

Modèle PLM (Product Lifecycle Management) à base de systèmes multi-agents

Imane Bouhaddou
Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers
Meknès, Morocco
b_imane@yahoo.fr

Abdellatif Benabdelhafid
Université du Havre
Le Havre, France
abdellatif.benabdelhafid@univ-lehavre.fr

Résumé— Consciente que l'unité de compétitivité n'est plus l'entreprise mais toute la chaîne logistique contribuant à la réalisation du produit, l'entreprise cherche d'une part, à maîtriser au mieux les activités de conception des produits et d'autre part, à construire des collaborations entre tous les acteurs de la chaîne logistique participant au cycle de vie du produit. Cela a conduit à l'émergence d'une gestion collaborative du cycle de vie du produit appelée communément PLM.

Nous présentons dans cet article un modèle PLM pour la gestion des informations du produit tout au long du cycle de vie du produit et intégrant les différents acteurs de la chaîne logistique. Nous proposons une modélisation basée sur un système multi agents assurant la coordination et la communication entre les différents agents.

Mot-clés— PLM ; cycle de vie ; chaîne logistique ; système multi-agents, agentUML.

I. INTRODUCTION

L'intensification de la concurrence et, parallèlement, l'évolution des technologies ont abouti à une complexification sans précédent de la conception, du développement et du lancement des produits. En conséquence, le produit et son développement ne sont plus l'œuvre d'une seule équipe ou d'une seule entreprise, mais résultent d'un travail d'équipe pluridisciplinaire coordonné autour des objectifs de la réalisation de ce produit.

Ainsi, une collaboration pluridisciplinaire bien structurée répondra au mieux à cette problématique. L'entreprise industrielle se voit donc confrontée à différents enjeux :

- Un contexte d'entreprise étendue où elle doit définir une stratégie organisationnelle avec des entreprises partenaires dans des domaines d'expertise différents.
- Une complexité croissante des produits avec de fortes contraintes externes (exigences du développement durable, accélération des cycles de vie, ...).
- Une gestion globale de son patrimoine technique impliquant la gestion des données "produit" tout au long de son cycle de vie.

Une des réponses à ces enjeux, actuellement d'actualité est la gestion de cycle de vie du produit (ou PLM : Product Lifecycle Management).

Nous proposons un modèle PLM pour la gestion des informations du produit tout au long du cycle de vie du produit et intégrant les différents acteurs de la chaîne logistique. Nous rappelons, dans un premier temps, le modèle PLM modélisé par le langage UML présenté dans un précédent article. Dans un deuxième temps, nous proposons un modèle PLM à base d'agents pour mieux simuler la collaboration et la communication entre les différents partenaires.

II. CONCEPT DE PLM

Le PLM est avant tout une stratégie d'entreprise. Il peut être défini comme étant une approche intégrée de gestion collaborative des informations relatives au produit tout au long de son cycle de vie [1].

Nous retenons également la vision de Francis Bernard, cofondateur de Dassault Systèmes et créateur du logiciel de conception assistée par ordinateur CATIA qui considère que le PLM permet de simuler la réalité du produit de manière numérique, virtuelle : la vie complète du produit et de son environnement, en intégrant tous les partenaires en mode collaboratif [2].

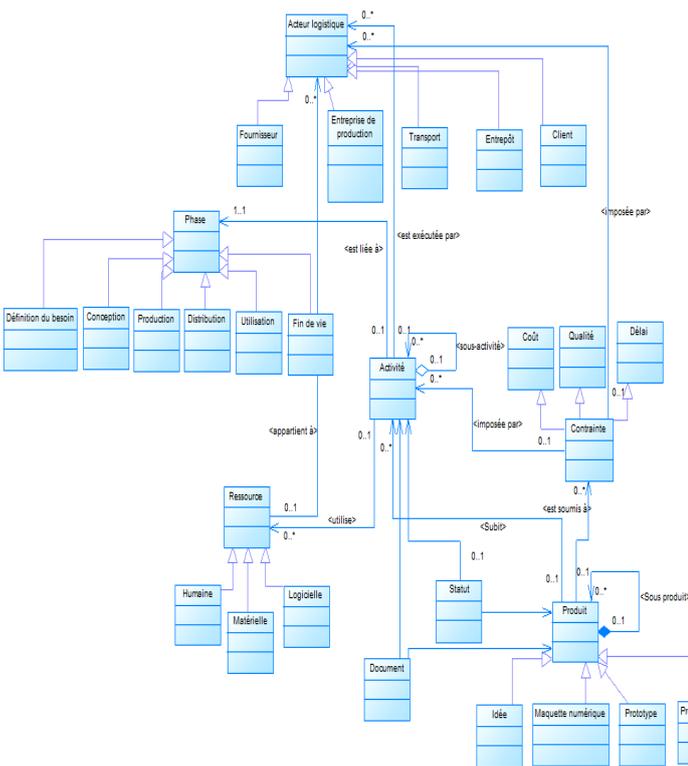
Une meilleure efficacité peut être atteinte si cette intégration se fait au début du cycle de vie du produit, en particulier, dans le processus de conception [3].

