

720Intégration des agents dans un outil d'aide à la Conception Assistée par Ordinateur (CAO) pour la gestion d'un atelier de fabrication de pièces mécaniques

Sid Ahmed Elandaloussi et Noria Taghezout
Département Informatique, Faculté des sciences, Université d'Oran ,
B.P 1524 M'Naouer, ORAN, Algérie.
s-elandaloussi@hotmail.com

Résumé : Ce papier décrit une approche à base d'agents utilisant les technologies WEB pour la conception et la fabrication assistées par ordinateur. Notre architecture est composée des agents suivants : Agent Designer, Agent d'Evaluations, Agent Ressource, Agent Planification et l'Agent de coordination. Ces agents communiquent à travers la plateforme JADE (Java Agent DEvelopment framework) et exploitent les avantages des technologies WEB dans l'exécution de leurs tâches. Le système offre des services qui permettent aux concepteurs travaillant d'une manière distribuée de soumettre leurs conceptions pour une validation et une orientation vers une fabrication proprement dite dans les ateliers de production. Afin de tester la faisabilité de notre approche, notre système a été expérimenté sur un atelier de fabrication de pièces mécaniques.

Mots-clé : ***Système multi-agents, agent Evaluation, Coordination centralisée, fabrication répartie, Plateforme JADE.***

Abstract: This paper describes an agent-based approach using WEB technologies for design and computer aided manufacturing. Our architecture is composed of the following agents: Designer Agent, Evaluation Agent, Resource Agent, Planning Agent and Coordination Agent. These agents communicate through the JADE platform (Java Agent DEvelopment framework) and exploit the potential advantages of WEB technologies in carrying out their different tasks. The system offers services that enable designers working in a distributed manner to submit their designs for a validation and an orientation towards actual production in the workshops of production. To test the feasibility of our approach, our system has been tested on a mechanical parts manufacturing shop floor.

Key Words: *Multi-agent system, Evaluation agent, centralized coordination, distributed manufacturing, JADE platform.*

1. INTRODUCTION

Les systèmes multi-agents (SMA) constituent aujourd'hui une technologie de choix pour la conception et la mise en œuvre d'applications réparties et coopératives.

Dans le cadre de la Fabrication Assistée par Ordinateur, les chercheurs ont appliqué la technologie des agents pour exécuter des tâches, par exemple la production des pièces de contrôle, soit au niveau de l'atelier ou d'une manière distribuée [1], [2] et [3].

Nous pouvons citer par exemple, les travaux de Mahesh et al. qui ont proposé une structure dans laquelle plusieurs agents autonomes ont été utilisés pour réaliser un atelier de fabrication et de contrôle intégré [6]. Sikora et Shaw (1998) ont présenté un mécanisme de coordination pour assurer un fonctionnement ordonné et une prise de décision partagée entre les agents [14].

(Klein et Lu 1989, Zhang et al. 2002, Riao et al. 2006) ont proposé des modèles différents pour la conception coopérative et la résolution de problèmes [7][8][9][12]. (Nahm et Ishikawa 2005) ont développé un système multi-agents (SMA) pour la conception de produits intégrés dans un réseau informatique orientée environnement CE [5], par rapport à l'approche distribuée le système de contrôle centralisé semble être moins souple, plus fiable et plus facile à mettre en œuvre.

Cette approche est avantageuse car elle évite de nombreuses interactions entre les agents, qui n'ont rien à voir avec la tâche de planification des processus, et supprime la nécessité pour chaque agent de prendre connaissance des autres agents [8].

L'objectif de l'architecture proposée dans cette étude est de fournir une plateforme qui aide les concepteurs travaillant d'une manière distribuée à envoyer des données de conception ('*design*') et recevoir des conceptions validées ainsi que des orientations pour leur concrétisation c'est-à-dire la fabrication proprement dite.

Les différents agents distribués (Agent conception, Agent Designer, Agent Evaluation, Agent Ressource, Agent planification) ont plusieurs fonctionnalités. Ces agents répartis géographiquement interagissent de manière cohérente et communiquent sous le contrôle d'un agent manager (Agent de coordination), ce dernier est le noyau de notre système.

