n’étant pas modélisés dans l’ordonnancement de groupes. Cet article est présenté plus en détail dans [1].

2 Ordonnancement de groupes

L’ordonnancement de groupes fut créé au LAAS il y a plus de 30 ans ([2,3,4]). Il est également connu sous le nom ORABAID (ORdonnancement d’Atelier Basé sur l’Aide à la Décision) et est implémenté dans le progiciel ORDO¹. Cette méthode est décrite dans [5].

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 groupes est défini par une séquence de groupes sur chaque machine. Il est dit réalisable si toute permutation des opérations au sein de chaque groupe conduit à un ordonnancement qui satisfait les contraintes du problème. Un ordonnancement de groupes définit ainsi plusieurs ordonnancements réalisables de manière implicite.

Cette représentation implicite d’un ensemble d’ordonnements possède une propriété très intéressante : la qualité de l’ordonnement dans le pire des cas est calculable en temps polynomial pour les objectifs de type *minmax* (comme C_{\max} , L_{\max} et T_{\max}). Ainsi, cette méthode est utilisable pour des problèmes de taille conséquente.

3 Adaptation de l’ordonnancement de groupes sur une chaîne de production

Notre étude se déroule sur un modèle de simulation d’une chaîne flexible de production réelle. Des transporteurs déplacent les produits sur un anneau central grâce à des convoyeurs à rubans. Cette technologie impose un déplacement à vitesse identique et constante de tous les transporteurs. Les postes de travail (appelées stations) sont placés en dérivation autour de cet anneau. Lorsqu’un transporteur arrive à une station, il est placé dans une file d’attente à capacité finie. Les gammes opératoires sont fixées, mais plusieurs références de produits avec des gammes différentes peuvent être produites simultanément. Nous avons donc ici un modèle de *job shop* avec temps de transport.

Pour adapter l’ordonnancement de groupes sur cette chaîne de production, nous avons intégré l’ordonnancement de groupes au niveau de la règle d’entrée des transporteurs dans chacune des files d’attente. Pour que le produit entre dans la file, il faut que sa prochaine opération soit dans le groupe en cours d’exécution. Lorsque toutes les opérations du groupe en cours d’exécution sont entrées dans la file, le groupe suivant est sélectionné.

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

4 Expérimentations

Pour évaluer l'impact des temps de transport sur l'ordonnement de groupes, nous réalisons différentes simulations sur un problème de *job shop* en utilisant l'objectif C_{\max} . Ce problème ne possède pas de temps de transport : ce sont les incertitudes de notre problème.

Nous comparons quatre méthodes d'ordonnement différentes vis à vis de la vitesse des transporteurs :

OSS : Un ordonnancement prédictif basé sur une séquence d'opérations optimale pour le problème sans temps de transport ($C_{\max} = 1292$). Les opérations doivent être exécutées sur la machine dans l'ordre donné.

OGSS : Un ordonnancement prédictif réactif sous forme d'ordonnement de groupes dont tous les ordonnancements définis ont un C_{\max} optimal pour le problème sans temps de transport.

DGSS : Un ordonnancement prédictif réactif sous forme d'ordonnement de groupes dont tous les ordonnancements définis ont un C_{\max} compris entre 1292 et 1382 pour le problème sans temps de transport. Il possède plus de flexibilité que le précédent.

DS : Un ordonnancement réactif. Les opérations sont exécutées dans leur ordre d'arrivée.

À une vitesse des transporteurs de 1 ud/ut (unité de distance/unité de temps), la moyenne des temps de transport entre deux opérations est égale à la moyenne des durées des opérations.

Les résultats de ces expérimentations sont exposés figure 1.

Les ordonnancements prédictifs réactifs sont toujours meilleurs que l'ordonnement prédictif. L'ordonnement réactif possède une qualité instable, mais, globalement, il est moins influencé par les temps de transport que les autres méthodes.

OGSS et DGSS ont des performances équivalentes. La flexibilité ajoutée dans DGSS ne semble donc pas suffisante pour faire la différence.

OGSS et DGSS ont les meilleures performances tant que la vitesse des transporteurs est supérieure à 0,9 ud/ut. OGSS et DGSS sont donc les meilleures méthodes tant que la durée de transport est en moyenne inférieure à la durée d'exécution d'une opération.

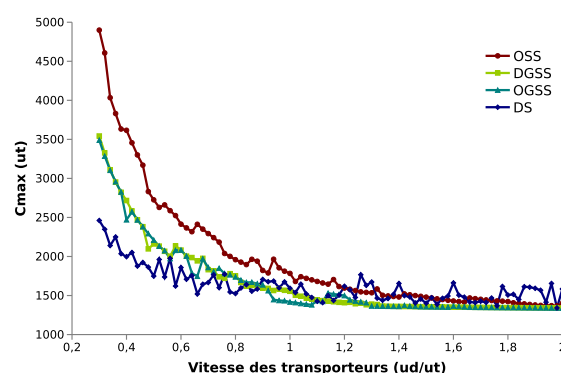


FIG. 1. Résultats : C_{\max} en fonction de la vitesse des transporteurs

5 Conclusion

D'après ces expérimentations, l'ordonnement de groupes semble capable d'absorber les incertitudes des temps de transport, et ce même lorsque les temps de transport sont du même ordre de grandeur que les durées opératoires.

Pour compléter cette étude, il serait intéressant de réaliser de telles expérimentations avec une autre fonction objectif, par exemple L_{\max} .

Références

1. Pinot, G., Cardin, O., Mebarki, N. : A study on the group sequencing method in regards with transportation in an industrial FMS. In : Proceedings of the IEEE SMC 2007 Int. Conference. (2007)
2. Erschler, J. : Analyse sous contraintes et aide à la décision pour certains problèmes d'ordonnement. Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse (1976)
3. Demmou, R. : Étude de familles remarquables d'ordonnements en vue d'une aide à la décision. Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse (1977)
4. Thomas, V. : Aide à la décision pour l'ordonnement d'atelier en temps réel. Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse (1980)
5. Artigues, C., Billaut, J.C., Esswein, C. : Maximization of solution flexibility for robust shop scheduling. European Journal of Operational Research **165** (2005) 314–328