III. MODÈLE PLM PROPOSÉ (LANGAGE UML)

Contrairement aux modèles PLM proposés dans la littérature qui intègre uniquement le cycle de vie, notre modèle PLM intègre également les différents partenaires de la chaîne logistique. Notre modèle PLM permettra de montrer les différentes relations entre le produit, les maillons de la chaîne logistique et les différentes phases de cycle de vie du produit.

Cette modélisation donnera ainsi une meilleure visibilité de l'évolution du produit dans sa chaîne logistique durant son cycle de vie. Nous présentons brièvement le modèle PLM proposé dans un précédent article [4]. Nous avons utilisé le langage UML pour notre modélisation et principalement le diagramme des classes (fig.1).

Fig.1: Modèle PLM intégrant la chaîne logistique (en UML)



Le modèle PLM est centré sur le produit. Ce « produit » subit des « activités » qui sont liées à une « phase » de cycle de vie et sont exécutées par un « acteur logistique ».

Le cycle de vie n'évolue pas sans interaction avec les acteurs de la chaîne logistique. En effet, ce sont les maillons de la chaîne qui exécutent les différentes activités du cycle de vie.

Nous considérons une chaîne logistique se composant des maillons suivants : fournisseur, entreprise de production, entrepôt, transport et client final.

Le « produit » est soumis à des « contraintes » qui sont imposées soit par « l'activité », soit par « l'acteur logistique »

Une activité est donc liée à une phase de cycle de vie, elle est exécutée par un acteur de la chaîne logistique et nécessite l'utilisation de ressources.

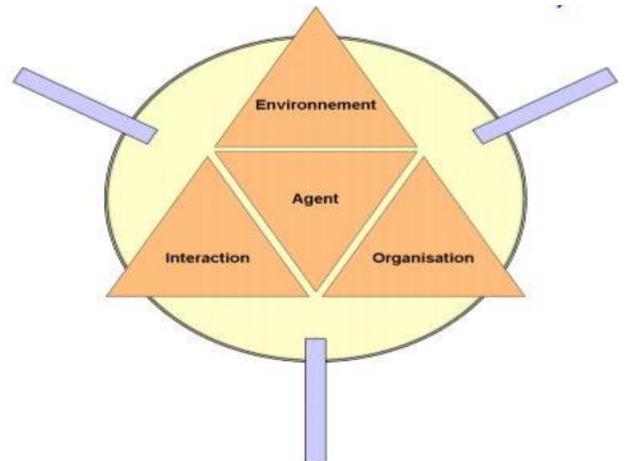
L'objet de la section suivante est de proposer une modélisation du PLM basée sur les systèmes multi-agents en intégrant tous les acteurs de la chaîne logistique. Le but étant de montrer l'apport de cette modélisation à base d'agents par rapport à la modélisation UML déjà proposée.

A. Notion d'agents

Un agent est un système informatique, situé dans son environnement, qui agit de façon autonome et flexible pour atteindre les objectifs pour lesquels il a été conçu. Un système multi-agent (SMA) est un système composé d'un ensemble d'agents distribués, situés dans un certain environnement et interagissant selon certaines relations [5]. On distingue quatre vues (approche Voyelles A,E,I,O) qui interviennent dans l'analyse, la conception, l'implémentation et l'exécution d'un système multi-agents [6] :

- Vue Agent (A) : étudie la typologie et la structure interne de l'agent.
- Vue Environnement (E) : décrit l'environnement dans lequel évolue l'agent
- Vue Interaction (I) : définit la relation dynamique entre les agents
- Vue Organisation (O) : décrit la structure de tout l'ensemble en termes de groupes d'agents, hiérarchisation, et structures de l'environnement.