Dans la section 2, nous introduisons notre approche en commençant par la description générale de notre prototype, ensuite nous

passerons à définir la structure de notre protocole de coordination, et les algorithmes développés pour résoudre quelques problématiques de la gestion de production. Un scénario est donné à la Section 3 pour illustrer la faisabilité de l'approche proposée. Une conclusion et des perspectives de recherche future sont ensuite données à la Section 4.

2. APPROCHE PROPOSEE

Le développement des systèmes à base d'agents est un secteur important de la recherche qui bénéficie des caractéristiques des agents telles que la délégation, l'autonomie et la communication [8] [10]. Notre travail vise à répondre dans un cadre général à la fabrication collaborative, distribuée et basée sur un modèle utilisant un ensemble d'agents intelligents et interactifs qui bénéficient mutuellement de partage des ressources et redistribution des tâches entre eux [13] [15]:

2.1. Modélisation de nos agents

Tous les agents qui constituent notre modèle communiquent sur internet via un paquet de requêtes et un langage de communication entre agents (FIPA-ACL) afin de transférer des données entre eux ; Quand un message est transmis entre les agents, il est transcrit par le FIPA-ACL dans un format standard [11]. L'agent de destination peut le décomposer et récupérer le message incorporé. Le langage d'agent (AL) est élaboré afin de traduire le message pour être compréhensible par l'agent qui le reçoit et exécute la tâche spécifiée dans le message. Le schéma donné à la Figure 1 donne un aperçu sur l'architecture globale de notre approche. Ainsi le système proposé comprend les éléments suivants :

Designers : Cette partie constitue l'entrée de notre système.

SMA : Englobe l'agent designer (AD), l'agent évaluateur (AE), l'agent ressource (AR), l'agent de planification (AP) et l'agent de coordination (AC).

Ateliers : ces ateliers sont dispersés géographiquement et contiennent les différentes ressources utilisées dans le processus de fabrication.

2.1.1. Agent de coordination

Cet agent est le noyau central de notre architecture, son rôle principal est d'assurer la communication entre les agents, surveiller les agents, gérer la priorité, accéder à la base de donnée centrale et résoudre les différents types de conflits qui peuvent être apparaitre dans le système. Sa structure interne est donnée à la figure 2.

2.1.2. Agent Designer

Cet agent est le premier agent intervenant dans notre système, il traite les différents designs réceptionnés qui sont stockés dans deux files d'attente chacune correspondant à un type précis d'entrée.

2.1.3. Agents d'évaluation

Ces Agents manipulent les informations entrées par les designers et qui ont été transmises par l'agent designer, Ils sont représentés par l'agent Evalueur1 et Evalueur2, ces deux agents ont la même structure, les mêmes tâches, mais sont différents dans le type de traitement à réaliser : le premier traite les valeurs entrée par les designers et le deuxième les revalide sur les modèles des pièces disponibles, un aperçu de leur structure interne est donné à la figure 3.

2.1.4. Agent Ressource

Cet agent agit directement sur les ressources, sa base de données contient les informations sur chaque ressource, en utilisant son module de traitement il peut ajouter, modifier, supprimer n'importe quelle ressource comme le montre la figure 1.

