

Institut Supérieure de Génie Mécanique et Productique

*Composants pour la Modélisation  
des Processus Métier  
en Productique,  
basés sur CIMOSA*

*Par ABDMOULEH Anis*

*Résumé de thèse*

Laboratoire de Génie Industriel et Production Mécanique  
LGIPM / AGIP



15 septembre 2004

Ecole Nationale d'Ingénieurs de METZ - Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers - Université de METZ





**ABDMOULEH Anis** est né le 30 janvier 1974 à Sfax (Tunisie). Après avoir obtenu une Maîtrise en Génie Mécanique et un Certificat d'Aptitudes à l'Enseignement Technique (CAET) de l'Ecole Normale Supérieure d'Enseignement Technique de Tunis (ENSET), Monsieur ABDMOULEH Anis a obtenu le DEA de Production Automatisée (PA) de l'Université Henri Poincaré (Nancy) et l'Ecole Nationale Supérieure de Cachan (Paris). Il a ensuite préparé son doctorat au sein de l'équipe AGIP du Laboratoire de Génie Industriel et de Production Mécanique (LGIPM) et en collaboration avec l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de METZ. Il a donné des cours de méthodes d'analyse en productique dans la MST CFMAO, de modélisation et d'intégration en entreprise pour les DESS GMP, de Bureautique et d'Access à l'Université de METZ, et des cours d'UML (Unified Modeling language) pour le Master de Consultant Chef-projet d'ERP au Centre d'Etudes Supérieures Industrielles (CESI) de Nancy et de Strasbourg.

Thèse soutenue le 15 septembre 2004 à METZ

***Directeur de thèse :***

**François VERNADAT** *Professeur à l'Université de METZ*

***Co-Directeur de thèse :***

**Michel SPADONI** *Maître de Conférences à l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Metz*

***Jury :***

**Jean-Pierre BOUREY** *Professeur à l'Ecole Centrale de Lille*

**Laurent FOULLOY** *Professeur à l'Ecole Supérieure d'Ingénieurs d'Annecy*

**Gérard MOREL** *Professeur à l'Université Henri Poincaré de Nancy I*

**Pierre PADILLA** *Professeur à l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Metz*

Le mémoire de thèse et les publications de Monsieur ABDMOULEH Anis sont disponibles au :

LGIPM – ENIM

Ile du Saulcy

57045 METZ Cedex 1

Tél : 03.87.34.69.47 – Fax : 03.87.34.69.35 – mail : [jung@enim.fr](mailto:jung@enim.fr) / [lgipm@enim.fr](mailto:lgipm@enim.fr)

# ***Composants pour la Modélisation des Processus Métier en Productique, basés sur CIMOSA***

***Par ABDMOULEH Anis***

Ce travail de thèse se situe dans le cadre du projet C.A.S. (*CIMOSA Applications Server*) dont l'objectif est la mise en place d'un système d'information (S.I.) utile à la conception de systèmes d'entreprise (SE) et d'applications d'entreprise. Au cœur du S.I. se trouve un référentiel constitué d'un ensemble de composants logiciels réutilisables destinés à faciliter et automatiser la conception d'applications appelées à manipuler des processus dans le cadre d'une chaîne d'entreprises. Le travail de la thèse est focalisé sur la conception de ce référentiel qui s'appuie sur une méthodologie de modélisation intégrée dans cinq composants basés sur l'architecture de CIMOSA (Computer Integrated Manufacturing Open System Architecture).

Le mémoire de thèse se compose de cinq chapitres et présente successivement :

- Un état de l'art sur l'importance de l'approche par processus dans l'évolution de l'entreprise,
- Un état de l'art sur les méthodologies et les architectures de modélisation en entreprise et surtout celles focalisés sur les processus métier,
- Une présentation du projet CAS qui définit le cadre de travail de la thèse par rapport aux entreprises classiques et étendues et la proposition d'un référentiel pour la modélisation des processus métier de la chaîne que l'on a nommé système d'entreprise.
- La conception du référentiel est supportée par un méta-modèle basé sur l'architecture de CIMOSA. L'implémentation concrète de ce méta-modèle par des composants de modélisation que l'on a nommé EMC (*Enterprise Modeling Components*) et qui correspondent aux aspects principaux d'un système d'entreprise.
- La proposition d'un framework en tant qu'application des composants EMC. Celui-ci intègre la démarche complète de modélisation d'un système d'entreprise. Un prototype informatique a été développé et a été présenté par une étude de cas inspirée d'un cas réel.

Ce document donne une synthèse des travaux selon le plan suivant :

I. INTRODUCTION

II. LA MODELISATION DES PROCESSUS D'ENTREPRISE

III. CADRE DE TRAVAIL – PROJET CAS

IV. CONCEPTION D'UN REFERENTIEL POUR LA MODELISATION DES PROCESSUS D'ENTREPRISE

V. PROPOSITION D'UN FRAMEWORK POUR LA DISTRIUTION DES MODELES DE PROCESSUS

VI. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

# **I. INTRODUCTION**

La notion d'entreprise, telle que nous l'appréhendons dans cette thèse, se réfère à un ensemble d'activités mises en œuvre par un ensemble de moyens dans le cadre d'une finalité définie par un ou plusieurs objectifs. C'est le cas des entreprises industrielles de production de biens ou de services, les hôpitaux ou les établissements de santé, les établissements de formation ou de recherche.

Aujourd'hui, beaucoup d'entreprises font le constat qu'être performantes ne suffit plus pour assurer leur pérennité. En effet, les exigences des clients sont si multiples et les intervenants dans la chaîne (chaîne d'entreprises) si nombreux, que l'entreprise se trouve en situation d'interdépendance très forte avec ses partenaires. C'est la raison pour laquelle l'enjeu futur ne concerne plus la compétitivité au sein de l'entreprise mais dans les chaînes d'entreprises. C'est ainsi que la modélisation en entreprise peut dépasser le cadre d'une seule entreprise pour s'étendre à un réseau complet d'entreprises.

Notre objectif est de contribuer à l'élaboration et à l'agencement de modèles orientés processus métier en productique, à partir des objectifs de l'entreprise. Ceci afin d'aider l'entreprise à optimiser son fonctionnement et à capitaliser une partie de son savoir-faire sous forme de modèles réutilisables et partageables par les différents acteurs de la chaîne d'entreprises. Cette approche, bien que développée dans le cadre de la productique, nous paraît applicable à tout type d'entreprise.

Dans le cadre de nos travaux de thèse, nous proposons une approche par composants métier pour l'aide à la modélisation et la conception des systèmes d'entreprise dans le but de permettre la « distribution » des modèles de systèmes. Cette aide se concrétise sous forme d'une méthode qui a été élaborée en se basant sur l'approche CIMOSA. Nos travaux portent sur deux parties principales :

- Une première partie concerne l'identification et la définition des concepts<sup>1</sup> nécessaires à la modélisation d'un système incluant un référentiel de concepts. Ces concepts sont définis dans un méta-modèle.
- Une deuxième partie propose une méthodologie d'utilisation des concepts pour permettre le développement de modèles de processus d'un système.

Les composants métier implémentent concrètement les concepts du référentiel et intègrent la méthodologie de modélisation au sein d'un framework.

## **II. LA MODELISATION DES PROCESSUS D'ENTREPRISE**

### **II.1. DÉFINITION D'UN PROCESSUS**

La modélisation des processus répond à plusieurs objectifs.

Plusieurs définitions du terme processus sont présentées dans la littérature. Il est vrai que cette notion est suffisamment générale pour être utilisée dans différents domaines scientifiques ou applicatifs. L'étude de ces définitions permet d'avoir une idée claire de ce qui est désigné par un « processus ».

Nous définissons un processus d'une entreprise en tant qu'un enchaînement d'activités corrélées ou interactives. Un processus reçoit des objets en entrée et leur ajoute de la valeur, par le moyen de ressources, tout en fournissant des objets de sortie (produits/services) remplissant les besoins et les exigences d'un client (atteindre les objectifs) internes ou externes à l'entreprise. Il ne peut être déclenché que par des événements internes et/ou externes à l'entreprise, c'est-à-dire des changements d'état de composants du système. Chaque processus est en communication avec d'autres et peut être décomposé en sous-processus. Une activité transforme des entrées en sorties par l'influence d'objets de contrôle et en utilisant les ressources requises et disponibles pendant une durée bien définie.

---

<sup>1</sup> Concept : représentation générale et abstraite d'un objet ou d'un ensemble d'objets. Définition des caractères spécifiques d'un projet, d'un produit par rapport à l'objectif ciblé [Larsen, 99].