Fig.2 : Un système multi-agents selon l'approche Voyelles [6]



B. Langage Agent-UML

Les faiblesses d'UML pour la représentation des systèmes multi-agents ont conduit à concevoir un langage agent-UML (AUML). L'objectif est de mettre au point des sémantiques communes, des méta-modèles et une syntaxe générique pour les méthodologies agents.

L'idée générale d'AUML est de combler les déficiences d'UML pour la modélisation des systèmes multi-agents. Parmi les déficiences d'UML, on trouve :

- Les accointances sont des relations importantes entre agents, Il s'agit d'une relation dynamique entre des instances et UML n'est pas très adapté pour les représenter.

- Un certain nombre de concepts de haut niveau (comme les engagements, les contrats, etc.) peuvent être relativement bien représentés avec UML mais d'autres (comme les croyances et les intentions) ne le peuvent pas.
- Il est difficile de représenter l'état interne des agents. Il faudrait un modèle proposant des concepts de haut niveau cognitif (BDI, BC, GAP, ...).
- UML n'est pas efficace pour représenter des connaissances fonctionnelles (buts, planification, processus, etc.).
- Les agents ont des activités autonomes et des buts. C'est cette différence qui entraîne l'insuffisance d'UML pour modéliser les agents et les systèmes multi-agents.

Par rapport à UML, le langage Agent-UML propose des extensions pour la représentation des agents. Aussi, AUML remplace-t-il la notion de méthode dans UML par celle de service. Ses principales extensions sont :

- Diagramme de classes d'agent qui est une reformulation du diagramme de classes d'objets,
- Diagramme de séquences qui permet une meilleure modélisation des interactions entre agents,
- Diagramme de collaboration qui complète le diagramme de séquences en proposant une autre lecture et vision des interactions entre agents.

C. Identification des agents

Les chaînes logistiques actuelles sont complexes et situées dans des environnements distribués qui nécessitent une forte collaboration entre les logiciels, le matériel, les humains et les systèmes organisationnels [8]. Les systèmes multi-agents représentent une solution adéquate en termes de coopération, traçabilité, apprentissage, prise de décision dans des environnements distribués. Dans l'entreprise étendue, le PLM apporte un support à la collaboration, et ce, à tous les stades de vie du produit, à travers des processus collaboratifs (interne ou impliquant des acteurs externes), les agents doivent travailler ensemble pour assurer la collaboration pour faire face aux changements rapides du marché.

Nous mettons l'accent, dans ce qui suit, sur une phase de stratégique du cycle de vie, la phase de conception. C'est dans cette phase que sont engagés plus de 80% des coûts sur l'ensemble du cycle de vie du produit [9]. On constate également que la conception du produit est pratiquement responsable de 75% du coût du produit [10].

Dans notre architecture, nous identifions deux groupes d'agents en interaction : le groupe chaîne logistique et le groupe conception.

Le groupe chaîne logistique : nous modélisons chacune des entités composant la chaîne logistique par un agent. Il contient

les agents suivants : Agent 'Fournisseur', Agent 'Vente', Agent 'Transport', Agent 'Client', Agent 'Entrepôt', Agent 'Info', Agent 'Production', Agent 'Environnement'.

- Groupe conception : comporte l'ensemble des agents participant dans le choix de la solution de conception efficiente en prenant en compte les contraintes du groupe de la chaîne logistique. Il contient les agents suivants : Agent 'Conception', Agent 'Décideur', Agent 'Analyse', Agent 'Service', Agent 'Archivage'.