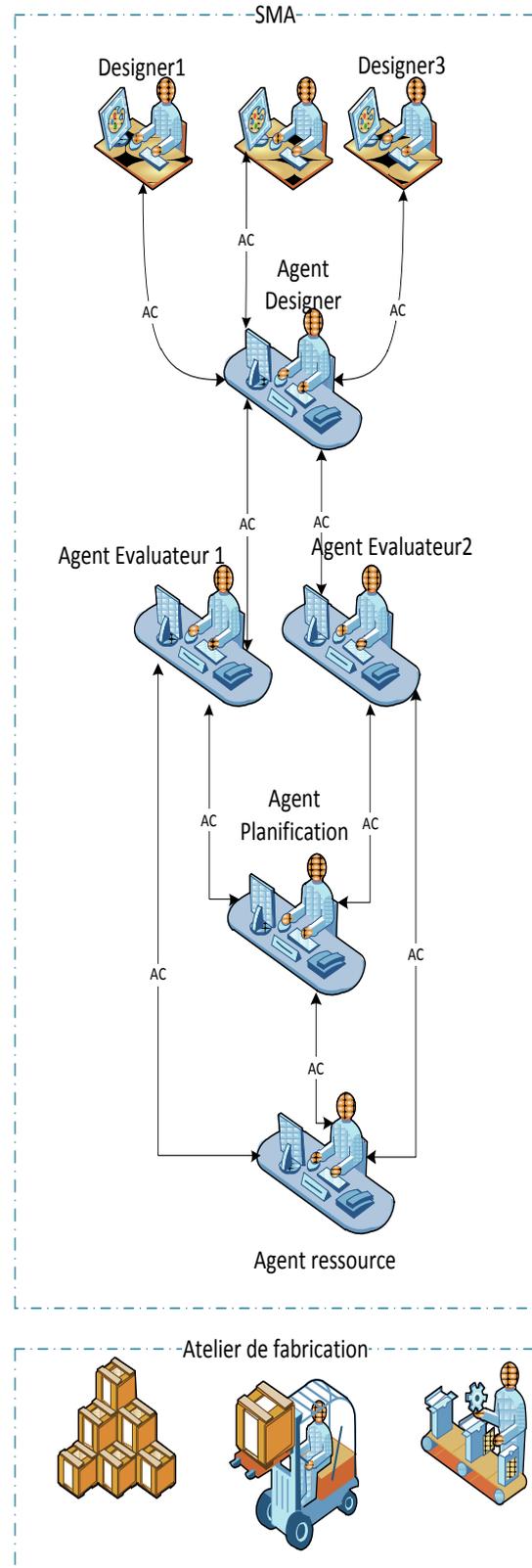


Figure 1 : Architecture globale de notre approche

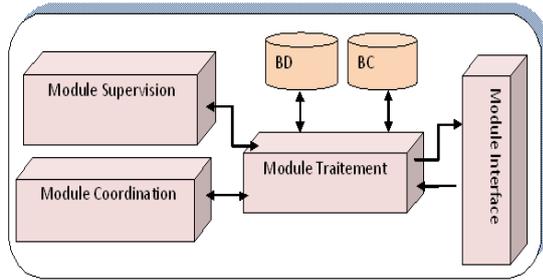


Figure 2 : Structure de l'agent coordination

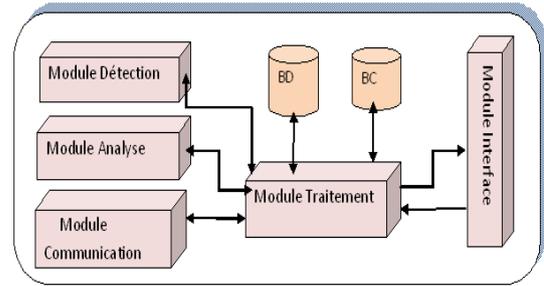


Figure 3 : Structure de l'agent Evaluation

2.2. Protocole d'interaction

Tous les agents de notre système exercent leurs fonctions dans un environnement Internet. Par conséquent, ils communiquent à travers l'agent central qui reçoit des messages des agents enregistrés et les envoie aux destinataires appropriés. Une fois redirigé vers destination, l'agent peut librement communiquer, envoyer et recevoir des messages et généralement échanger des informations avec différents agents en distribué. Le plus important est que le récepteur doit être capable de recevoir ces messages qui sont implémentés en utilisant FIPA-ACL comme langage de communication entre agents [11]. Notre système peut avoir deux types de conflits :

1. Conflit de conception

Le coordinateur avise le concepteur du défaut de conception afin de modifier le modèle des pièces, il concerne les défauts de paramétrages, de syntaxe.

