

# Les groupes d'opérations permutables permettent-ils de pallier les incertitudes ?

Guillaume Pinot

IRCCyN — UMR CNRS 6597  
 Nantes, France  
 guillaume.pinot@irccyn.ec-nantes.fr

JDoc 2007



# Table des Matières

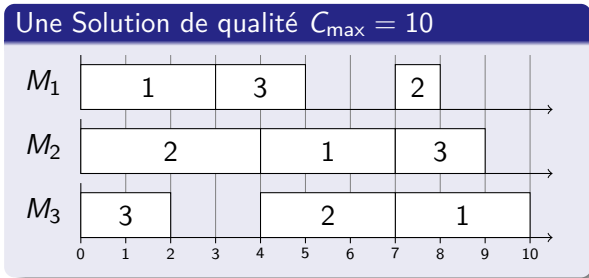
- 1 Introduction
- 2 Ordonnement de groupes
- 3 Adaptation de l'ordonnement de groupes sur une chaîne de production
- 4 Expérimentations
- 5 Conclusion



# Exemple : un problème de job shop

$i$  représente un travail,  $j$  une opération,  $M_{i,j}$  la machine requise par l'opération  $j$  du travail  $i$ , et  $p_{i,j}$  le temps requis par l'opération  $j$  du travail  $i$ .

Problème			
$i$	$j$	$M_{i,j}$	$p_{i,j}$
1	1	1	3
1	2	2	3
1	3	3	3
2	1	2	4
2	2	3	3
2	3	1	1
3	1	3	2
3	2	1	2
3	3	2	2



# Introduction

L'ordonnement d'atelier type *job shop* :

- est un problème d'optimisation combinatoire très complexe ;
- représente les ateliers de productions travaillant à la commande et réalisant des produits différents (petite et moyenne série) ;
- n'est pas aussi déterministe en réalité : des incertitudes peuvent être présentes (opération durant plus de temps que prévu, retard de livraison, etc.).



## Ordonnement de groupes

L'ordonnement de groupes fut créé au LAAS-CNRS pour obtenir de la flexibilité séquentielle durant l'exécution de l'ordonnement tout en assurant une certaine qualité. Pour une description complète de la méthode : [Esswein, 2003, Esswein et al., 2004, Artigues et al., 2005]. Pour générer de la flexibilité séquentielle, cette méthode utilise des « groupes d'opérations permutablees ».



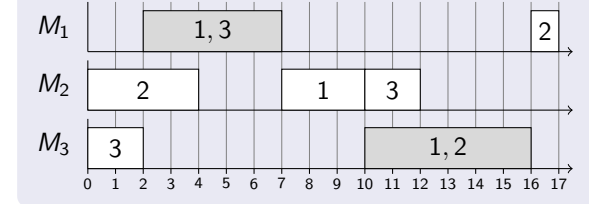
## Exemple : un problème de job shop

$i$  représente un travail,  $j$  une opération,  $M_{i,j}$  la machine requise par opération  $j$  du travail  $i$ , et  $p_{i,j}$  le temps requis par l'opération  $j$  du travail  $i$ .

### Problème

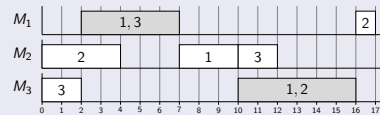
$i$	$j$	$M_{i,j}$	$p_{i,j}$
1	1	1	3
1	2	2	3
1	3	3	3
2	1	2	4
2	2	3	3
2	3	1	1
3	1	3	2
3	2	1	2
3	3	2	2