Nous détaillons dans le tableau qui suit le nom, le type et le rôle de quelques agents de l'architecture proposée :

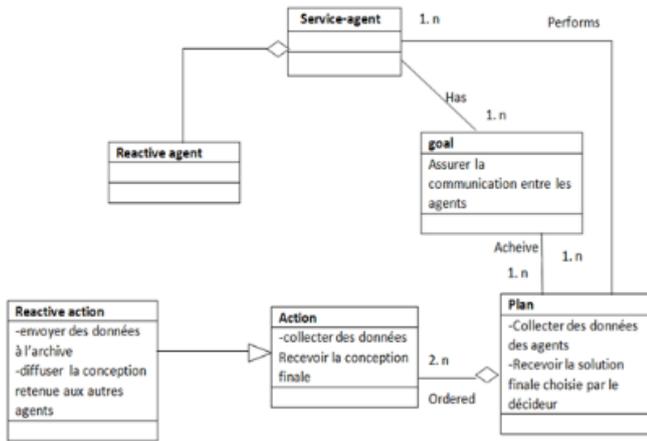
Nom de l'agent	Type	Rôle
Agent 'Production'	Réactif	Collecte les informations de la phase production et les transmet à l'agent conception. Il gère la production. Il possède une parfaite connaissance de la disposition des ressources humaines et matérielles.
Agent 'Fournisseur'	Réactif	Représente la fonction achat de l'entreprise incluant la fonction de sélection et de communication avec les fournisseurs
Agent 'Transport'	Réactif et mobile	Collecte les informations concernant les déplacements des produits entre les usines et les centres de distribution
Agent 'Analyse'	Cognitif	Analyse les informations du cahier de charge et traite les informations reçues de tous les autres agents afin d'imposer des contraintes sur la conception
Agent 'Conception'	Cognitif	Propose des conceptions possibles à partir des contraintes reçues de l'agent 'analyse'. Il reçoit les améliorations proposées et transmet la conception à l'agent 'service
Agent 'Service'	Réactif	Assure la communication entre les différents agents.
Agent 'Décideur'	Cognitif	Analyse la conception prédéfinie par l'agent conception. Il propose des améliorations sur la conception en fonction des contraintes coût, qualité et délai

D. Modèle conceptuel SMA de l'architecture proposée

Nous définissons tout d'abord les différents agents participant dans la gestion du cycle de vie du produit (essentiellement la phase de conception) en interaction avec les acteurs de la chaîne logistique. Enfin, pour mieux expliquer cette architecture, nous avons établi un diagramme séquentiel qui donne un aperçu sur l'interaction et la communication entre ces agents. Nous modélisons quelques agents relatifs à notre architecture.

- Modélisation de l'agent « Service »

Fig.3 : Modèle de l'agent « service »



Le concept « Goal » modélise l'objectif que l'agent voudra atteindre.

Le concept « Plan » modélise un plan à mettre en œuvre par l'agent. Il est composé par une ou plusieurs actions élémentaires modélisées par le concept « action ».

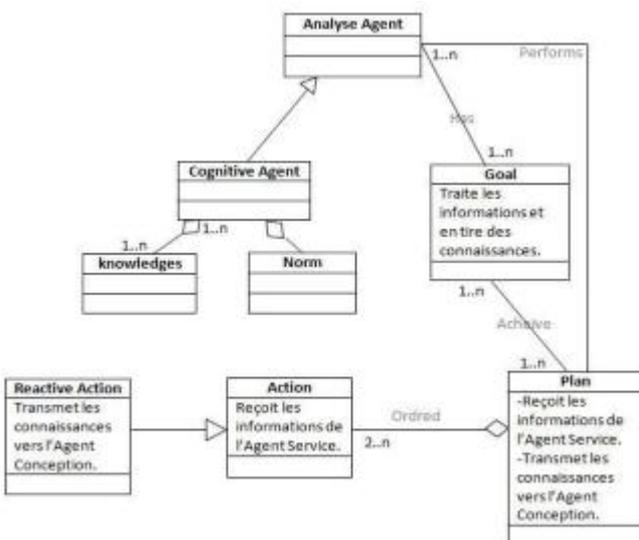
Le concept « Reactive Action » est une action élémentaire appliquée le plus par l'agent réactif ou hybride.

Le concept « Reactive Agent » modélise l'agent avec des capacités réactives.