2. Conflit de ressource

Il est divisé en deux, Le premier c'est que l'agent ressource informe le coordinateur de panne d'une ressource, le deuxième c'est l'impossibilité de trouver le modèle d'usinage approprié. La Figure4 montre le fonctionnement global de notre protocole de coordination.

2.3. Algorithme de coordination

Le principe donné à la figure 4 de cet algorithme est résumé dans les étapes suivantes :

1. L'agent designer reçoit les différents '*designs*' classés dans des files d'attente spécifiques, il demande leurs évaluations à l'agent coordinateur après un certain traitement.

2. l'agent coordinateur vérifie après l'état des agents évaluateurs, dans le cas où ils sont occupés il avise l'agent designer afin de temporiser.

3. Dans le cas où l'évaluation est déclenchée, l'agent évaluateur1 effectue une

première analyse, la sortie de cette analyse est soit une demande de recherche des modèles de l'agent ressource ou bien une détection du conflit de conception (Demande de modification de 'design').

4. En cas de succès d'évaluation, l'agent ressource recherche les modèles appropriés et les transmette à l'agent évaluateur2 en passant toujours via l'agent coordinateur.

5. Une réévaluation est effectuée par l'agent évaluateur2 afin de valider les paramètres de 'designs' par les modèles filtrés, la sortie de cette réévaluation est soit une demande de déclenchement de planification soit la détection du conflit ressource.

6. Une fois la tâche est planifiée, le designer reçoit le calendrier de production et le 'design' qui sera transmis par la suite au designer spécifié pour la validation de production.

3. SCENARIO ETUDIE

Le cas étudié pour l'illustration de notre approche est un exemple de pièces mécaniques (voir Figure 5), en appliquant les différents paramètres de localisation et de dimensions entrés par les designers géographiquement dispersés et validés par l'agent Evalueur1, nous obtenons une nouvelle pièce (Figure6) qui sera validée par ces designers par la suite.

```

String st-AD , st-AE1 ,st-AE2 , st-AR , st-AP ;

Etape1: Récupération status des agents
pour(i=1,i<=6,i++)
    T[i]=St-Agenti;

Etape2: Activation agent d'évaluation
si St-AD=attente-evaluation & St-AE1=libre &
M[j]<>null alors
    St-AE1=evaluation;
Sinon
    Aller a Etape1;

Etape3: Verification des conflits
Si result-evaluation=erreur alors
    Informer designer;
    St-AE1=libre;
    Aller a Etape1;

Etape4: Recherche des modèles
Si St-AR=Libre alors
    St-AR=chercher-modèle;
    St-AE2=attente-réévaluation;
Sinon
    Aller a Etape4;

Etape5: Activer Réévaluation/Vérification Conflits
If résultat-recherche=succès alors
    St-AR=Libre;
    St-AE2=réévaluation;
Sinon
    Informer designer;
    St-AE2=Libre;
    St-AR=Libre;

Etape6: Activer Planification
Si résultat-réévaluation=succès & St-AP=Libre alors
    St-AP=Occupé;
    St-AE=Libre;
Si resultat-revaluation=erreur alors
    Aller à Etape1 ;
Sinon
    Aller à Etape5;

Etape7: Activer la production
Si résultat-plan=succès & St-AR=Libre alors
    St-AP=Libre;
    St-AR=Occupé;
Sinon
    Aller a Etape6
Fin.
    
```

Figure 4 : Algorithme de coordination

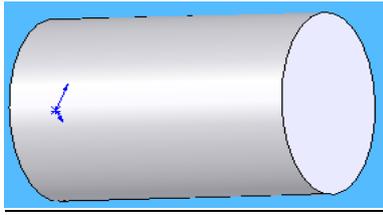


Figure 5 : Pièce Avant usinage

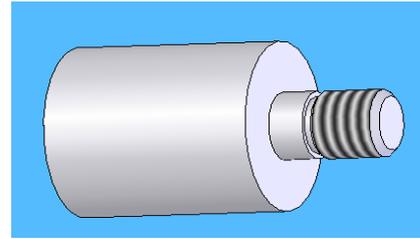


Figure 6 : Pièce après usinage

3.1. Fabrication des pièces

L'agent ressource est chargé de gérer les ressources des ateliers (lancer la fabrication, la mise à jour, gestion de la panne) comme il est montré ci-dessous :

