



MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ ABDELHAMID IBN BADIS MOSTAGANEM

Faculté des Sciences Exactes et d'Informatique
Département de Mathématiques et d'Informatique
Filière Informatique

**Modélisation et Automatisation d'un processus de
Concurrent engineering**

Présenté par :

NAIMI Hanane

MOHAMED AMAR Amina

Encadré par :

- **LAREDJ Mohamed Adnane**

Deuxième Année Master Ingénierie des Systèmes d'Information

Année Universitaire 2014/ 2015

Table des Matières

Résumé	8
Introduction Générale	9
Chapitre I L'état de l'art de CE	10
1. Introduction	11
1.1. Ingénierie séquentielle:	11
2. Problématique	11
3. Ingénierie Concourante	12
3.1. Définition de l'Ingénierie Concourante	12
3.2. Contexte de L'Ingénierie Concourante	12
3.3.. La comparaison entre approche séquentielle et simultanée:	13
3.4. Les équipes multidisciplinaires de CE	14
3.5. Principes de l'Ingénierie Concourante	14
3.5. 1.Principe de structuration des activités	14
3.5. 2.Principes culturels et comportementaux	14
3.5. 3. Principes concernant le développement de produits	15
3. 6. Les outils d'ingénierie simultanée	15
4. Le TCAO en l'ingénierie concourante	15
4. 1. Définition de TCAO	16
4.2. Les outils du TCAO	17
4.2.1. Collecticiel (Groupware)	17
4.3. Typologies des outils de TCAO	18
4. 4. TCAO et Processus métier	19
5. Le Workflow	19
5.1. Qu'es ce qu'un Workflow ?	20
5.1.1. Définitions de base du workflow	20
5.2. Apport d'une application Workflow	20
5.2. Types de workflow	21
5.3. Model de référence des systèmes workflow	21
5.3.1. Interface 1 : Outils de définition de procédures	22
5.3.2. Interface 2 : Applications clientes workflow	22
5.3.3. Interface 3 : Applications invoquées	22
5.3.4. Interface 4 : Autres services d'exécution de workflow	23
5.3.5. Interface 5 : Outils d'administration et de contrôle	23
5.4. Modélisation des processus workflow	23
5.4. 2. Techniques et outils de modélisation de workflow	24

5.5. Domaine d'application	24
6. Le BPM	24
6. 1. Business Process Management (BPM).....	25
6. 1.1. Définition	25
6. 2. Moteur BPM	25
6. 3. Cycle de vie d'un BPM	25
6. 3.1. Modélisation	25
6.3.2.Exécution	26
6.3.3. Diagnostic	26
7. Conclusion	26
Chapitre II Les différentes méthodes de modélisation	9
1. Introduction	9
2. Caractérisation de formalismes de modélisation de processus collaboratif	9
2.2.Présentation des formalismes de modélisation de processus.....	10
2.2.1.Formalismes primaires.....	10
2.2.2. Formalismes évolués	11
2.3. Une comparaison des formalismes de modélisation	13
2.4. Différence de couverture entre les deux langages BPMN et UML	14
2.4.1. Couverture du langage BPMN.....	14
2.4.2. Couverture du langage UML.....	14
3. Analyse et comparaison des couvertures de BPMN et UML	15
4. Conclusion	16
Chapitre III Le BMPN et choix d'exemple	17
1. Introduction	9
2. Choix de langage	9
2.1. Les éléments de base BPMN	9
3. Exemples industriels d'applications de l'ingénierie simultanée	12
4. Conclusion	15
Chapitre IV Implémentation	9
1. Introduction	9
2. Plateforme .NET et Le Framework .NET.....	9
3. Outil de développement	10
3.1. Microsoft Visual Studio 2010 Premium	10
4. WPF « Windows Presentation Foundation »	11
4.1. Interface du logiciel	11
4.2. Ruban du logiciel.....	12

<i>4.3- Menu</i>	12
<i>4.4- Boite d'outils</i>	13
<i>4.5. La modélisation</i>	14
<i>4.6. Exemples de modélisation</i>	14
<i>6. Conclusion:</i>	15
<i>CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES</i>	9
<i>Bibliographies</i>	9

Table de figures :

<i>Fig I.1 : Le gain en temps de l'approche concourante versus l'approche séquentielle</i>	11
<i>Fig I.2 : Typologie espace-temps est présentée sous forme d'une matrice</i>	16
<i>Fig I.3: Typologie des outils Groupeware selon leurs fonctionnalités</i>	17
<i>Fig I.4: Modèle de référence: Composants et Interfaces des systèmes workflow</i>	19
<i>Fig II.1. Espace des modèles d'entreprises et espace des modèles de SI</i>	32
<i>FigIII.1 : Couloir</i>	35
<i>FigIII.2 : Principe avec deux couloirs (a pool withwolanes)</i>	36
<i>FigIII.3 : les éléments de catégories de base</i>	36
<i>FigIII.4 : La liste complète des types d'événements BPMN</i>	36
<i>FigIII.5 : Objets de Connexion</i>	37
<i>FigIII.6 : Les Artefacts</i>	38
<i>Fig III.7 : Diagramme Les méthodes de fabrication dans la production d'automobiles</i>	40
<i>Fig 4.1 : composants de la plateforme Framework</i>	43
<i>Fig IV.2 : Interface du logiciel</i>	44
<i>Fig IV.2 : Ruban du logiciel</i>	44
<i>FigV.3 : Le menu Fichier</i>	45
<i>FigV.4 : Le menu Edition</i>	45
<i>FigV.5 : Le menu Exporter</i>	46
<i>FigV.6 : Le menu aide</i>	46
<i>FigV.7 : Boite d'outils BPMN</i>	46
<i>FigV.8 : modélisation de processus en BPMN</i>	47
<i>Fig V.8 : représentation du processus</i>	48

Les tables :

<i>TAB.II.1 : comparatif des formalismes de modélisation de processus</i>	31
<i>TAB.III.1 : Les méthodes de fabrication dans la production d'automobiles</i>	40

Résumé :

Dans ce travail, nous avons traité la problématique de la concurrente ingénierie, dans ce contexte, la confrontation des points de vue des différents acteurs est donc inévitable. Elle est même souhaitable pour concevoir un meilleur produit. De plus, la mondialisation a permis aux entreprises d'utiliser des ressources distantes pour atteindre cet objectif. Ainsi, les équipes formées doivent coopérer entre elles pour mener à bien le projet de conception en dépit de temps et de distance. Par conséquent, l'étude des processus coopératif est un aspect important de la réussite du processus de conception.

L'automatisation de cette coopération se base principalement sur la TCAO, qui étudie plus particulièrement des applications dédiées à cette discipline appelées : GROUPWARES.

Parmi ces derniers (GROUPWARES), on s'intéresse à un type particulier d'applications appelé WORKFLOWS, qui sont utilisés pour organiser les tâches d'un organisme. La modélisation de ces workflows a été au cœur de notre problématique

Plusieurs auteurs ont décrit les problèmes rencontrés ou ont proposé des approches, cependant la problématique du choix de méthodes pour l'amélioration du processus d'implémentation n'a pas été souvent traité, il reste donc nécessaire de proposer. Une approche abordable pour des non spécialistes du domaine. Le but de ce travail est de mettre au point un outil d'aide à la coopération entre les différents acteurs impliqués dans le domaine d'ingénierie simultanée.

Introduction Générale :

Les technologies de la collaboration suscitent de nombreuses études sur la façon de concevoir et de développer des systèmes de Travail Coopératif Assisté par Ordinateur (TCAO). Néanmoins, les recherches relatives au pilotage du processus d'implémentation des outils de TCAO, dans le monde industriel, ne sont pas nombreuses.

La coopération est un aspect important dans l'équipe de conception. Où L'équipe cherche à améliorer la conception et le développement des systèmes mécaniques.

L'introduction des approches d'ingénierie simultanée et concourante fait que l'organisation du secteur industriel est obligée de confronter plusieurs domaines d'expertise.

Le but est d'anticiper des conflits, de réduire le temps de mise sur le marché et de concevoir des produits qui répondent aux attentes du client. Aujourd'hui, la conception est organisée par projets. Les acteurs travaillent ensemble pour intégrer divers aspects, par exemple : qualité, coût, performance du produit, maintenance, etc. De cette manière, l'étude et la mise en place de processus collaboratifs sont importantes pour le bon fonctionnement des projets.

Pour mettre au point un outil d'aide à la coopération entre les différents acteurs impliqués dans le domaine d'ingénierie simultanée, Ce mémoire est divisé en quatre chapitres dans lesquels sont traités les différents aspects de notre problématique.

:

- **Chapitre 1 :** définit le contexte de nos travaux de recherche Nous présentons une analyse critique portant sur l'état de l'art de l'ingénierie simultanée, et nous focalisons sur deux thèmes en particulier : TCAO et le workflow..
- **Chapitre 2 :** traite de plusieurs méthodologies de modélisation en conception, Nous présentons aussi brièvement la référence entre ces méthodes
- **Chapitre 3 :** on entamera par les éléments de BPMN pour mieux illustrer, ce chapitre , décrit une expérience de conception (exemples d'application l'automobile) qui a permis d'aboutir aux résultats de cette thèse.
- Chapitre 4 :** Enfin dans le quatrième et dernier chapitre, on s'intéressera à la partie développement et implémentation de notre application.

Ce mémoire se termine par une conclusion générale.

Chapitre I

L'état de l'art du Concurrent Engineering

1. Introduction :

La société a connu ces dernières années de profonds changements. Ces changements ont été particulièrement intenses en ce qui concerne le monde industriel, que ce soit au niveau des produits à concevoir, des technologies utilisées ou des méthodes de conception. De plus, les entreprises ont un besoin vital de s'adapter si elles veulent pouvoir rester compétitives.

Devant ces besoins, de nouvelles méthodologies de travail ont été élaborées. L'une des plus intéressantes actuellement est l'Ingénierie Concourante. Elle a provoqué un changement important des modes de travail au sein du monde industriel, car elle a complètement transformé la façon d'appréhender le développement de produits.

La difficulté de sa mise en place vient du fait qu'elle présente de multiples aspects, ainsi que d'autres facteurs qui contribuent à rendre les produits de plus en plus complexes, comme des facteurs économiques ou de concurrence.

La complexité des processus vient quant à elle : **[Bou, 99]**

- Des fortes contraintes qui sont imposées par les clients et les chefs d'entreprise concernant les coûts, les délais ou la qualité des produits.
- De la grande quantité de connaissances qu'il est nécessaire d'avoir et qui sont désormais multidisciplinaires.
- De la résolution coopérative de problèmes,
- De l'importance d'un certain nombre de facteurs économiques, sociaux et techniques.

1.1. Ingénierie séquentielle :

L'Ingénierie Séquentielle est la méthode traditionnelle de développement de produits depuis la révolution industrielle survenue à la fin du XIX^{ème} siècle. Lors du développement de produits en ingénierie séquentielle, les activités sont distribuées dans des départements spécifiques, du marketing à la vente en passant par le bureau d'études. Chaque département se cantonne à ses objectifs sans intervenir directement dans les activités d'un autre département. Les activités sont coordonnées par les documents validés par le département amont. Dans cette approche chaque phase puisse fonctionner de manière totalement indépendante vis-à-vis des autres départements et par conséquent vis-à-vis des autres métiers. **[Fle, 98]**.

2. Problématique :

Le problème de fond, avec l'approche séquentielle, est qu'il faut que chaque phase puisse fonctionner de manière totalement indépendante vis-à-vis des autres départements et par conséquent vis-à-vis des autres métiers. Si on reprend l'exemple de bureau d'études qui doit terminer complètement la conception pour enfin transmettre les plans au bureau des méthodes, qui peut ainsi définir les processus de production. Lors de la conception, des décisions qui découlent directement de la production doivent être prises au moment même de la conception. Or, les concepteurs n'ont pas forcément toutes les compétences pour répondre correctement à des problématiques de production. Ainsi, avec une telle approche, lorsque le résultat de la phase finale de conception arrive en phase de production, les acteurs impliqués

dans cette phase doivent demander des modifications de conception pour résoudre des problèmes non identifiés auparavant et satisfaire les exigences liées à la production. Il en résulte une certaine lenteur quant aux modifications apportées aux produits ainsi qu'un certain immobilisme lors de la redescende de l'information dans les autres services. La seule solution physique qui permette une réduction efficace du « time to market » consiste à éclater cette structure linéaire séquentielle en faisant travailler les différents services en même temps sur un même projet. Cela a pour effet à court terme de limiter fortement les modifications apportées au produit. L'idée est d'aboutir à une solution quasi optimale, en un minimum de temps en recueillant les opinions tout aussi diverses que variées de ces acteurs métiers, dès la phase de conception. [Dec, 98].

3. Ingénierie Concourante :

3.1. Définition de l'Ingénierie Concourante :

Les origines de l'Ingénierie Concourante sont le résultat d'une étude américaine de Clark et Fujimoto [Cla, 91] sur le secteur automobile japonais à la fin des années 1980. Durant cette étude, les auteurs ont constaté des temps de mise sur le marché de l'ordre de 25% moindre au Japon qu'en Europe ou aux États-Unis. Ils expliquent ces gains par des facteurs organisationnels :

- Organisation des projets autour de leaders aux pouvoirs forts.
- Constitution d'équipes de projet impliquant différents services de l'entreprise.
- Confrontation des points de vue dès le début du projet.
- Organisation simultanée du processus de développement produit.

L'Ingénierie Simultanée est : « une approche systématique pour la définition d'un produit consistant à prendre en compte, dès la phase initiale de conception, tous les éléments du cycle de vie du produit, de l'analyse des besoins à la fabrication et au soutien en utilisation, simultanément par tous les secteurs de l'entreprise. » [Cla, 91].

Les objectifs concernent la réduction des délais de développement ainsi que des coûts tout au long du cycle de vie, l'augmentation de la qualité des produits et services délivrés et enfin, une meilleure prise en compte des attentes des clients [Win, 88].