Nous représentons notre définition par la Figure 1 :

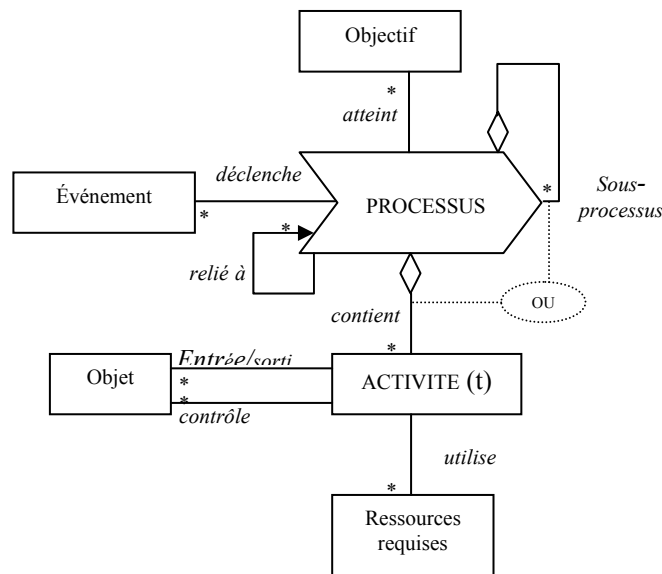


Figure 1 – Définition d'un processus

## II.2. MÉTHODOLOGIES ET ARCHITECTURES DE MODÉLISATION DES PROCESSUS EN ENTREPRISE

Divers méthodes et outils de modélisation des processus métier ont été développés dans différents domaines, nous citons :

- SADT (Structured Analysis and Design Technique) proposée par Ross [Ross, 77] à la fin des années 1970 pour permettre une analyse structurée des systèmes, a ouvert la voie à la modélisation par représentation graphique des activités et des chaînes d'activités. La méthode SADT introduit le principe de décomposition fonctionnelle et formalise le concept d'activité. Elle se présente comme un langage graphique et un ensemble limité de primitives, des «boîtes» et des «flèches», pour la représentation des composants des systèmes et des interfaces.
- D'autres méthodes, plus élaborées mais toujours issues du génie logiciel proposent des supports d'analyse statique ou dynamique en se basant sur des approches fonctionnelles, relationnelles ou objet (MERISE et ses modèles de traitement, OMT [Rumbaugh, 91], OOD [Booch, 91], OOSE [Jacobson, 92], UML [Booch, 00], etc.).
- Famille des méthodes IDEF :
  - IDEF0 a été développée à partir de SADT elle est utilisée pour décrire les aspects fonctionnels d'un système.
  - Dans cette suite logique, IDEF3 est spécialement conçue pour la modélisation des séquences d'activités ou processus.

De même, il existe plusieurs études sur la modélisation en entreprise dans son ensemble. Diverses méthodologies d'intégration d'entreprise et architectures de références pour la modélisation en entreprise ont été conçues au cours des quinze dernières années. Parmi les plus connues, on peut citer :

- CEN ENV 40003 [Shorter, 00] est une prénorme du Comité Européen de Normalisation (CEN) pour la modélisation en entreprise. Son but est de préciser la terminologie et d'énoncer les principes fondamentaux sous-jacents au domaine de la modélisation en entreprise. L'architecture de référence retenue est basée sur le cadre de modélisation de CIMOSA.
- CIMOSA (CIM Open System Architecture) [AMICE, 93] est une architecture pour construire des systèmes intégrés de production. Elle a été développée par le Consortium AMICE dans le cadre de projets ESPRIT. Cette architecture comprend un cadre de modélisation (MFW « Modeling FrameWork »); une plate-forme d'intégration (IIS « Integrating InfraStructure ») et le cycle de vie d'un système CIM

« Computer-Integrated Manufacturing » (SLC « System Life Cycle »). Le cadre de modélisation formalise trois principes fondamentaux et orthogonaux pour la modélisation en entreprise suivant une structure à trois axes, communément appelée cube CIMOSA. CIMOSA offre des langages de modélisation intégrés pour les aspects fonctionnels, informationnels, ressources et organisationnels [Vernadat, 96]. Les deux derniers demandent à être plus finalisés, ce qui est en partie l'objet de nos travaux.

- La méthode GRAI (Graphe de Résultats et Activités Interreliés) est une méthodologie de modélisation et d'analyse des systèmes de décision des entreprises de production de biens ou de services. Elle a été développée à l'origine par les Professeurs Pun et Doumeingts de l'Université de Bordeaux. Elle s'appuie sur deux outils : la grille GRAI et les réseaux GRAI [Doumeingt, 84] [Roboam, 93]. La méthode GRAI a été largement utilisée depuis 1981 pour l'analyse et la conception de systèmes de gestion d'entreprises manufacturières, principalement en gestion de production.
- PERA (Purdue Enterprise Reference Architecture) [Williams, 92] est une méthodologie complète d'ingénierie des environnements industriels développée par le Prof. Williams, Purdue University, USA. Elle peut être généralisée au développement de tout système d'entreprise (système industriel, atelier, usine ou département de toute nature). La méthodologie définit toutes les phases du cycle de vie d'une entité industrielle depuis sa conceptualisation jusqu'à sa mise en opération en passant par les phases de conception. L'originalité de PERA réside dans la prise en compte des aspects humains dans la méthodologie et de leur positionnement clair dans l'architecture
- ARIS (Architecture for integrated Information Systems). Cette architecture a été développée par le professeur Scheer à l'université de Saarbrik en Allemagne [Scheer, 99]. Sa structure entière est similaire à celle de CIMOSA, mais à la place de se focaliser sur les systèmes CIM, elle traite les entreprises avec des méthodes traditionnelles orientées métier (planning de production, inventaires de contrôles, etc.). Elle se focalise surtout en ingénierie des logiciels et les aspects organisationnels de la conception des systèmes intégrés dans l'entreprise.
- GERAM (Generalized Enterprise Reference Architecture and Methodology) [IFAC, 97] est une architecture de référence développée par un groupe de réflexion sur les architectures pour l'intégration des entreprises (IFAC/IFIP Task Force on Architectures for Enterprise Integration). GERAM est en fait une généralisation de CIMOSA, de GRAI-GIM [IFAC, 97], de PERA et de quelques autres architectures (ARIS, ENV 40003 et IEM<sup>2</sup>)

### **II.3. SYNTHÈSE ET CONCLUSION**

De par nos préoccupations, nous avons retenu CIMOSA en tant que référence de base car elle se focalise sur les processus métier et les définit d'une façon proche de nos besoins.

En effet, elle a élaboré des concepts qui permettent de diminuer la complexité de l'entreprise ou d'un système pour faciliter la modélisation, que nous jugeons intéressants pour regrouper et gérer les processus métier.

En se basant sur cette approche, nous proposons un méta-modèle qui permet à l'entreprise de développer ses applications par instanciation ou en se basant sur d'autres applications déjà élaborées; ce qui engendre la capitalisation et la réutilisation du savoir-faire de la modélisation métier sous forme de modèles. En effet, une analyse des objectifs de l'entreprise permet d'élaborer des processus métier en ayant pour but d'achever de tels objectifs, sans pour cela s'éloigner du cadre du projet.

## **III. CADRE DE TRAVAIL – PROJET CAS**

### **III.1. PRÉSENTATION DU PROJET**

Le projet CAS « CIMOSA Application Server » vient de voir le jour lors du lancement de cette thèse, au laboratoire LGIPM<sup>3</sup>. Il a été proposé par M. Spadoni, Maître de conférences.

---

<sup>2</sup> Integrated Enterprise Modelling

<sup>3</sup> Laboratoire de Génie Industriel et Production Mécanique EA 3096

La motivation principale de ce projet est d'offrir une aide pour la modélisation et la conception des systèmes d'entreprise, en se basant sur des modèles de référence. Ces derniers peuvent représenter un référentiel de modélisation.

L'objectif d'un système d'entreprise est d'ordre stratégique et concerne avant tout l'amélioration des processus existants.

Les concepts de base d'un système d'entreprise sont les entités de l'entreprise, les processus et les rôles des acteurs [Eriksson, 00]. En fait, le flux de contrôle du système est décrit par les processus. Ces derniers transforment des entrées en sorties par le biais de ressources. Ces processus sont appelés des processus opérationnels [Vernadat, 96], du fait qu'ils décrivent le comportement opérationnel du système. On les appelle aussi des processus métier. Ils ont un impact direct sur les résultats de l'entreprise, sur son avenir à long terme et la satisfaction des clients.

Après avoir défini un système d'entreprise, il reste à se préoccuper de sa représentation. Cela consiste avant tout à la mise en place d'une organisation de l'information à travers un système d'information (S.I.). Du fait qu'un système d'information subit un certain nombre de contraintes de son environnement l'obligeant à réagir en déclenchant des activités, il se doit d'être la représentation la plus fidèle possible de l'organisation du système d'entreprises qu'il représente.

Au cœur du S.I. se trouve un référentiel constitué d'un ensemble de composants [Brereton, 00] [Bachman, 00] réutilisables destinés à faciliter et automatiser la conception d'applications appelées à manipuler des processus dans le cadre d'une chaîne d'entreprises. Ces composants implémentent un méta-modèle, basé sur CIMOSA, qui englobe les concepts du référentiel et la méthodologie de modélisation d'un système d'entreprise.

