

Coopération homme machine pour le réordonnancement d'atelier

Contexte et perspectives

Guillaume Pinot

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

29 juin 2006



Table des Matières

- 1 Introduction
- 2 Contexte
 - Les Différentes Phases de l'ordonnancement
 - Incertitudes
 - Flexibilité et Robustesse
 - Différentes Catégories de l'ordonnancement
 - Coopération homme machine
- 3 Environnement de recherche
 - Ordonnancement de groupe
 - Psychologie pour l'ordonnancement
 - Apprentissage automatique
 - Architecture de résolution
- 4 Planning prévisionnel
- 5 Conclusion



Introduction

Ce travail a été initié par la thèse de Julien Cegarra [Cegarra, 2004]. Le but de ce travail est de donner des outils et des méthodes pour faciliter la coopération homme machine dans un contexte de mise en œuvre de l'ordonnancement.



Les Différentes Phases de l'ordonnancement

Définition : phase prédictive d'un ordonnancement

La phase prédictive d'un ordonnancement est la phase effectuée avant l'exécution de l'ordonnancement.

Définition : phase réactive d'un ordonnancement

La phase réactive d'un ordonnancement est la phase effectuée pendant l'exécution de l'ordonnancement.



Incertitudes

Définition : Incertitudes

Les incertitudes décrivent les modifications possible des données entre la phase prédictive et la phase réactive (d'après [Esswein, 2003]).

Exemples :

- le retard d'une opération ;
- l'insertion d'une opération ;
- la distance entre le modèle et la réalité (par exemple, les temps de transport entre deux machines ne sont pas pris en compte dans le modèle) ;
- la panne d'une machine ;
- etc.



Aléas

Définition : Aléa

Les aléas représentent les incertitudes causés par des événements extérieurs (et donc aléatoires).

- Les aléas sont un sous-ensemble des incertitudes.
- Les modifications structurelles des données sont des aléas.
- Les valeurs incertaines ne sont pas des aléas.
- L'insertion d'une opération, la panne d'une machine sont forcément des aléas.



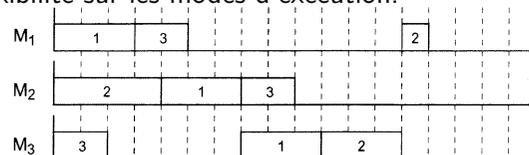
Flexibilité, Définition

Définition : Flexibilité

La flexibilité mesure les degrés de liberté présent pendant la phase réactive de l'ordonnement (d'après [Esswein, 2003]).

Différentes sortes de flexibilité (d'après [Groupe flexibilité du GOTHa, 2002]) :

- La flexibilité temporelle ;
- La flexibilité séquentielle ;
- La flexibilité sur les affectations ;
- La flexibilité sur les modes d'exécution.



La mesure de la flexibilité

La mesure de la flexibilité dépend :

- du type de flexibilité à mesurer ;
- du problème traité ;
- de la manière d'utiliser la flexibilité ;
- de la méthode utilisé pour générer la flexibilité.

Le but de la flexibilité est d'améliorer la robustesse de l'ordonnement. On peut utiliser la mesure de la robustesse comme évaluation de l'utilité de la flexibilité.



Robustesse

Définition : robustesse d'un ordonnancement

Un ordonnancement robuste est un ordonnancement peu sensible aux incertitudes.

La flexibilité est un outil permettant d'améliorer la robustesse.

L'utilisation de la flexibilité permettra d'améliorer la robustesse.



L'Ordonnancement dynamique

Définition : L'Ordonnancement dynamique

L'ordonnancement dynamique (ou réactif) est une méthode d'ordonnancement basé uniquement sur la phase réactive.

Généralement, l'ordonnancement dynamique utilise les règles de priorités (par exemple la règle *Shortest Processing Time*).



L'Ordonnancement statique

Définition : ordonnancement statique

L'ordonnancement statique (ou prédictif) est une méthode d'ordonnancement basé uniquement sur la phase prédictive

La phase réactive est triviale : l'ordonnancement calculé est utilisé de manière stricte. La flexibilité temporelle est souvent utilisé pour obtenir un ordonnancement faisable (décalage à droite).