3.2. Contexte de L'Ingénierie Concourante :

L'Ingénierie Concourante a été développée pour répondre à une forte demande des industriels. L'objectif est désormais de permettre à un ensemble d'experts de travailler ensemble dès le début du développement d'un produit. Cela permet ainsi d'éviter les problèmes dus à un mode de développement séquentiel où les pertes de temps peuvent se révéler très vite importantes. Pour nos travaux de recherche, nous nous sommes fixé les mêmes objectifs que les industriels, à savoir réduire les temps et les coûts de production,

améliorer la qualité des produits et permettre aux industriels de concevoir des produits innovants. C'est dans ce cadre que nous considérons l'Ingénierie Concourante.

Ce domaine de recherche est très vaste qui comprend des travaux touchant à la résolution de conflit, à la modélisation des informations, à la création de réseaux mettant en œuvre de l'Ingénierie Concourante, etc. Parmi toutes ces possibilités, nous nous sommes intéressés à l'intégration des points de vue de différents experts. Cette méthode de travail permet de prendre en compte au plus tôt l'avis de chaque expert et d'éviter autant que possible le développement d'une solution qui a peu de chance de satisfaire le cahier des charges. Cela passe évidemment par une représentation adéquate des informations manipulées et des points de vue des experts. La difficulté réside ici dans le fait de trouver des représentations adéquates des produits et des processus qui puissent tenir compte des points de vue spécifiques de chacun des experts.

Le but de l'ingénierie simultanée est de faire évoluer le processus de conception dans trois niveaux :

- Réduire les délais en mettant les tâches en parallèle.
- Augmenter la qualité en intégrant toutes les contraintes liées au produit tout au long de son cycle de vie et au plutôt dans le processus de conception.
- Diminuer le coût, en faisant bien le plus vite, en évitant les rebouchages et en optimisant le produit globalement.

3.3. La comparaison entre approche séquentielle et concourante :

La Figure I.1 présente un schéma du gain de temps de l'approche concourante vers l'approche séquentielle. Nous pouvons remarquer que la parallélisation de tâches permet de démarrer plus vite certaines tâches. Cependant ceci impose que toutes les activités sont indépendantes les unes des autres. Ce qui n'est pas forcément exact. Une certaine activité peut avoir besoin des résultats d'une autre. En conséquence, si cette activité démarre avant d'avoir toutes les informations nécessaires pour sa réalisation, elle sera « conduite » comme la résolution d'un problème mal défini, d'où intérêt de faire participer les responsables de cette activité pour prendre en compte leurs contraintes dans la réalisation de l'activité précédente. Nous sommes d'accord avec [Pru,99] qui affirme que la conception est donc une activité parallèle et intégrée.

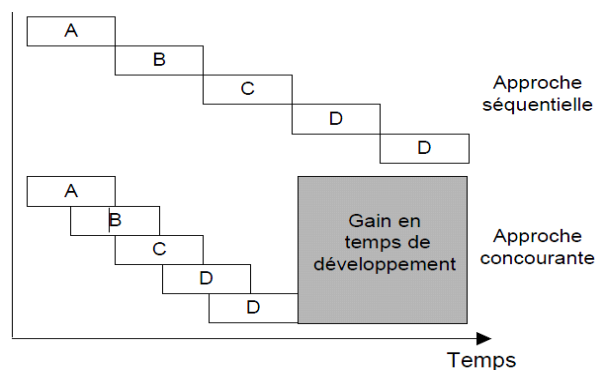


Fig I.1 : Le gain en temps de l'approche concourante versus l'approche séquentielle [Pru, 99].

3.4. Les équipes multidisciplinaires de CE :

Les membres de l'équipe de CE¹ sont composés de divers départements tels que: marketing, l'ingénierie de produits, l'ingénierie de fabrication, l'ingénierie de production, finance, qualité, contrôle logistique, l'ingénierie des systèmes, les services et les équipes de conseil ou de soutien externes ainsi que les clients et les courtiers [Ash, 00]. Certaines des structures de l'équipe multidisciplinaire CE comprennent:

Equipe fonctionnelle, Equipe Léger, Equipe Poids lourd, Equipe autonomie, Equipe virtuelle.

3.5. Principes de l'Ingénierie Concourante :

Les études sur ce sujet ont montré que les principes induits des concepts que nous venons de citer peuvent être répartis en trois catégories [Bou, 99]:

3.5. 1.Principe de structuration des activités :

La première de ces catégories de principes regroupe les principes de structuration des activités. Elle vient du besoin qui existe en Ingénierie Concourante d'essayer d'intégrer de manière optimale les activités incluses dans le processus de développement de produit. Cela passe par une parallélisation des tâches liées aux différents métiers qui collaborent ainsi que par le chevauchement des différentes étapes de conception et d'industrialisation. Des recherches ont été menées dans ce sens et ont abouti à des travaux sur la décomposition du processus global en sous-processus exécutables simultanément et sur la gestion de la synchronisation des activités. Cette nouvelle approche du travail implique une forte augmentation du flux d'information. Cette augmentation est due au grand nombre d'échanges (en matière de données et de communication) nécessaires pour une gestion efficace des ressources, des individus et du travail fourni. [Seb, 05]

3.5. 2.Principes culturels et comportementaux :

La deuxième de ces catégories concerne les principes culturels et comportementaux. En effet, la façon de travailler dans les entreprises voulant implanter l'Ingénierie Concourante doit être profondément changée. Les personnes intervenant dans le processus de développement de produit doivent avoir un comportement collaboratif avec des personnes de disciplines différentes et de niveaux hiérarchiques différents.

Cela nécessite avant toute chose de créer une dynamique de groupe qui doit être basée sur l'implication des niveaux supérieurs de la hiérarchie ainsi que sur la formalisation de buts communs. Ces buts communs serviront de lien entre les groupes de travail et donneront une direction commune à toutes les personnes intervenant dans un même projet. Une bonne dynamique de groupe favorise l'apprentissage des méthodes de travail collectif et le développement d'attitudes coopératives.

En complément d'un comportement coopératif, les points de vue de tous les intervenants doivent dès le début du projet être exprimés et confrontés les uns aux autres. Cela a pour

¹ : L'Ingénierie Concourante.

conséquence de changer profondément la manière de travailler des participants à la conception d'un produit. [Seb, 05]

3.5. 3. Principes concernant le développement de produits :

Enfin, la troisième des catégories de principes à être citée par [Bou, 99] concerne le développement de produits. Cette catégorie est liée aux objectifs de l'Ingénierie Concurrente, qui visent à améliorer la qualité des produits et à permettre des conceptions innovantes. Elle est également liée au fait que les clients ne se contentent plus de définir un cahier des charges mais qu'ils donnent des directives durant tout le processus de développement de produit. L'Ingénierie Concurrente, pour être plus efficace, se doit donc de prendre en compte les attentes du client, qui évoluent en parallèle avec le produit. Pour ce faire, le processus de développement doit se focaliser sur les besoins du client et sur son intégration dans les équipes de développement, comme cela a été le cas dans le développement des nouveaux AIRBUS [Pap, 00]. Tous ces principes ont conduit les chercheurs à s'interroger sur les points essentiels qui influent sur la mise en œuvre de l'Ingénierie Concurrente.

3. 6. Les outils d'ingénierie simultanée :

Après avoir établi la structure et l'infrastructure appuyant l'ingénierie simultanée. il faut également se pencher sur l'utilisation et le développement d'outils utilisés par les membres des équipes multidisciplinaires afin de faciliter et solidifier la base de leurs actions quotidiennes. [Pat, 00]

- **Outil d'aide à la décision :**
 - *Processus de sélection de concepts de Pugh :*
- **Outils d'analyse :**
 - *Analyse de défaillance.*
 - *Analyse des causes et effets des défaillances.*
- **Outils de développement :**
 - *Conception assistée par ordinateur.*
 - *Processus automatisé d'établissement des méthodes de production.*
- **Outil d'intégration :**
 - *Déploiement de la fonction qualité (QFD).*

4. Le TCAO en l'ingénierie concurrente :

Le TCAO² s'applique en effet aux exigences de l'ingénierie concurrente à travers laquelle la coordination entre métiers est un point fondamental pour le bon déroulement du projet en cours. Associé aux ressources, offertes par les réseaux Intranet et Internet, les systèmes coopératifs apportent donc des solutions à la conception de produits de qualité tout en diminuant le temps et le coût de leur développement grâce à la mise en place d'une

² : Travail Coopératif Assisté par Ordinateur.

coordination forte et efficace entre les acteurs du groupe projet. Dans le paragraphe suivant nous allons définir le TCAO ainsi que leurs outils.

4. 1. Définition de TCAO :

Le terme TCAO (Travail Coopératif Assisté par Ordinateur) en anglais CSCW (Computer Supported Cooperative Work) a été inventé par Irene Grief au milieu des années 80, afin d'identifier un champ de recherche interdisciplinaire ayant pour objectif d'étudier le rôle de l'outil informatique dans le travail de groupe, quel que soit le type de travail réalisé [Ban, 92]. Cette définition est complétée par [Ols, 97] qui précisent que, dans ce cadre, l'outil informatique est utilisé pour le traitement de l'information et pour la communication, afin de supporter la réalisation de tâches et leur organisation. Les disciplines suivantes sont impliquées : le génie informatique, les sciences et la gestion de l'information, la psychologie (cognitive, sociale et organisationnelle) ainsi que la sociologie.

Selon l'AFCEC, le TCAO : « regroupe l'ensemble des techniques et des méthodes qui contribuent à la réalisation d'un objectif commun à plusieurs acteurs, séparés ou réunis par le temps et par l'espace, à l'aide de tout dispositif interactif faisant appel à l'informatique, aux télécommunications et aux méthodes de conduite de groupe ».

D'autres termes peuvent être employés dans la littérature afin de désigner le TCAO. On trouve une liste non exhaustive dans le texte de [Ban, 92]: support au travail de groupe (workgroup computing), support au travail collaboratif (collaborative computing), support au travail coopératif (cooperativework support).

4.1.1. Le travail collaboratif :

Est un mode de travail de groupe non hiérarchisé (d'égal à égal). Les intervenants mettent en commun leurs créativité et leurs compétences ; chacun d'eux apporte son savoir et ses idées. Le travail se fait par collaboration du début à la fin sans division fixe des tâches. Ce type de travail est caractérisé par [POT, 07]:

- Le travail se fait par accumulations et modifications permanentes.
- Mode de communication synchrone.
- Mode de travail synchrone et parfois asynchrone.
- Rapports horizontaux entre individus.
- Le travail individuel est difficilement identifiable à la fin.

4.1.2. Le travail coopératif :

Est un travail de groupe hiérarchiquement organisé qui fonctionne suivant un planning impliquant des délais et un partage des tâches. Chaque intervenant sait ce qu'il doit faire dès le début et communique, échange ou partage des éléments uniquement pour arriver à son objectif individuel [POT, 07].

A la fin, le travail de chacun est relié pour créer un objet unique de travail. Ce type de travail est caractérisé par :

- Le travail se fait par recueil de tous les travaux individuels.

- Mode de communication asynchrone.
- Mode de travail asynchrone et parfois synchrone.
- Rapports verticaux entre individus.
- Le travail individuel est facilement identifiable à la fin.

Il existe trois types de travail coopératif :

- ✚ **Coopération additive** : L'homme est caractérisé par une capacité de traitement de l'information lente et limitée, c'est pourquoi, un ensemble d'individus peut effectuer une tâche qu'un seul individu n'aurait pu réaliser seul.
- ✚ **Coopération intégrante** : Chaque salarié est mené à réaliser des tâches selon sa spécialisation sans y intégrer d'autres tâches. Dans ce cas, l'outil informatique peut le libérer des tâches intellectuelles connexes afin d'éviter de le perturber.
- ✚ **Coopération de débat** : L'outil informatique apporte dans ce type de coopération une aide à la réflexion et à la résolution de problèmes en collectant un ensemble de points de vue et en prélevant la solution la plus adéquate au problème posé.

4.2. Les outils du TCAO :

Les outils utilisés dans le TCAO appelés collecticiels, prennent une place importante au sein des nouvelles organisations car ils permettent de structurer les activités collectives à travers l'échange et le partage de documents, la coordination des actions coopératives, la gestion des communications synchrones et asynchrones ou encore l'instrumentation des prises de décisions collaboratives [GRO, 10].

4.2.1. Collecticiel (Groupware) :

Ellis, Gibbs et Rein, considèrent que le collecticiel a pour objectif d'assister un groupe dans ses activités de coopération, de coordination et de communication. Pour ces auteurs, le collecticiel est : « *un système informatique qui assiste un groupe de personnes engagées dans une tâche commune (ou un but commun) et qui fournit une interface à un environnement partagé* » Ainsi, ce sont les notions de tâches communes et d'environnement partagé qui sont déterminantes. Dans ce cadre, [Ell, 91] excluent des collecticiels les systèmes de gestion des plannings parce qu'ils n'impliquent pas nécessairement les personnes dans une tâche commune alors qu'ils offrent une interface partagée.

Cette définition ne fait toutefois pas état des technologies liées au collecticiel qui permettent le travail en équipe. [Gru, 91] souligne à ce sujet que le courriel a longtemps opposé les auteurs qui le considéraient comme le premier collecticiel de ceux qui l'excluaient des outils de TCAO.

On peut aujourd'hui affirmer que le courriel est un des éléments qui composent le collecticiel puisqu'il permet la communication entre plusieurs personnes. Selon cette approche, Soubieet al, définissent les collecticiels comme : « *les outils logiciels ayant pour objectif de mettre à la disposition d'opérateurs humains en situation de coopération pour une tâche, des moyens de communication adaptés au mode de coopération du collectif.* »

Le travail coopératif nécessite trois types d'outils :

- **Outil de communication** : Pour participer un projet, les membres du groupe échangent des données ou des documents entre eux, ce qui nécessite des logiciels de communication afin de favoriser la coordination des activités d'un groupe.
- **Outil de coordination** : C'est souvent, des outils informatiques de gestion de travaux (outils de workflow) qui permettent de suivre le projet. Ces outils facilitent l'organisation des travaux de plusieurs individus sur un même processus.
- **Outil de coopération (partage de travail)** : Chaque participant réalise une ou plusieurs tâches du projet commun en dépit des contraintes de distances et de temps.