L'agent « service » est de type réactif puisqu'il ne possède pas un comportement individuel intelligent, son seul but est de réagir en assurant la communication entre les agents et de diffuser l'information, il collecte les données des agents de la chaîne logistique et il les envoie à l'agent « analyse » après il reçoit la conception finale de l'agent « décideur » et il la diffuse aux autres agents.

- Modélisation de l'agent « Analyse »

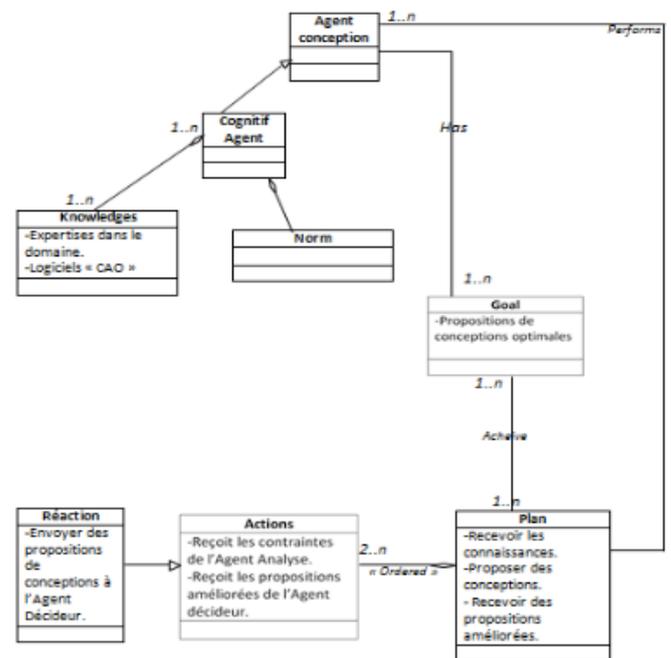
Fig.4 : Modèle de l'agent « service »



Raisonnement, afin de déterminer les actions à accomplir, il a une aptitude à traiter les informations diverses liées au domaine d'application. Il a comme but de traiter les informations et en tire des connaissances. Il reçoit les informations de l'agent « service » et il transmet les connaissances vers l'agent « conception » après analyse.

- Modélisation de l'agent « conception »

Fig.5 : Modèle de l'agent « conception »

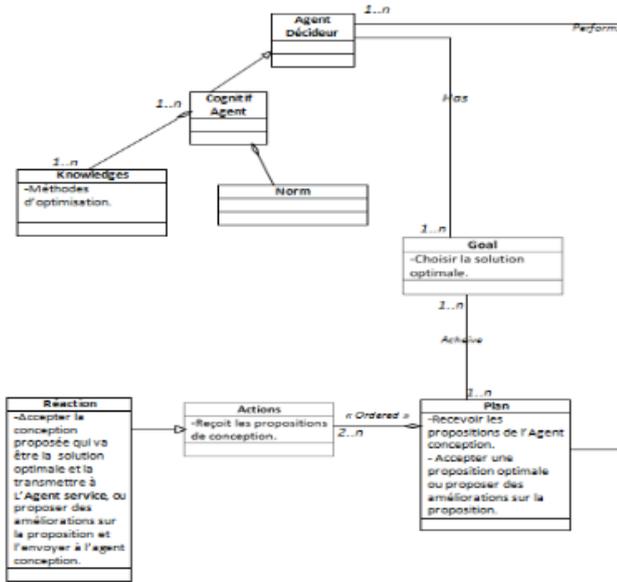


L'agent « conception » doit être cognitif pour qu'il puisse effectuer des opérations complexes et mettre en œuvre des méthodes de collaboration, il se base sur des expertises dans le domaine de conception et des logiciels CAO. Son but est de proposer une conception en se basant les contraintes de tous les partenaires et l'envoyer à l'agent « décideur » puis il reçoit de ce dernier soit la validation de cette conception, soit des propositions pour l'améliorer puis l'agent « conception » va soit l'accepter et la transmettre à l'agent « service » ou bien la refuser.

- Modélisation de l'agent « Décideur »

Cet agent est de type cognitif puisqu'il puisse prendre des décisions et choisir la bonne décision. Il reçoit la proposition de l'agent « conception » et il a comme réaction soit l'acceptation de cette conception et la transmission de celle-ci à l'agent service ou bien il propose des améliorations.