## III.2. DESCRIPTION D'UN SYSTÈME D'ENTREPRISE

Nous proposons une démarche pour la modélisation d'un système d'entreprise que nous présentons par quatre étapes génériques :

**Étape 1 :** Après avoir fixé un objectif système (OS), on décompose l'objectif système en sous-objectifs (ou objectifs-domaines) pour définir les domaines du système. On rappelle qu'un domaine est un élément structurant, qui permet de regrouper des processus en un module indépendant. Cela nous permet, en particulier, de s'intéresser à ce qui se passe aux interfaces des différents domaines, en l'occurrence aux informations échangées. Une représentation par domaine ne se veut pas unique ou universelle. Faisons une analogie avec le corps humain. Si l'on s'intéresse au pilotage du corps humain, on effectue un découpage systémique (système sanguin, système musculaire, système digestif, système nerveux, etc.) pour mettre en avant les informations entre le système nerveux et les autres systèmes. Si l'on souhaite mettre en évidence le fonctionnement du corps humain, on effectue un découpage par organes (cœur, foie, rein, etc.). Par contre, il paraît avoir un intérêt très limité de réaliser un découpage physique (tête, tronc, épaule, pied, etc.) car à l'interface d'information qui y circule reste pauvre et n'a pas grand intérêt.

**Étape 2 :** Pour chaque domaine, nous établissons une liste des différents processus métier (BP) nécessaires à l'élaboration des objectifs-domaines.

**Étape 3 :** À partir de la liste des processus métier, nous réalisons un ou plusieurs regroupements en processus maître. A chacun d'eux nous associons les objectifs-maîtres et les événements qui s'y rattachent.

L'ensemble des solutions possibles associées à un système d'entreprise est représenté par un graphe OU, qui définit un espace de solutions.

La solution qui répond plus à l'objectif système est retenue par le modélisateur du système.

**Étape 4 :** La structure du système, correspondant à la solution retenue, est définie. En effet, nous définissons les entrées/sorties, les ressources et flux de contrôle de chaque processus (processus métier et processus maîtres) du système. Nous identifions aussi les activités de chaque processus métier.

## III.3. CAPITALISATION DE MODÈLES DE SYSTÈME D'ENTREPRISE

Le système d'entreprise ainsi décrit, il reste à lui associer un modèle afin de capitaliser et de manipuler les solutions qui lui sont associées. Pour cela, nous considérons qu'une solution peut être vue comme un plan d'actions, c'est à dire que chaque élément (processus) est associé à une action à exécuter. L'ensemble des solutions associées à un système d'entreprise est représenté par une famille de solutions. La recherche de solution

consiste à parcourir une séquence d'actions à travers un plan d'actions. Cela nécessite de faire appel à un moteur de recherche.

Dans nos travaux nous utilisons le module S.I.R.S. (Système Interactif de Recherche de Séquences) [Spadoni, 01] existant au laboratoire et qui permet de modéliser une famille de plans d'actions à partir de multigraphes et propose un moteur de recherche capable de gérer et capitaliser une famille de séquences d'actions.

### **III.4. TRAVAUX DE THÈSE**

Les travaux présentés dans le cadre de cette thèse concernent la conception du référentiel contenant un modèle de référence pour la modélisation des processus. Nous appelons ce modèle un méta-modèle.

Le méta-modèle est focalisé autour du concept de processus métier tout en permettant aux acteurs d'entreprise de modéliser les processus en partant d'un objectif stratégique de l'entreprise.

Ensuite, les modèles particuliers de processus doivent être capitalisés et stockés d'une façon qu'ils puissent être accessibles par n'importe quelle application. Ceci est dans le but de les distribuer et les réutiliser en garantissant une interopérabilité durable et efficace.

## **IV. CONCEPTION D'UN REFERENTIEL POUR LA MODELISATION DES PROCESSUS D'ENTREPRISE**

### **IV.1. PRINCIPE**

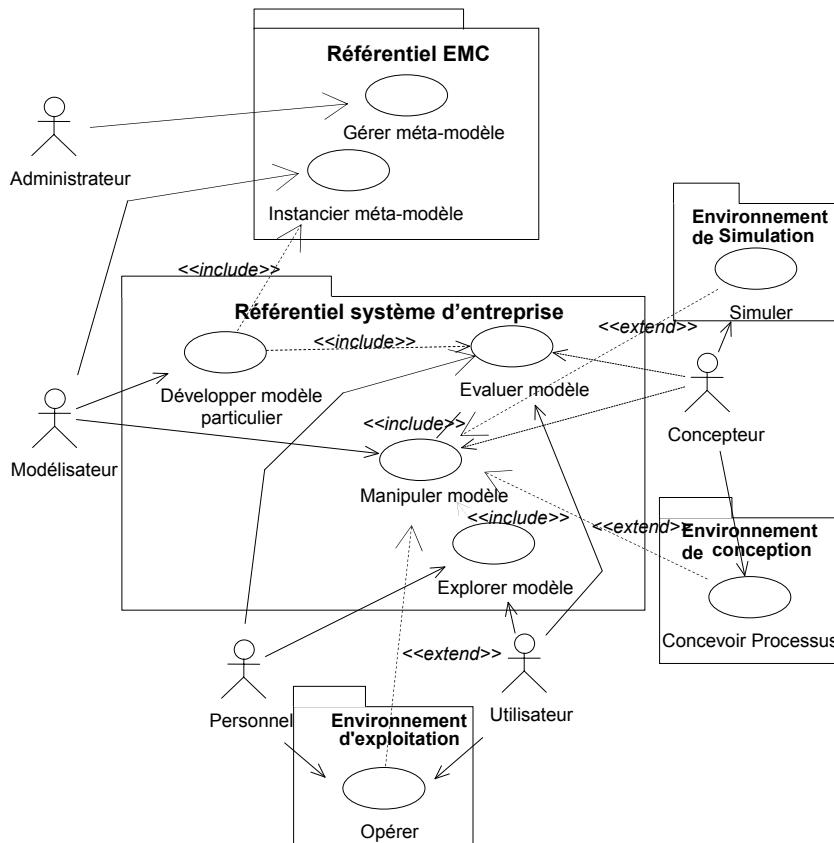
Un référentiel est une base logique et technique représentant des modèles de référence (génériques, partiels ou complets).

Les informations qu'il contient peuvent être partagées et réutilisées par plusieurs acteurs connectés au référentiel. En effet, chaque acteur peut récupérer des informations ou des modèles dont il a besoin pour les utiliser dans son environnement, en manipulant des applications et des outils existants. Cela signifie qu'un référentiel doit permettre la distribution des applications existantes dans l'entreprise.

Dans cette thèse, nous proposons un référentiel pour aider l'entreprise à développer des modèles particuliers des systèmes d'entreprise, sur la base de son savoir et de son savoir-faire. Ces modèles se doivent d'être partageables entre les acteurs métier de l'entreprise et interopérables [Workflow, 96] par rapport aux applications devant les accueillir.

Ce référentiel joue le rôle d'une base de modèles génériques ou partiels de processus que nous avons appelé référentiel de composants de modélisation de l'entreprise (*EMC Enterprise Modeling Components*) [Abdmouleh, 02]. Ceux-ci permettent à l'entreprise de développer leurs propres modèles particuliers de processus de systèmes d'entreprise et les placer dans un référentiel de système d'entreprise (Figure 2).

Le référentiel se base sur un méta-modèle qui se base principalement sur l'approche CIMOSA et aide les acteurs métier à développer des modèles particuliers de processus métier par instanciation (Figure 2) [Abdmouleh, 00] [Abdmouleh, 02] [Abdmouleh, 03].



**Figure 2 – Acteurs interagissant avec le référentiel**

Les modèles particuliers développés sont évalués et utilisés par des utilisateurs tels que des concepteurs, des techniciens, des ingénieurs, du personnel administratif, etc.

Nous spécifions les acteurs métier qui contribuent au développement de modèles de l'entreprise en utilisant le référentiel. Ces acteurs sont les groupes d'administrateurs et les groupes de modélisateurs.

Dans cette thèse, nous nous sommes limités à un nombre d'acteurs métier en définissant des acteurs humains (Responsables métier, d'organisation, de cellule, experts, etc.) et des acteurs logiciels (ERP<sup>4</sup>, SGT<sup>5</sup>/PDM<sup>6</sup>). En effet, les Responsables métier, les Responsables d'organisation, les Responsables de Cellules, les Experts et les Techniciens forment les groupes de modélisateurs (Figure 2). Alors que les Responsables de système d'entreprise sont les groupes d'administrateurs du référentiel EMC (Figure 2).

Les acteurs métier collaborent pour modéliser un système de l'entreprise (Figure 3), en se basant sur une méthodologie qui permet de les orienter et aussi de développer des modèles cohérents et efficaces. La modélisation d'un système d'entreprise est réalisée en se basant sur le savoir et le savoir-faire des experts en modélisation des processus métier.

