



HAL
open science

Ordonnancement multisite de systèmes flexibles de production via CORBA

Bernard Archimède, Laurent Priem, Thierry Coudert

► **To cite this version:**

Bernard Archimède, Laurent Priem, Thierry Coudert. Ordonnancement multisite de systèmes flexibles de production via CORBA. *Journal Européen des Systèmes Automatisés (JESA)*, 2000, 34 (2-3), pp.317-330. hal-04498350

HAL Id: hal-04498350

<https://hal.science/hal-04498350>

Submitted on 11 Mar 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Open Archive Toulouse Archive Ouverte (OATAO)

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in: <http://oatao.univ-toulouse.fr/>
Eprints ID: 7945

To link to this article: <http://jesa.revuesonline.com/accueil.jsp>

To cite this version:

Archimède, Bernard and Priem, Laurent and Coudert, Thierry *Ordonnancement multisite de systèmes flexibles de production via CORBA*. (2000) Journal Européen des Systèmes Automatisés, vol. 34 (n° 2-3). pp. 317-330. ISSN 1269-6935

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator:
staff-oatao@inp-toulouse.fr

Ordonnancement multi-sites de systèmes flexibles de production via CORBA.

Bernard Archimède - Laurent Priem - Thierry Coudert

*Laboratoire Génie de Production (LGP)
ENIT(École Nationale d'Ingénieurs de Tarbes)
47, Avenue d'Azereix
Bp 1629, 65016 Tarbes
{archi , priem, coudert }@enit.fr*

RÉSUMÉ. Cet article aborde le problème de l'ordonnancement multi-sites des ateliers flexibles de production. La méthode utilise le modèle multi-agent SCEP, qui introduit une distribution des activités décisionnelles entre les agents. Le processus de résolution alterne des planifications à capacité infinie côté ordre de fabrication et des planifications à capacité finie côté machine. Après la présentation de la problématique et de quelques travaux dans le domaine, nous décrivons le modèle SCEP, et son fonctionnement. Après l'étude de la connexion entre deux modèles SCEP et de son implantation sous CORBA, nous illustrons sur un exemple le fonctionnement en ordonnancement multi-sites. Nous terminons avec les perspectives de l'approche.

ABSTRACT. The paper presents the multi-sites scheduling problem for flexible manufacturing systems. This approach uses the SCEP multi-agent model which introduces a distribution of the decisional activities between the agents. The solving process is achieved by alternation between several infinite capacity scheduling processes on manufacturing order side and several finite capacity scheduling processes on machine side. After the presentation of the problematic and some works in this domain, we describe the SCEP model and its functioning. The study of the connection between two SCEP model and its implementation under CORBA follows. We illustrate with an example its functioning in multi-sites scheduling. We finish by the perspectives of this approach.

MOTS-CLÉS: aide à la décision, ordonnancement coopératif, objet distribué et réparti, système multi-agent, CORBA

KEYWORDS: Decision support, co-operative scheduling, distributed object, multi-agent system, CORBA

1 Introduction

La complexité de certains produits, les compétences nécessaires, le coût de la main-d'œuvre et des moyens de production font qu'aujourd'hui les entreprises ne peuvent pas réaliser l'ensemble des tâches de fabrication sur une unique unité de production. La production est distribuée sur plusieurs sites géographiquement répartis appartenant à l'entreprise ou à d'autres entreprises de sous-traitance.

Produire en environnement distribué requiert une coordination des différents sites afin de garantir le respect des objectifs variables des clients ainsi qu'une utilisation optimale des ressources des différentes unités de production. Le contrôle de la production soulève, dans ce contexte distribué, de nombreux problèmes notamment : l'élaboration d'un plan de fabrication assurant la cohabitation entre des produits globaux, nécessitant des ressources de plusieurs sites, et des produits locaux qui requièrent des ressources d'un seul site ; la prise en compte des aléas survenant sur un site et dont les effets concernent plusieurs sites ; ou encore le choix d'une unité de production parmi plusieurs possibles en tenant compte des délais de transport entre les différents sites et des objectifs de la clientèle.

Quelques travaux ont été réalisés sur le sujet. Bavay [BAV 96] propose une méthode d'ordonnancement qui permet de coordonner l'ensemble des ateliers d'une usine basée une technique de rétro-simulation à capacité finie. Rota [ROT 96] s'intéresse aux problèmes de planification de la production rencontrés par une entreprise qui appartient à une ou plusieurs chaînes logistiques. La méthodologie s'appuie sur un modèle de planification déterministe et un modèle de simulation qui permet de tester de nouvelles politiques de coopération dans un environnement dynamique et incertain. Roux dans [ROU 99] propose une approche pour résoudre l'ordonnancement multi-sites en tenant compte des capacités exactes des différents niveaux et des lots de produits. Les différents sites peuvent avoir un fonctionnement de type job-shop, flow shop, open shop, etc.