4.3. Typologies des outils de TCAO :

Dans le domaine du TCAO, on trouve deux types de typologie. La première est une typologie articulée sur l'espace et le temps, alors que la seconde est une typologie fonctionnelle.

- **Typologie espace-temps**: La typologie Espace-temps, proposée à l'origine par Ellis [Ell. 91], est construite sur deux sous-typologies :
 - **temporelle**: une typologie basée sur le temps qui conduit à distinguer le travail synchrone travail mené simultanément par les différents participants du travail asynchrone permettant à chacun de travailler quand il en a la possibilité et/ou la nécessité.
 - **spatial**: une typologie basée sur l'espace qui fait intervenir la distance. On peut travailler dans le même lieu ou à distance. Dans le premier cas, on parle de co-localisation, dans le second de présence virtuelle, de télé présence ou de présence à distance.

	Même lieu	Lieux différents
Même moment: synchrone	Décision collaborative Communication interpersonnelle Salles de réunion Tableaux blancs électroniques Réunion	Vidéo conférence Téléconférence Partage d'écrans Document partagé Téléphone
Moment différent: asynchrone	Memos Post-it boites aux lettres Forums électroniques Jeux de rôles	Messagerie électronique Messagerie en générale Mail Workflow Formulaires

Fig 1.2 : Typologie espace-temps est présentée sous forme d'une matrice[Ell. 91].

- **Typologie fonctionnelle** : Dans la littérature, nous rencontrons une autre forme de typologie basée sur l'aspect fonctionnel. Cette dernière a été initiée par Ellis en 1994 [Ell, 94]. Salber a repris cette décomposition dans ses travaux [Sal. 95] et a ainsi pu définir trois espaces pour les outils de TCAO comme la montre la figure :

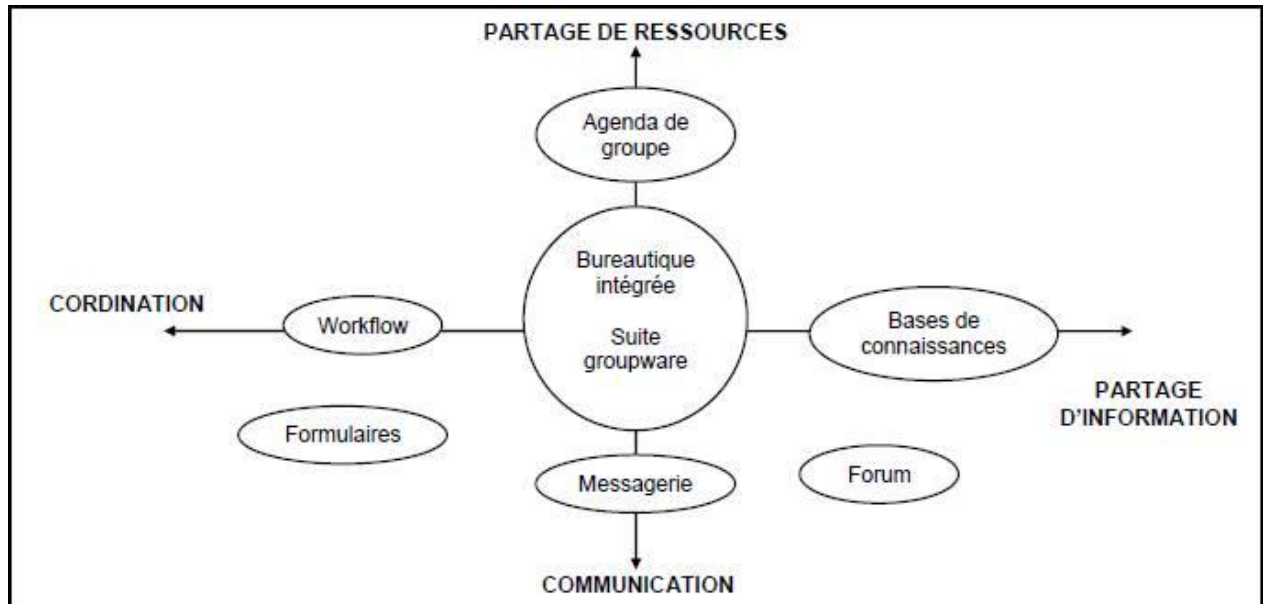


Fig I.3: Typologie des outils Groupware selon leurs fonctionnalités [Sal. 95].

4.4. TCAO et Processus métier :

La gestion de la production assistée par ordinateur a été l'une des premières à réclamer une technologie qui permet d'automatiser des procédures de travail, ce qui signifie faire une interprétation informatisée des activités d'une entreprise pour mieux les gérer et faire leur suivi à tout moment. Ses activités sont appelées processus, ces derniers décrivent de façon méthodique un ensemble d'activités ou une organisation dans le but de contribuer à la satisfaction du client [ELM,10].

5. Le Workflow :

Le travail coopératif assisté par ordinateur est une méthode de travail. Bien que souvent assimilé à tort au groupware, le TCAO s'en distingue du fait qu'il représente l'étude des outils et techniques des groupwares ainsi que leurs effets sociaux, psychologiques et d'organisation.

Le groupware est un domaine transversal à part entière. C'est un ensemble de programmes qui permet le travail de groupe. L'une des composantes principales du groupware est le workflow.

5.1. Qu'es ce qu'un Workflow ?

Selon [WFM ,99], le Workflow est un outil de groupe qui fait appel à un groupe d'acteurs de l'entreprise. Il s'intéresse surtout aux processus administratifs qui traitent un événement extérieur dès son apparition jusqu'à son traitement complet. Une application de workflow connaît les tâches et la procédure à appliquer pour les cas qu'elle sait traiter. Ainsi, elle a pour rôle de décomposer les cas en tâches, et d'affecter chaque tâche à un acteur selon les règles de gestion prédéfinies. L'introduction du workflow constitue pour cette raison un changement capital dans la façon d'assister les entreprises, le workflow s'intéresse directement aux processus dans leur intégralité, à leur suivi, à l'affectation des tâches aux acteurs, au suivi des échéances et au traitement des exceptions. Ceci est accompagné par l'enregistrement des données permettant d'analyser les coûts, les charges et la qualité essentiels à une approche industrielle.

5.1.1. Définitions de base du workflow :

Face à un grand nombre de produits workflow, chacun utilisant sa propre terminologie, un groupe de vendeurs et de consultants ont créé en 1993 la coalition de gestion de workflow.

La WPMC³[WFM ,99] regroupe plus de 250 vendeurs, utilisateurs, consultants et institutions de recherche qui ont intérêt au domaine de la gestion de workflow. Cette coalition a pour but d'encourager l'utilisation de workflow par l'établissement de standards pour les systèmes de gestion de workflow.

Un workflow : est la forme exécutable d'un processus d'une organisation, gérable par un système workflow. Il permet d'automatiser l'exécution du processus ou encore sa simulation.

Un système workflow : (ou WFMS pour Système de Gestion de Workflow) est un système informatique permettant la gestion des processus métiers. Les services proposés par un WFMS sont au minimum l'exécution d'un processus et sa gestion (contrôle et suivi) en plus de la mise à disposition des outils et des documents nécessaires à la réalisation des différentes étapes du processus.

La technologie workflow : est la technologie informatique du TCAO, qui s'intéresse à la gestion des processus de l'organisation. C'est l'ensemble des moyens utilisés pour automatiser et gérer un processus. Cette gestion est garantie vu qu'il est possible de présenter un modèle de processus sous une forme exécutable.

5.2.Apportd'une application Workflow:

Une application de workflow, associée le plus souvent à une application dédiée à la gestion électronique de documents, amène des gains de productivité allant de 20 à 50% sur la part des tâches automatisées, et permet de réduire des délais de 30 à 90% [WFM, 99]. Un workflow permet de :

³ Workflow Management Coalition.

- Représenter la structure d'un groupe en termes d'acteurs, de groupes d'acteurs et de rôles tenus par chaque acteur. C'est une représentation de l'organisation du groupe.
- Assurer le traitement de chaque cas en conformité avec les procédures de l'entreprise. Il applique les procédures.
- Préparer les tâches à exécuter au fur et à mesure de l'avancement des cas. Il assure ainsi la planification du travail.
- Attribuer les tâches aux acteurs en fonction des critères prédéfinis de rôle, d'appartenance aux divers groupes, et de charge. Il peut assurer la répartition automatique du travail.
- Enchaîner automatiquement les appels aux outils bureautiques ou informatiques que réclame chaque tâche. Il assiste ainsi chaque acteur dans l'exécution de son travail.
- Maintenir et rendre immédiatement accessibles tous les documents utiles au traitement de chaque cas. Il assiste ainsi les acteurs en regroupant autour de chacune des tâches tous les éléments qui lui sont pertinents.
- Tenir une comptabilité détaillée de l'exécution de chaque tâche. Il permet de fournir des statistiques riches sur les procédures et l'activité des acteurs.

5.2. Types de workflow :

Dans les systèmes workflow, on distingue généralement quatre types :

- **Workflow de production :** appelé aussi procédural ou directif, il correspond à la gestion des processus métiers connus (préétablis).
- **Workflow administratif :** basé en général sur une infrastructure de messagerie et permet le routage d'information et de document.
- **Workflow ad-hoc :** basé sur un modèle collaboratif : le cheminement est dynamique, les utilisateurs interviennent presque systématiquement dans les décisions de routage. Il est utilisé pour la gestion des procédures non déterminées.
- **Workflow coopératif :** il gère des procédures évolutives liées à un groupe de travail dans l'entreprise.

5.3. Model de référence des systèmes workflow :

La WFMC a développé un modèle de référence pour la technologie de workflow. La **Figure 04** illustre ce modèle. L'objectif principal du modèle de référence est de fournir un standard pour l'interopérabilité entre les sous-systèmes de workflow. Il se compose d'une description générale de la structure d'un WFMS, dans laquelle cinq principaux éléments sont présentés (des outils de définition de processus, des applications clientes de workflow, des applications invoquées, des outils d'administration et de contrôle et d'autres services d'exécution de workflow).

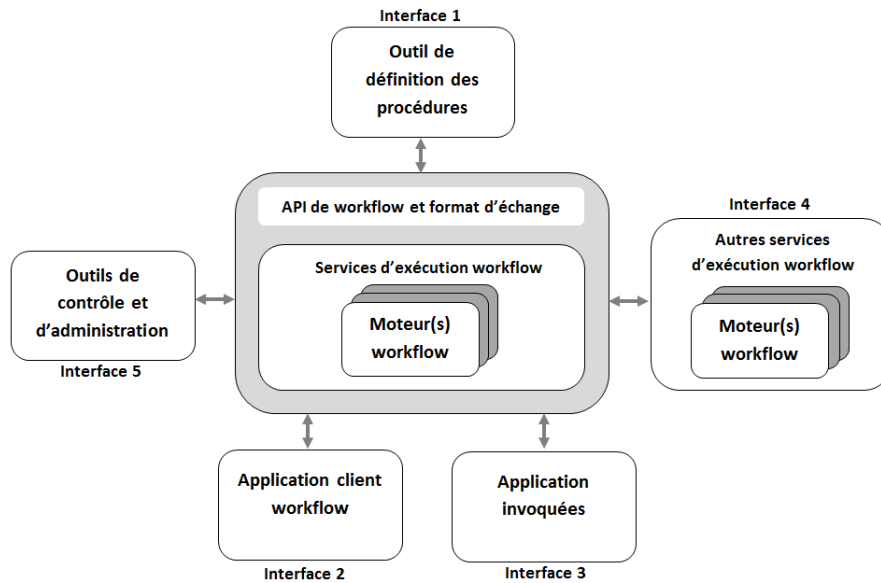


Fig I.4: Modèle de référence: Composants et Interfaces des systèmes workflow[WFM, 99].

Ces éléments sont liés au service d'exécution de workflow via l'incorporation d'interfaces, qui sont assurées par une série d'appels à des API (Workflow Application Programming Interface WAPI). Nous décrivons dans les points qui suivent ces cinq interfaces :

5.3.1. Interface 1 : Outils de définition de procédures :

Les outils de définition de processus sont utilisés pour spécifier et analyser les définitions des processus workflow et/ou les classifications des ressources. La plupart des systèmes de gestion de workflow fournissent trois outils de définition des processus :

Un outil avec une interface graphique pour définir les processus workflow, un outil pour spécifier les classes de ressources (modèle d'organisation), et un outil de simulation pour analyser un workflow spécifié.

5.3.2. Interface 2 : Applications clientes workflow :

L'utilisateur final communique avec le système workflow via les applications clientes. Un exemple d'application cliente workflow est la liste d'éléments de travail ou encore la corbeille. Via une telle corbeille les éléments de travail sont offerts à l'utilisateur final. En sélectionnant un élément de travail, l'utilisateur peut exécuter une tâche pour un cas spécifique.

5.3.3. Interface 3 : Applications invoquées :

L'interface 3 permet à un système workflow l'invocation d'applications si nécessaire. Par exemple, dans le cas des applications manipulant des données fortement typées, un composant externe, supplémentaire, est ajouté. Ce composant, dit agent d'application, est chargé de traduire ces données dans un format compréhensible par WAPI.

5.3.4. Interface 4 : Autres services d'exécution de workflow :

Via l'interface 4, un système workflow peut échanger des informations avec d'autres moteurs de workflow. Cette interface assure par exemple les fonctions de manipulation des éléments de travail ou des listes d'éléments de travail et de leur transmission entre deux systèmes workflow.

5.3.5. Interface 5 : Outils d'administration et de contrôle :

Les outils d'administration et de contrôle sont utilisés pour surveiller et contrôler le workflow. Ces outils sont utilisés pour enregistrer l'avancement des cas et pour détecter les exceptions. En outre, ces outils sont utilisés pour définir les paramètres, allouer les ressources et gérer les anomalies.

