

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

Guillaume Pinot Nasser Mebarki

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

FRANCORO V / ROADEF 2007

Table des Matières

- 1 Introduction
- 2 Ordonnement de groupe
- 3 Analyse de la phase réactive d'ORABAID
- 4 Nouvelle formulation de la phase réactive
- 5 Conclusion

Table des Matières

- 1 Introduction
- 2 Ordonnement de groupe
- 3 Analyse de la phase réactive d'ORABAID
- 4 Nouvelle formulation de la phase réactive
- 5 Conclusion

Introduction

Objectif favoriser la coopération homme machine lors de l'exécution d'un ordonnancement sous incertitudes.

Méthode les ordonnancements de groupes d'opérations permutable : introduit de la flexibilité séquentielle ; garantie une certaine qualité à l'ordonnancement.

Avantage L'humain peut effectuer des choix sans altérer les performances.

Inconvénient il nous semble que l'utilisation de la flexibilité peut être grandement améliorée.

But proposer une méthode permettant à l'humain d'utiliser plus facilement cette flexibilité.

Ce travail est effectué en collaboration avec l'équipe PsyCoTec de l'IRCCyN.



Introduction

Objectif favoriser la coopération homme machine lors de l'exécution d'un ordonnancement sous incertitudes.

Méthode les ordonnancements de groupes d'opérations permutable : introduit de la flexibilité séquentielle ; garantie une certaine qualité à l'ordonnancement.

Avantage L'humain peut effectuer des choix sans altérer les performances.

Inconvénient il nous semble que l'utilisation de la flexibilité peut être grandement améliorée.

But proposer une méthode permettant à l'humain d'utiliser plus facilement cette flexibilité.

Ce travail est effectué en collaboration avec l'équipe PsyCoTec de l'IRCCyN.



Introduction

Objectif favoriser la coopération homme machine lors de l'exécution d'un ordonnancement sous incertitudes.

Méthode les ordonnancements de groupes d'opérations permutables : introduit de la flexibilité séquentielle ; garantie une certaine qualité à l'ordonnancement.

Avantage L'humain peut effectuer des choix sans altérer les performances.

Inconvénient il nous semble que l'utilisation de la flexibilité peut être grandement améliorée.

But proposer une méthode permettant à l'humain d'utiliser plus facilement cette flexibilité.

Ce travail est effectué en collaboration avec l'équipe PsyCoTec de l'IRCCyN.



Introduction

Objectif favoriser la coopération homme machine lors de l'exécution d'un ordonnancement sous incertitudes.

Méthode les ordonnancements de groupes d'opérations permutable : introduit de la flexibilité séquentielle ; garantie une certaine qualité à l'ordonnancement.

Avantage L'humain peut effectuer des choix sans altérer les performances.

Inconvénient il nous semble que l'utilisation de la flexibilité peut être grandement améliorée.

But proposer une méthode permettant à l'humain d'utiliser plus facilement cette flexibilité.

Ce travail est effectué en collaboration avec l'équipe PsyCoTec de l'IRCCyN.



Introduction

Objectif favoriser la coopération homme machine lors de l'exécution d'un ordonnancement sous incertitudes.

Méthode les ordonnancements de groupes d'opérations permutables : introduit de la flexibilité séquentielle ; garantie une certaine qualité à l'ordonnancement.

Avantage L'humain peut effectuer des choix sans altérer les performances.

Inconvénient il nous semble que l'utilisation de la flexibilité peut être grandement améliorée.

But proposer une méthode permettant à l'humain d'utiliser plus facilement cette flexibilité.

Ce travail est effectué en collaboration avec l'équipe PsyCoTec de l'IRCCyN.



Introduction

Objectif favoriser la coopération homme machine lors de l'exécution d'un ordonnancement sous incertitudes.

Méthode les ordonnancements de groupes d'opérations permutable : introduit de la flexibilité séquentielle ; garantie une certaine qualité à l'ordonnancement.

Avantage L'humain peut effectuer des choix sans altérer les performances.

Inconvénient il nous semble que l'utilisation de la flexibilité peut être grandement améliorée.

But proposer une méthode permettant à l'humain d'utiliser plus facilement cette flexibilité.

Ce travail est effectué en collaboration avec l'équipe PsyCoTec de l'IRCCyN.