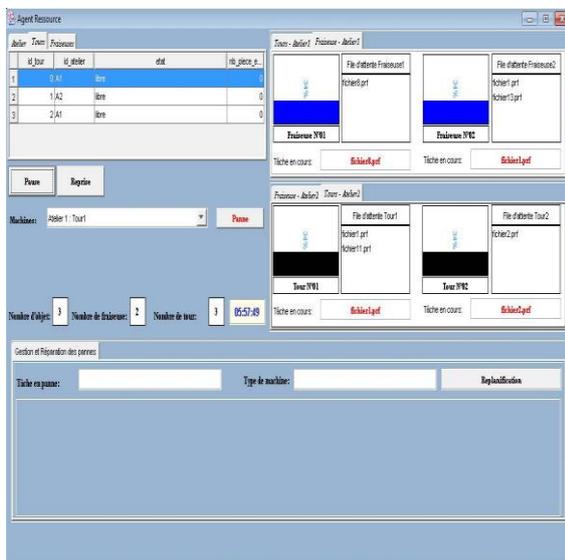


Figure 7 : Lancement de la fabrication

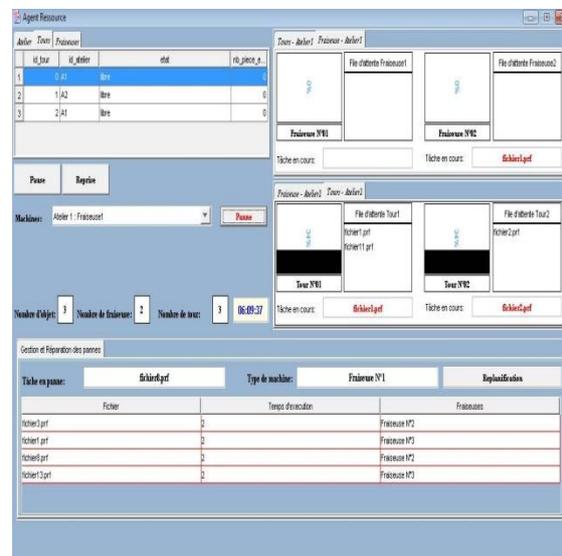


Figure 8 : Survenue d'une panne machine

3.2. Gestion d'une panne machine

La figure 8 présente la gestion d'une panne de ressource, dans notre cas c'est la machine fraiseuse1 de l'atelier1 qui est tombée en panne. L'agent ressource va récupérer tout les désignes et demande une re-planification par l'agent planificateur afin d'entamer la production.

3.3. Contrôle du scénario

Le contrôle de toutes les interactions dans notre système est assuré par l'agent de coordination. Ce contrôle se fait à plusieurs niveaux :

- Visualiser l'état d'un agent voir figure 9.
- Garder une trace de toutes les interactions voir figure 10.
- Avoir la liste de taches terminées voir figure 11.