5.4. Modélisation des processus workflow :

La modélisation est une activité qui précède toute décision ou formulation, elle permet de représenter la description du système réel. Tout comme un système informatique, le système workflow comporte un certain nombre d'aspects à modéliser. nous présentons au premier lieu certains aspects temporels et organisationnels des workflows , et nous terminons par les principales techniques de modélisation utilisées dans le domaine de workflow.

5.4.1. Aspects à modéliser :

Selon [Dan, 07] il existe plusieurs aspects à modéliser :

- ***L'aspect fonctionnel*** : L'aspect fonctionnel concerne l'identification des activités des processus que l'on souhaite modéliser. Il est important de comprendre qu'il ne s'agit pas uniquement d'identifier les fonctions des différents départements d'une organisation mais aussi de distinguer les activités composant un processus. La modélisation fonctionnelle doit également permettre d'établir la hiérarchie des activités, i.e. d'exprimer de possibles décompositions en termes de sous-processus. Enfin, le modèle fonctionnel doit aussi représenter le flux de données associées aux activités et les interdépendances de données entre les activités (data flow).
- ***L'aspect comportemental*** : L'aspect comportemental est un aspect primordial du workflow puisqu'il correspond à la dynamique du processus. Le comportement s'exprime par la modélisation d'un contrôle de flux entre les activités. Ce dernier permet d'indiquer la chronologie de l'exécution des activités, leur flux (séquentiel ou parallèle), les points de synchronisation entre activités ou au contraire, les points de disjonction. De plus, le modèle comportemental doit représenter les événements qui permettent de déclencher les activités. Nous soulignons l'importance de ce modèle, qui permet l'exécution du workflow. L'aspect comportemental est également appelé aspect de coordination.
- ***L'aspect informationnel (données)*** : Cet aspect concerne l'ensemble des informations et des données qui sont associées aux activités. Le modèle informationnel, souvent

négligé lors de l'implémentation d'un workflow, décrit en détail les relations qui existent entre les données, leur type et leur structure.

- **L'aspect organisationnel** : Comme son nom l'indique, la partie organisationnelle concerne la description de l'organisation des acteurs de l'entreprise. Le modèle organisationnel peut soit refléter fidèlement l'organigramme de l'entreprise, c'est à dire la décomposition hiérarchique de celle-ci en départements et services soit décrire des unités organisationnelles dans lesquelles on identifie des acteurs. Selon la méthode choisie, la description est plus ou moins détaillée et permet d'établir des liens hiérarchiques entre les acteurs ainsi que des relations entre unités organisationnelles ou départements. Toutefois, quelle que soit la méthode retenue, la description des rôles associés aux différentes activités reste invariante. Les rôles créent l'interface entre le modèle organisationnel et les modèles représentant les activités.

5.4. 2. Techniques et outils de modélisation de workflow :

Associés aux aspects à modéliser définis précédemment, un certain nombre d'outils de modélisation peuvent être employés pour décrire le comportement des flux de travail.

- Réseaux de Pétri.
- UML.
- Bien qu'il existe d'autres.

5.5. Domaine d'application :

- Les systèmes bancaires et d'assurance.
- Le processus de développement d'un logiciel.
- Le monde médical.
- Domaine industriel.
- Les administrations et les services publics.

6. Le BPM :

La méthode workflow très répandue pendant les années 90 a été destinée à jouer un rôle majeur pour faciliter et accélérer les processus TCAO. L'outil UML été généralement le moyen le plus utilisé pour modélisé ces processus, bien qu'il existait d'autres. Mais avec l'apparition des nouvelles formes de processus métier (business process) très complexes, il ne devenait pas facile de les modéliser, alors pour répondre à ces problèmes les études ont mené à BPMN. Dans ce qui suit, on aborde une autre méthode (BPM) et son langage (BPMN) conçue pour permettre de concevoir et de réaliser rapidement des solutions complètes intégrant des interfaces utilisateurs et systèmes et pour faire une gestion complète et une exécution temps réel du processus et de ses performances.

6. 1. Business Process Management (BPM):

Dans le début des années 2000, on a connu l'essor d'un nouveau système connu sous le nom de (BPM)⁴, ce dernier rassemble tous les principes des systèmes précédents en une seule suite, ainsi il gère les processus métier depuis leur conception jusqu'à leur exécution finale.

6. 1.1. Définition :

On appelle « BPM » traduit littéralement « gestion des processus métiers », L'approche consistant à modéliser informatiquement les processus métiers de l'entreprise, aussi bien dans leur aspect applicatif qu'humain. L'objectif de cette démarche est d'aboutir à une meilleure vue globale de l'ensemble des processus métiers de l'entreprise et de leurs interactions afin d'être en mesure de les optimiser et dans la mesure du possible, de les automatiser au maximum à l'aide d'applications métier.

6. 2. Moteur BPM :

Le moteur de BPM remplace le moteur de workflow, il est chargé de synchroniser les services du système d'information. Aujourd'hui, les moteurs d'exécution de workflow respectent la norme BPEL⁵. L'utilisation de cette norme permet une interopérabilité entre les différents outils du marché.

6. 3. Cycle de vie d'un BPM :

Un système BPM se déroule en trois étapes : modélisation, exécution et diagnostic, il est souvent précédé par l'étude de l'organisation dans le but de recueillir toutes les informations nécessaires pour définir son mode de fonctionnement.

6. 3.1. Modélisation :

Cette phase consiste à définir les nouveaux processus de manière abstraite ou détaillée selon les besoins et de redéfinir les processus existants susceptibles d'être améliorés, elle se déroule en trois étapes :

- Définir un processus de haut niveau sans ses aspects techniques en décrivant seulement sa structure, les ressources nécessaires et ses interfaces, pour cela, on utilise des langages graphiques tels que BPMN, UML.
- Configuration du processus en spécifiant ces détails fonctionnels dans cette étape des langages d'exécution sont utilisés comme le BPEL.
- la dernière étape consiste en l'évaluation du processus exécutable en utilisant par exemple des techniques de simulation ou de vérification formelle comme les (RDP)⁶,

⁴ : Business Process Management.

⁵ : Business Process Execution Language.

⁶ : Réseaux de Pétri.

l'utilisation de ces derniers présente un grand intérêt, car elle permet de s'assurer au mieux du bon fonctionnement des processus modélisés avant toute interprétation (exécution).

6.3.2. Exécution :

Dans cette phase, le processus exécutable est interprété par un moteur d'exécution appelé BPE (Business ProcessEngine), ce dernier gère l'interaction entre les composants du processus (tâches, documents, informations) et le flux de son contrôle en appelant les diverses ressources.

6.3.3. Diagnostic :

L'exécution du processus est analysé par extraction d'information à partir du journal d'événements appelé Process-mining pour mesurer les performances opérationnelles. Son but est de tracer les transactions et de découvrir le modèle du processus à partir des informations de la phase d'exécution, ce modèle sera comparé au processus de la phase de modélisation. La découverte du modèle original du processus permet de reconstruire le modèle de processus en se basant sur la description des comportements décrits dans les journaux, le contrôle de la conformité compare le modèle du processus avec le comportement observé dans le journal pour vérifier si l'exécution du processus est similaire aux besoins, enfin d'assurer l'amélioration du modèle du processus en se basant sur les détails extraits des journaux d'événements.

7. Conclusion :

L'étude que nous venons de réaliser a porté sur l'analyse de ce nouveau concept qu'est l'Ingénierie Concurrente., la concurrence entre toutes les entreprises oblige ces dernières à développer, dans des temps et à des coûts toujours moins élevés, des produits innovants et de très bonne qualité. Cela passe, par un changement des habitudes de travail, ce qui ne va pas sans poser des problèmes. Ces changements concernent augmentation du flot d'information qui circule entre tous les participants d'un même projet. Ce flot d'information concerne aussi bien les données relatives au produit, les données relatives aux processus, les communications entre les personnes que les points de vue des experts. Les industriels ont ainsi un fort besoin d'un guide pour les aider à implémenter l'Ingénierie Concurrente, ce qui constitue un gros travail pour les années à venir.

Chapitre II

*Les différentes méthodes de
modélisation.*

1. Introduction :

Dans ce chapitre, nous décrivons tout d'abord certaines approches empiriques utilisées pour étudier la conception. Caractérisation de formalismes de modélisation de processus collaboratif, nous exposons plusieurs méthodologies de modélisation de gestion des processus métier qui existent en conception. Nous cherchons ici à situer nos travaux par rapport à celles-ci. Par la suite, Nous présentons, dans cette partie, une étude de comparaison réalisées à l'aide de ces approches. Pour finir, nous présentons et discutons une comparaison entre deux approches les plus adoptées dans les travaux de recherche (UML, BPMN).

2. Caractérisation de formalismes de modélisation de processus collaboratif :

Selon [Lem .90] la modélisation est définie comme « l'élaboration et la construction intentionnelle par composition de symboles, de modèles susceptibles de rendre intelligible un phénomène perçu complexe, et d'amplifier le raisonnement de l'acteur projetant une intention délibérée au sein du phénomène ». Un modèle possède alors une syntaxe définie et chaque élément de modèle véhicule une sémantique particulière. [Zai. 05] ajoute que la modélisation est basée sur des techniques appropriées : « le processus de modélisation dans les entreprises est une tâche très complexe. Il consiste à décrire un agencement d'un nombre d'éléments important dont la nature est différente. La réalisation de ce processus requiert l'utilisation de techniques de modélisation appropriées. C'est dans ce sens que les architectures de référence ont proposé des cadres de modélisation pour la conduite du processus de modélisation ».

Ces techniques de modélisation sont basées sur des formalismes de modélisation bien spécifiques au contexte de la problématique. Pour notre objectif de modélisation de processus collaboratif, plusieurs formalismes de modélisation de processus, sont utilisés. Afin de comparer les différents formalismes de modélisation de processus présentés par la suite, nous nous basons sur un ensemble de critères, organisés en différentes catégories. La plupart des critères sont dérivés de [Nur , 07], [Mor , 05] et [Mou ,02]. Ils sont présentés dans la liste suivante :

- ✓ *représentation de la granularité* : un processus peut se décomposer en sous processus.
- ✓ *Description de l'enchaînement d'activités* : un processus métier doit être décrit en termes d'enchaînement d'activités.
- ✓ *Traitement de conditions* : possibilité de définir les conditions d'exécution d'une activité en fonction de variables internes au processus (coûts, délais, etc.).
- ✓ *Gestion des événements* : prise en compte des événements externes et des exceptions dans le processus.
- ✓ *Gestion documentaire* : possibilité d'assigner des documents à une activité métier.

- ✓ **Gestion de la performance** : mettre en œuvre un suivi de performance d'un processus. Il est important d'attacher à chaque activité des critères de mesure de la performance (coûts, délais, qualité, etc.).
- ✓ **Description des ressources** : une ressource doit pouvoir être typée (système, homme, machine) et décrite (capacité, fiabilité, localisation...).
- ✓ **Intégration des vues** : une intégration d'autres vues d'entreprise (informationnelle, organisationnelle, décisionnelle, de ressources) doit être possible ou facilitée.
- ✓ **Contrôle avancé de flux de processus** : possibilité d'inclure des symboles de contrôle avancés tels qu'une horloge, pour décrire une période de temps passée.
- ✓ **Lien avec une définition exécutable** : existence d'un lien direct avec une définition exécutable de processus : BPEL (Business Process Execution Language), BPML (Business Process Modelling Language), etc.

3. Présentation des formalismes de modélisation de processus :

Nous présentons dans cette section deux catégories de formalismes de modélisation de processus, qui ne sont pas au même stade d'évolution [Mou, 02]:

- **le formalisme primaire** : présentent uniquement une représentation comportementale (événementielle) pour décrire les processus. Il s'agit de formalismes simples qui sont basés sur une approche élémentaire du processus. La modélisation du processus est alors réduite à cette vision : un enchaînement d'un ensemble d'activités.
- **Les formalismes évolués** : peuvent inclure, en plus, une représentation informationnelle (donnée) ou/et organisationnelle (acteurs). De plus, les formalismes évolués peuvent offrir une typologie riche d'activités, d'événements, de contrôles de flux, etc. Ces formalismes peuvent être dédiés à des domaines particuliers : processus de système d'information : UML (Unified Modelling Language), processus métiers : BPMN (Business Process Management Notation), etc.

3.1. Formalismes primaires : [Vin ,12].

- **Organigrammes (Flow chart)** : présentent probablement les premières notions de modélisation de processus. Ce sont des représentations graphiques d'une séquence logique d'activités : opérations, données, flux, équipements, etc. Les caractéristiques des organigrammes sont flexibles et simples.
- **Réseau de Pétri (RdP)** : fortement utilisé dans le domaine industriel, il sert à traiter les problèmes de synchronisation d'activités. Les notions graphiques sont : les places (nœuds), les arcs (flèches) et les transitions (contrôles). Les places correspondent aux activités des processus modélisées. Les arcs sont associés aux évolutions du processus et des flux d'informations. Les transitions représentent les événements ou les conditions à vérifier pour avancer dans le processus.

• **IDEF3 et SADT (IDEF0)** : formalismes basés sur les mêmes symboles et concepts, mais relevant de méthodes différentes. SADT est basé sur le concept de « boîte », qui peut représenter une activité (actigramme) ou une donnée (datagramme). Dans le premier cas, la boîte permet de présenter les données en entrée et en sortie, les ressources et les données de contrôle. IDEF3 reprend les notions de base de SADT et ajoute les opérateurs logiques comme « AND » et « OR » qui permettent de diriger le flux dans un processus.

3.2. Formalismes évolués :

3.2.1. Diagrammes d'enchaînement de processus d'ARIS :

ARIS [She. 94] est une méthode de modélisation d'entreprise fortement utilisée dans le monde industriel (SAP3, BaanERP4, etc.). La vue de processus dans cette méthode est basée sur les diagrammes d'enchaînement de processus ou Process Chain Diagram (PCD).

Les PCD peuvent exister sous deux formes : Tableau ou Diagramme. Le Tableau réunit les entités provenant des différents modèles de vue, ce qui permet d'offrir une représentation « étendue » des processus de l'entreprise.