Table des Matières

- 1 Introduction
- 2 Ordonnement de groupe
- 3 Analyse de la phase réactive d'ORABAID
- 4 Nouvelle formulation de la phase réactive
- 5 Conclusion

Ordonnancement de groupe

L'ordonnancement de groupe fut créé au LAAS il y a plus de 30 ans ([Erschler, 1976, Demmou, 1977, Thomas, 1980]). Cette méthode fut par la suite étendue à différents problèmes dans les thèses de doctorat [Billaut, 1993, Artigues, 1997]. Elle est également connue sous le nom ORABAID (ORDonnancement d'Atelier Basé sur l'Alde à la Décision).

Pour générer de la flexibilité séquentielle, cette méthode utilise des « groupes d'opérations permutables ».

Ordonnancement de groupe

L'ordonnancement de groupe fut créé au LAAS il y a plus de 30 ans ([Erschler, 1976, Demmou, 1977, Thomas, 1980]). Cette méthode fut par la suite étendue à différents problèmes dans les thèses de doctorat [Billaut, 1993, Artigues, 1997]. Elle est également connue sous le nom ORABAID (ORdonnancement d'Atelier Basé sur l'Alde à la Décision).

Pour générer de la flexibilité séquentielle, cette méthode utilise des « groupes d'opérations permutable ».

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

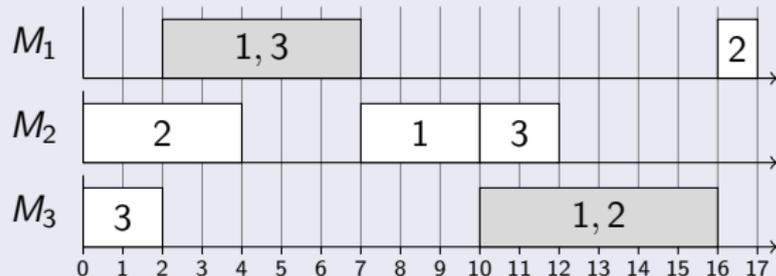
Exemple : un problème de *job shop*

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

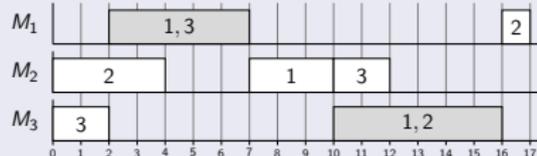
i	j	$M_{i,j}$	$p_{i,j}$
1	1	1	3
1	2	2	3
1	3	3	3
2	1	2	4
2	2	3	3
2	3	1	1
3	1	3	2
3	2	1	2
3	3	2	2

Une Solution

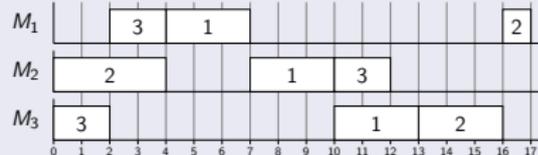
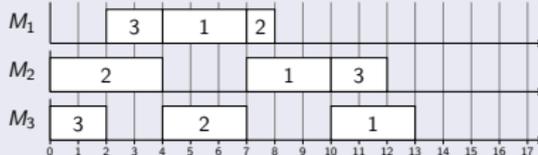
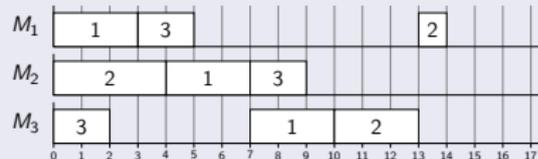
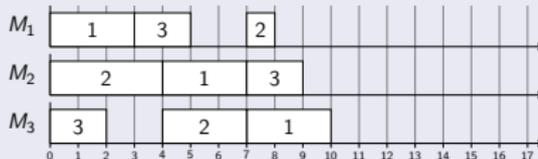


Exécution de l'exemple

L'Ordonnement de groupe



Les Ordonnements semi-actifs correspondants



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 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]).

Pourquoi l'ordonnancement de groupe est-il intéressant ?

Pourquoi l'ordonnancement de groupe est-il intéressant ?

- méthode prédictive réactive ;
- flexibilité sur les séquences ;
- évaluation de l'ordonnancement 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]).

Pourquoi l'ordonnancement de groupe est-il intéressant ?

Pourquoi l'ordonnancement de groupe est-il intéressant ?

- méthode prédictive réactive ;
- flexibilité sur les séquences ;
- évaluation de l'ordonnancement 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]).

Pourquoi l'ordonnancement de groupe est-il intéressant ?

Pourquoi l'ordonnancement de groupe est-il intéressant ?

- méthode prédictive réactive ;
- flexibilité sur les séquences ;
- évaluation de l'ordonnancement 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]).