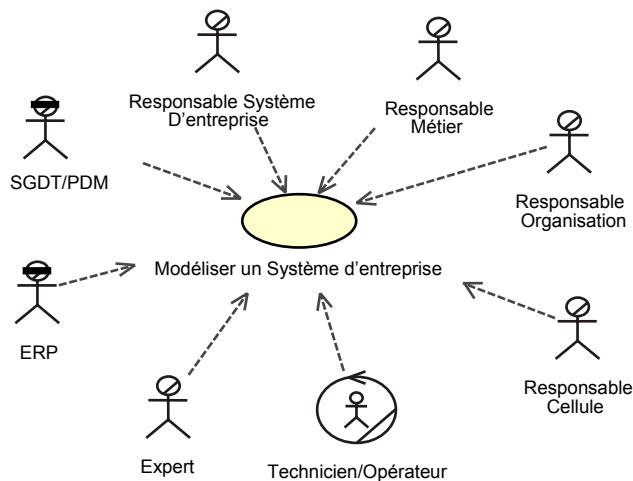
Cette méthodologie est intégrée dans le méta-modèle que nous proposons. Ces systèmes sont ainsi appelés : Système d'entreprise (Figure 3).

La Figure 3 représente le cas d'utilisation « Modéliser un système d'entreprise » qui présente l'ensemble des cas d'utilisation « Instancier Méta-modèle » et « Développer modèle particulier » de la Figure 2.

<sup>4</sup> Enterprise Resource Planning (Système intégré)

<sup>5</sup> Système de Gestion des Données Techniques

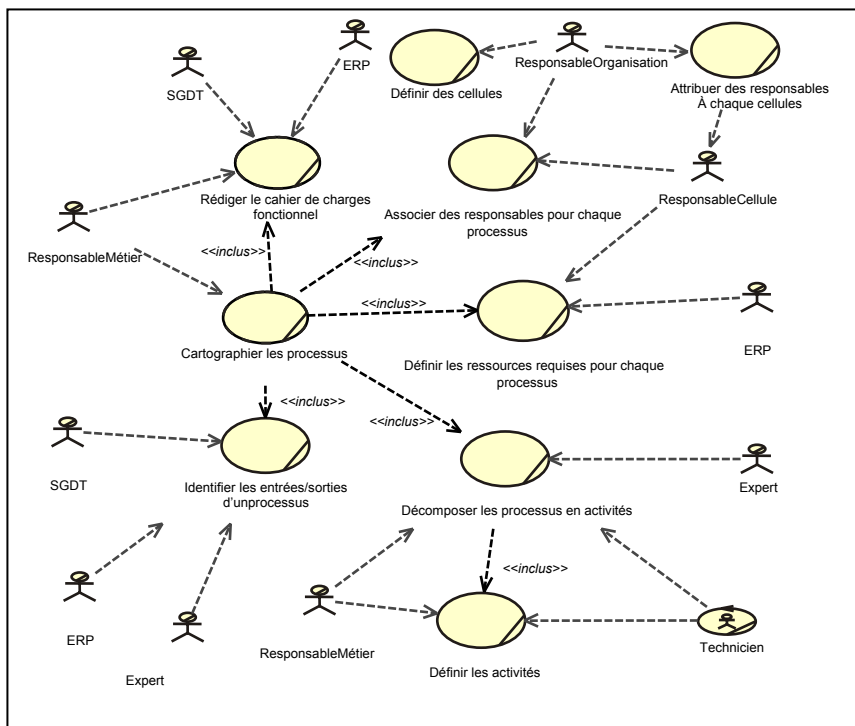
<sup>6</sup> Product Data Management



**Figure 3 – Groupes d'acteurs contribuant à la modélisation d'un système d'entreprise**

En développant le cas d'utilisation « Modéliser un système d'entreprise », nous obtenons le diagramme de cas d'utilisation de la Figure 4.

En effet, pour modéliser un système d'entreprise, il faut définir des domaines correspondants aux objectifs de celui-ci dans le but de diminuer la complexité de modélisation et de diviser de tel système en parties fonctionnellement autonomes. Ensuite, nous établissons la liste des processus métier existant en entreprise pour chaque domaine. Ceci permet de définir la cartographie de processus métier que nous pouvons regrouper en processus maîtres selon les objectifs (§ III.2.). Chaque processus est défini par ses sous-processus et activités, ses entrées/sorties et les ressources requises pour atteindre ses objectifs. Une structure d'organisation est nécessaire pour établir la liste des responsables des différents processus du système.



**Figure 4 – Diagramme de cas d'utilisation correspondant au cas « Modéliser un système d'entreprise »**

En se basant sur le diagramme de cas d'utilisation de la Figure 4, nous pouvons identifier quatre parties importantes qui traitent des aspects différents du système d'entreprise, et qui sont les aspects fonctionnels (cartographier les processus et les décomposer), les aspects informationnels (définir les objets d'entrées/sorties des processus), les aspects ressources (identifier les ressources requises pour les processus) et les aspects

organisationnels (établir la structure d'organisation pour le système d'entreprise et attribuer des responsables à ses processus). Ses parties sont appelées paquetages dans UML.

L'étape suivante est de définir les concepts nécessaires pour assurer la réalisation de ces différents cas d'utilisation. D'où nous avons fait appel aux concepts de CIMOSA, appelés constructs ou blocs réutilisables, définis au niveau générique de son architecture de référence pour développer nos modèles partiels qui composent le méta-modèle que nous proposons.

## **IV.2. MÉTA-MODÈLE**

Chaque paquetage contient les concepts qui lui correspondent et qui sont présentés par des classes d'objet.

Le paquetage « Fonction » correspond aux aspects fonctionnels et qui est défini par le concept « Système » du système d'entreprise décomposé en plusieurs domaines. Chaque domaine contient des processus du type processus métier et qui sont regroupés en processus maîtres. Ces processus sont définis pour atteindre les objectifs fixés du système d'entreprise.

Le paquetage « Information » correspond aux aspects informationnels et permet d'établir la liste des objets d'entreprise et leurs vues d'objets<sup>7</sup>.

Le paquetage « Ressource » consiste à définir les aptitudes des ressources et les compétences des ressources humaines pour identifier celles requises pour les processus du système d'entreprise.

Le paquetage « Organisation » permet de définir la structure d'organisation correspondante au système d'entreprise en attribuant des responsables aux processus du système.

Les concepts de ces quatre paquetages définissent le méta-modèle du référentiel (Figure 5).

---

<sup>7</sup> Manifestation d'un ou plusieurs objets d'entreprise à un instant t. exemples : pièce brute, pièce usinées, pièce traitée.

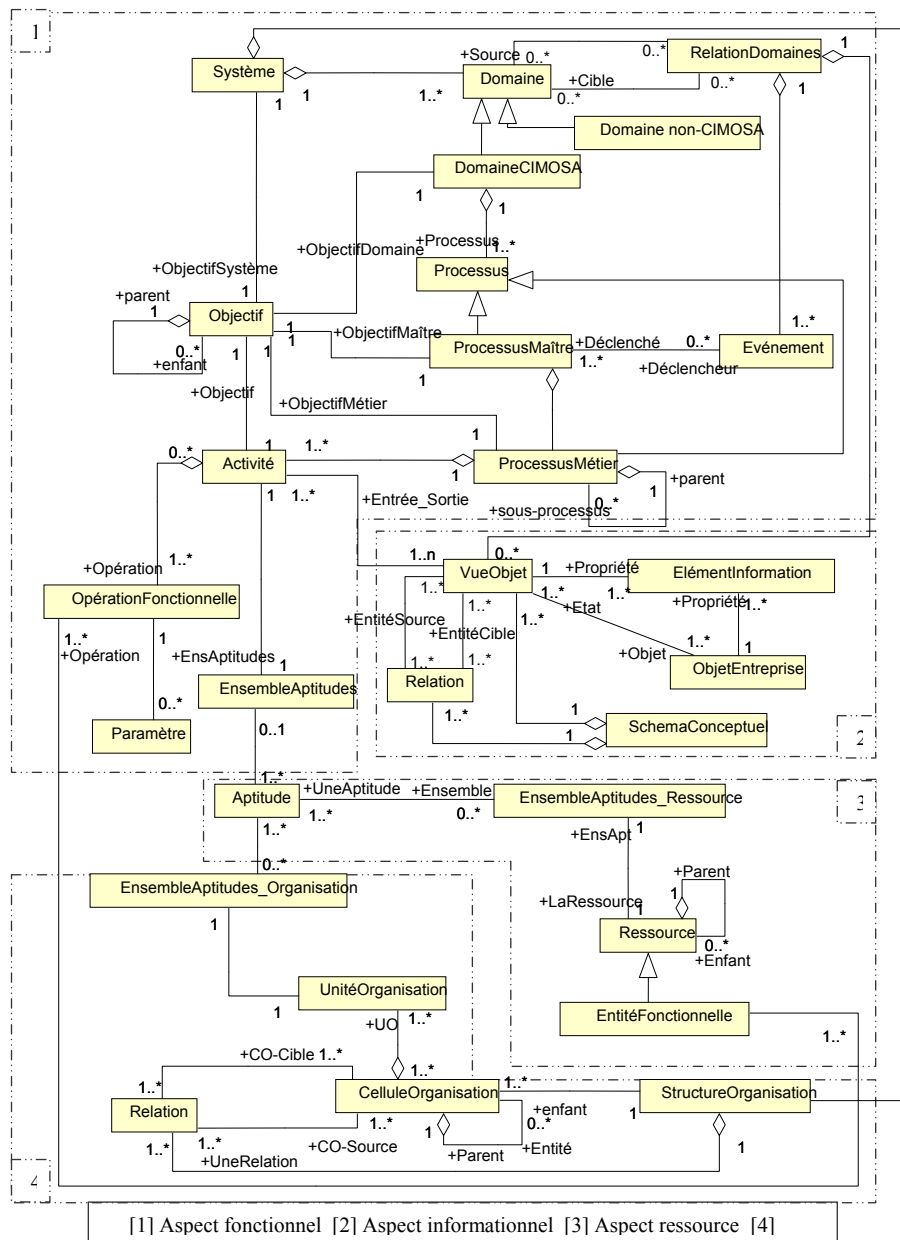


Figure 5 – Méta-modèle du référentiel basé sur CIMOSA

### IV.3. COMPOSANTS MÉTIER DU RÉFÉRENTIEL

Nous avons implémenté physiquement chacun des paquetages du méta-modèle par des composants autonomes et réutilisables. Par conséquent, nous avons conçu cinq composants correspondants aux paquetages et nous les résumons dans le tableau suivant :