Figure 9 : Interface de l'agent coordinateur : Etat des agents

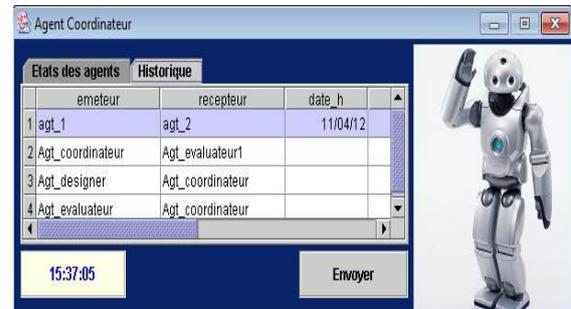


Figure 10 : Interface de l'agent coordinateur : historique des interactions

3.4. Discussion

Le développement d'un SMA est une tâche lourde, complexe qui requiert un investissement très important. A cet effet, nous avons présenté dans cette étude les différents outils appliqués dans la réalisation de notre approche. Nous avons opté pour la plateforme JADE. Notre base de données est générée par un SGBD orienté WEB (MySQL), notre modèle est développé sous l'API JBuilder. Nous avons utilisé comme logiciel de CAO, l'outil FREECAD pour de nombreuses raisons qui tournent toutes autour du nombre de fonctionnalités qu'il offre ainsi que sa facilité d'utilisation. Il est reconnu telle une application de CAO 3D dont le développement est complètement Open Source. De plus il est orienté vers le génie mécanique et le design de produits [16].

Au lancement de l'application, nous avons créé cinq types d'agents : Agent désigner, Agent évaluateur, Agent ressource, Agent coordinateur, Agent planificateur. Chacun a un rôle important pour le déroulement de notre application. Ces agents se lancent comme étant des serveurs et communiquent via des paquets internet, entre temps du coté clients se trouvent les différents designers. Quand un utilisateur décide d'épier un agent ou un groupe d'agents, il utilise un agent Sniffer. Chaque message partant ou allant vers ce groupe est capté et affiché sur l'interface du Sniffer. L'utilisateur peut voir et enregistrer tous les messages, pour éventuellement les analyser plus tard.

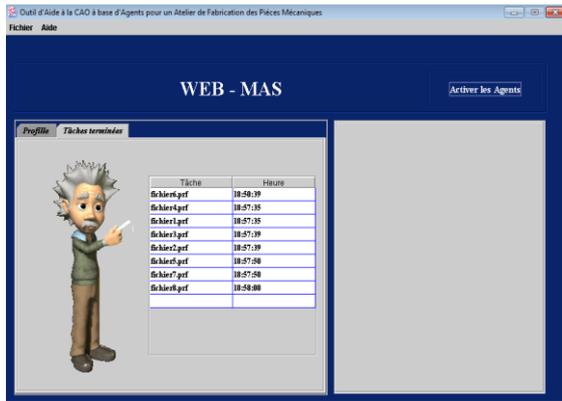


Figure 11 : Fichiers envoyés aux designers

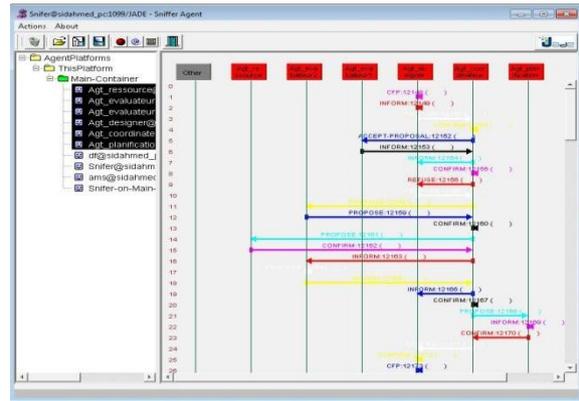


Figure 12 : Interface de l'agent SNIFFER

4. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Dans cet article, nous avons développé un modèle qui vise à répondre dans un cadre général aux besoins réels d'une conception assistée par ordinateur (CAO) pour la fabrication des produits en temps réel. Pour répondre aux besoins d'une gestion de production distribuée en temps réel en partant de la conception assistée par ordinateur dans un environnement multi-utilisateurs jusqu'à la validation des prototypes des concepteurs 'designers', une nouvelle approche est proposée dans ce contexte.

En effet, l'outil réalisé permet de combiner entre la technologie WEB et les agents afin d'aider les concepteurs géographiquement dispersés d'envoyer des données de conception via le WEB et de recevoir des résultats de fabrication par l'intermédiaire d'un système multi-agents.

L'incorporation d'agent dans un système en général lui offre l'opportunité de participer directement à l'implémentation des décisions.