Pourquoi l'ordonnancement de groupe est-il intéressant ?

Pourquoi l'ordonnancement de groupe est-il intéressant ?

- méthode prédictive réactive ;
- flexibilité sur les séquences ;
- évaluation de l'ordonnancement 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]).

Pourquoi l'ordonnancement de groupe est-il intéressant ?

Pourquoi l'ordonnancement de groupe est-il intéressant ?

- méthode prédictive réactive ;
- flexibilité sur les séquences ;
- évaluation de l'ordonnancement 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]).

Table des Matières

- 1 Introduction
- 2 Ordonnancement de groupe
- 3 Analyse de la phase réactive d'ORABAID**
- 4 Nouvelle formulation de la phase réactive
- 5 Conclusion

Description de la phase réactive d'ORABAID

La phase réactive d'ORABAID se base sur la marge libre séquentielle.

La marge libre séquentielle est l'adaptation de la marge libre pour les ordonnancements de groupe (prise en compte de la flexibilité séquentielle). Si elle est négative, l'ordonnement de groupe ne satisfait plus les contraintes de qualités.

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. Ce choix est le choix par défaut.

L'humain peut, s'il le souhaite, exécuter une autre opération, qu'elle soit dans le groupe en cours d'exécution ou pas. La machine peut alors recalculer les marges séquentielles libres, et indiquer si l'ordonnement de groupe satisfait les contraintes de qualité.



Description de la phase réactive d'ORABAID

La phase réactive d'ORABAID se base sur la marge libre séquentielle.

La marge libre séquentielle est l'adaptation de la marge libre pour les ordonnancements de groupe (prise en compte de la flexibilité séquentielle). Si elle est négative, l'ordonnement de groupe ne satisfait plus les contraintes de qualités.

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. Ce choix est le choix par défaut.

L'humain peut, s'il le souhaite, exécuter une autre opération, qu'elle soit dans le groupe en cours d'exécution ou pas. La machine peut alors recalculer les marges séquentielles libres, et indiquer si l'ordonnement de groupe satisfait les contraintes de qualité.



Description de la phase réactive d'ORABAID

La phase réactive d'ORABAID se base sur la marge libre séquentielle.

La marge libre séquentielle est l'adaptation de la marge libre pour les ordonnancements de groupe (prise en compte de la flexibilité séquentielle). Si elle est négative, l'ordonnement de groupe ne satisfait plus les contraintes de qualités.

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. Ce choix est le choix par défaut.

L'humain peut, s'il le souhaite, exécuter une autre opération, qu'elle soit dans le groupe en cours d'exécution ou pas. La machine peut alors recalculer les marges séquentielles libres, et indiquer si l'ordonnement de groupe satisfait les contraintes de qualité.



Description de la phase réactive d'ORABAID

La phase réactive d'ORABAID se base sur la marge libre séquentielle.

La marge libre séquentielle est l'adaptation de la marge libre pour les ordonnancements de groupe (prise en compte de la flexibilité séquentielle). Si elle est négative, l'ordonnancement de groupe ne satisfait plus les contraintes de qualités.

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. Ce choix est le choix par défaut.

L'humain peut, s'il le souhaite, exécuter une autre opération, qu'elle soit dans le groupe en cours d'exécution ou pas. La machine peut alors recalculer les marges séquentielles libres, et indiquer si l'ordonnancement de groupe satisfait les contraintes de qualité.



Avantages et inconvénients

Avantages :

- Contrôle total du décideur ;
- Surveillance active de la qualité.

Inconvénients :

- Peu d'aide laissée au décideur ;
- Seule la marge libre séquentielle est donnée à l'utilisateur comme mesure de ses choix.

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 ([Cegarra, 2004]).

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.

Avantages et inconvénients

Avantages :

- Contrôle total du décideur ;
- Surveillance active de la qualité.

Inconvénients :

- Peu d'aide laissée au décideur ;
- Seule la marge libre séquentielle est donnée à l'utilisateur comme mesure de ses choix.

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 ([Cegarra, 2004]).

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.

Avantages et inconvénients

Avantages :

- Contrôle total du décideur ;
- Surveillance active de la qualité.

Inconvénients :

- Peu d'aide laissée au décideur ;
- Seule la marge libre séquentielle est donnée à l'utilisateur comme mesure de ses choix.

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 ([Cegarra, 2004]).

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.



Avantages et inconvénients

Avantages :

- Contrôle total du décideur ;
- Surveillance active de la qualité.