Dans ce contexte distribué et multi-sites, nous proposons une méthode pour aborder le problème de l'ordonnancement basée sur l'utilisation du modèle multi-agent SCEP (Superviseur, Client, Environnement, Producteur) [ARC 98].

Après cette introduction au problème de l'ordonnancement multi-sites et à sa problématique, nous définissons le contexte de notre étude. Nous décrivons par la suite le modèle SCEP et nous présentons les caractéristiques qui lui permettent de supporter un fonctionnement coopératif. L'implantation en tant qu'objet client et serveur CORBA est ensuite décrite. Nous illustrons enfin cette approche à l'aide d'un exemple de production constitué de trois sites.

2 Contexte d'étude

Nous nous intéressons dans cette étude à la réalisation de l'ordonnancement de la production sur plusieurs ateliers de type job-shop. L'organisation des différents ateliers est hiérarchique. Un atelier pilote s'appuie sur des moyens de production locaux et des moyens de production répartis correspondant à d'autres ateliers de fabrication de niveau inférieur. Les ateliers de niveau inférieur sont coordonnés par l'atelier pilote du niveau supérieur (figure 1).

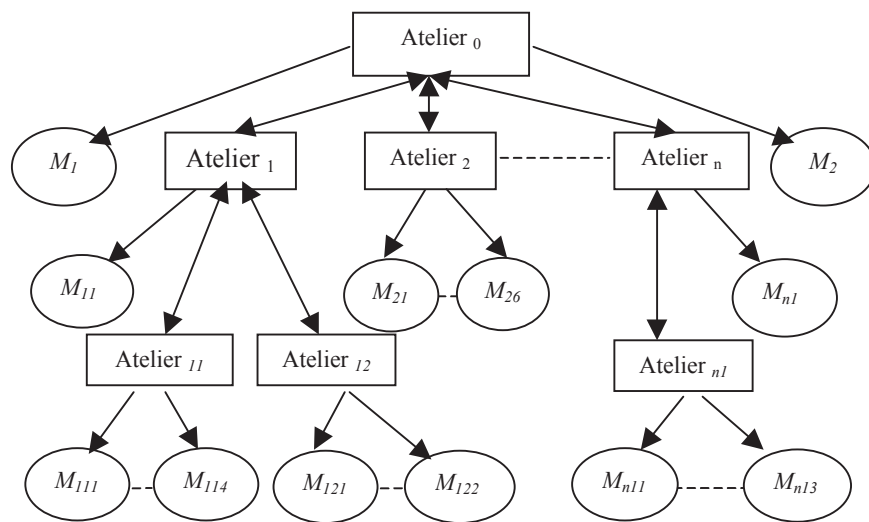


Figure 1. Structure hiérarchique d'ateliers

Chaque atelier possède plusieurs compétences associées aux activités (tournage, fraisage, perçage, etc.) qu'il peut assurer en local ou sous-traiter aux ateliers de plus bas niveau qu'il pilote. Deux ateliers de même niveau coordonnés par un même atelier pilote peuvent avoir des compétences identiques. Ces ateliers sont constitués d'un ensemble de machines. Ils ont pour objectif la réalisation d'un ensemble d'ordres de fabrication (OF). Les traitements à effectuer sur chaque OF dépendent de sa gamme ou processus de fabrication. La gamme est une séquence linéaire de groupes d'opérations. Chaque groupe peut être permutable, séquentiel, ou synchrone. Dans un groupe permutable, toutes les opérations doivent être réalisées les unes après les autres mais l'ordre de traitement n'est pas défini a priori. Dans un groupe séquentiel, l'ordre de traitement des opérations est défini a priori. Dans un groupe synchrone, les opérations doivent débiter à la même date. Les opérations d'un groupe donné ne peuvent commencer avant la fin de toutes les opérations du groupe précédent. Chaque opération requiert une activité qui peut être réalisée par plusieurs machines. Chaque machine est capable de réaliser plusieurs activités. L'opération

peut donc être réalisée sur une machine à prendre dans un groupe de machines possibles, pas forcément équivalentes. Le temps opératoire varie en fonction de l'aptitude de la machine utilisée pour effectuer l'activité requise par l'opération. Le temps prévu dans la gamme est celui que mettra la machine la plus performante pour traiter l'opération. Une machine ne peut exécuter qu'une opération à la fois.