Composant	Aspect correspondant du méta-modèle	Rôle
Gestion et Conception de Processus	Fonctionnels	Modélisation de la structure fonctionnel d'un système d'entreprise en définissant ses objectifs, ses domaines et ses processus et en identifiant ses activités.
Comportement		Décrire le flux de contrôle de chaque processus du système.
Gestion d'Information	Informationnels	Identifier les entrées/sorties des processus du système sous forme de vues d'objets.

Gestion de Ressources	Ressources	Identifier les moyens requis pour la réalisation de chaque processus du système.
Structure d'Organisation	Organisationnels	Définir les cellules et les unités d'organisation ayant les responsabilités et les autorités sur les processus, les domaines et le système.

Chaque composant est manipulé par les acteurs par le biais de ses interfaces qui lui permettent aussi de communiquer avec son environnement externe (autres composants, application). Dans le tableau ci-dessous nous résumons ces interfaces :

Composant	Interface	Rôle	Acteurs
Gestion et Conception de Processus	ISystème	Permet de définir un système d'entreprise par ses domaines et les relations entre eux, en décomposant les objectifs-système.	Responsable système d'entreprise, Responsable métier.
	IGestionProcessus	Permet d'établir la liste des processus existant et les attribuer aux différents domaines selon les objectifs.	Responsable métier.
	IConceptionProcessus	Permet de définir les entrées/sorties et les ressources et leurs aptitudes pour les processus.	Responsable métier, Expert, Technicien.
	IActivité	Permet de décomposer les processus métier pour établir la liste de leurs activités.	Responsable métier, Expert, Technicien.
Comportement	IEditionRègle	Permet de rédiger une règle qui décrit le comportement d'un processus.	Expert.
	IGestionRègles	Permet de gérer les règles de comportement pour définir les flux de contrôle des processus.	Expert.
Gestion d'Information	IGestionInformation	Permet d'établir la liste des objets d'entreprise et de leurs vues d'objets.	Responsable métier, Expert.
	IElémentInformation	Permet de définir les propriétés des objets d'entreprise et des vues d'objets.	Expert, Technicien, SGGT, ERP.
Gestion de Ressources	IGestionRessources	Permet de définir les aptitudes des ressources.	Expert, Technicien.
	IInformatioRessources	Permet de manipuler les informations nécessaires à propos des ressources.	Technicien, SGGT, ERP.
Structure d'Organisation	IGestionCellules	Permet de définir une structure d'organisation par ses cellules et ses unités d'organisation.	Responsable Organisation, Responsable Cellule, ERP, SGGT.
	IResponsabilités_Autorités	Permet d'attribuer des responsabilités et des autorités aux acteurs d'entreprise sur les processus, les ressources, les objets.	Responsable Organisation, Responsable Cellule.

## V. PROPOSITION D'UN FRAMEWORK POUR LA DISTRIBUTION DES MODÈLES DE PROCESSUS

### V.1. NOTION DE FRAMEWORK

Dans cette section, nous présentons un framework permettant la gestion des processus de systèmes d'entreprise qui consiste à manipuler des cartographies de processus tout en spécifiant chaque processus. En effet, il intègre la démarche de modélisation des processus que nous avons proposé dans III.2.

Le framework est avant tout utilisé par l'administrateur CIMOSA. Il permet de développer le modèle particulier d'un système d'entreprise (S.E.). Le résultat est présenté sous la forme d'un document XML, et ainsi stocké dans une bibliothèque systèmes d'entreprise (Figure 6). Ces documents XML peuvent être exploités à partir d'applications clients.

Un framework peut être considéré comme un patron architectural, ayant des points d'extension [Larsen, 99]. Ces points permettent d'augmenter et d'étendre la définition du comportement du framework. En outre, un framework peut être implémenté par plusieurs composants.

Dans notre cas, nous nous plaçons dans le cadre d'un framework de type industriel du fait qu'il se focalise sur le méta-modèle du référentiel. Mais, rappelons que le méta-modèle est implémenté à travers les cinq composants proposés (§ IV.3.).

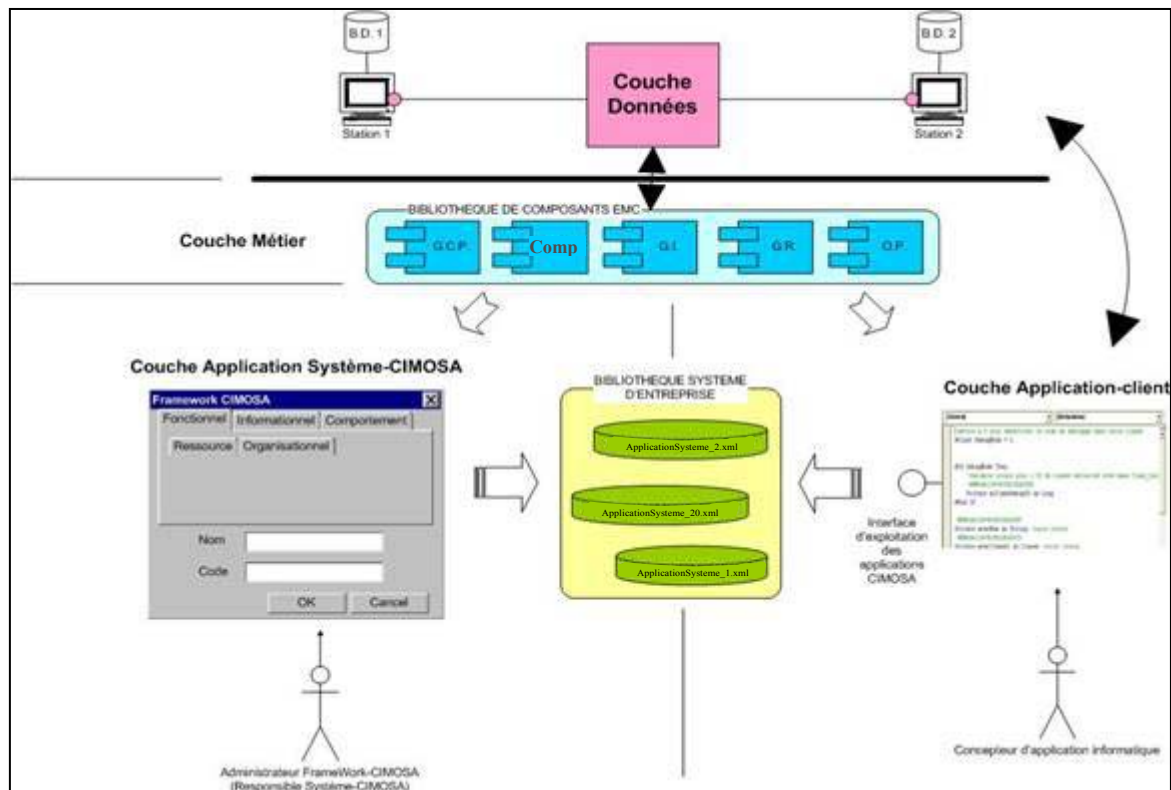


Figure 6 – Architecture n-tiers pour le framework

## V.2. PROTOTYPE INFORMATIQUE DU FRAMEWORK

Le framework proposé permet la manipulation des composants de modélisation existants dans la bibliothèque des composants (EMC).

Pour le moment, l'interface graphique du framework est partiellement développée et correspond surtout au traitement des aspects fonctionnels d'un système.

Le prototype du framework que nous avons développé automatise la démarche de modélisation d'un système d'entreprise.

En effet, après modélisation de la structure fonctionnelle d'un système par ses domaines et processus avec le module S.I.R.S., le framework permet de spécifier les objectifs, les événements des domaines et définir les entrées/sorties et les ressources des processus métier et les déclencheurs des processus maîtres.

La Figure 7 représente un exemple de fichier généré par S.I.R.S. et qui capitalise un modèle de la structure fonctionnelle d'un système d'entreprise avec les différentes propositions de regroupement des processus métier en processus maîtres.