Ce formalisme contient aussi des contrôles de flux et permet de décrire une typologie des activités (batch, interactive, manuelle). Le Tableau permet de séparer les concepts (Événement, Fonction, Données, Système applicatif et Unité d'organisation) et de les présenter dans des couloirs.

Cette représentation offre une vue générale de la composition structurelle des processus et de leurs relations avec les autres vues de l'entreprise. Le Diagramme reprend exactement les mêmes concepts, mais avec une représentation « à plat ». Ce formalisme est bien adapté à la représentation des « workflows » et offre une clarté indéniable sur l'intégration de processus dans les autres vues de l'entreprise.

3.2.2. YAWL :

YAWL⁷ est destiné à représenter les processus métier en étendant la syntaxe des réseaux de Pétri pour qu'elle supporte tous les patrons de flux de contrôle. En réalité, le YAWL est langage à la fois graphique et d'exécution, en effet, un moteur d'exécution a été implémenté pour ce langage à l'inverse des autres langages de définition de haut niveau, tel qu'UML, qui sont dédiés à la modélisation graphique des processus et qui doivent être traduits vers un langage d'exécution pour que le processus soit implémenté. Le YAWL hérite des réseaux de Pétri les mécanismes de vérifications de bon fonctionnement des processus. Une nouvelle version nommée new YAWL, tente de couvrir tous les patrons des données « data patterns » et les patrons des ressources «resource patterns ». Bien que plusieurs éditeurs de BPMS s'intéressent à ce nouveau langage, ce dernier est encore dans sa phase de recherche et il a besoin un peu de plus de temps pour se stabiliser.

⁷ : (*Yet Another Workflow Language*).

3.2.3. UML :

Le langage UML est une référence en matière de modélisation de système selon une approche orientée-objet [Boo, 00] [Boo, 04] qui peut s'adapter au monde de l'entreprise. UML offre bien, au travers des diagrammes d'activité et de séquence une possibilité de modéliser des processus de l'entreprise. [Mor, 00] considère qu'UML n'intègre pas, nativement, le concept de processus, vu qu'il n'est pas destiné, à l'origine, à ce type de modélisation. Elle propose cependant une démarche de modélisation de processus avec UML. La première étape consiste à présenter d'une manière générale tous les processus à l'aide des diagrammes de cas d'utilisation. Chaque processus est considéré comme un cas d'utilisation à part et il sera détaillé à l'aide d'autres diagrammes, par la suite. Un diagramme d'état transition permet de définir les différents états d'une entité impliquée dans le processus (par exemple, les états possibles d'une commande sont : validée, envoyée, reçue, etc.). Le diagramme de séquence permet de traduire la communication entre les acteurs des processus. Le diagramme d'activité joue le rôle le plus important en détaillant les activités des étapes de processus, l'organisation mise en œuvre et les entités utilisées. Le diagramme de classe permet de donner des détails relatifs aux entités impliquées dans le processus.

L'intégration des diagrammes UML entre eux permet de construire des vues complémentaires du système. Le nombre de diagrammes constitue une critique principale d'UML pour son utilisation dans un contexte de modélisation de processus. Les profils UML fournissent un mécanisme capable de spécialiser le langage UML au contexte métier. Un profil UML5 est un « package » stéréotypé contenant des éléments adaptés à un domaine spécifique en utilisant des mécanismes d'extension. le profil UML pour EDOC⁸ [OMG, 02], permet en partie de décrire un ensemble d'extensions du langage UML pour formaliser les processus métiers. Ce profil fournit les concepts permettant de composer des activités, de sélectionner des critères sur les entités qui supportent ces activités, de coordonner les processus (événement, communication, etc.).

3.2.4. BPMN :

BPMN est un langage semi-formel de modélisation de processus [BPM, 04] défini par le BPMI⁹. Ce dernier est un organisme qui anime un courant de standardisation dans le domaine du management par les processus métiers.

Les origines de BPMN reviennent à une réponse à la RFP¹⁰ soumise par l'OMG¹¹, pour une spécification permettant la définition et la représentation des processus métiers. La spécification proposée devait permettre la modélisation des processus à différents niveaux : métier et technique. BPMI a proposé la spécification BPMN dans sa première version 1.0.

⁸ : (*Enterprise Distributed Object Computing Systems*)

⁹ : (*Business Process Management Initiative*).

¹⁰ : *Request for Proposal* .

¹¹ : (*Object Management Group*).

3.2.5. OSSAD :

OSSAD, est une méthode d'analyse, conception et mise en œuvre des systèmes d'information développée dans le cadre d'un projet ESPRIT. Cette démarche de modélisation des processus est en rupture avec ses aînées MERISE ou SADT qui se focalisaient quasi exclusivement sur les aspects techniques, en proposant la description des fonctionnements et comportements des systèmes informatiques [Web, 07].

3.3. Une comparaison des formalismes de modélisation :

Le tableau suivant (TAB.II.1) propose une comparaison basée sur les critères que nous avons identifiés des formalismes que nous avons étudiés. Nous pouvons voir que les organigrammes sont le formalisme qui répond le moins à nos critères (critère de base pour l'enchaînement d'activités). PCD, UML et BPMN semblent être proches par rapport à nos critères. Cependant, la différence principale est que BPMN a été construit spécifiquement pour la modélisation des processus métier (contrairement à UML). De plus, BPMN possède un lien direct avec un langage d'exécution BPEL. BPMN pourra alors permettre de réconcilier modélisation des processus métiers et besoin de l'informatique. Même si certains outils le font de manière semi-automatique, le passage d'une modélisation des processus métiers à une modélisation pour l'exécution de ces processus demande un travail d'adaptation manuelle. Ces adaptations peuvent entraîner des erreurs et même rendre difficile la compréhension, pour les modelleurs, des évolutions de leurs propres processus [Web, 07].

Critère/ Formalisme	Organigrammes	Réseau de Pétri	IDEF3 /SADT	PCD d'ARIS	UML	BPMN
Représentation de granularité	Non	Oui, dans des versions évoluées	Oui	Non	Oui	Oui
Description de l'enchaînement d'activités	Oui	Oui, dans des versions évoluées	Oui	Oui	Oui	Oui
Traitement de conditions	Non	Oui	Non	Oui	Oui	Oui
Gestion des événements	Non	Oui, dans des versions évoluées	Non	Oui	Oui	Oui
Gestion documentaire	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui
Gestion de la performance	Non	Non	Non	Non	Non	Non
Description des ressources	Non	Non	Non	Oui	Oui	Oui
Intégration des vues	Non	Non	Non	Oui	Oui	Oui, des liens d'intégration
Contrôle avancé de flux de processus	Non	Non	Non	Non	Non	Oui
Lien avec définition exécutable	Non	Non	Non	Oui, BPML	non	Oui , BPEL

TAB.II.1 : comparatif des formalismes de modélisation de processus.[Mor, 00].

4. Différence de couverture entre les deux langages BPMN et UML :

4.1. Couverture du langage BPMN :

BPMN, langage de modélisation de processus métiers, ne peut pas être restreint à la seule couverture de la vue fonctionnelle de la modélisation d'entreprise. Au contraire, il nous semble que compte tenu de la richesse du formalisme BPMN des éléments caractéristiques d'autres vues de la modélisation d'entreprise sont véhiculés (au moins partiellement) par ce type de modèle. Ce langage « déborde », en effet, sur les autres vues : vue organisationnelle, vue informationnelle et vue de ressources :

- **la vue organisationnelle** : qui sont les acteurs de processus ? Quelle relation existe entre eux ? La disposition des « pool » et des « lane » dans un processus BPMN permet de déduire une certaine organisation des acteurs des processus.
- **La vue informationnelle** : quelles sont les données échangées dans le processus ? Une analyse des « message flow » des processus permet d'avoir une idée sur les données échangées entre les partenaires.
- **La vue de ressources** : quelles ressources utilisent les activités de processus pour être exécutées ? Pour les ressources mises à disposition dans le processus, leur identification semble être plus compliquée et un commentaire à joindre avec la description d'une « task » est nécessaire.

4.2. Couverture du langage UML :

UML est un langage pour modéliser le système d'information collaboratif, permet de décrire un système selon différentes vues complémentaires, supportées par des diagrammes. Chaque type de diagramme UML possède une structure (les types des éléments de modélisation qui le composent sont prédéfinis) et véhicule une sémantique précise. Les vues du système que supportent ces diagrammes peuvent être classées de bien des façons (statique / dynamique, logique / physique, etc.), mais nous pouvons proposer une découpe inspirée par [Boo. 04] et [Roq. 04] et organisée en quatre vues : fonctionnelle, structurelle, comportementale et architecturale :

- **la vue fonctionnelle** : quelle hiérarchie et quelle arborescence pour les différentes fonctions disponibles dans le système ? Les diagrammes de cas d'utilisation permettent de couvrir cette vue.
- **La vue structurelle** : quel agencement pour les composants logiques du système ? Les diagrammes de classes et d'objets permettent de couvrir cette vue.
- **La vue comportementale** : comment peut-on décrire la dynamique des échanges entre les composants du système ? Les diagrammes de séquence, d'activité, de collaboration et d'états-transitions permettent de couvrir cette vue.

- **La vue architecturale** : quel agencement pour les composants physiques du système ? Les diagrammes de composants et de déploiement permettent de couvrir cette vue. I

Tout d'abord, plusieurs diagrammes de UML couvrent une même vue des systèmes d'information et parfois même selon des approches extrêmement similaires (on peut citer par exemple, les diagrammes de collaboration et de séquence). D'autre part, notre objectif est extrêmement précis et délimité : nous souhaitons obtenir une vue logique du SIC sur la base d'un modèle métier de la collaboration.

4.3. Analyse et comparaison des couvertures de BPMN et UML :

Dans le contexte de « génération de modèle UML par traduction de modèle BPMN », nous nous trouvons face à deux modèles différents : un modèle BPMN qui est dédié à la seule description des processus inhérents à la collaboration (vue comportementale principalement) même s'il déborde sur les autres vues et un modèle UML qui comporte différents diagrammes décrivant tous les aspects du système d'information de cette collaboration (comportemental, mais également structurel, fonctionnel et architectural). Notre objectif de traduction doit donc être nuancé, d'une part par la question de la faisabilité d'une approche exhaustive et d'autre part par le positionnement extrêmement précoce de ces travaux dans le cycle de conception du SI.

Par exemple, la prise en compte de la vue architecturale (diagrammes UML de composants et de déploiement) ne semble pas pertinente vis-à-vis du niveau logique auquel nous nous trouvons. Afin de clarifier cette situation, nous pouvons représenter notre problématique par le schéma de la figure- 1 où les flèches entre points de vue signifient « fournit de la connaissance pour ».

BPMN permet d'exprimer un comportement de l'ensemble des partenaires de processus. Nous pouvons alors déduire que les modèles de processus collaboratifs BPMN peuvent permettre la construction de diagrammes relatifs à la vue comportementale (A). Quant aux vues fonctionnelle (B), structurelle (C, E et F) et architecturale (D), il sera visiblement indispensable de compléter la connaissance extraite des modèles BPMN pour obtenir les diagrammes correspondants.

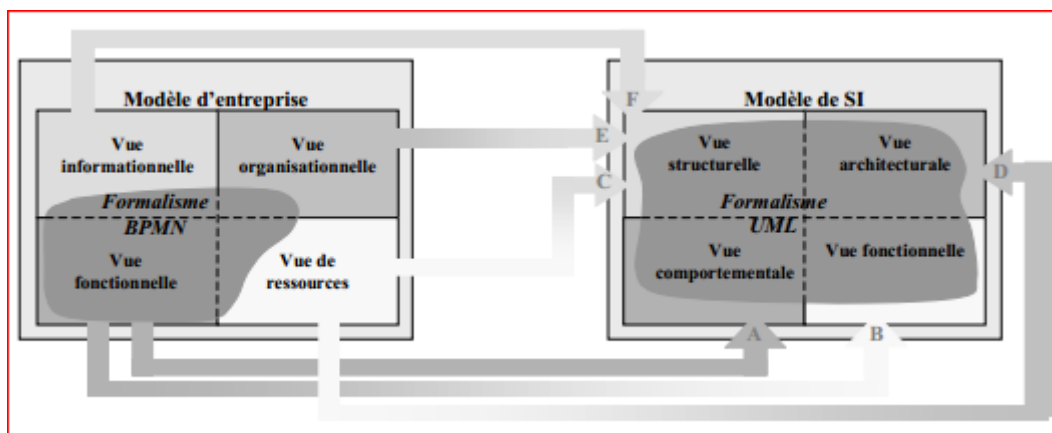


Fig II.1. Espace des modèles d'entreprises et espace des modèles de SI [Boo. 04].

Ces observations semblent logiques : il est difficile d'imaginer construire une description de l'architecture d'un SI (qu'elle soit logique pour la vue structurelle ou physique pour la vue architecturale) à partir d'une description de processus sans apporter un savoir sur ces structures (type d'architecture, nature des composants). De plus, le « débordement » du formalisme BPMN sur les vues informationnelle, organisationnelle et de ressources ne couvre pas suffisamment les attributs du partenariat : il faut compléter le savoir extrait des diagrammes BPMN à l'aide de connaissances issues de modèles décrivant plus précisément le réseau d'entreprises.

5. Conclusion :

Nous nous sommes attachés à présenter le concept de « processus collaboratif » et les formalismes les plus courants et les plus fréquemment utilisés, pour le modéliser. Nous avons pu constater l'évolution de la présentation graphique et des techniques de contrôle de flux d'activités entre les formalismes primaires et les formalismes évolués.

Chapitre III

Le langage BMPN

1. Introduction :

Les outils de modélisation de processus métier s'étoffent chaque année et les suites logicielles sont de plus en plus nombreuses. Actuellement, il existe 76 outils conçus pour la modélisation BPMN dont l'usage et les fonctionnalités diffèrent d'un périmètre à un autre, selon le besoin de l'entreprise. En effet, il n'existe pas un seul meilleur outil, mais le choix de ce dernier est basé sur différents paramètres liés à l'environnement technico-commercial de l'évolution du projet de l'entreprise, notamment la méthodologie, la technologie, les parties du projet à modéliser, la collaboration entre les membres et le niveau d'autonomie souhaité par le système.