Fig.6 : Modèle de l'agent « décideur »

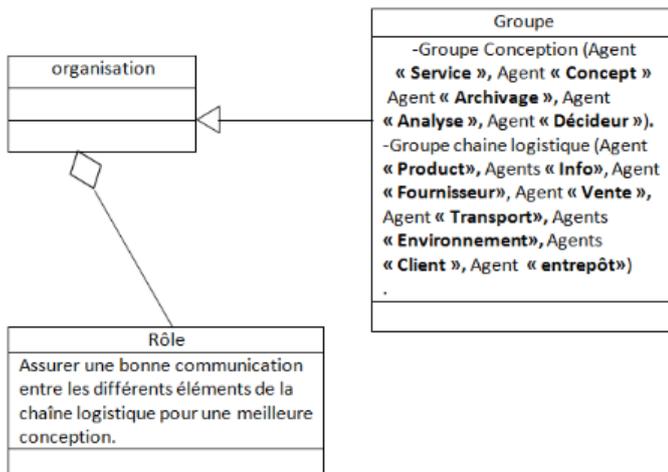


- Modèle « Organisation »

La vue organisation décrit la structure de tout le système en termes de groupes d'agents, hiérarchie, relations et de structure de l'environnement. La figure suivante décrit le modèle organisation qui est composé de deux concepts essentiels:

- « Organisation » qui définit la topologie du système : hiérarchique, groupe ou marché.
- « Rôle » définissant les différents rôles que les agents peuvent assurer dans le système.

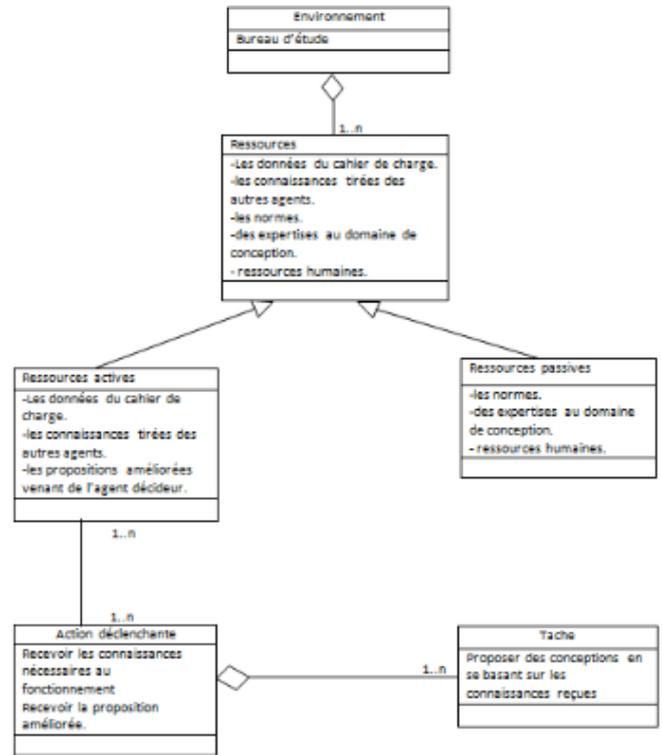
Fig.7 : Modèle « organisation »



- Modèle « Environnement »

La vue environnement met l'accent sur tous les éléments extérieurs à l'agent. Ces éléments leur permettent d'atteindre leurs objectifs ou activent leurs comportements par le biais des Évènements.

Fig.8 : Modèle de l'agent « conception »



Le modèle « Environnement » est composé du :

- Concept « Ressources » qui modélise les ressources composant l'environnement. Ces ressources peuvent être actives ou passives.
- Concept « Ressources Actives » qui modélise les ressources qui activent le comportement de l'agent par des signaux ou la génération d'événements.
- Concept « Ressources Passives » qui modélise les ressources nécessaires à l'agent pour achever sa tâche.
- Concept « Action déclenchante » qui modélise les événements que les ressources activent. Il est composé d'une ou plusieurs tâches qui seront accomplies par l'agent.