L'architecture centralisée de notre système a nécessité la mise en place d'un agent chargé de la coordination, ce dernier peut contrôler toutes les interactions et prendre des décisions efficaces et rapides pouvant rendre le système plus flexible. En outre, toute perturbation ou anomalie d'un agent n'affecte pas les fonctions des autres agents. Comme perspectives de recherche, de nouvelles fonctions peuvent être ajoutées à notre système, comme par exemple (i) la proposition d'une extension de l'architecture de façon à la rendre totalement décentralisée. Et, (ii) l'intégration d'agents mobiles circulant librement dans le système.

5. REFERENCES

- [1] T. Blecker, et G. Graf, Multi agent systems in internet based production environments-an enabling infrastructure for mass customization, in Second Interdisciplinary World Congress on Mass Customization and Personalization , 2003, pp.1–27.
- [2] P.M.Francisco, et H.N. Douglas, Multi-agent mediator architecture for distributed Manufacturing, Int. J. of Intelligent Manufacturing, Vol. 7, 1996, pp.257–270.
- [3] H.Z. Jia, J.Y.H. Fuh, A.Y.C. Nee, et Y.F. Zhang, Web-based multi-functional scheduling system for a distributed manufacturing environment, Int. J. of Concurrent Engineering: Research and Application, Vol. 10, 2002, pp.27–39.
- [4] S. Liu, et R.I.M.Young, Utilizing information and knowledge models to support global manufacturing co-ordination decisions, Int. J. of Computer Integrated Manufacturing, Vol. 17, 2004, pp.479–492.
- [5] Y.E. Nahm, et H. Ishikawa, A hybrid multi-agent system architecture for enterprise integration using computer networks, Int. J. of Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Vol. 21, 2005, pp.217–234.
- [6] M. Mahesh, S. K. Ong et A. Y. C. Nee, A web-based multi-agent system for distributed digital manufacturing, In International Journal of Manufacturing Research, Vol. 1, No. 1, 2006, pp. 59 -- 82.
- [7] Y.F. Zhang, J.Y.H. Fuh, et G.J.Wang, Agent-based manufacturing resource planning. In: Proceedings of the International Manufacturing Leaders Forum, Adelaide, Australia, 2002, pp. 136–141.
- [8] L. Li, J.Y.H. Fuh, Y.F. Zhang, et A.Y.C. Nee, Application of genetic algorithm to computer-aided process planning in distributed manufacturing systems. In: Proceedings of the International Conference on Manufacturing Automation: Rapid Response Solutions to Product Development, Hong Kong, 2002, pp. 281–290 (Professional Engineering Publishing: UK).
- [9] M. Klein, et S.C.Y. Lu, Conflict resolution in cooperative design. Int. Artificial Intelligence in Engineering, 1989, 4, 168–180.
- [10] J.R. Jiao, X. You, A. Kumar, An agent-based framework for collaborative negotiation in the global manufacturing supply chain network. Robot. Comput. Integr. Manufacturing, 2006, 22, pp. 239–255.
- [11] The FIPA ACL Message Structure Specifications. <http://www.fipa.org/specs/fipa00061/>, 2002.
- [12] J. S. Kinnebrew, Global Sensor Web Coordination and Control in a Multi-agent System. In: Proceedings of the AAI Doctoral Consortium (at IJCAI '09), 2009.
- [13] N. Taghezout, et A. Adla, WEB –Based Multi-Agent System for collaborative decision-making: Application to a Boiler Combustion Management System. Dans le proceeding de ICCMS 2011 international Conference on Computer Modelling and Simulation, Janvier 7-9 2011, Mumbai, India, ISBN 978-1-4244-9243-5, pp. 227-231.
- [14] R. Sikora, et M.J., Shaw, A multi-agent framework for the coordination and integration of information systems. Mgmt Sci., 1998, 44, pp. 65–78.
- [15] S. Elandaloussi, Développement d'un WEB-MAS pour la conception et fabrication assistées par ordinateur : application à un atelier de pièces mécaniques, Mémoire de Magister, soutenu novembre 2012 à l'université d'Oran ES-SENIA, 148pp.
- [16] <http://sourceforge.net/apps/mediawiki/free-cad> consulté le 5 aout 2012