2. Choix de langage :

BPMN a pour but d'offrir une notation explicite, facile d'emploi et accessible à tous les utilisateurs métiers. Mais, de façon plus ambitieuse, BPMI souhaite que ce formalisme devienne un standard utilisable par les concepteurs de systèmes d'information. En effet, BPMN n'est pas destiné à un acte simple de modélisation dans le but unique de capitaliser des connaissances, il propose des passerelles pour l'exécution automatique des processus (sous format BPEL¹²) à l'aide de moteurs BPMS¹³.

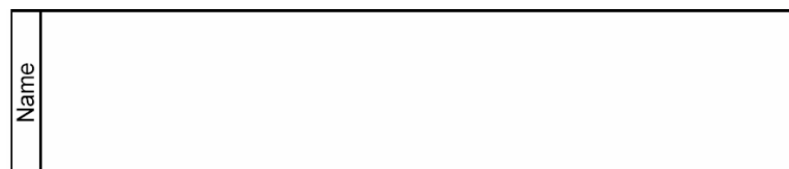
Cette facilité le positionne comme un candidat sérieux pour toute problématique de collaboration de systèmes. Dans notre travail, nous souhaitons vivement profiter de la richesse du langage BPMN (couverture de la vue fonctionnelle et débordement sur d'autres vues) pour modéliser la connaissance nécessaire à la conception du SIC¹⁴.

2.1. Les éléments de base BPMN :

Nous présentons succinctement des éléments de base de ce formalisme, en les utilisant pour décrire notre exemple.

. Les éléments de base de représentation graphique avec BPMN sont de trois types :

- **Les conteneurs (point de vue organisationnel) :** que sont les couloirs (« pool ») et les bandes (« lane »). Ce sont des partitions du processus qui relèvent d'un acteur ou d'une entité organisationnelle particulière.

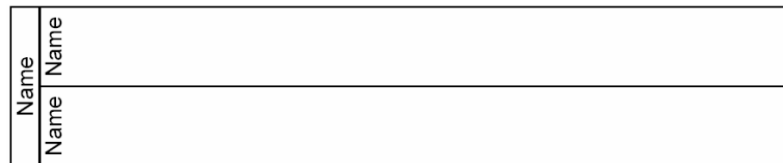


FigIII.1 : Couloir.

¹² : (Business Process Execution Language).

¹³ : (Business Process Management System).

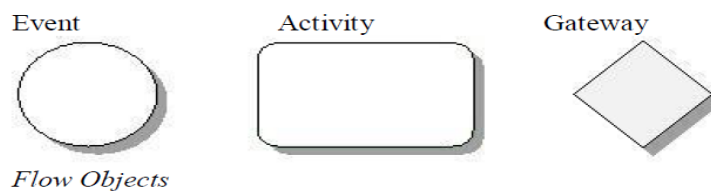
¹⁴ : (System information collaborative).



FigIII.2 : Principe avec deux couloirs (a pool withtwo lanes).

Il peut y avoir un seul participant dans un pool. Les Voies sont utilisées pour organiser et classer les activités

- **Les nœuds du graphe (point de vue fonctionnel) :** représentent les activités (« activities », symbole rectangulaire), les événements (« events », symbole circulaire) et les branchements conditionnels (« gateways », symbole losange).



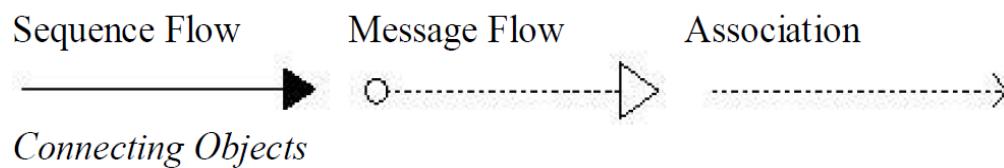
FigIII.3 : les éléments de catégories de base.

Les événements (Event) se produisent au cours du processus métier. Ils ont généralement un déclencheur et un résultat. Le type d'un événement définit influe sur le débit. Une activité (Activity) est quelque chose que l'organisation effectue. Une activité peut être atomique ou non atomique. Une passerelle (Gateway) détermine le branchement, la bifurcation, la fusion et la jointure des chemins. Les marqueurs internes sont utilisés pour définir le contrôle du comportement.

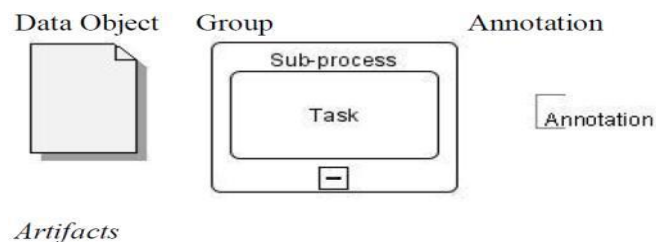
		Message	Timer	Exception	Cancel	Compensation	Rule	Link	Multiple	Terminate
Start										
Intermediate										
End										

FigIII.4 : La liste complète des types d'événements BPMN.

- **Les arcs (point de vue informationnel) :** représentent les flux d'information. Il en existe trois types : les flux de contrôle séquentiel, qui caractérisent une communication interne (dans un même couloir ou une même bande, « sequence flow », trait plein), les flux de message, qui caractérisent une communication inter-conteneurs (« message flow », trait pointillé) et les associations (« Association », trait incliné). Cette dernière est utilisée, par exemple, pour associer un élément de documentation d'une entité, pour identifier des données en tant qu'entrées ou sorties d'une activité ou pour associer une compensation à une activité, etc.



FigIII.5 : Objets de Connexion.



FigIII.6 : Les Artefacts.

Les artefacts n'ont pas d'impact direct sur la séquence ou le flux de messages. Les objets de données (Data Objects) représentent l'information nécessaire pour effectuer une certaine activité. L'élément groupe (Group) est utilisé pour des activités de groupe et il peut être aussi utilisé pour la documentation ou l'analyse. Les Annotation (Annotation) peuvent être utilisées pour ajouter du texte supplémentaire au schéma.

Les événements dans BPMN sont typés et à chaque type correspond un symbole particulier normalisé : début et fin, arrivée d'un message, échéance d'une temporisation, exception, nécessité de mettre en œuvre une compensation (défaire ce qui a été fait précédemment pour revenir à un état stable).

Le processus se poursuit selon une ou plusieurs branches conditionnelles contrôlées par des « Gateway ». Lorsqu'il est sollicité, un tel branchement reçoit des flux d'entrée, les évalue suivant une condition logique et préside à la poursuite de la séquence d'exécution sur une partie donnée du graphe en aval. BPMN peut mettre en évidence les relations de synchronisation entre les processus de chaque organisation. Ce sont des flux de message « message flow » qui représentent ce lien particulier. Les deux parties communiquent par des

échanges d'informations entre deux couloirs respectifs. Une identification des points de communication est donc possible, en repérant les flux qui traversent la frontière des deux organisations. On identifie ainsi clairement l'interface entre les systèmes d'information des deux entreprises. Ces synchronisations entre les deux parties correspondent à l'acte même de coopération. Lorsque ce processus est pris en charge par voie informatique, les systèmes d'information du client et du fournisseur sont donc en relation. Une partie de chaque système doit être visible par l'autre, afin d'assurer le bon déroulement des activités. Autrement dit, chaque partenaire présente une interface « publique » pour la collaboration avec l'autre partie. En résumé, les points forts du formalisme BPMN sont :

- Un vocabulaire riche et adapté aux besoins de conception de processus métiers complexes – ensemble de concepts et de relations – rigoureusement défini pour fournir un socle robuste à l'outillage des approches processus.
- Un lien fort avec le format d'échange BPEL.
- une notation intuitive et plus ergonomique à l'usage des acteurs de l'organisation et de la gestion d'entreprise.

3. Exemples industriels d'applications de l'ingénierie simultanée :

Afin d'illustrer notre propos on a choisis L'industrie de l'automobile, Commencant par examiner le cas où les répercussions sont importantes, c'est-à-dire la production de grande série par exemple (Peugeot et Citroën ou Renault).

L'industrie de l'automobile et du matériel de transport lourd comprend différents secteurs qui produisent:

- des véhicules de tourisme et des véhicules utilitaires légers;
- des camions moyens et des poids lourds;
- des autobus;
- des engins agricoles et de travaux publics;
- des véhicules industriels;
- des motocycles;
- des locomotives et des wagons de chemin de fer.

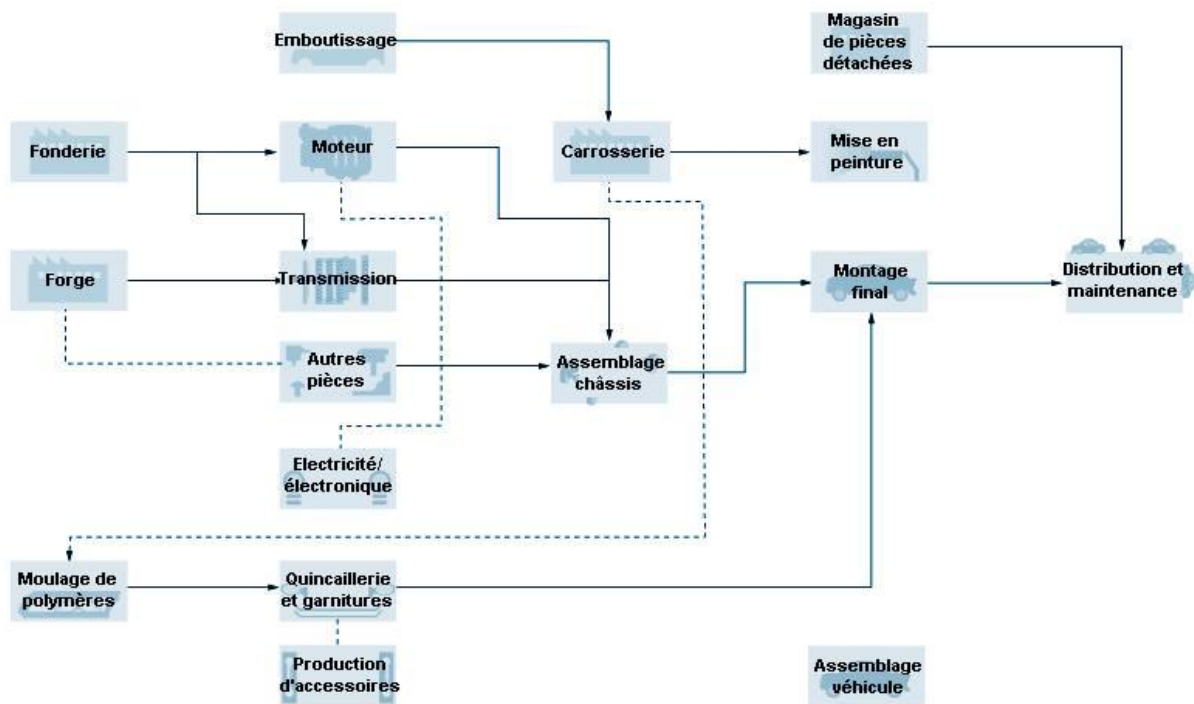
Une ligne d'assemblage typique de production de véhicules assemble des pièces et des composants provenant de diverses usines de fabrication. Les éléments d'un véhicule peuvent être fabriqués au sein d'une même entreprise ou être achetés à d'autres entreprises. Ce secteur industriel a un siècle d'existence. La production en Amérique du Nord, en Europe et, depuis la seconde guerre mondiale, au Japon, s'est progressivement concentrée autour de quelques groupes qui ont conservé leurs usines d'assemblage en Amérique du Sud, en Afrique et en Asie, pour la commercialisation sur ces marchés. Depuis les années soixante-dix, le commerce international de véhicules finis s'est développé et les échanges commerciaux

d'équipements d'origine et de pièces détachées produits par des usines situées dans les pays en développement sont en augmentation constante.

Les différents types d'usines de production, les méthodes de fabrication et les produits automobiles correspondants sont énumérés dans le **tableau.1**. La **figure .1** est un diagramme des différentes étapes de la production automobile. Les activités principales sont les suivantes: assemblage de la carrosserie pour les véhicules et les voitures de tourisme; assemblage de la carrosserie pour les camions et les autobus; fabrication de pièces et d'accessoires d'automobiles; fonderies de fer et d'acier; fonderies de métaux non ferreux; emboutissage; forges de fer et d'acier; équipements électriques des moteurs; production de pièces de garnissage et de finition; etc. La fabrication des composants emploie plus de personnes que les opérations d'assemblage.

Type d'installations	Produits et méthodes
Fonderie de métaux ferreux	Pièces coulées pour blocs-moteurs et autres éléments
Fonderie d'aluminium et moulage sous pression	Blocs-moteurs et culasses, carters de transmission, autres pièces
Forge et traitement thermique	Pièces préusinées pour moteurs, suspensions et transmissions
Emboutissage	Panneaux de carrosserie et sous-ensembles
Moteur	Usinage de pièces coulées, assemblage du produit fini
Transmission	Usinage de pièces coulées et forgées, assemblage du produit fini
Verre	Pare-brise, vitres latérales et vitres arrière
Autres pièces	Usinage, emboutissage et montage, y compris freins, pièces de suspension, chauffage et climatisation, équipement antipollution, éclairage du véhicule
Electricité et électronique	Systèmes d'allumage, radio, moteurs, modules de commande
Accessoires et garnitures extérieures	Panneaux de carrosserie moulés en polymères, éléments de garnissage
Garnitures intérieures	Mousses de sièges, sièges complets, tableaux de bord, panneaux intérieurs
Assemblage véhicule	Carrosserie, peinture, assemblage châssis, assemblage final
Magasin de pièces détachées	Stockage, peinture et montage des pièces, emballage et expédition

TAB. III.1 : Les méthodes de fabrication dans la production d'automobiles [web.01].



FigIII.7 : Diagramme de la production d'automobile [Eis, 92].