Nous considérons qu'il n'y a pas de transport entre les machines d'un atelier, ni entre les différents ateliers. Le temps de réglage est inexistant ou intégré dans le temps opératoire de chaque opération. Une opération commencée sur une machine se termine sur la même machine. Nous supposons que le nombre d'aléas est faible et que le nombre d'opérations à ordonnancer est fini.

3 Le modèle multi-agent SCEP

Le modèle multi-agent SCEP (Superviseur, Client, Environnement, Producteur) [ARC 98a], [ARC 98b] (figure 2) est composé d'un environnement spatio-temporel où un ensemble d'objets évoluent en fonction des influences qu'ils reçoivent d'un ensemble d'agents client ou ordre de fabrication (OF) et d'un ensemble d'agents producteur ou machine. L'accès à l'environnement des agents ordre de fabrication et machine se fait de manière synchrone sous le contrôle d'un agent superviseur.

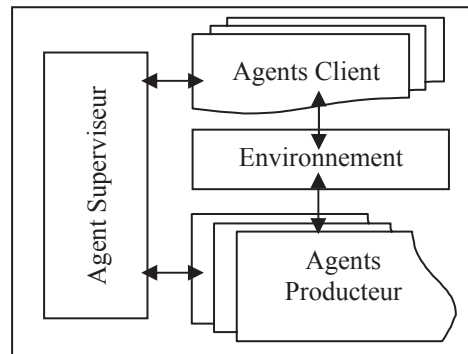


Figure 2. Le modèle multi-agent SCEP

L'environnement est un tableau noir constitué d'objets. C'est un espace à deux dimensions : une dimension spatiale de m niveaux (m : nombre d'agents machine) et une dimension temporelle représentant l'horizon de planification. Un objet est influencé par un seul agent OF et par plusieurs agents machine. Tout objet est situé dans l'environnement à une position qui dépend des influences reçues.

L'objet est associé à une opération de la gamme suivie par un agent OF. Il est associé à plusieurs tâches exécutées par les agents machine. Les objets se déplacent dans l'environnement tant qu'ils ne sont pas sur une position stable. La position est stable quand l'influence de l'agent OF et l'influence d'au moins un agent machine sont compatibles.

L'agent OF s'occupe des intérêts d'un client. Il perçoit les tendances de l'environnement sur les déplacements éventuels des objets instables associés aux opérations de sa gamme. Il planifie à capacité infinie ces opérations en recherchant la meilleure trajectoire possible en fonction de ses compétences et des informations dont il dispose. Il produit dans l'environnement une influence pour chaque opération planifiée.

L'agent machine s'occupe de la conduite d'une machine de l'atelier. Il perçoit des tendances de l'environnement sur les déplacements des objets associés aux tâches que la machine peut exécuter. Il les planifie à capacité finie en tenant compte de ses perceptions et de ses compétences. Il produit dans l'environnement une influence pour chaque tâche planifiée.

L'agent superviseur crée la société d'agents et initialise l'environnement avec les différents objets. Il coordonne les interventions des agents OF et machine suivant deux modes de fonctionnement : un fonctionnement prévisionnel qui permet d'établir l'ordonnancement, et un fonctionnement réactif qui permet de réajuster l'ordonnancement en présence d'aléas.

3.1 *Le fonctionnement en mode prévisionnel*

L'objectif du mode prévisionnel est de générer un ordonnancement pour toutes les opérations non planifiées. Dans ce mode, le superviseur active les agents OF et invite les agents machine à attendre. Chaque agent OF effectue alors son travail. L'agent OF informe le superviseur de la fin de son activité. Une fois enregistrée la fin du traitement du dernier agent OF, le superviseur active les agents machine et invite les agents OF à attendre.

Les agents machine réalisent à leur tour simultanément leur traitement. Ils informent l'agent superviseur de la fin de leur activité. La fin du cycle du dernier agent machine provoque le passage du contrôle chez les agents OF.

L'alternance entre l'activation des agents OF et celle des agents machine est répétée jusqu'à ce que l'ordonnancement soit effectif.

L'ordonnancement est effectif quand tous les objets ont dans l'environnement une position stable. Ce qui équivaut à une planification définitive de toutes les opérations et de toutes les tâches.

L'ordonnancement se termine après un nombre fini de cycles. Chaque cycle correspond à une activation des agents OF suivie d'une activation des agents machine.