- Modèle « Interaction »

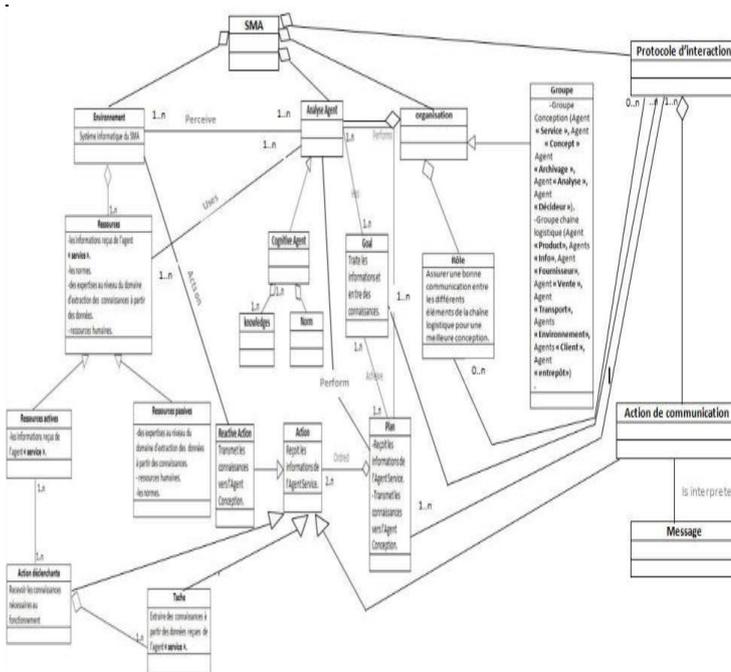
La vue « Interaction » décrit la relation dynamique entre les agents. Cette dynamique se fait à travers un protocole ou un langage d'interaction. C'est un échange de messages structurés

entre les agents selon l'état interne de ce dernier et le cadre d'interaction.

Synthèse

L'approche AEIO a permis de décomposer le système multi-agent en plusieurs modules. Cette modularité facilite l'étude et l'utilisation de chaque aspect du système multi-agent d'une manière séparée. Nous avons présenté les concepts de chaque modèle de cette approche. En fusionnant ces différents modèles, nous obtenons le modèle multi-agent global qui identifie chaque vue de l'approche AEIO et les relations entre chaque module.

Fig.9 : Modèle multi-agent global



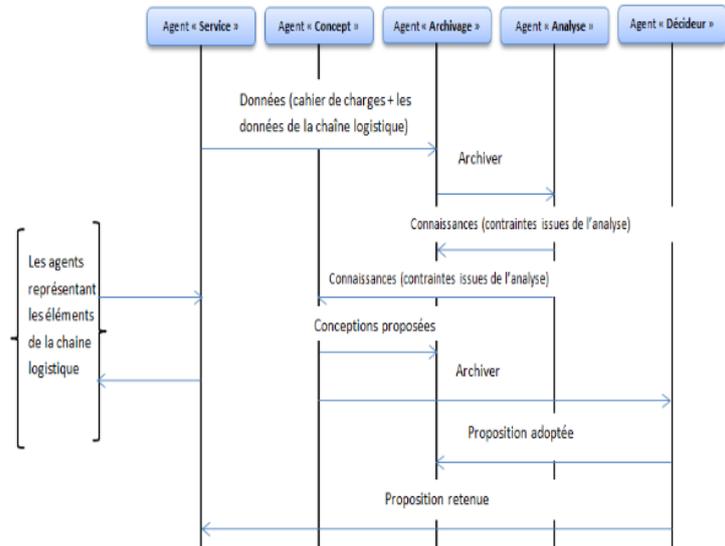
En raison de la nature statique des diagrammes de classes UML, il est nécessaire d'utiliser des diagrammes supplémentaires pour présenter l'aspect dynamique. Il est possible dans ce cas d'utiliser les diagrammes de séquence AUML pour décrire le processus et la hiérarchie de prise de décision. Les diagrammes de séquence permettent également d'exprimer l'échange de données entre l'ensemble des agents.

Chaque agent dispose d'un ensemble de règles et de comportements qu'il met en œuvre pour accomplir des actions pertinentes afin de se rapprocher d'un objectif global, correspondant à une gestion du cycle de vie du produit, dans un cadre collaboratif, qui fait intervenir tous les agents qui représentent la chaîne logistique.