Les principaux secteurs et les principales méthodes de fabrication :

❖ La fonderie de métaux ferreux :

La fonderie est un procédé de fabrication de pièces métalliques dans lequel on coule du métal en fusion dans une cavité à l'intérieur d'un moule résistant à la chaleur, qui correspond à la forme extérieure ou à la forme négative du modèle de l'objet métallique désiré.

Les principales étapes du travail de fonderie sont les suivantes:

- Réalisation d'un modèle de la pièce désirée (ce modèle peut être en bois, en métal, en plastique ou en un autre matériau);
- Réalisation du moule, en versant du sable mélangé à un agglomérant autour du modèle, puis serrage ou durcissement ;
- Enlèvement du modèle, insertion éventuelle d'un noyau et fermeture du moule;

❖ Le forgeage et le traitement thermique :

On utilise le forgeage à chaud et le forgeage à froid suivi d'un traitement thermique pour produire des pièces de moteur, de transmissions et de suspensions, etc.

❖ L'usinage :

L'usinage en grande série de blocs-moteur, de vilebrequins, d'organes de transmission, est caractéristique de l'industrie automobile. Les procédés d'usinage sont appliqués dans différentes installations de fabrication de pièces mécaniques et tout particulièrement dans la fabrication des moteurs, des organes de transmission et des roulements.

❖ L'emboutissage :

L'emboutissage de tôles (d'acier) pour obtenir des panneaux de carrosserie et d'autres éléments, souvent combiné avec le soudage de sous-ensembles, est effectué dans des grandes usines équipées de presses automatiques de différentes tailles.

❖ L'assemblage du véhicule :

L'assemblage des différents éléments pour aboutir au véhicule fini se déroule normalement sur une chaîne sur laquelle travaillent plus de 1 000 employés par poste, auxquels il faut ajouter le personnel de logistique. La majeure partie des travailleurs de l'industrie automobile est affectée à ce type d'opérations.

❖ Les magasins de pièces détachées :

Les magasins de pièces détachées sont un élément intégrant de la chaîne de distribution du produit fini et de la fourniture de pièces de rechange. Le personnel de ces magasins à grand débit utilise des transpalettes pour reprendre les pièces stockées en hauteur, dans un cadre automatisé et fonctionnant en trois postes.

4. Conclusion :

Le BPMN est apparu, pour apporter une réponse concrète et pertinente aux besoins de transformations des métiers de l'entreprise. Devant la quête incessante de productivité et le manque de vision globale entre les différents processus aboutissant à la mise sur le marché d'un nouveau produit, les entreprises font de plus en plus appel à des outils informatiques. Ces nouvelles méthodes utilisent en général des modèles mathématiques pour représenter une procédure d'entreprise. Ce langage se caractérise par une démarche particulière : il réunit dans une même approche les processus humain et les applications informatiques.

Par ailleurs, cette technologie peut s'appliquer à toutes les activités d'une entreprise, depuis l'approvisionnement jusqu'aux commandes puisqu'elles Permettent de prendre rapidement les bonnes décisions.

Le BPM apporte un changement d'état d'esprit :

Pour les clients :

Répondre plus facilement à leurs attentes en améliorant la compétitivité par la réduction des coûts, la productivité et la capacité à répondre rapidement aux évolutions du marché.

Pour les entreprises :

Il s'agit d'un nouveau type d'approche, assez révolutionnaire, pouvant modifier en profondeur la façon dont les collaborateurs travaillent ensemble, mais aussi les technologies et les outils qu'ils utilisent, ainsi que leurs objectifs de performance.

Alors que l'accès aux technologies BPM se démocratise, le passage à ce type d'approche devient presque un impératif de compétitivité pour les entreprises.

Chapitre IV

Implémentation

1. Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons essayer de développer notre application qui concerne l'implémentation d'un outil de modélisation des processus métier avec la méthode de BPMN cette application est un outil riche en options permettant à l'utilisateur de modéliser des diagrammes de workflow d'une manière claire et complète. En basant sur l'exemple de l'industrie automobile.

Nous vous présentons les différents outils nécessaires (outil de développement, plateforme .NET, Le Framework .NET) qui nous ont permis de mettre en œuvre notre support qu'on vient d'implémenté.

2. Plateforme .NET et Le Framework .NET:

La plate-forme .NET est un moyen simple de normaliser la coopération des services logiciels entre eux (services Web XML), quelle que soit leur localisation, leur implémentation technique, qu'ils soient internes ou externes, existants ou à inventer.

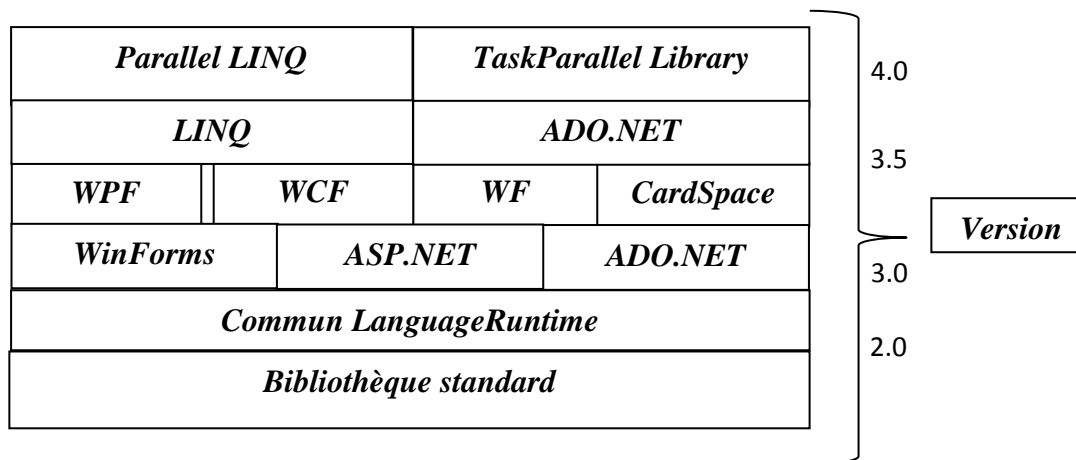
La plateforme .Net a été conçue pour trois buts à l'en-tête:

- Etre destinée à rendre les applications Windows plus fiables, tant qu'on produit des applications avec un très grand degré de sécurité.
- Elle a été destinée à simplifier le développement des applications Web et aussi les services Web qui ne fonctionnent pas dans l'ordre traditionnel, mais aussi bien dans les périphériques mobiles.
- Finalement la plateforme .net a été conçue pour fournir un ensemble unique de bibliothèques qui travaillent avec plusieurs langages.

Le Framework .NET est une nouvelle plate-forme informatique qui simplifie le développement d'applications dans l'environnement fortement distribué d'Internet. Le Framework .NET est conçu pour remplir les objectifs suivants :

- Fournir un environnement cohérent de programmation orientée objet que le code objet soit stocké et exécuté localement, exécuté localement mais distribué sur Internet ou exécuté à distance.
- Fournir un environnement d'exécution de code qui minimise le déploiement de logiciels et de conflits de versions.
- Fournir un environnement d'exécution de code qui garantit l'exécution sécurisée de code y compris le code créé par un tiers d'un niveau de confiance moyen ou un tiers inconnu.
- Fournir un environnement d'exécution de code qui élimine les problèmes de performance des environnements interprétés ou écrits en scripts.
- Fournir au développeur un environnement cohérent entre une grande variété de types d'applications comme les applications Windows et les applications Web.

- Générer toutes les communications à partir des normes d'industries pour s'assurer que le code basé sur le Framework .NET peut s'intégrer à n'importe quel autre code.



FigIV.1 : composants de la plateforme Framework [V2B, 12].

3. Outil de développement :

Pour élaborer ce logiciel, nous avons utilisé un outil de développement appelé Visual Studio.

Visual Studio est un ensemble complet d'outils de développement permettant de générer des applications Web ASP.NET, des Services WebXML, des applications bureautiques et des applications mobiles. Visual Basic, Visual C++, Visual C# et Visual J# utilisent tous le même environnement de développement intégré (IDE, IntegratedDevelopmentEnvironment), qui leur permet de partager des outils et facilite la création de solutions faisant appel à plusieurs langages, il apporte la prise en charge de technologies comme WPF ou Silverlight. Par ailleurs, ces langages permettent de mieux tirer parti des fonctionnalités du Framework .NET, qui fournit un accès à des technologies clés simplifiant le développement d'applications Web ASP et de Services Web XML grâce à Visual Web Développer. La dernière version de cet outil appeler **Visual Studio 2015**. Dans notre cas, nous avons travaillé avec la version **Microsoft Visual Studio 2010 Premium**, qui nous permet de travailler et de développer sous la plateforme .net Framework.

3.1. Microsoft Visual Studio 2010 Premium:

Est l'outil essentiel pour effectuer des tâches de développement de base. Il simplifie la création, le débogage et le déploiement d'applications sur diverses plateformes dont SharePoint et les services Cloud. Il prend également en charge des méthodes de développement s'appuyant sur des tests, ainsi que des outils de débogage qui contribuent à garantir la production de solutions de grande qualité.

4. WPF « Windows Presentation Foundation »:

Windows Présentation Fondations (WPF) est un système de présentation nouvelle génération qui génère des applications clientes Windows avec des expériences utilisateur visuellement surprenantes. Avec WPF, il est possible de créer à la fois une large gamme d'autonome et applications hébergées par le navigateur.

Le cœur de WPF est un moteur de rendu vectoriel et indépendant de toute résolution, créé pour tirer parti du matériel graphique moderne. WPF étend le cœur avec un jeu complet de fonctionnalités de développement d'applications qui incluent Extensible Application Mark up Language (XAML), des contrôles, la liaison de données et la disposition ainsi que des graphiques 2-D et 3-D, l'animation, les styles, les modèles, les documents, les médias, le texte et la typographie. WPF est inclus dans le Microsoft .NET Framework, il est donc possible de générer des applications intégrant d'autres éléments de la bibliothèque de classes .NET Framework [Htt, 01].

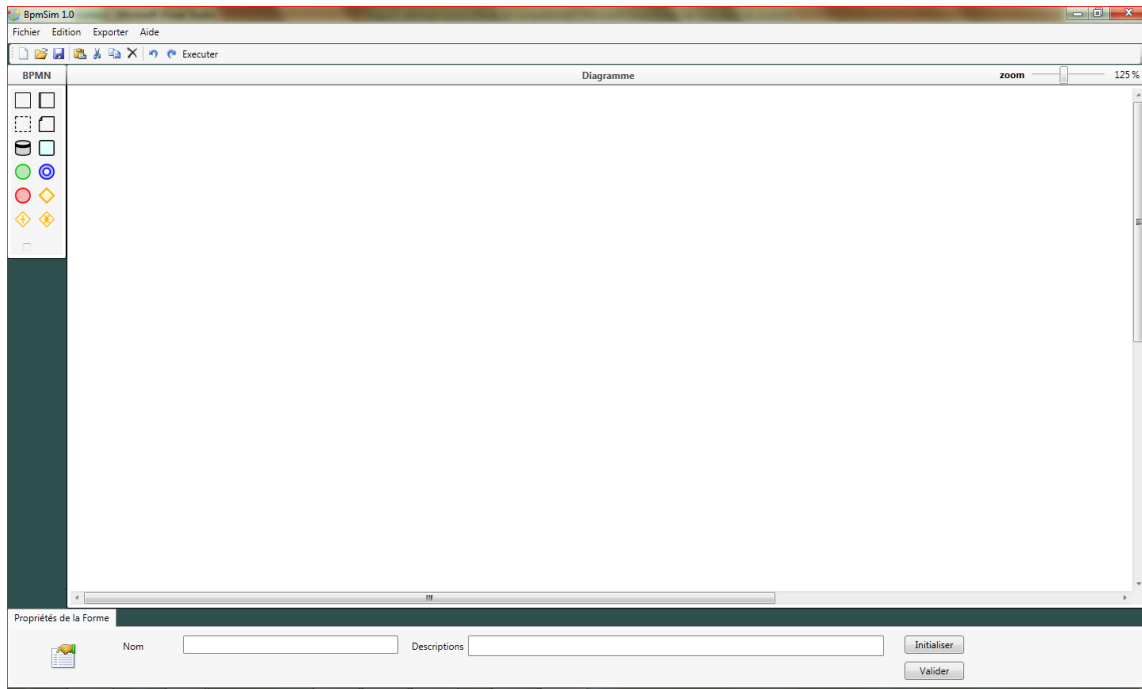
5. Le Logiciel SSMA (Smart Support of Modelisation and Automatisation) :

Cette application est un logiciel permettant de modéliser les processus métiers (Workflow) en utilisant la norme BPMN offerte par le système BPM. Ces processus sont travaillés simultanément.

C'est une solution open source développée en C#, destinée aux utilisateurs qui gèrent les processus (activités) des entreprises afin de modéliser leurs diagrammes.

5.1. Interface du logiciel :

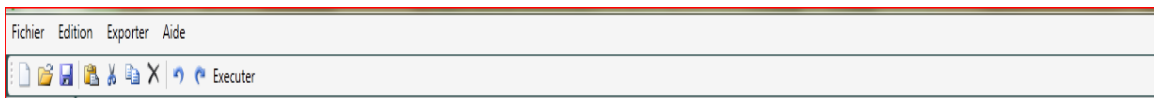
Cette figure ci-dessous montre l'interface du logiciel, son avantage se trouve dans la simplicité de son fonctionnement, car même un utilisateur non expérimenté peut manipuler facilement cet outil.



FigIV.2 : Interface du logiciel.

5.2. Ruban du logiciel :

Le ruban du logiciel contient quatre anglets : Fichier, Edition, Exporter, Aide. En plus de ces anglets, une barre d'outils contenant plusieurs boutons fonctionnels.



FigIV.2 : Ruban du logiciel.

5.3- Menu :

Ce logiciel offre quatre menus, comme on l'a cité auparavant :

1. **Le menu Fichier** : il contient les notions de base telles que :



FigV.3 : Le menu Fichier.

2. Menu Edition : il contient des opérations telles que : annuler, rétablir, copier, coller, couper.



FigV.4 : Le menu Edition.