L'Ordonnancement prédictif réactif

Définition : L'Ordonnancement prédictif réactif

L'ordonnancement prédictif réactif est une méthode qui exploite les phases prédictives **et** réactive.

En pratique, nous avons :

- une phase prédictive : un ou plusieurs ordonnancements sont construits ;
- une phase réactive : les ordonnancements construits durant la phase prédictive sont utilisés et adaptés en temps réel.



Coopération homme machine

De nombreuses expérimentations ([Cegarra, 2004]) montrent que les performances obtenues en combinant l'homme avec la machine sont meilleurs que celles obtenues en utilisant uniquement un des deux.

Il est donc important d'utiliser la coopération homme machine, mais cette coopération est loin d'être triviale.



Ordonnancement de groupe

L'ordonnancement de groupe est originaire du LAAS-CNRS de Toulouse. Il a été développé depuis plus de 25 ans, notamment par [Thomas, 1980, Billaut, 1993, Artigues, 1997, Esswein, 2003]. Pour générer de la flexibilité séquentielle, cette méthode utilise des « groupes d'opérations permutables ».



Environnement de recherche

Ce travail repose sur deux thèses de doctorat :

- [Cegarra, 2004] : point de vue psychologique de notre problème.
- [Esswein, 2003] : méthode d'ordonnancement sur laquelle reposera ce travail.

Un outil nous semble intéressant pour nous aider dans la résolution de notre problème : l'apprentissage automatique.



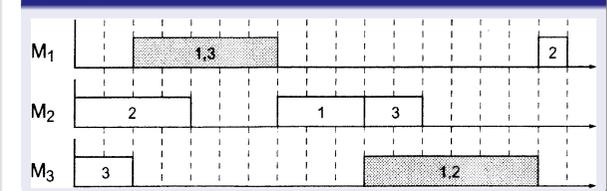
Exemple : un problème de job shop

i est une gamme, j est une opération, $M_{i,j}$ est la machine requise pour l'opération j de la gamme i , et $p_{i,j}$ est le temps nécessaire à l'opération j de la gamme i .

Le Problème

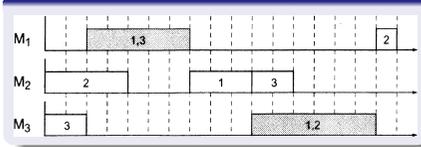
i	j	$M_{i,j}$	$p_{i,j}$
1	1	1	3
1	2	2	3
1	3	3	3
2	1	2	4
2	2	3	3
2	3	1	1
3	1	3	2
3	2	1	2
3	3	2	2

Une Solution

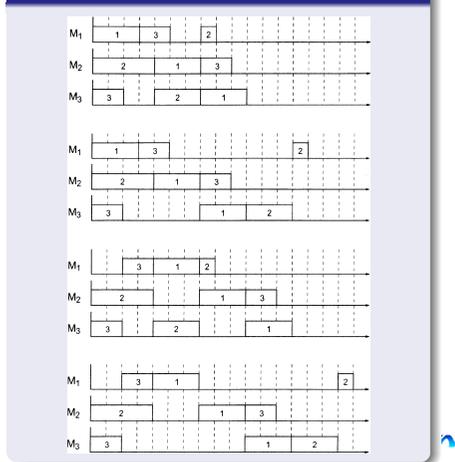


Exécution de l'exemple

L'ordonnement de groupe



Les différents ordonnements



Pourquoi l'ordonnement de groupe est-il intéressant ?

Pourquoi l'ordonnement de groupe est-il intéressant ?

- méthode prédictive réactive ;
- flexibilité sur les séquences ;
- évaluation de l'ordonnement dans le pire des cas en temps polynômial ;
- possibilité d'évaluer des modifications manuelles (par exemple l'insertion d'une opération) en temps polynômial ;
- les incertitudes ne doivent pas être modélisées ;
- méthode bien étudiée.