La figure 8 montre un fichier qui stocke la solution retenue de la structure fonctionnelle du système d'entreprise en se basant sur la décomposition de l'objectif-système. Ce fichier est transformé en interface graphique interactive qui permet de manipuler toute la structure fonctionnelle et de spécifier ses éléments (Figure 9).

```

APPL1.DAT - Bloc-notes
Fichier Edition Format Affichage ?

$
> 1,1= ( ) -> E1 ::::DEBUT<
> 2,1= e1 ( ) -> E2 ::::FIN<
>3 ,1= e1 ( FOquest[1] ) -> E3 :Syst1:SystAsur7:OS1::<
>4 ,1= e3 ( ) -> E4 :DM10:Production:ODM10::<
>5 ,1= e4 ( ) -> E5 :DM13:Maintenance:ODM13::<
>6 ,1= e5 ( ) -> E6 :DM6:EtudeConception:ODM6::<
>7 ,1= e6 ( ) -> E7 :DM14:Approvis:ODM14::<
>8 ,1= e7 ( ) -> E2 ::::FIN<
>9 ,1= e4 ( FOquest[4] ) -> E8 :DP1:PreparMoyens:Oj10::<
>10 ,1= e8 ( ) -> E9 :BP1:PreparOutillage:Oj1::<
>11 ,1= e9 ( ) -> E10 :BP2:PreparMachines:Oj2::<
>12 ,1= e10 ( ) -> E5 :DM13:Maintenance:ODM13::<
>13 ,1= e10 ( FOquest[5] ) -> E11 :DP2:UsinePieces:Oj20::<
>14 ,1= e11 ( ) -> E12 :BP3:UsineSurTours:Oj3::<
>15 ,1= e12 ( ) -> E13 :BP4:UsineSurFraiseuses:Oj4::<
>16 ,1= e13 ( ) -> E14 :BP5:Rectifier:Oj5::<
>17 ,1= e14 ( ) -> E5 :DM13:Maintenance:ODM13::<
>18 ,1= e14 ( FOquest[6] ) -> E15 :DP3:ValidePieces:Oj30::<
>19 ,1= e15 ( ) -> E16 :BP6:ControleDefault:Oj6::<
>20 ,1= e16 ( ) -> E17 :BP7:ControleCotesFc:Oj7::<
>21 ,1= e17 ( ) -> E18 :EAS:RemplirConstat:Oj8::<
>22 ,1= e18 ( ) -> E5 :DM13:Maintenance:ODM13::<
>23 ,1= e18 ( FOquest[2] ) -> E19 :BP9:StockerPieces:Oj9::<
>24 ,1= e19 ( ) -> E5 :DM13:Maintenance:ODM13::<
>25 ,1= e18 ( FOquest[3] ) -> E20 :EA11:EnvoiAuServiceQualite:Oj11::<
>26 ,1= e20 ( ) -> E5 :DM13:Maintenance:ODM13::<

```

Figure 7 - Fichier contenant les solutions de la structure fonctionnelle du système étudié

```

GAMME.OPE - Bloc-notes
Fichier Edition Format Affichage ?

::::DEBUT;
Syst1:SystAsur7:OS1::;
DM10:Production:ODM10::;
DP1:PreparMoyens:Oj10::;
BP1:PreparOutillage:Oj1::;
BP2:PreparMachines:Oj2::;
DP2:UsinePieces:Oj20::;
BP3:UsineSurTours:Oj3::;
BP4:UsineSurFraiseu:Oj4::;
BP5:Rectifier:Oj5::;
DP3:ValidePieces:Oj30::;
BP6:ControleDefault:Oj6::;
BP7:ControleCotesFc:Oj7::;
EAS:RemplirConstat:Oj8::;
BP9:StockerPieces:Oj9::;
DM13:Maintenance:ODM13::;
DM6:EtudeConception:ODM6::;
DM14:Approvis:ODM14::;
::::FIN;

```

Figure 8 - Fichier « Gamme.ope » contenant la solution retenue

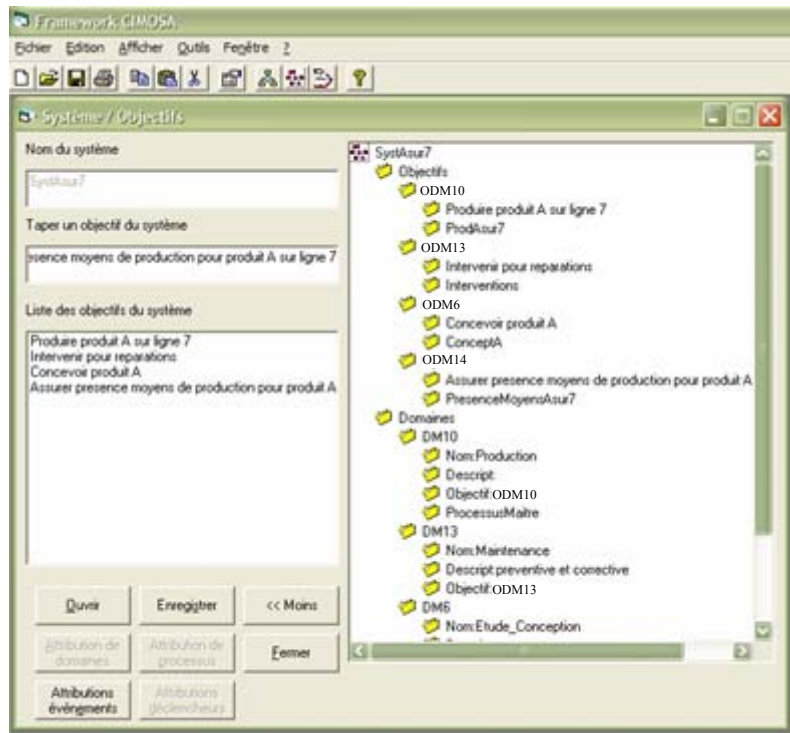


Figure 9 – Interface graphique représentant la structure d'un système d'entreprise

Après spécification et définition complète de la structure du système, cette dernière est stockée sous format de fichier XML (Figure 10).

```

<?xml version="1.0" encoding="iso-8859-1" ?>
- <Syst1sur7>
  <Objectif ID="ODM10" Nom="ProdAsur7">Produire produit A sur ligne 7 </Objectif>
  <Objectif ID="ODM13" Nom="Interventions">Intervenir pour reparations </Objectif>
  <Objectif ID="ODM6" Nom="ConceptA">Concevoir produit A </Objectif>
  <Objectif ID="ODM14" Nom="PresenceMoyensAsur7">Assurer presence moyens de production pour produit A sur ligne 7 </Objectif>
  <Objectif ID="Oj10" Nom="PreparerRessources" />
  <Objectif ID="Oj20" Nom="UsinerPiecesSurMachines" />
  <Objectif ID="Oj30" Nom="ControlerEtValiderPiecesUsinees" />
  <Objectif ID="Oj1" Nom="PlacerOutilsSurMachines" />
  <Objectif ID="Oj2" Nom="ReglerMachines" />
  <Objectif ID="Oj3" Nom="DresserCharioterPieces" />
  <Objectif ID="Oj4" Nom="SurfacerPieces" />
  <Objectif ID="Oj5" Nom="AmeliorerEtatSurfacePieces" />
  <Objectif ID="Oj6" Nom="ControlVisuelDefaults" />
  <Objectif ID="Oj7" Nom="MesureControlCotesFc" />
  <Objectif ID="Oj8" Nom="NoterDefaultsDetectes" />
  <Objectif ID="Oj9" Nom="StockageTemp" />
  + <Domaine ID="DM10" Nom="Production" Objectif="ODM10">
  <Domaine ID="DM13" Nom="Maintenance" Objectif="ODM13">Maintenance preventive et corrective des equipements d'atelier </Domaine>
  <Domaine ID="DM6" Nom="EtudeConception" Objectif="ODM6">Conception du produit A </Domaine>
  <Domaine ID="DM14" Nom="Approvis" Objectif="ODM14">Approvisionnement des moyens de production et de la matiere premiere </Domaine>
  <RelationDomaine ID="R100" Nom="DemandeIntervention" DMS="DM10" DMC="DM13" />
  <RelationDomaine ID="R101" Nom="MaintenancePreventive" DMS="DM13" DMC="DM10" />
  <RelationDomaine ID="R102" Nom="DemandeRessource" DMS="DM10" DMC="DM14" />
  <RelationDomaine ID="R103" Nom="DemandeRessources" DMS="DM13" DMC="DM14" />
  <RelationDomaine ID="R8" Nom="DossierFabrication" DMS="DM6" DMC="DM10" />
</Syst1sur7>

```

Figure 10 - Fichier XML décrivant la structure fonctionnelle du système étudié

## VI. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

### • CONCLUSION

L'objectif principal de cette thèse est de « distribuer » les modèles de processus d'entreprise dans le but de les partager et les réutiliser par les modélisateurs. L'accès à ces modèles peut être effectué via le Web ou par des frameworks (exemple : langage de programmation, application de simulation, etc.) dans le but de les consulter et/ou les utiliser. Dans ce contexte, nous nous sommes basés sur une architecture de méta-modélisation des processus. L'architecture choisie est CIMOSA. Ce choix n'est pas capital. Cependant, cette architecture permet la réalisation de modèles de processus par instanciation.