L'étude de la convergence de la méthode montre qu'à la fin de chaque cycle, au moins un objet instable devient stable. Le nombre de cycles est dans le pire des cas égal au nombre d'objets instables présents dans l'environnement à l'initialisation du processus. La vitesse moyenne de convergence (nombre d'objets devenant stable par cycle) dépend de la configuration et des contraintes de l'atelier pris en compte.

3.2 Le fonctionnement en mode réactif

L'atelier est un environnement très perturbé. Les aléas sont de nature très diverses. Quelle que soit l'origine d'un aléa, interne (machines, opérateurs, transports, etc.) ou externe (fournisseurs, clients, transports, etc.), il peut être considéré comme une panne partielle ou totale pendant un certain temps d'un agent OF ou machine.

Dans le cas d'une panne totale, les agents machine ou OF ne peuvent assurer aucun traitement. Un agent machine ne pourra ordonnancer aucune opération quelle que soit l'activité requise. Un agent OF ne pourra planifier aucune opération de sa gamme.

Pour une panne partielle sur une machine, l'agent machine concerné ne peut ordonnancer des opérations nécessitant certaines activités relevant pourtant des aptitudes de la machine ; les opérations nécessitant les autres activités peuvent être ordonnancées. Pour une panne partielle sur un OF, l'agent OF concerné ne peut planifier une opération de sa gamme. La panne partielle équivaut à une panne totale si le groupe auquel appartient l'opération est séquentiel ou synchrone, l'aléa se répercutant sur toutes les opérations suivantes. Par contre, si l'opération appartient à un groupe permutable l'agent OF attend la fin de l'aléa en essayant de planifier les autres opérations du groupe.

Quel que soit l'aléa, il est détecté soit par un agent machine, soit par un agent OF. Suite à la détection d'un aléa, le processus consiste pour l'agent machine à identifier le caractère partiel ou total de la panne. Il identifie les tâches perturbées et recherche localement la meilleure solution pour les réaliser. L'agent machine produit dans l'environnement les influences pour les tâches perturbées et signale à l'agent superviseur la présence de l'aléa. L'agent superviseur active les autres agents machine. Ces derniers perçoivent alors l'état de l'environnement, élaborent de nouvelles décisions et produisent des influences pour les tâches perturbées. L'agent superviseur active alors un processus de génération d'ordonnancement en mode réactif. Dans ce mode, les agents OF perçoivent l'état de l'environnement, analysent les répercussions de l'aléa sur les autres opérations planifiées de la gamme et

remettent en cause les placements validés au fur et à mesure de la détection de conflits.

A la détection d'un aléa, l'agent OF identifie les opérations perturbées et recherche localement une solution de réajustement. Il produit dans l'environnement des influences pour les opérations perturbées et avise ensuite l'agent superviseur de la présence de l'aléa. Ce dernier lance le processus prévisionnel d'élaboration du plan par l'intervention des agents machine.

3.3 *Exploitation en multi-sites*

Dans le modèle SCEP, l'agent machine perçoit l'état de l'environnement, prend ses décisions, et modifie l'état de l'environnement. Si on considère que ces décisions peuvent être prises par une autre entité, l'agent machine devient alors le représentant dans le modèle SCEP de cette entité. L'activité décisionnelle d'un représentant est alors de transférer à l'entité les tâches à réaliser et d'attendre en retour le plan. Au niveau du représentant, l'entité est vue comme une boîte noire capable de réaliser un certain nombre d'activités. L'entité peut être un atelier constitué de plusieurs machines et possédant la même structure que l'atelier pilote (figure 3).

L'atelier est alors un agent réparti capable de recevoir via un moyen de communication (CORBA, DCOM, etc.) des tâches à accomplir et de renvoyer le résultat. Ce mécanisme permet d'envisager la réalisation d'ordonnancements coordonnés et distribués sur des ateliers distants géographiquement, de simuler le fonctionnement des machines cumulatives ou de faire coopérer les fonctions de la gestion de production telles que la maintenance, la gestion des outillages, la gestion des opérateurs, etc.

Une machine cumulative est capable d'assurer un certain nombre de tâches en parallèle. Elle peut être modélisée comme un atelier possédant plusieurs machines identiques.

L'atelier distant ayant la même structure que l'atelier pilote, il peut donc intégrer des représentants d'ateliers de plus bas niveau. Le modèle SCEP permet donc la coordination d'entités de production délocalisées et organisées de manière arborescente [JON 90].