Nous nous proposons aussi d'établir un modèle décrivant les différentes situations de négociation entre l'agent conception et l'agent décideur. Ceci afin d'aboutir à la solution de conception

la plus optimale au point de vue coût, qualité et délai qui répond au mieux aux exigences du cahier des charges et aux critères des autres agents de la chaîne logistique.

Fig.10 : Diagramme séquentiel d'interaction entre agents en AgentUML



L'agent « service » reçoit les informations collectées de chaque agent de la chaîne logistique (Agent « Product », Agent « Fournisseur », Agent « Vente », Agent « Transport », Agent « Client », Agent « Entrepôt », Agent « Info », Agent « Environnement »). Ces informations sont envoyées au début à l'agent « archivage », puis elles sont transmises à l'agent « analyse » pour les traiter et en tirer des connaissances (contraintes imposées par les différents agents de la chaîne logistique), ces connaissances sont à leur tour archivées.

La procédure de la négociation commence à ce stade : L'agent « conception » propose - à base de ces connaissances reçues - une conception possible, cette proposition sera archivée et envoyée à l'agent « décideur » qui peut soit accepter cette conception ou bien refuser et proposer une amélioration (au niveau du coût, qualité, délai).

Cette conception améliorée va être archivée puis envoyée une autre fois à l'agent « conception » qui va l'accepter ou la refuser et envoyer une autre proposition de conception. La négociation va terminer une fois l'agent « décideur » ou l'agent « conception » accepte une proposition qui va être la conception optimale à adopter en prenant compte de toutes les contraintes de la chaîne logistique. La conception retenue sera renvoyée à l'agent « service » pour qu'elle soit diffusée aux agents de la chaîne.

V. CONCLUSION

L'objet de cette communication est de proposer une modélisation du PLM basée sur les systèmes multi-agents en intégrant tous les acteurs de la chaîne logistique. Le but étant de montrer l'apport de cette modélisation à base d'agents par

rapport à une modélisation UML déjà proposée dans un précédent article.

Nous avons présenté l'ensemble des actions de communication et d'interactions entre les différents agents. Nous avons associé un agent ou un groupe d'agents à chacun de ces intervenants

pour donner une vision plus réaliste sur le travail collaboratif dans la chaîne logistique. L'emploi des SMA a permis d'éliminer un grand nombre de limitations des représentations classiques données par l'UML.

REFERENCES

- [1] Terzi, S., Gestion du cycle de vie des produits : Définitions, Problèmes ouverts et Modèles de référence, *Thèse de Doctorat*, Université de Nancy I, 2005.
- [2] Debaecker D., La gestion collaborative du cycle de vie des produits-Product Life-cycle Management, Hermès-Lavoisier, 2004.
- [3] Tang D., Eversheim W., Schuh G., A new generation of cooperative development paradigm in the tool and die making branch: strategy and technology, *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, Vol.20, No.4, pp.301-311, 2004.
- [4] Bouhaddou I., Benabdelhafid A., Ouzizi L., Benghabrit Y., Product lifecycle management approach to design a product and its optimised supply chain', *International Journal of Business Performance and Supply Chain Modelling*, Vol. 6, Nos. 3/4, pp.255-275, 2014
- [5] Tang D., Eversheim W., Schuh G., A new generation of cooperative development paradigm in the tool and die making branch: strategy and technology, *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, Vol.20, No.4, pp.301-311, 2004.
- [6] J. Ferber, Les systèmes multi-agents, vers une intelligence collective. Inter Editions,1995.
- [7] Demazeau, Y., SIGMA : Application of Multi-Agent Systems to Cartographic Generalization, IWDAISMA, 1996.
- [8] Barratt, M., Barratt, R., Exploring internal and external supply chain linkages: evidence from the field, *Journal of Operations Management*, Vol.29, No.5, pp.514-528, 2011.
- [9] Dowlathshahi, S., A modeling approach to logistics in concurrent engineering. *European Journal of Operational Research*, Vol.115, No.1, pp.59-76, 1999.
- [10] Barton J.A., Love D.M., Taylor G.D., Design determines 70% of cost, a review of implications for design evaluation, *Journal of Engineering Design*, Vol.12, No.1, pp.47-58, 2001.