En partant du modèle de cette architecture, nous avons proposé un méta-modèle conceptuel et nous l'avons formalisé à l'aide des diagrammes de classes d'UML. Ce diagramme permet de représenter les concepts nécessaires à la modélisation des processus par des classes d'objet. Ce méta-modèle traite les aspects fonctionnels, informationnels, ressources et organisationnels cités dans CIMOSA.

Les aspects fonctionnels sont au cœur de nos préoccupations du fait qu'ils traitent directement les processus d'entreprise. Nous avons proposé une méthodologie pour réaliser une cartographie des processus d'un système d'entreprise.

Les définitions des entités manipulées par les processus et des ressources techniques et humaines utilisées pour leur exécution sont traitées respectivement dans les aspects informationnels et de ressources. Alors que l'identification et l'attribution des responsabilités sur le processus peuvent être traitées dans les aspects organisationnels.

Dans ce contexte, nous avons divisé en quatre paquetages le méta-modèle que nous avons proposé à la section IV.2. Chaque paquetage correspond à chacun des aspects traités par le méta-modèle.

Ces paquetages servent de référence pour l'entreprise lors de réalisation de modèles orientés processus. Par conséquent, nous proposons un référentiel qui rassemble ces paquetages.

Nous avons appelé ce référentiel « Référentiel de Composants de modélisation pour l'Entreprise (EMC : *Enterprise Modeling Components*) » du fait que nous proposons d'implémenter chaque paquetage par un composant métier.

Le choix de l'approche par composants permet une meilleure distribution et une maintenance moins complexe que les applications de granularité importante.

Les composants proposés dans cette thèse sont Gestion et conception de processus, Gestion d'information, Gestion de ressources et Structure d'organisation.

Une extension du composant « Gestion et conception de processus » permet la description du comportement des processus. Cette extension est aussi un composant que nous avons appelé « Comportement ». Ce dernier implémente les règles de comportement définies dans CIMOSA pour la description de l'exécution d'un processus.

L'implémentation de chaque composant proposé est définie par des classes d'objet qui représentent les concepts de chacun des aspects du méta-modèle.

Chaque composant est défini par son implémentation et son interface.

L'utilisateur ne peut utiliser un composant que via son interface.

Les fonctions offertes par chaque composant sont l'ensemble des méthodes de ses classes d'objet.

Les composants métier proposés sont stockés dans une bibliothèque EMC en tant que modèles partiels. Cette bibliothèque est la concrétisation physique du référentiel EMC proposé.

Chaque composant proposé permet aux modélisateurs de développer des applications client qui implémentent des modèles particuliers de systèmes d'entreprise. Ce développement peut aussi être réalisé en utilisant le framework CIMOSA qui permet de guider les modélisateurs pour développer des modèles de processus d'un système d'entreprise. Ces modèles sont transformés en documents de format interopérable avec d'autres applications puis stockés dans une bibliothèque de systèmes d'entreprise. En effet, nous avons utilisé le format interopérable XML (eXtensible Markup Language).

Ces modèles peuvent être exploités pour développer des applications informatiques ; par exemple de simulation de processus, de suivi d'évolution de processus d'un système d'entreprise ou d'un traitement de commandes, etc.

Les composants peuvent être utilisés hors du framework pour subvenir aux besoins de développer des applications clients.

Dans cette thèse, nous avons développé une interface graphique du framework CIMOSA.

La distribution des modèles de systèmes d'entreprise permet aussi aux différents acteurs métier de valider un modèle en fonction de leurs rôles et leurs savoir-faire. Dans ce cas, les développeurs (modélisateurs) des modèles reçoivent les différentes suggestions et les propositions pour faire les modifications nécessaires en utilisant le framework de CIMOSA.

Chaque fois que le contenu du modèle de système d'entreprise change, une mise à jour de celui est déclenchée automatiquement au sein du framework, en particulier de la famille de solutions des regroupements de processus métier. Ceci démontre bien que la maintenance (mise à jour, modification, suppression, ajout) de modèles d'entreprise est l'un des points fort du framework de CIMOSA.

## ● PERSPECTIVES

Le framework développé doit être évolué et amélioré pour permettre une modélisation plus approfondie.

Dans ce contexte, deux projets ont été lancés au cadre de DEA pour l'année prochaine :

- Le premier consiste à améliorer l'interface utilisateur du module S.I.R.S. dans le but d'avoir une interactivité semblable au reste du framework.
- Alors que le deuxième sera focalisé sur la continuation de la définition de la structure fonctionnelle d'un système au niveau des activités et des opérations fonctionnelles et le développement l'interface graphique correspondant au composant « Structure d'Organisation » pour déterminer les entités organisationnelles correspondantes au système à modéliser.

L'utilisation des documents XML correspondants aux modèles de systèmes d'entreprise nous permet d'étendre nos travaux futurs vers les services Web ; ce point est l'un des objectifs du projet CAS (§ Chapitre III).

Les services Web dans le domaine de modélisation des processus en entreprise n'ont pas encore vu le jour. Cependant, il faut noter que des travaux qui utilisent le format XML ont déjà été menés pour permettre l'interopérabilité entre les applications informatiques de modélisation d'entreprise. Nous pouvons citer entre autres, le projet européen UEMML (Unified Enterprise Modeling Language) [UEML, 03] qui traite cette problématique d'interopérabilité.

## QUELQUES RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [AMICE, 93] AMICE, CIMOSA : Open Systems Architecture for CIM. Springer-Verlag, Berlin, 1993.
- [Bachman, 00] Bachman F., Bass, L., Buhman, S., Comella-Dorda, S., Long, F., Seacord, R.c., Wallnau, K.C., Technical Concepts of Component-Based Software Engineering. Technical Report CMU/SEI-2000-TR-008, Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, 2000.
- [Booch, 91] Booch G., Object-Oriented Design with Applications. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc.1991.
- [Booch, 00] Booch G., Rumbaugh J. Le guide de l'utilisateur UML. Eyrolles, Paris, 2000 (Traduction de : The Unified Modeling Language User Guide.)
- [Brereton, 00] Brereton P., Budgen D., Component-base systems: A classification of issues. IEEE Computer, November, 2000, pp. 54-62.
- [Doumeingts, 84] Doumeingts G. La méthode GRAI. Thèse d'état, Université de Bordeaux I, France, 1984.
- [Eriksson, 00] Eriksson H.E., Penker M., Business Modeling with UML-Business Patterns at work. John Wiley & Sons, NY, 2000.
- [IFAC, 97] IFAC-IFIP Task Force. GERAM: Generalised Enterprise Reference Architecture and Methodology. Version 1.4, ISO TC 184/SC5/WG1, N398, août 1997.
- [Jacobson, 92] Jacobson I., Christerson M., Jonson P., Övergaard G., Object-Oriented Software Engineering: A Use Case Driven Approach. Addison-Wesley, Reading, MA, 1992.
- [Larsen, 99] Larsen G., Designing component-based frameworks: using patterns in the UML. Communications of the ACM, Vol. 42, No. 10, 1999, pp. 38-45.
- [Roboam, 93] Roboam M., La méthode GRAI, principes, outils, démarche et pratique. Teknéa, Toulouse, 1993.
- [Ross, 77] Ross D.T., Structured Analysis (SA): A Language for communicating ideas. IEEE Transactions on Software Engineering, SE-3, 1977.
- [Rumbaugh, 91] Rumbaugh J., Blaha M., Premerlani W, Eddy F., Object Oriented Modeling and Design. Prentice Hall International, 1991.
- [Scheer, 99] Scheer A.W., ARIS-Business Process Modeling. Springer-Verlag. Berlin, 1999.
- [Shorter, 00] Shorter D., Revision of ENV 40003, Second Internal Draft. Enterprise Integration-framework for Enterprise Modeling, décembre 2000.
- [Spadoni, 01] Spadoni M., Gardoni M., Abdmouleh A., Nsingi-Menamo T., Formalisme Générique pour la Représentation d'Informations Structurées. Journal Européen des Systèmes Automatisés, Vol. 35, No. 6, 2001, pp.747-781.
- [UEML, 03] UEML: Unified Enterprise Modeling Language, <http://www.ueml.org>, 2003.
- [Vernadat, 96] Vernadat F., Enterprise Modeling and Integration: Principles and Applications. Chapman&Hall, London, 1996.
- [Williams, 92] Williams T.J., The Perdue Enterprise Reference Architecture. Instrument Society of America, Research triangle Park, NC, 1992.

[Workflow, 96] Workflow Management Coalition, Workflow Standard-Interoperability abstract specification. Doc. No. WPMC-TC-1012, Version1.0, <http://www.aiai.ac.uk/wfmc>, October 1996.