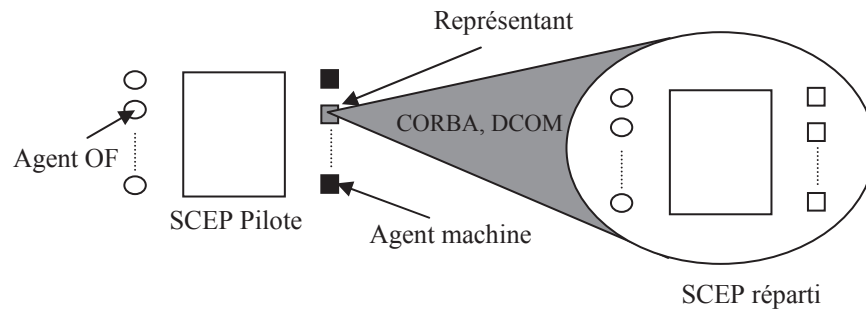


Figure 3. Mécanisme de connexion inter-SCEP

3.4 Implantation sous CORBA

Le modèle SCEP a été implanté dans une maquette développée en langage C++. Dans cette implantation, chaque agent est constitué d'un ensemble d'objets qui interagissent. Les agents qui représentent des nœuds SCEP ont des fonctionnalités de serveur et de client CORBA (figure 4). En mode prévisionnel ou descendant l'agent SCEP pilote est un client des agents SCEP du niveau inférieur par l'intermédiaire du Représentant Client Corba (RCC). En mode réactif ou remontant les agents SCEP de niveau inférieur sont des clients de l'agent SCEP pilote par l'intermédiaire de leur Client Corba SCEP (CCS). Quel que soit le mode de fonctionnement, prévisionnel ou réactif, les clients CORBA interagissent avec des serveurs CORBA SCEP (SCS) dont les services sont définis dans le contrat IDL décrit dans la figure 5.

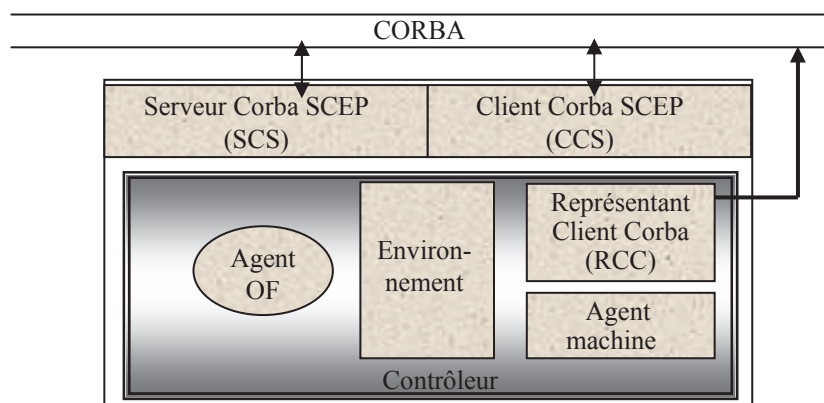


Figure 4. Le modèle SCEP sous CORBA

Les services du groupe 1 concernent le mode prévisionnel tandis que les services du groupe 4 concernent le mode réactif. Les services du groupe 2 permettent la connexion et déconnexion au bus CORBA. Les services du groupe 3 permettent la connexion au niveau application. L'agent SCEP dont la définition de la principale classe objet est donnée à la figure 6 s'initialise sur l'ORB en tant que serveur. Cela est dû au fait que quel que soit le mode de fonctionnement prévisionnel ou réactif les fonctionnalités serveur sont nécessaires.