3. Menu Exporter : il permet d'enregistrer les diagrammes en image sous différentes formats : .JPG, .bmp, .gif, .png.



FigV.5 : Le menu Exporter.

4. Menu Aide :



FigV.6 : Le menu aide.

5.4- Boite d'outils :

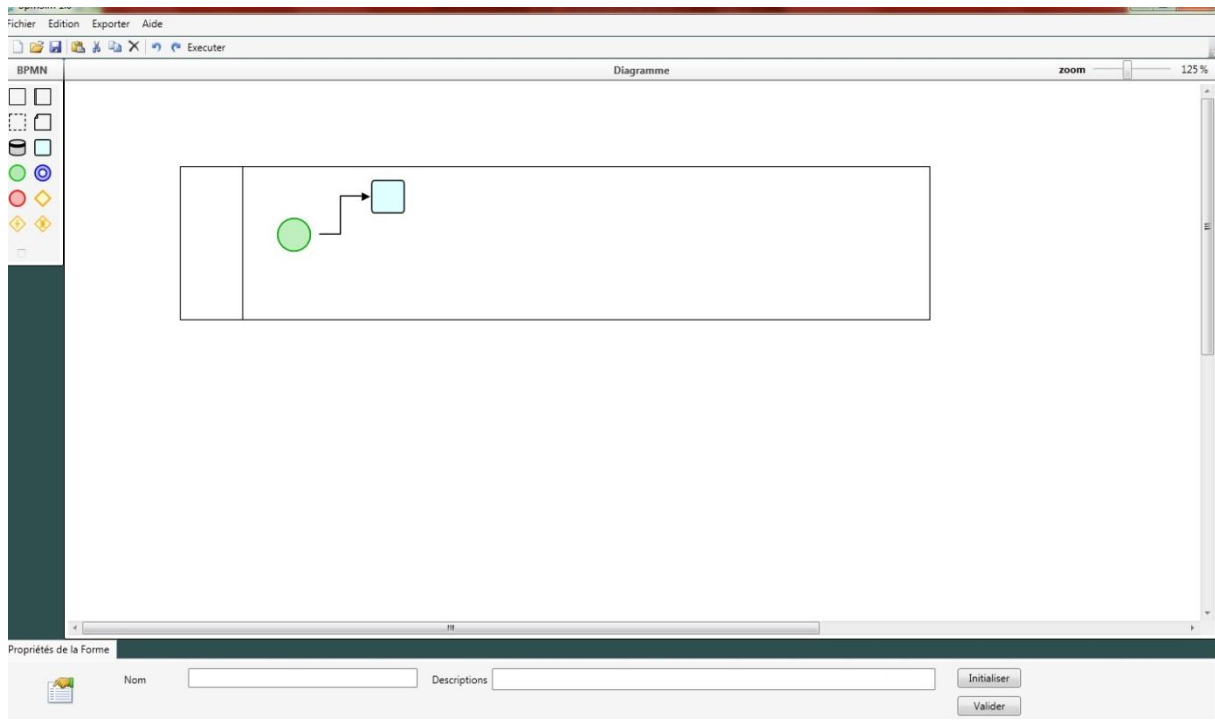
Ce logiciel offre une boite d'outils, dans la partie gauche, contenant les composants nécessaires de la norme BPMN pour modéliser les processus métiers, pour cela, il suffit de sélectionner un de ces composants et le faire glisser dans la zone de modélisation (écran de modélisation).



FigV.7 : Boite d'outils BPMN

5.5. La modélisation :

Pour la modélisation des processus métiers, à gauche du logiciel, les principales formes de la norme BPMN sont disponibles, il suffit de les glisser sur l'écran des diagrammes, La zone de bas offre la possibilité de nommer, initialiser et valider chaque forme ainsi que décrire en détail ses tâches.



FigV.8 : modélisation de processus en BPMN.

5.6. Exemples de modélisation :

Cette phase consiste à appliquer notre logiciel et élaborer avec la méthode BPMN pour résoudre les problèmes d'organisation liés au processus de conception collaborative concernant le secteur automobile, Pour la modélisation ces processus, à gauche du logiciel, les principales formes de la norme BPMN sont disponibles, il suffit de glisser et déposer un de ces formes sur la page à droite, l'exemple de modélisation du processus est présenté sur la **Figure**.

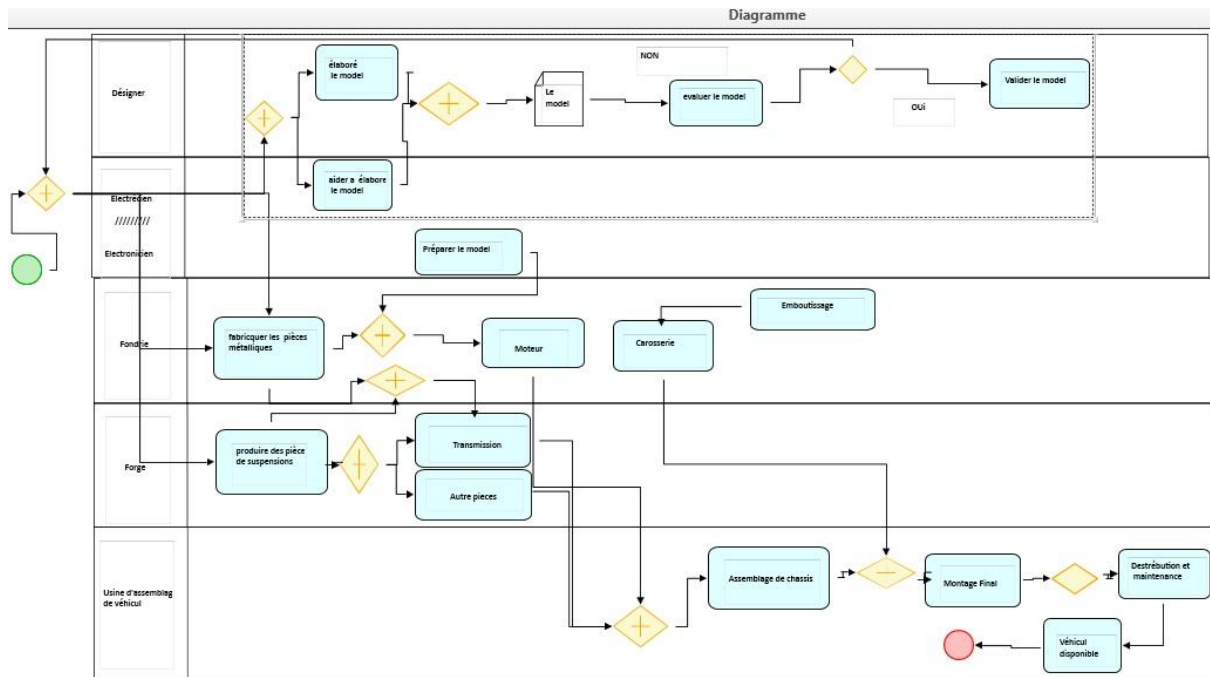


Fig V.8 : représentation du processus

6. Conclusion :

Ce chapitre clôture ce mémoire qui résume notre principale contribution et qui consiste à implémenté notre propre application et l'explication des différents services qu'offre celle-ci. Les exemples choisi ont prouvé que cette application a bien répondu aux besoins relatif du travail en groupe et peut-être étudié dans des domaines semblables et encore plus important, son potentiel de probabilité et d'amélioration fort utile pour une utilisation future et une adaptation au différents besoins des sociétés.

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES :

Les domaines du BPM et des Workflows sont émergent de nos jours et évolue rapidement, ainsi que les outils de modélisation sont nombreux et différent, les fondements théoriques proposés dans le cadre de ce mémoire ont permis de traiter plusieurs objectifs et d'ouvrir différentes perspectives, que nous résumons ci-dessous.

L'objectif essentielle de ce travail a été d'appliqué le TCAO dans le concurrent engineering avec la participation de plusieurs acteurs chacun dans son coté et dans son domaine amenant un même but. Le second et de développer un outil qui comporte une méthode BPMN pour la modélisation de diagrammes.

Nous pouvons proposer des perspectives à ce travail de recherche.

- L'intégration des contraintes organisationnelles et informationnelles pour coordonner des activités entre organisations.
- La bonne compréhension des modes de travail coopératifs et les moyens de supporter leur coordination en particulier dans des contextes critiques
- Définir un support pour permettre un contrôle distribué de l'exécution des processus garantissant ainsi, à la fois la sureté de fonctionnement du système et la sécurité au niveau de l'accès aux données et aux activités.
- la mise en lumière de l'effet simultané au cours du processus de conception.

Nos travaux de mémoire représentent un objet intermédiaire qui, nous espérons, sera un support pour des actions de recherche ultérieurs.

Bibliographies

Bibliographies:

[Ash, 00]: Al-Ashaab, A., and Molina, A., (2000), 'Concurrent Engineering Framework: A Mexican Perspective'. Concurrent Engineering Research Group. International Conference of Concurrent Engineering (CE 99), Bath-England.

[Ban, 92]:Bannon, L.J. «Perspectives on CSCW from HCI and CMC to CSCW ». 1992.

[Ban, 92]:Bannon, L.J. « Discovering CSCW ». Ispra, Italy.

[Bou, 99] : X. Boucher, (1999), Propositions méthodologiques pour la gestion Filière-Métiers dans un contexte d'Ingénierie Concurrente, PhDThesis, Université de Droit, d'Économie et des Sciences d'Aix-Marseille III, Productique et Informatique.

[Cla, 91] : Clark K.B., Fujimoto T. Product development performance. Strategy, Organization and Management in the World Auto Industry Harvard Business Scholl Press, Boston, Massachusetts, 1991.

[Col, 92]: Coleman D, Shapiro R. « Defining Clark et Fujimoto Groupware Special Advertising Section to Network World». 1992.

[DAN, 07] : Contribution à l'analyse des itérations dans le processus de conception : proposition d'indication d'évaluation de performances; le 29 Mai 2007.

[Dec; 98]:DecreuseCh.IngénierieSimultanée , Techniques de l'ingénieur, janvier 1998.

[Eis ,92] : Eisen, E.A., Tolbert, P.E., Monson, R.R. et Smith, T.J., 1992: «Mortality studies of machining fluid exposure in the automobile industry. I. A standardized mortality ratio analysis».

[ELM, 10] :Raida ELMANSOURI « Modélisation et vérification des processus métier dans les entreprises virtuelles : une approche basée sur la transformation de graphe » Thèse de Doctorat en Sciences Informatiques université Mentouri Constantine, 2010.

[Ell, 91]: Ellis C.A., Gibbs S.J., Rein G.L.Groupware: Some issues and experiences Communications of ACM, 34(1), janvier 1991, pp. 39-58.

[Ell, 94]: Ellis C.A., Wainer J. A conceptual Model of Groupware in ACM CSCW 94 Conference on Computer Supported Collaborative work, Chapel Hill, North Carolina, USA, 1994. Pp. 79-88.

[Fle, 98] : Fleming Q.W., koppelman J.M. — Project Teams: The Role of the Project Office — Cost Engineering, volume 8, numéro 8, Août 1998.

Bibliographies

[Geo, 95]: *Construction d'une école d'ingénieurs Daniel Mar et Dominique Gellé (extraits de l'ouvrage « Les Mines à ciel ouvert » février 1995) ; X, (Traité d'Union n° 3) ; Georges Richeux (extraits de l'ouvrage « L'École » février 1995).*

[GRO, 10] : *Guillaume GRONIER « Psychologie ergonomique du travail collectif assisté Par ordinateur : l'utilisation du collecticiel dans les projets de conception de produits » Thèse de Doctorat de l'université de Franche-Comté, janvier 2010.*

[Ols, 97]: *Olson, G.M. & Olson, J.S. «Research on Computer Supported Cooperative Work».1997.*

[Pap,00] : *J.-Y. Papazoglou, (2000), "La démarche du Concurrent Engineering appliquée au développement des nouveaux AIRBUS", in Proceedings of Conférence Internationale sur la CFAO, la Simulation et les Nouvelles Technologies de Conception et de Fabrication (MICAD'00), Paris, France, pp. 247-255.*

[Pat, 00]: *Patrick Jean Chenel, MEMOIRE PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE MAÎTRISE EN SCIENCES APPLIQUÉES (GÉNIE INDUSTRIEL) MARS 2000*

[POT, 07] : *Yvan POTIN « Travail coopératif : quand la distance permet le rapprochement » Article paru dans Centre de Ressources en Economie-Gestion (CREG) de l'académie de Versailles, mars 2007.*

[Pru, 99] : *Prudhomme G. « Le processus de conception de systèmes mécaniques et son enseignement, La transposition didactique comme outil d'une analyse épistémologique ». 1999.*

[Saa, 96] : *Saadoun Méliissa « Le projet Groupware : Des techniques de management au choix du logiciel Groupware ». 1996.*

[Sal, 95] : *Salber D., Coutaz J., Decouchant D. et Riveille M. De l'observabilité et de l'honnêteté : le cas du contrôle d'accès dans la communication homme-machine-homme médiatisée — Actes d'IHM95, Cépaduès éditions, Toulouse, pp. 27-33. (1995).*

[Sch, 92]: *Schmidt K, Bannon L. «Taking CSCW Seriously». 1992.*

[Séb, 05]: *Sébastien Bernard, <https://pastel.archives-ouvertes.fr/pastel-00001270>, Submitted on 17 Jun 2005.*

[VIN,12] : *Vincent Augusto , Modélisation de systemes complexes , Ecole National supérieure des Mines de saint etiennes 2012.*

Bibliographies

[WEB, 07]: Association pour la maîtrise des systèmes d'information, www.adeli.org, 2007

[web.01] : <http://www.ilocis.org/fr/documents/ILO091.htm>

[WFM, 99]: WFMC. «Workflow management coalition terminology and glossary».1999.

[Win, 88] : Winner R.I., Pennell J.P., Bertrand H.G., Slusarczuck M.M.G. *The Role of Concurrent Engineering in Weapons System Acquisition IDA Report R-338*, Alexandria, VA: Institute for Defense Analyses, 1988.