Ordonnement de groupe : Continuité

Les perspectives de [Esswein, 2003] sont en adéquation avec nos objectifs :

- Évaluation de la robustesse de la méthode de groupe.
- L'influence de l'ordonnement initial dans la méthode de génération de flexibilité.
- La répartition de la flexibilité dans l'ordonnement de groupe proposé.
- Approche multicritère pour la phase réactive de l'algorithme.

Psychologie pour l'ordonnement

Différents aspects à prendre en compte ([Cegarra, 2004]) :

- Il ne faut pas demander à l'humain de choisir entre plusieurs possibilités brutes.
- On ne sait pas comment fait l'humain.
- Il y a de grandes différences inter-individuelles entre les opérateurs humains.
- La connaissance de l'algorithme de construction d'un ordonnement n'aide pas un opérateur humain à réordonner un ordonnement généré par un tel algorithme.

Apprentissage automatique : présentation

L'objectif de l'apprentissage automatique est de générer une fonction donnant une sortie cohérente en fonction des entrées.

Utilisation :

- classification ;
- régression (approximation de fonction).

Des méthodes d'apprentissage :

- l'apprentissage supervisé ;
- l'apprentissage non supervisé ;
- l'apprentissage par renforcement.



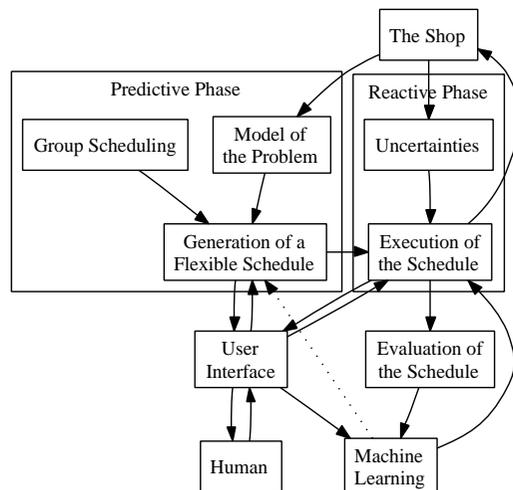
Que peut nous apporter l'apprentissage automatique ?

L'apprentissage automatique peut nous être utile pour :

- générer des heuristiques de fonctions difficiles à calculer (par exemple une fonction objectif) ;
- prédire des fonctions calculables uniquement une fois l'ordonnancement effectué (par exemple la robustesse) ;
- utiliser les expériences passées pour mieux prendre en compte le problème traité (du point de vue de l'atelier ou de la coopération homme machine).



Architecture de résolution



Planning prévisionnel

Parties à éclaircir :

- problème étudié (jeu d'essai, application réelle) ;
- coopération homme machine (bien prendre en compte les travaux déjà effectués sur le sujet) ;
- l'apprentissage automatique en ordonnancement.

Étapes à réaliser :

- Octobre 2006 (HOPS) : Implémentation de la phase statique.
- Modélisation de la phase dynamique.
- Implémentation de la phase dynamique.
- Expérimentations.



Conclusion

Nous avons vu le contexte de ce travail :

- l'importance des incertitudes ;
- la flexibilité et la robustesse ;
- l'importance de la coopération homme machine.

Les outils intéressants :

- l'ordonnancement de groupe ;
- la psychologie de l'ordonnancement ;
- l'apprentissage automatique.

Ainsi que les idées directrices et les étapes du projet.



Bibliographie I

- Artigues, C. (1997).
Ordonnancement en temps réel d'ateliers avec temps de préparation des ressources.
Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse.
- Billaut, J.-C. (1993).
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.



Bibliographie II

- Cegarra, J. (2004).
La gestion de la complexité dans la planification : le cas de l'ordonnancement.
Thèse de doctorat, Université de Paris 8.
- Esswein, C. (2003).
Un apport de flexibilité séquentielle pour l'ordonnancement robuste.
Thèse de doctorat, Université François Rabelais Tours.
- Groupe flexibilité du GOTHa (2002).
Flexibilité et robustesse en ordonnancement.
Bulletin de la ROADEF, 8 :10–12.



Bibliographie III

- Thomas, V. (1980).
Aide à la décision pour l'ordonnancement d'atelier en temps réel.
Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse.