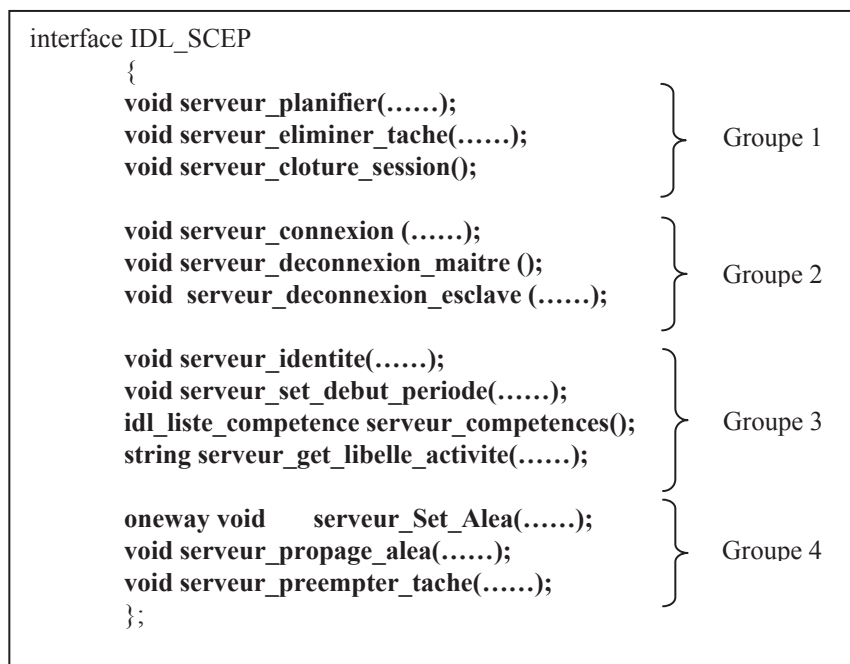


Figure 5. *Squelette des services du contrat IDL*

L'agent Représentant dont la définition de la principale classe objet est donnée à la figure 7 se connecte via l'ORB au serveur correspondant lors de la première requête de planification.

```

class SCEP
{
public:
    serveurSCEP *SCS;           // objet serveur CORBA
    SCEP_var    SCS_Maitre;    // objet client CORBA
    SCEP_var    Bind();

    ...
    void planifier ();         // fonction pour planifier les OF
    void aff_plan_OF(Gantt*); // affichage du Gantt OF
    void initORB();           // initialisation du bus objet
    void releaseORB();        // destruction des objets sur le bus objet
    ...
};

```

Figure 6. *Squelette de la classe objet SCEP*

```

class Representant
{
public:
    SCEP var SCS_Esclave;
    .....
    SCEP_var Bind();
    .....
    void scheduling_Reparti();
    .....
    void deplanifier_Reparti();
    void deconnexion();
    .....
};

```

Figure 7. *Squelette de la classe objet Representant*

4 Exemple illustratif

L'exemple considéré est constitué d'un site pilote (tableau 1) et de deux sites répartis A (tableau 2) et B (tableau 3). Le site pilote est constitué de 2 machines, le site A de 3 machines et le site B de 2 machines. Le transport inter-sites et intra-site est négligeable. Quel que soit le site, chaque machine peut assurer plusieurs activités avec des aptitudes différentes. Le coefficient d'aptitude permet de réajuster la durée

prévue pour l'opération. L'activité de fraisage par exemple est assurée par une machine en local sur le site pilote mais également dans les sites répartis. Le site B est moins compétent pour assurer l'activité de fraisage. Pour une opération d'une durée prévue de 12 unités de temps et nécessitant l'activité de fraisage, la site pilote la réalisera au bout de 12×1 unités de temps. Cette opération sera réalisée au bout de 18 unités de temps ($12 \times 1,5$) par le site B et 12 unités par le site A.

<i>machine</i>	<i>règle</i>	<i>activité</i>	<i>aptitude</i>
1	FIFO	fraisage	1
2	FIFO	tournage	1
Site A		perçage tournage fraisage	
Site B		perçage fraisage	

Tableau 1. *Site pilote*

<i>machine</i>	<i>règle</i>	<i>activité</i>	<i>aptitude</i>
1	FIFO	fraisage	1
2	FIFO	tournage	1
3	FIFO	perçage tournage	1 1,5

Tableau 2. *Site A*

<i>machine</i>	<i>règle</i>	<i>activité</i>	<i>aptitude</i>
1	FIFO	perçage	1
2	FIFO	fraisage	1,5

Tableau 3. *Site B*

Trois OFs sont à réaliser par le site pilote. Leurs caractéristiques sont définies dans le tableau 4. Nous supposons que l'objectif de chaque OF est de satisfaire la date de livraison et que le fonctionnement des machines est de type FIFO quel que soit le site considéré. Chaque OF utilise une gamme linéaire décrite dans le tableau 5.

<i>OF</i>	<i>objectif</i>	<i>quantité</i>	<i>date de commande</i>	<i>date de livraison</i>	<i>N° de gamme</i>
1	délai	1	0	20	1
2	délai	1	0	28	2
3	délai	1	0	15	3

Tableau 4. *Caractéristiques des ordres de fabrication*

<i>N° de gamme</i>	<i>Type du groupe</i>	<i>opération</i>	<i>activité</i>	<i>temps</i>
1	Séquentiel	1	fraisage	6
		2	tournage	8
		3	perçage	5
2	Permutable	1	tournage	12
		2	fraisage	7
		3	tournage	8
3	Séquentiel	1	perçage	8.5
		2	fraisage	5.5

Tableau 5. *Description des gammes*

Par souci de simplification, toutes les opérations d'une gamme sont supposées appartenir à un seul et même groupe. Le groupe peut être séquentiel ou permutable. Les temps opératoires sont définis pour les machines les plus capables.