## PUBLICATIONS & ARTICLES DE L'AUTEUR

- M. SPADONI, A YOUSSEF, F. VERNADAT, **A.ABDMOULEH**. SYPA : Adaptive Objective-based Production Control System. International Conference on Engineering Design and Automation, Orlando/Floride, Ref EDA2K120, p593-598, *Août 2000*.
- M. SPADONI, M. GARDONI, **A.ABDMOULEH**, T.NSINGI-MENAMO. Formalisme Générique pour la Représentation d'Informations Structurées. *Journal Européen des Systèmes Automatisés (JESA)*, Vol35, N°6/2001, p747-781.
- F. VERNADAT, **A. ABDMOULEH**, S. BENHALLA, B. HEULLUY. TowardS a Unified Language FOR Enterprise Modelling: UEML. International Conference on Engineering Design and Automation, Las Vegas, *Août 2001*.
- **ABDMOULEH**, M. SPADONI, F. VERNADAT. Enterprise Modeling Components (EMC) Repository based on CIMOSA. JTEA 2002, Sousse-Nord/Tunisie, Vol2, p300-306, *Mars 2002*.
- **ABDMOULEH**, M. SPADONI, F. VERNADAT. Proposition of a Repository for Enterprise Modeling : (EMC) Enterprise Modeling Components. CARS&FOF2002, Porto/Portugal, Vol2, p631-638, *Juillet 2002*.  
Sélectionné pour être publié dans *E-Manufacturing, Business Paradigms and Supporting Technologies*. Edition KLUWER.
- M. SPADONI, **A. ABDMOULEH**, F. VERNADAT. Representation Model and a Handling Language of Structured Informations. DET02, Durham/Grande Bretagne, pp.101-104, *Spetembre 2002*.
- **ABDMOULEH**, M. SPADONI, F. VERNADAT. Distributed Client/Server Architecture For Implementing A meta-model CIMOSA-Based. CESA2003, Lille/France, Ref.CD : S2-I-06-0300 : S2-TA-1-D4, *Juillet 2003*.
- **ABDMOULEH**, M. SPADONI, F. VERNADAT. Distributed Client/Server Architecture For CIMOSA-Based Enterprise Components. Article accepté en *janvier 2004* dans *Computers In Industry* (en cours d'édition).

# *Laboratoire de Génie Industriel et de Production Mécanique*

<http://www.enim.fr/enim/lgipm.html>

Le laboratoire de Génie Industriel et de Production Mécanique (LGIPM / EA 3096) est un laboratoire de recherche commun à l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Metz, au centre de recherche de l'Ecole Nationale des Arts et Métiers de Metz et à l'Université de Metz. Il regroupe quarante personnes, dont quatorze enseignants-chercheurs (cinq Professeurs et neuf Maîtres de conférences titulaires), un chercheur à l'INRIA, quinze doctorants et quatre professeurs agrégés et six Maîtres de conférences associés. Le laboratoire est composé des trois équipes suivantes :

- Automatique de Génie Industriel pour la Productique (AGIP) : cette équipe s'intéresse à la modélisation et l'analyse des systèmes de production (modélisation structurale et comportementale, spécification et évaluation des systèmes discrets, ordonnancement, agencement, simulation), à la commande des équipements de production (commande réactive d'ateliers de production, optimisation de politiques de maintenance) et à l'intégration et systèmes d'information (Intégration et systèmes d'information, capitalisation des connaissances en conception, plates-formes d'intégration ; Ontologie).
- Ingénierie de Fabrication (IFAB) : les thèmes développés concernent la maîtrise de l'interaction produit-procédé-moyens de fabrication des pièces mécaniques de qualité, la conception et la fabrication intégrée en génie mécanique (indentification, structuration et formalisation des informations pertinentes liées au produit, au procédé, aux processus et aux ressources de production, conception conjointe du produit et du process). Ainsi que des expérimentations en usinage, rectification et forge (définition des procédures expérimentales de détermination des paramètres de conduite du procédé, qualification des procédés, équipements, des pièces).
- Conception d'Eléments de Machines et Actionneurs Eléctromécaniques (CEMA) : les études réalisées dans cette équipe portent sur la conception de moteurs et électrobroches à grande vitesse, la commande d'actionneurs électro-mécaniques complexes, la commande de robots à pattes (projet Robéa du CNRS) et éléments de machines et outillages.

Le LGIPM compte une quinzaine de doctorants principalement issus de trois DEA des Universités de Metz (en cohabilitation avec l'ENIM) et de Nancy : DEA de Mécanique, Matériaux, Structures et Procédés (MMSP), DEA de Production Automatisée (PA) et DEA de Génie des Systèmes Industriels et de l'Innovation Technologique (GSI). Et Il Le LGIPM dépend de deux Ecoles Doctorales IAE+M pour l'automatique et le génie industriel et EMMA pour la mécanique.

Le LGIPM participe à des projets régionaux, nationaux (MST-DSPT8), européens (INTAS, COPERNICUS, ESPRIT, GROWTH [ONE et V-CHAIN]) et collabore sur des contrats industriels et d'autres établissements (CETIM; CRAN; CTI Fundação Centro Tecnológico Campinas, Brésil; GREGI, Mons Belgique; Groupe GAMA; IUSPIM; National Tawain Ocean Univ., Tawain; Univ. d'Aix-Marseille; PRIMECA; Univ. de Bucarest, Roumanie; Univ. de Maryland, USA; Univ. Polytechnique de Valencia, Espagne; Université Technologique de Troyes (UTT); Univ. de Turin, Italie.)

# COMPOSANTS POUR LA MODÉLISATION DES PROCESSUS MÉTIER EN PRODUCTIQUE, BASÉS SUR CIMOSA

---

## **Résumé**

Ce travail de thèse se situe dans le cadre du projet C.A.S. (*CIMOSA Applications Server*) dont l'objectif est la mise en place d'un système d'information (S.I.) utile à la conception de systèmes d'entreprise et d'applications d'entreprise. Un système d'entreprise doit permettre une organisation transversale entre les entreprises autour d'objectifs communs. Au cœur du S.I. se trouve un référentiel constitué d'un ensemble de composants logiciels réutilisables destinés à faciliter et automatiser la conception d'applications appelées à manipuler des processus dans le cadre d'une chaîne d'entreprises.

Ces travaux de thèse sont focalisés sur la conception du référentiel dans le but est de modéliser les systèmes d'entreprise à travers leurs processus métier en respectant les objectifs communs fixés au niveau de la chaîne d'entreprise. Chaque modèle de système d'entreprise est capitalisé dans une bibliothèque propre à chaque entreprise. La capitalisation des modèles est assurée par le module S.I.R.S. (*Système Interactif de Recherche de Séquences*) déjà existant au laboratoire.

Ce référentiel s'appuie sur une méthodologie de modélisation intégrée dans un méta-modèle basé sur l'approche de CIMOSA. L'implémentation physique de ce méta-modèle a été réalisée par des composants « autonomes » et réutilisables que l'on a nommé : Composants de Modélisation en Entreprise (*EMC «Enterprise Modeling Components»*). Ces différents composants EMC peuvent être utilisés directement dans les applications d'entreprise ou manipuler dans un framework. Celui-ci permet d'automatiser la modélisation des systèmes d'entreprise.

Pour faciliter des améliorations ultérieures et des travaux développement informatique, la conception du méta-modèle et des composants est formalisée dans le langage unifié de modélisation UML (*Unified Modeling Language*). Une maquette informatique a été développée en orientée objet avec le langage Visual Basic.

---

**Mots clefs :** *Modélisation, Projet CAS, Système d'entreprise, Processus Métier, Référentiel, Méta-Modèle, CIMOSA, Composant, EMC, UML, Framework.*

---

# CIMOSA-BASED COMPONENTS FOR BUSINESS PROCESSES MODELING IN MANUFACTURING

---

## **Abstract**

This thesis work is a part of the project CAS (*CIMOSA Application Server*) which consists in setting up an information system (I.S.) useful for enterprise systems and applications design. The core of this I.S. is a common referential for a chain of enterprises.

Indeed, the work thesis was focusing on designing such referential, which allows to model enterprise systems through their business processes. This must be fulfilled by respecting the common objectives of the chain. Thus, the resulting models are capitalized in a systems repository of each enterprise, where they are shared to develop business process applications.

The referential offers a methodology of modeling that is integrated in a meta-model based on CIMOSA approach. The physical implementation of this meta-model was realized by "autonomous" and reusable components, which we called: "Enterprise Modeling Components" (E.M.C.).

The design of the meta-model and the components is formalized by the Unified Modeling Language (U.M.L.) to facilitate subsequent improvements and computing development.

To validate the approach, a software prototype of a framework has been developed while referring to the E.M.C. components. The framework objectives are automating the enterprise systems modeling. The models capitalization ensured by the module S.I.R.S. (*Système Interactif de Recherche de Séquences* "Interactive System for Sequences Search") existent in the Laboratory. The prototype has been developed with Visual BASIC language in object-oriented programming.

---

**Keywords:** *Modeling, Project CAS, Enterprise system, Business process, Referential, Meta-model, CIMOSA, Component, EMC, UML, Framework.*

---