### Une Solution

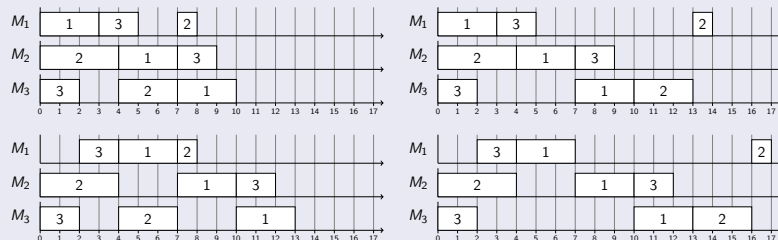


## Exécution de l'exemple

### L'Ordonnement de groupes



### Les Ordonnements semi-actifs correspondants



## Pourquoi l'ordonnement de groupes est-il intéressant ?

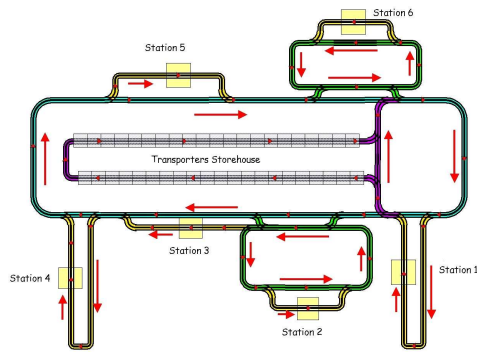
Pourquoi l'ordonnement de groupes est-il intéressant ?

- méthode prédictive réactive ;
- flexibilité sur les séquences ;
- évaluation de l'ordonnement dans le pire des cas en temps polynomial pour les objectifs de type *minmax* ;
- les incertitudes ne doivent pas être modélisées ;
- méthode bien étudiée et recherche toujours active sur le sujet ([Esswein, 2003]) ;
- méthode permettant de pallier certaines incertitudes, comme nous allons le voir.



## La chaîne de production

La chaîne de production :



Job shop avec temps de transports.

Ordonnement de groupes :

- chaque station tient à jour une liste de groupes d'opérations à exécuter ;
- une station n'accepte qu'une opération appartenant au groupe courant ;
- lorsqu'un groupe est vide, passer au groupe suivant.



## Protocole

Utilisation du problème la14<sup>1</sup> (pas de temps de transport).

Différentes exécutions :

- opt** : Un ordonnancement optimale du problème la14. La qualité est  $C_{\max} = 1292$ . Les séquences des opérations sur chaque machine doivent suivre les séquences de l'ordonnement optimal.
- grp-opt** : Un ordonnancement de groupes possédant comme qualité dans tous les cas :  $C_{\max} = 1292$ .
- grp-opt+7** : Un ordonnancement de groupes possédant comme qualité dans le pire des cas  $C_{\max} = 1382$ .
- dyn** : une version totalement dynamique, reposant sur la règle « premier arrivé, premier servi ».

1. Voir <http://people.brunel.ac.uk/~mastjjb/jeb/info.html>



## Résultats

Méthode	opt	grp-opt	grp-opt+7	dyn
$v = \infty$	1292	1292	1292	1425
$v = 30 \text{ cm/s}$	1708	1415	1523	1684

TAB.: Temps total d'ordonnement des différentes méthodes en fonction de la vitesse du convoyeur

Interprétation :

- $v = \infty$  : toutes les exécutions ont un  $C_{\max}$  optimal sauf **dyn**.
- $v = 30 \text{ cm/s}$  :
  - **opt** obtient la qualité la moins bonne ;
  - **dyn** obtient une meilleure qualité que **opt** ;
  - **grp-opt** et **grp-opt+7** obtiennent les meilleures qualités.

Pour ce cas réel, l'ordonnement de groupes absorbe les incertitudes de manière efficace.



## Conclusion




Nous avons exposé :

- la problématique de l'ordonnement sous incertitudes ;
- l'ordonnement de groupes ;
- l'application de l'ordonnement de groupes à une chaîne de production.

Dans de futurs travaux, nous allons réaliser d'autres expérimentations pour évaluer les limites de la méthode.




## Bibliographie I

-  Artigues, C., Billaut, J.-C., and Esswein, C. (2005).  
Maximization of solution flexibility for robust shop scheduling.  
*European Journal of Operational Research*, 165(2) :314–328.
-  Esquirol, P. and Lopez, P. (1999).  
*L'ordonnement*.  
Economica, Paris.
-  Esswein, C. (2003).  
*Un apport de flexibilité séquentielle pour l'ordonnement robuste*.  
Thèse de doctorat, Université François Rabelais Tours.



## Bibliographie II

-  Esswein, C., Billaut, J.-C., and Artigues, C. (2004).  
Ordonnement de groupes : une approche multicritère pour un apport de flexibilité séquentielle.  
In Billaut, J.-C., Moukrim, A., and Sanlaville, E., editors,  
*Flexibilité et robustesse en ordonnancement*, Traité IC2, pages 219–241. Hermes Science, Paris.