Par exemple le groupe de la gamme suivie par l'OF 2 est permutable. Le résultat de l'ordonnement est présenté dans les diagrammes de Gantt de la figure 8. Ce diagramme est une synthèse des résultats obtenus sur les différents sites. Au niveau du site pilote seul l'ordonnement sur les machines locales est affiché.

L'analyse du diagramme de Gantt montre que la machine 2 du site B n'est pas employée. Cela peut s'expliquer par le fait que cette machine qui assure l'activité de fraisage est moins capable que la machine 1 du site pilote ainsi que la machine 1 du site A. On enregistre une répartition des différentes activités en fonction des disponibilités des ressources de chaque site.

L'arrivée d'une panne totale sur la machine 1 du site pilote provoque une adaptation automatique du plan sur les trois sites. Le résultat de la prise en compte de cet aléa est présenté dans le diagramme de la figure 9. Afin d'être le plus proche possible de la date de livraison souhaitée pour l'ordre de fabrication 2, l'agent associé a procédé à une permutation dans l'ordre de traitement des opérations (2,3) et (2,2). L'opération (1,2) prévue initialement sur le site A est assurée par le site pilote.

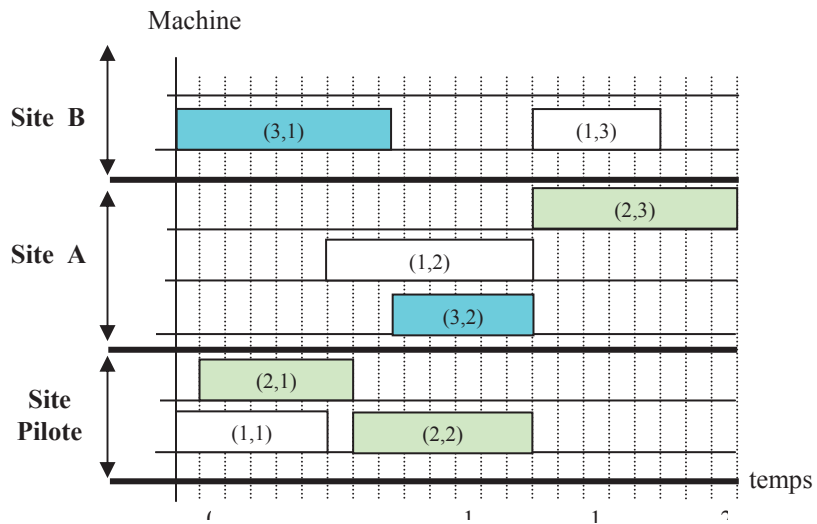


Figure 8. Résultats de l'ordonnancement initial sur les sites

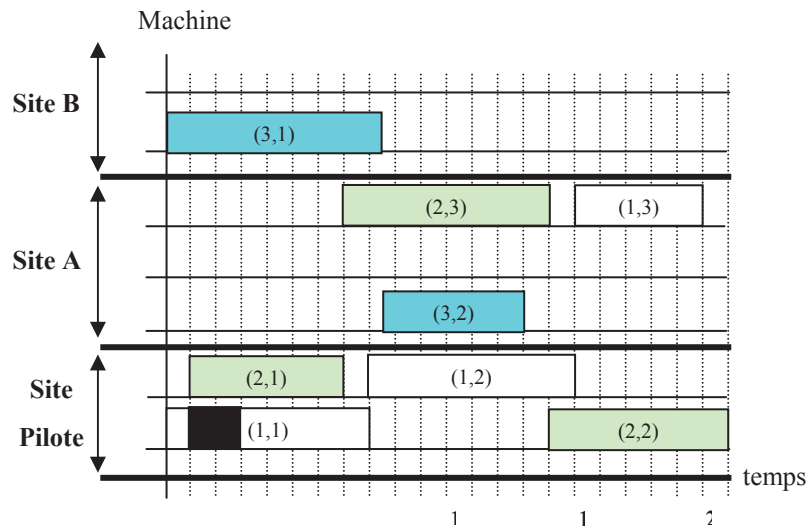


Figure 9. Résultats de l'ordonnancement sur les sites suite aux aléas

5 Conclusion et perspectives

Nous avons présenté dans ce papier une méthode pour élaborer l'ordonnancement multi-sites pour les ateliers flexibles de production de type job-

shop organisés de manière arborescente. Cette approche basée sur le système multi-agent SCEP, fait coopérer des agents ordre de fabrication et des agents machine sous le contrôle d'un agent superviseur. A chaque nœud SCEP, l'élaboration d'un ordonnancement nécessite une alternance entre des planifications à capacité infinie réalisées simultanément par les agents ordre de fabrication et des planifications à capacité finie réalisées par les agents machine.