Inconvénients :

- Peu d'aide laissée au décideur ;
- Seule la marge libre séquentielle est donnée à l'utilisateur comme mesure de ses choix.

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 ([Cegarra, 2004]).

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.



Avantages et inconvénients

Avantages :

- Contrôle total du décideur ;
- Surveillance active de la qualité.

Inconvénients :

- Peu d'aide laissée au décideur ;
- Seule la marge libre séquentielle est donnée à l'utilisateur comme mesure de ses choix.

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 ([Cegarra, 2004]).

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.



Avantages et inconvénients

Avantages :

- Contrôle total du décideur ;
- Surveillance active de la qualité.

Inconvénients :

- Peu d'aide laissée au décideur ;
- Seule la marge libre séquentielle est donnée à l'utilisateur comme mesure de ses choix.

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 ([Cegarra, 2004]).

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.

Table des Matières

- 1 Introduction
- 2 Ordonnement de groupe
- 3 Analyse de la phase réactive d'ORABAID
- 4 Nouvelle formulation de la phase réactive**
- 5 Conclusion

Pourquoi multiobjectifs ?

Combiner l'humain et la machine donne généralement de meilleurs résultats que de n'utiliser que l'un des deux ([Cegarra, 2004]).
Notre but est donc de favoriser la coopération.

La description sous une forme multiobjectifs des différentes possibilités offertes à l'humain devrait lui permettre de mieux appréhender les conséquences de ses choix.

Conséquences :

- combinaison des connaissances de l'homme et de la machine ;
- amélioration de la prise en compte de la flexibilité grâce à l'utilisation des connaissances de l'humain.

De plus, Carl Esswein dans [Esswein, 2003] indique qu'utiliser une approche multicritères pour la phase réactive pourrait permettre d'améliorer la méthode ORABAID.

Pourquoi multiobjectifs ?

Combiner l'humain et la machine donne généralement de meilleurs résultats que de n'utiliser que l'un des deux ([Cegarra, 2004]).

Notre but est donc de favoriser la coopération.

La description sous une forme multiobjectifs des différentes possibilités offertes à l'humain devrait lui permettre de mieux appréhender les conséquences de ses choix.

Conséquences :

- combinaison des connaissances de l'homme et de la machine ;
- amélioration de la prise en compte de la flexibilité grâce à l'utilisation des connaissances de l'humain.

De plus, Carl Esswein dans [Esswein, 2003] indique qu'utiliser une approche multicritères pour la phase réactive pourrait permettre d'améliorer la méthode ORABAID.

Pourquoi multiobjectifs ?

Combiner l'humain et la machine donne généralement de meilleurs résultats que de n'utiliser que l'un des deux ([Cegarra, 2004]).

Notre but est donc de favoriser la coopération.

La description sous une forme multiobjectifs des différentes possibilités offertes à l'humain devrait lui permettre de mieux appréhender les conséquences de ses choix.

Conséquences :

- combinaison des connaissances de l'homme et de la machine ;
- amélioration de la prise en compte de la flexibilité grâce à l'utilisation des connaissances de l'humain.

De plus, Carl Esswein dans [Esswein, 2003] indique qu'utiliser une approche multicritères pour la phase réactive pourrait permettre d'améliorer la méthode ORABAID.

Pourquoi multiobjectifs ?

Combiner l'humain et la machine donne généralement de meilleurs résultats que de n'utiliser que l'un des deux ([Cegarra, 2004]).

Notre but est donc de favoriser la coopération.

La description sous une forme multiobjectifs des différentes possibilités offertes à l'humain devrait lui permettre de mieux appréhender les conséquences de ses choix.

Conséquences :

- combinaison des connaissances de l'homme et de la machine ;
- amélioration de la prise en compte de la flexibilité grâce à l'utilisation des connaissances de l'humain.

De plus, Carl Esswein dans [Esswein, 2003] indique qu'utiliser une approche multicritères pour la phase réactive pourrait permettre d'améliorer la méthode ORABAID.

Pourquoi multiobjectifs ?

Combiner l'humain et la machine donne généralement de meilleurs résultats que de n'utiliser que l'un des deux ([Cegarra, 2004]).

Notre but est donc de favoriser la coopération.

La description sous une forme multiobjectifs des différentes possibilités offertes à l'humain devrait lui permettre de mieux appréhender les conséquences de ses choix.

Conséquences :

- combinaison des connaissances de l'homme et de la machine ;
- amélioration de la prise en compte de la flexibilité grâce à l'utilisation des connaissances de l'humain.