L'approche par système multi-agent pour traiter le problème de l'ordonnancement est intéressante car elle permet de modéliser par des agents autonomes les différentes entités d'un système de production qui entrent en jeu lors de la recherche d'une solution et de leur conférer un pouvoir de décision local. Les interactions entre les différents agents permettent d'obtenir une solution globale au problème, et de prendre en compte à différents niveaux les aléas survenant en cours de fabrication.

L'objectif à court terme est l'étude de l'intégration des temps de transport et des temps de réglage dans un environnement de fabrication distribué en vue de réaliser des ordonnancements multi-sites le plus proche possible de la réalité. L'objectif à moyen terme est la prise en compte des fonctions utiles à une bonne gestion de la production telle que la maintenance et la gestion des opérateurs. A long terme l'objectif est de fabriquer un véritable outil générique pour l'ordonnancement distribué des systèmes flexibles de production, via Internet.

Le modèle SCEP a été implanté dans une maquette développée en langage C++ et validé sur de nombreux exemples. Cette approche est actuellement en cours de perfectionnement.

6 Bibliographie

- [ARC 98] ARCHIMEDE B., " Application of a multi-agent scheduling method for the processing of dynamic routings ", IMACS Multiconference on computational engineering in systems applications: CESA'98, Nabeul-Hammamet, Tunisie, 1-4 avril 1998.
- [ARC 98] ARCHIMEDE B., COUDERT T., " A multi-agent scheduling approach for the flexible manufacturing systems ", IFAC Workshop on Distributed Computer Control Systems: DCCS'98. Come, Italie, 9-11 September 1998.
- [BAV 96] BAVAY R., BEL G., CORREGE M., " Rétro-simulation pour l'ordonnancement coordonné de l'ensemble des ateliers d'une usine ", *RAIRO-APII-JESA*, vol. 30 n° 7, 1996, p. 1005-1020.
- [FER 95] FERBER J., *Les systèmes multi-agents : vers une intelligence collective*, InterEditions, 1995.
- [FER 89] FERBER J., " Eco problem solving : how to solve problem by interactions ", *Proceeding of the Ninth Workshop on distributed Artificial Intelligence*, p. 113-128, Rosario Resort, Eastsound, Washington, September 1989.

[JON 90] JONES A., SALEH A., “ A multi level/ multi layer architecture for intelligent shopfloor control ”, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, vol. 3, n° 1, 1990, p. 60-70.

[ROT 97] ROTA K., THIERRY C., BEL G., “ Evaluation de politiques de coopération locales pour des entreprises organisées en réseaux ”, *Journées du GRP*, 16-17 Octobre 1997, Cachan, France.

[ROU 99] ROUX W., DAUZERE-PERES S., LASSERRE J. B., “ Planning and scheduling in multi-site environment ”, *Production planning & Control*. Vol. 10 n° 1, 1999, p 19 - 28.

Bernard Archimède est docteur de l'Université Bordeaux I (1991). Il est actuellement maître de conférences au laboratoire de Génie de production (LGP) à l'école nationale d'ingénieurs de Tarbes (ENIT). Chercheur au sein du groupe "production automatisée", ses travaux actuels, portent sur les architectures distribuées et ont pour application l'ordonnancement multi-sites des systèmes flexibles de production.

Laurent Priem est ingénieur en informatique du Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM) et titulaire d'un D.E.A. en génie des systèmes industriels de l'I.N.P. de Toulouse. Ses travaux actuels concernent l'application du modèle SCEP au développement d'un système d'aide à la décision en gestion de trafic autoroutier.

Thierry Coudert est étudiant en troisième année de thèse au Laboratoire Génie de Production à l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tarbes. Son travail de thèse concerne la coopération des fonctions Production et Maintenance au niveau décisionnel opérationnel dans les systèmes de production par l'utilisation des systèmes multi-agents.