De plus, Carl Esswein dans [Esswein, 2003] indique qu'utiliser une approche multicritères pour la phase réactive pourrait permettre d'améliorer la méthode ORABAID.

Quels objectifs ?

Objectifs possibles :

- Marge séquentielle libre ;
- Qualité dans le pire des cas si choix de cette proposition ;
- Qualité dans le meilleur des cas si choix de cette proposition ;
- Possibilité d'ajout de flexibilité séquentielle si cette proposition.

Quels objectifs ?

Objectifs possibles :

- Marge séquentielle libre ;
- Qualité dans le pire des cas si choix de cette proposition ;
- Qualité dans le meilleur des cas si choix de cette proposition ;
- Possibilité d'ajout de flexibilité séquentielle si cette proposition.

Quels objectifs ?

Objectifs possibles :

- Marge séquentielle libre ;
- Qualité dans le pire des cas si choix de cette proposition ;
- Qualité dans le meilleur des cas si choix de cette proposition ;
- Possibilité d'ajout de flexibilité séquentielle si cette proposition.

Quels objectifs ?

Objectifs possibles :

- Marge séquentielle libre ;
- Qualité dans le pire des cas si choix de cette proposition ;
- Qualité dans le meilleur des cas si choix de cette proposition ;
- Possibilité d'ajout de flexibilité séquentielle si cette proposition.

Comment utiliser les différents objectifs.

Premières approches pour l'utilisation des différents objectifs :

- Pas de nettoyage de non dominant car
 - il y a rarement plus de 10 opérations dans un groupe ;
 - cela causerait une perte de flexibilité ;
 - les objectifs de l'opérateur peuvent être en contradiction avec les objectifs calculé par la machine.
- Laisser à l'opérateur le dernier mot dans tous les cas pour favoriser la coopération.

Implémentation

Implémentation réalisée, disponible sur

<http://www.irccyn.ec-nantes.fr/~pinot/> :

- Lecture et écriture de problèmes de *job shop* prenant en compte les dates de disponibilité et de livraison et les contraintes de précédences multiples en XML.
- Lecture et écriture d'une séquence de groupe au format XML.
- évaluation d'un ordonnancement de groupe ([Artigues et al., 2005]) et algorithme de regroupement EBJG ([Esswein, 2003]).

Implémentation à réaliser :

- Gestion de l'exécution temps réel d'un ordonnancement de groupe.
- Calcul de la marge libre et des autres indicateurs.
- Interface de décision temps réel.

Table des Matières

- 1 Introduction
- 2 Ordonnement de groupe
- 3 Analyse de la phase réactive d'ORABAID
- 4 Nouvelle formulation de la phase réactive
- 5 Conclusion

Conclusion

L'ordonnement de groupe donne une base efficace pour l'ordonnement sous incertitudes.

Par contre, la phase réactive d'ORABAID possède à notre avis quelques lacunes concernant la coopération homme machine. Pour pallier cela, nous avons proposé une représentation multiobjectifs pour la phase réactive.

Conclusion

L'ordonnement de groupe donne une base efficace pour l'ordonnement sous incertitudes.

Par contre, la phase réactive d'ORABAID possède à notre avis quelques lacunes concernant la coopération homme machine.

Pour pallier cela, nous avons proposé une représentation multiobjectifs pour la phase réactive.

Conclusion

L'ordonnancement de groupe donne une base efficace pour l'ordonnancement sous incertitudes.
Par contre, la phase réactive d'ORABAID possède à notre avis quelques lacunes concernant la coopération homme machine.
Pour pallier cela, nous avons proposé une représentation multiobjectifs pour la phase réactive.

Perspectives

Nos perspectives sur ce travail :

- trouver une interface efficace pour la coopération en utilisant cette modélisation multiobjectifs ;
- évaluer l'apport de la méthode proposée pour la coopération.

Perspectives

Nos perspectives sur ce travail :

- trouver une interface efficace pour la coopération en utilisant cette modélisation multiobjectifs ;
- évaluer l'apport de la méthode proposée pour la coopération.

Bibliographie I

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



Demmou, R. (1977).

Étude de familles remarquables d'ordonnements en vue d'une aide à la décision.

Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse.



Erschler, J. (1976).

Analyse sous contraintes et aide à la décision pour certains problèmes d'ordonnancement.

Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse.



Bibliographie III



Esswein, C. (2003).

Un apport de flexibilité séquentielle pour l'ordonnancement robuste.

Thèse de doctorat, Université François Rabelais Tours.



Thomas, V. (1980).

Aide à la décision pour l'ordonnancement d'atelier en temps réel.

Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse.