



HAL
open science

Exploitation des techniques de modélisation du GL et de l'IHM pour la création de supports communs entre intervenants de projet de développement de systèmes interactifs et pour la modélisation des situations de travail complexes

Stéphanie Bernonville

► To cite this version:

Stéphanie Bernonville. Exploitation des techniques de modélisation du GL et de l'IHM pour la création de supports communs entre intervenants de projet de développement de systèmes interactifs et pour la modélisation des situations de travail complexes. Génie logiciel [cs.SE]. Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambresis, 2008. Français. NNT : . tel-00393044

HAL Id: tel-00393044

<https://theses.hal.science/tel-00393044v1>

Submitted on 9 Jun 2009

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

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

THÈSE

pour l'obtention du

Doctorat de l'Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis

*Spécialité Automatique et Informatique des Systèmes Industriels et Humains
Mention Informatique*

Stéphanie BERNONVILLE

Maitre ès Sciences

Exploitation des techniques de modélisation du GL et de l'IHM pour la création de supports communs entre intervenants de projet de développement de systèmes interactifs et pour la modélisation des situations de travail complexes

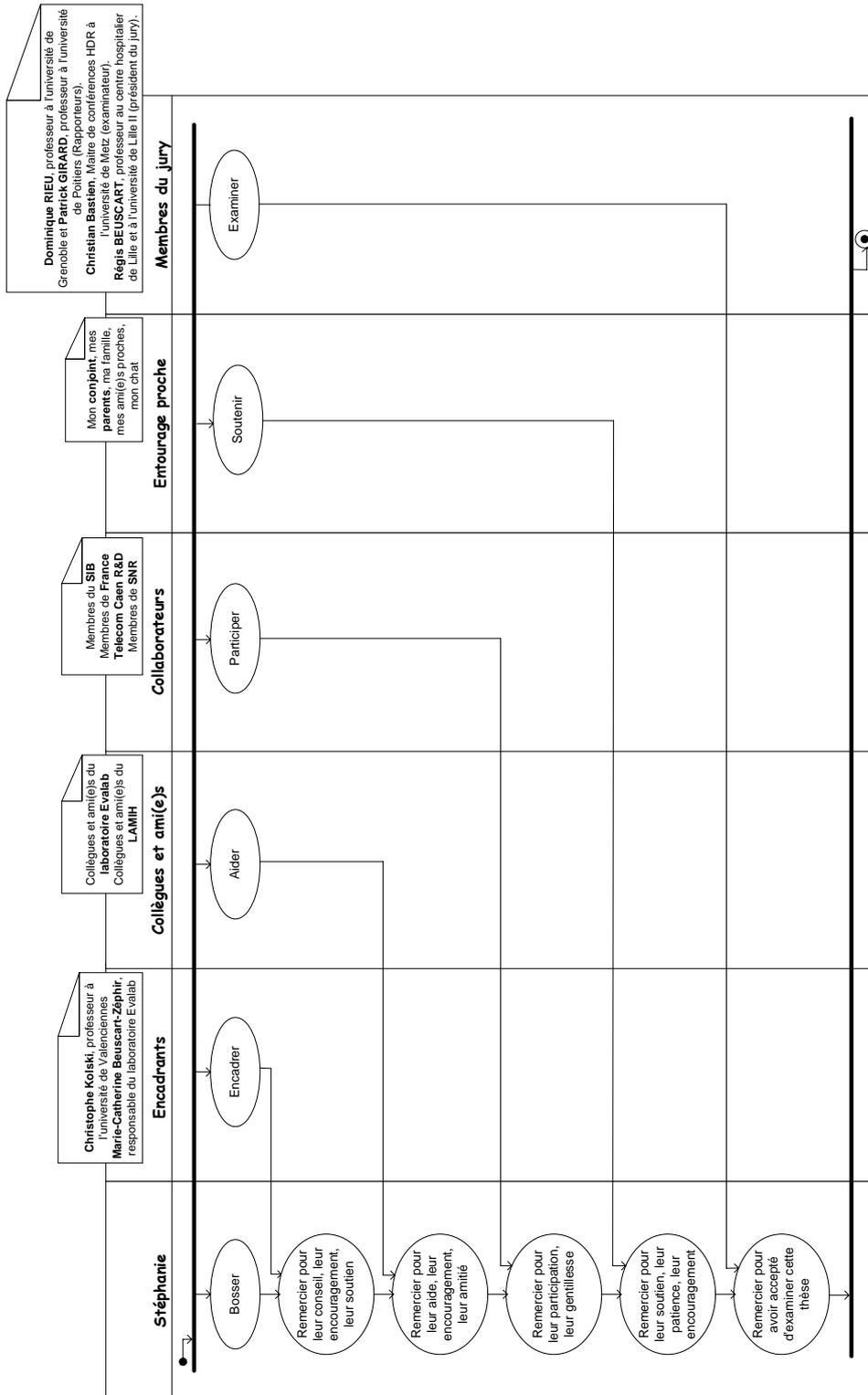
Application au circuit du médicament en milieu hospitalier

Soutenue publiquement le 15 Décembre 2008 devant le jury composé de

Mme Dominique RIEU	Professeur à l'Université de Grenoble	<i><u>Rapporteur</u></i>
Mme Marie-Catherine BEUSCART-ZEPHIR	Responsable du Laboratoire EVALAB, Lille	<i><u>Co-encadrant</u></i>
M. Patrick GIRARD	Professeur à l'Université de Poitiers	<i><u>Rapporteur</u></i>
M. Christian BASTIEN	Maitre de Conférences HDR à l'Université de Metz	<i><u>Examineur</u></i>
M. Régis BEUSCART	Professeur à l'Université de Lille2	<i><u>Président</u></i>
M. Christophe KOLSKI	Professeur à l'Université de Valenciennes	<i><u>Directeur</u></i>

AVANT PROPOS

Le travail présenté dans ce mémoire a été réalisé dans le cadre d'une bourse cofinancée par la région Nord-Pas-de-Calais et le centre hospitalier de Lille. Il a été mené au sein du LAMIH (Laboratoire d'automatique, de Mécanique et d'Informatique, industrielles et Humaines), en collaboration avec le laboratoire d'ergonomie EVALAB (rattaché au centre hospitalier de Lille).



Modèle des remerciements

TABLE DES MATIERES

AVANT PROPOS	3
INTRODUCTION GENERALE	10

PARTIE 1 : CADRE DE L'ETUDE, PROBLEMATIQUE ET ETAT DE L'ART
--

I Etude de l'informatisation des situations de travail complexes	19
I.1 Introduction	20
I.2 L'informatisation des situations de travail complexes	20
I.2.1 Caractéristiques des situations de travail complexes	20
I.2.2 Difficultés rencontrées pour la mise en œuvre de l'informatisation des situations de travail complexes.....	24
I.2.3 Conclusion.....	25
I.3 Cas de l'informatisation du circuit du médicament en milieu hospitalier	25
I.3.1 Etude d'organisations de projets	27
I.3.2 Méthodes utilisées pour l'étude de l'organisation des projets	28
I.3.3 Résultats	30
I.3.3.1 Les différents intervenants rencontrés et leurs rôles	30
I.3.3.2 Activité des ergonomes	32
I.3.3.3 Activité des concepteurs.....	47
I.3.3.4 Synthèse des résultats.....	53
I.3.4 Conclusion.....	54
I.4 Conclusion du chapitre	54
II Etude des principes, méthodes et techniques du Génie Logiciel et de l'IHM pour le développement de système interactif	55
II.1 Introduction	56
II.2 Etat de l'art sur les cycles de développement	56
II.2.1 Les modèles de développement classiques	57
II.2.2 Les modèles de développement enrichis sous l'angle de l'IHM et ou de l'utilisabilité	58
II.2.3 Les méthodes de développement agiles	60
II.2.4 Les méthodes de développement orientées vers la réutilisation	61

II.2.5	Conclusion.....	62
II.3	Etat de l'art sur les méthodes et modèles pour les phases d'analyse et de conception	63
II.3.1	Les techniques semi-formelles	63
II.3.1.1	Techniques classiques en Génie Logiciel de types cartésiennes, systémiques et orientées objet.....	63
II.3.1.2	Les méthodes et modèles centrées sur les tâches	65
II.3.1.3	Les méthodes de conception dédiées	68
II.3.1.4	Les notations graphiques pour la modélisation des processus	70
II.3.2	Les méthodes formelles.....	71
II.3.2.1	Techniques formelles ayant pour origine la théorie des modèles	71
II.3.2.2	Techniques formelles ayant pour origine la théorie des graphes	72
II.3.3	Conclusion.....	74
II.4	Etat de l'art sur les approches destinées à soutenir la collaboration et l'aide aux choix méthodologiques au sein des processus de conception.....	75
II.4.1	Approches soutenant la collaboration entre acteurs de projet.....	75
II.4.2	Approches soutenant l'aide aux choix méthodologiques au sein des processus de conception	77
II.4.3	Conclusion.....	78
II.5	Etude comparative des méthodes et modèle du GL et de l'IHM pour les aspects de collaboration entre intervenants au sein des projets et de représentation des données pour l'analyse des situation de travail complexes	78
II.5.1	Présentation du cadre de l'étude comparative.....	78
II.5.1.1	Le critère « Typologie »	79
II.5.1.2	Le critère « Thématique »	79
II.5.1.3	Le critère « Contexte d'application »	80
II.5.1.4	Le critère « Méthodologie »	80
II.5.1.5	Le critère « Utilisateur ».....	80
II.5.1.6	Le critère « support d'application »	81
II.5.2	Mise en œuvre du cadre	81
II.5.2.1	Résultats	81
II.5.3	Synthèse	82
II.6	Conclusion du chapitre	84

<p style="text-align: center;">PARTIE 2 : PROPOSITION D'UN OUTIL D'AIDE A LA MODELISATION POUR L'AMELIORATION DE LA REPRESENTATION DES DONNEES ET LA COLLABORATION ENTRE INTERVENANTS DANS LES PROJETS</p>
--

III	Besoins, principes et concepts à la base du système d'aide à la modélisation visé.....	87
III.1	Introduction	88
III.2	Présentation d'un processus revisité pour la phase d'analyse des besoins, favorisant la collaboration entre intervenants de projet	89
III.2.1	Etude de la phase d'analyse des besoins au sein des projets de développement .	89
III.2.2	Présentation des concepts du processus pour la phase d'analyse des besoins revisité	91
III.2.3	Conclusion.....	97
III.3	Exploitation des techniques de modélisation du GL et de l'IHM comme langage commun pour la représentation des données au sein de la phase d'analyse des besoins 98	
III.3.1	Le rôle de la modélisation au sein des projets de développement	98
III.3.2	Démarche utilisée pour l'exploitation des techniques de modélisation du GL et de l'IHM.....	98
III.3.2.1	Première étape : étude des domaines d'activité des intervenants de projet	100
III.3.2.2	Deuxième étape : étude du potentiel d'un ensemble de techniques de modélisation du GL et de l'IHM	102
III.3.3	Conclusion.....	106
III.4	Exemples d'application issus de cas réels de projets de développement de systèmes interactifs supportant le circuit du médicament en milieu hospitalier.....	107
III.4.1	Premier type d'exemples : modèle pour l'analyse des situations de travail complexes.....	107
III.4.1.1	Description de la structure organisationnelle des commandes pharmaceutiques entre l'unité de soins d'un service hospitalier et la pharmacie centrale de l'hôpital	107
III.4.1.2	Description du processus de prescription - dispensation – administration en milieu hospitalier.....	109
III.4.2	Deuxième type d'exemples : modèles pour l'analyse de l'informatisation des situations de travail.....	110
III.4.2.1	Description de la structure fonctionnelle d'une application supportant la prescription des médicaments	110
III.4.2.2	Description anticipée d'une situation de travail informatisée pour le processus de prescription-dispensation-administration.....	112
III.4.3	Troisième type d'exemple : modèle pour l'aide à la conception, cas de la gestion des prescriptions de perfusions	113
III.4.4	Conclusion.....	115
III.5	Conclusion du chapitre	116
IV	Proposition d'un système interactif d'aide à la modélisation	117

IV.1	Introduction	118
IV.2	Analyse des besoins pour la conception du système d'aide à la modélisation ...	118
IV.2.1	Présentation d'un processus décisionnel pour l'aide à la résolution de problème ...	119
IV.2.2	Définition d'un processus d'aide à la décision pour la résolution du problème de représentation des données au sein des projets	119
IV.2.3	Définition des besoins fonctionnels à prendre en compte dans le système d'aide à la modélisation	121
IV.3	Spécification du système d'aide à la modélisation.....	122
IV.3.1	Description des fonctions du système d'aide à la modélisation.....	122
IV.3.1.1	Fonction « identifier l'utilisateur ».....	123
IV.3.1.2	Fonction « gérer les modèles ».....	123
IV.3.1.3	Fonction « identifier le contexte de la modélisation »	124
IV.3.1.4	Fonction « proposer des solutions de modélisation »	125
IV.3.1.5	Fonction « évaluer les solutions de modélisation proposées ».....	126
IV.3.1.6	Fonction « modéliser ».....	127
IV.3.2	Description du comportement des fonctions du système d'aide à la modélisation..	128
IV.3.3	Description de l'architecture du système d'aide à la modélisation	131
IV.4	Présentation du prototype supportant notre approche	132
IV.4.1	Méthodologie pour la conception et l'implémentation du prototype.....	132
IV.4.2	Présentation des interfaces homme-machine du système d'aide	133
IV.4.2.1	Interfaces homme-machine pour la gestion des données utilisateur	134
IV.4.2.2	Interfaces homme-machine pour l'identification du contexte de la modélisation	136
IV.4.2.3	Interfaces homme-machine pour l'évaluation des solutions de modélisation..	137
IV.5	Evaluation du système d'aide à la modélisation.....	147
IV.5.1	Méthodologie	148
IV.5.1.1	Sujets	148
IV.5.1.2	Matériel	148
IV.5.1.3	Procédure.....	149
IV.5.2	Résultats	150
IV.5.2.1	Analyse des résultats concernant l'utilisation du système d'aide à la modélisation	151
IV.5.2.2	Analyse des résultats concernant l'utilisation des bibliothèques d'éléments graphiques	154
IV.5.2.3	Analyse du taux de satisfaction des utilisateurs	158

IV.6 Conclusion du chapitre	159
--	------------

PARTIE 3 : ErgoPNets POUR L'AIDE A LA REPRESENTATION DES DONNEES ISSUES DES EVALUATIONS ERGONOMIQUES DE SYSTEMES INTERACTIFS COMPLEXES

V Proposition de la méthode <i>ErgoPNets</i>	163
---	------------

V.1Introduction	164
------------------------------	------------

V.2L'évaluation des systèmes interactifs complexes, cas des projets de développement en milieu hospitalier	164
---	------------

V.3Présentation de la méthode <i>ErgoPNets</i>.....	168
--	------------

V.3.1 Concepts de base de la méthode <i>ErgoPNets</i>	168
---	-----

V.3.2 Processus de mise en œuvre de la méthode <i>ErgoPNets</i>	169
---	-----

V.3.3 Eléments de modélisation mis en place pour créer les supports <i>ErgoPNets</i>	170
--	-----

V.3.4 Conclusion.....	173
-----------------------	-----

V.4Outils supportant la méthode <i>ErgoPNets</i>	173
---	------------

V.4.1 Outil pour la création des supports <i>ErgoPNets</i>	173
--	-----

V.4.2 Outil pour la vérification des supports <i>ErgoPNets</i>	174
--	-----

V.4.2.1 Présentation des objets Visio utilisés pour l'implémentation de l'outil.....	175
--	-----

V.4.2.2 Principes de conception mis en œuvre pour implémenter la vérification des modèles.....	177
--	-----

V.4.3 Conclusion.....	178
-----------------------	-----

V.5Conclusion du chapitre	178
--	------------

VI Evaluation et mise en œuvre de la méthode <i>ErgoPNets</i>	181
--	------------

VI.1 Introduction	182
--------------------------------	------------

VI.2 Evaluation de la méthode <i>ErgoPNets</i>	182
---	------------

VI.2.1 Méthodologie	182
---------------------------	-----

VI.2.1.1 Sujets	182
-----------------------	-----

VI.2.1.2 Matériel	183
-------------------------	-----

VI.2.1.3 Procédure.....	185
-------------------------	-----

VI.2.2 Résultats	186
------------------------	-----

VI.2.2.1 Confrontation des résultats obtenus pour la compréhension des problèmes et des recommandations avec la méthode <i>ErgoPNets</i> et avec le formalisme de type « tableau »	186
--	-----

VI.2.2.2 Synthèse des résultats du questionnaire global et des verbalisations enregistrées pendant les tests.....	188
VI.2.3 Conclusion.....	189
VI.3 Exemples d'application issus de cas réels de projets de développement de systèmes interactifs destinés au milieu hospitalier	189
VI.3.1 Cas relatif à la validation des prescriptions saisies par le médecin.....	190
VI.3.1.1 Contexte	190
VI.3.1.2 Modélisation.....	191
VI.3.1.3 Apports	191
VI.3.2 Cas relatif à un changement de prescription en cours de saisie suite à l'arrivée de nouveaux résultats d'analyse pour un patient	193
VI.3.2.1 Contexte	193
VI.3.2.2 Modélisation.....	194
VI.3.2.3 Apports	195
VI.3.3 Cas de problèmes ergonomiques détectés lors d'une analyse de l'activité.....	196
VI.3.3.1 Contexte	196
VI.3.3.2 Modélisation.....	196
VI.3.3.3 Apports	196
VI.3.4 Conclusion.....	198
VI.4 Conclusion du chapitre	198
VII CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES DE RECHERCHE .	199
VII.1 Conclusion.....	200
VII.2 Perspectives de recherche.....	202
VII.2.1 Perspectives de recherche concernant le système d'aide à la modélisation	202
VII.2.2 Perspectives de recherche concernant la méthode ErgoPNets	205
BIBLIOGRAPHIE	197
WEBOGRAPHIE	209
LISTE DES FIGURES	210
LISTE DES TABLEAUX	214
ANNEXES	215

INTRODUCTION GENERALE

Les systèmes interactifs sont de plus en plus présents dans notre vie quotidienne, que ce soit au niveau professionnel ou personnel. Les systèmes développés doivent répondre à des besoins de plus en plus variés, notamment dans le cadre de situations de travail complexes où l'informatisation est préconisée comme la solution pour soutenir efficacement l'activité des usagers. Par exemple, les domaines de l'industrie, des transports, de la santé intègrent différents types de systèmes informatiques pour aider différents acteurs à gérer des quantités importantes d'informations, à contrôler des processus ou systèmes, guider leur mise en œuvre. On peut citer à ce sujet les systèmes de supervision utilisés en milieu industriel permettant à des opérateurs de contrôler un ensemble de variables pour la gestion des processus [Borne *et al.*, 1993 ; Gaillard *et al.*, 1995], ou les applications de type CPOE (Computerized Physician Order Entry) utilisées en milieu hospitalier pour supporter l'activité de prescription des médecins [Kaushal et Bates, 2002 ; Horsky *et al.*, 2003].

Le développement de tels systèmes implique la prise en compte des facteurs humains et organisationnels. Les besoins à considérer peuvent être au niveau de la répartition des rôles des acteurs, des interactions homme-machine, de la coopération homme-homme et aussi au niveau de la sécurité des personnes. Une analyse rigoureuse des situations de travail et une implémentation des systèmes interactifs assurant un bon fonctionnement sont donc nécessaires, afin d'éviter un rejet de la part des utilisateurs ou l'apparition d'erreurs mettant en jeu la sécurité des personnes, des biens ou des installations [Reason, 1990 ; Koppel, 2005].

Pour mener à bien le développement de ces systèmes, des projets impliquant la participation d'intervenants issus de disciplines différentes sont mis en œuvre. Parmi ces intervenants, les ergonomes sont de plus en plus sollicités pour aider l'équipe des concepteurs/développeurs à répondre de manière rigoureuse aux besoins des utilisateurs, déterminés lors de la phase d'analyse des besoins d'un projet de développement.

Cependant, dans un tel contexte, la phase d'analyse des besoins pose encore un ensemble de problèmes qui peuvent être les suivants :

- Intégration des ergonomes encore insuffisante au sein des projets du fait de certaines contraintes liées au temps, au coût ou aux ressources [Boivie, 2006 ; Gulliksen *et al.* 2006 ; Nayak, 1994].
- Collaboration insuffisante entre les intervenants de projet au cœur de la conception. Par exemple, entre ergonomes et concepteurs, les informations échangées peuvent être incomplètes ou ambiguës.
- Limite des méthodes et modèles du Génie Logiciel (GL) et de l'Interaction Homme-Machine (IHM). Bien qu'il existe de nombreuses techniques proposées par le GL et l'IHM pour la mise en œuvre des projets et que certaines tentent de prendre en compte les facteurs humains dans des méthodes de conception (ex : Diane+ [Barthet et Tarby, 1996], MUSE [Lim et Long, 1994]), elles restent limitées pour l'analyse des situations de travail complexes, notamment pour la prise en compte des aspects organisationnels ainsi que pour favoriser les aspects de collaboration entre les intervenants de projets ; elles proposent parfois des concepts difficiles à mettre en œuvre ou trop spécifiques qui peuvent décourager les intervenants à les utiliser ou ne correspondent pas à leur besoin ; les formalismes obtenus peuvent être difficiles à comprendre par les utilisateurs finaux lors de la validation des modèles. Par conséquent, il arrive couramment que les intervenants de projet adaptent des formalismes ou utilisent le

langage naturel, ce qui nous amène au dernier type de problème concernant la compréhension et l'interprétation parfois erronées des informations échangées.

- Problèmes de compréhension et d'interprétation des informations échangées ; la multidisciplinarité des intervenants de projet implique l'utilisation de méthodes et de vocabulaire différents.

Dans ce mémoire, nous nous sommes donc intéressés aux aspects de collaboration entre intervenants de projet (en traitant plus particulièrement le cas des ergonomes et des concepteurs) ainsi qu'à la modélisation pour l'analyse des situations de travail complexes. Nous proposons deux contributions pour tenter d'améliorer la représentation des données issues de l'analyse des situations de travail complexes et les échanges entre intervenants de projet.

Une première contribution débouche sur la proposition de la première version d'un système d'aide à la modélisation basé sur l'exploitation de techniques de modélisation du GL et de l'IHM et visant à aider les intervenants de projet lors du choix de modèles, ceux-ci venant alimenter un espace d'échange commun au sein de la phase d'analyse des besoins.

Une deuxième contribution prend la forme d'une nouvelle méthode pour la représentation de données issues d'évaluations ergonomiques de systèmes interactifs complexes. Cette méthode appelée *ErgoPNets*, est la combinaison de deux techniques existantes, les réseaux de Petri et des critères ergonomiques. Elle aide à représenter les problèmes ergonomiques détectés lors des évaluations et les recommandations qui en résultent.

Ce mémoire se présente en trois parties, chacune composée de deux chapitres.

La première partie de ce mémoire est intitulée « Cadre de l'étude et problématique et état de l'art ».

Le chapitre 1 porte tout d'abord sur la description globale des caractéristiques des situations de travail complexes ainsi que sur les problèmes rendant difficile leur informatisation. Ensuite, nous présentons une étude de cas réel de projet de développement visant l'informatisation du circuit du médicament en milieu hospitalier, nous ayant servi de cadre applicatif pour nos travaux. Nous y exposons une présentation des organisations mises en place ainsi que des méthodes et formalismes utilisés par les ergonomes et les concepteurs. Ce chapitre comprend également une analyse des problèmes observés concernant l'intervention des ergonomes et la prise en compte des facteurs humains au sein des projets.

Dans le chapitre 2, nous présentons un état de l'art des principes, méthodes et modèles proposés par le GL et l'IHM pour la mise en œuvre des projets de développement en passant en revue des cycles de développement, des méthodes et modèles d'analyse et de conception et enfin des approches destinées à soutenir la collaboration des intervenants de projet et l'aide à la mise en œuvre des activités de projet (ex : aide aux choix de méthodes pour la phase d'analyse des besoins d'un projet). Nous proposons ensuite un état des lieux des manques et limites de ces techniques par rapport aux projets de développement de systèmes complexes, à l'aide d'une étude comparative.

La deuxième partie de ce mémoire est consacrée à notre première contribution. Cette deuxième partie, intitulée « Proposition d'un outil d'aide à la modélisation pour l'amélioration de la représentation des données et la collaboration entre les intervenants de projet », se compose de deux chapitres.

Le chapitre 3 présente les fondements de notre approche. Ce chapitre démarre par une étude de la phase d'analyse des besoins ainsi que de la notion de représentation. Un processus revisité prenant en compte les facteurs humains et intégrant la notion d'espace commun d'échange, pour la phase d'analyse des besoins est ensuite proposé. Nous exposons la démarche mise en place pour exploiter les techniques du GL et de l'IHM au sein de notre

processus revisité et montrons le potentiel de quelques exemples de techniques en fonction d'une étude des besoins en modélisation pour le cas des ergonomes et des concepteurs. Enfin, nous terminons ce chapitre par la description de plusieurs exemples de supports communs de travail, appliqués à notre cas réel de projet de développement de systèmes interactifs en milieu hospitalier et utilisant les techniques du GL et de l'IHM.

Le chapitre 4 présente la première version d'un système d'aide à la modélisation. Son objectif est d'aider l'intervenant de projet à choisir une solution de modélisation correspondant à ses besoins. Nous présentons le concept de base de notre système, c'est-à-dire un processus décisionnel mis en place pour résoudre le problème de représentation des données. Ensuite nous spécifions les fonctions de notre système et leurs comportements ainsi que les interfaces homme-machine prévues. Enfin, une évaluation a été réalisée afin de tester ce premier prototype. Le protocole ainsi que les résultats clôturent ce chapitre.

La troisième partie de ce mémoire est consacrée à notre seconde contribution et s'intitule « *ErgoPNets* pour l'aide à la représentation des données issues des évaluations ergonomiques de systèmes interactifs complexes ».

Le chapitre 5 décrit la problématique au sein des évaluations ergonomiques dans le cadre de développement de systèmes interactifs complexes en milieu hospitalier et définit les besoins pris en compte par la méthode *ErgoPNets*. Ensuite les concepts de la méthode sont décrits ainsi que les outils permettant sa mise en œuvre.

Enfin, le chapitre 6 montre le protocole d'évaluation mis en place pour tester la méthode et les résultats obtenus. Pour finir, plusieurs exemples d'application issus de cas réels de projets de développement de systèmes interactifs complexes supportant le circuit du médicament en milieu hospitalier illustrent la mise en œuvre de la méthode *ErgoPNets*.

Ce mémoire se termine par une conclusion générale et la présentation de nos perspectives de recherche.

PARTIE 1 (Contexte)

**CADRE DE L'ETUDE, PROBLEMATIQUE ET ETAT
DE L'ART**

I ETUDE DE L'INFORMATISATION DES SITUATIONS DE TRAVAIL COMPLEXES

I.1 Introduction	20
I.2 L'informatisation des situations de travail complexes.....	20
I.2.1 Caractéristiques des situations de travail complexes	20
I.2.2 Difficultés rencontrées pour la mise en œuvre de l'informatisation des situations de travail complexes.....	24
I.2.3 Conclusion.....	25
I.3 Cas de l'informatisation du circuit du médicament en milieu hospitalier.....	25
I.3.1 Etude d'organisations de projets	27
I.3.2 Méthodes utilisées pour l'étude de l'organisation des projets	28
I.3.3 Résultats	30
I.3.4 Conclusion.....	54
I.4 Conclusion du chapitre	54

I.1 INTRODUCTION

Dans le cadre de cette thèse, nous nous intéressons à l'informatisation des situations de travail complexes et plus particulièrement aux projets mis en œuvre pour le développement de systèmes interactifs supportant ce type de situations.

Les situations de travail complexes se caractérisent par un ensemble de facteurs liés aux aspects humains et organisationnels [De Keyser, 1988]. Par exemple, on peut citer les travaux de S. Pelayo [Pelayo, 2007] s'intéressant à la gestion des prescriptions hospitalières ou encore ceux de E. Adam [Adam, 2000] sur les organisations de type administratif.

L'implémentation de systèmes informatiques préconisés pour soutenir ces situations de travail complexes n'est pas évidente. Dans le cadre de nos travaux, nous avons étudié le cas particulier du circuit du médicament en milieu hospitalier où l'informatisation des processus de travail est préconisée comme la solution pour réduire l'apparition d'erreurs médicales. Ainsi, nous avons eu l'opportunité d'observer l'organisation de projets de développement de tels systèmes. Pour cela, nous avons intégré une équipe d'ergonomes travaillant en étroite collaboration avec des sociétés d'édition de logiciels médicaux. Ce contexte nous a permis de comprendre l'organisation réelle des projets et de mettre en évidence un ensemble de problèmes rencontrés par les intervenants de projets, notamment au niveau de la représentation des données et de la collaboration entre intervenants.

Ce chapitre expose donc notre cadre d'étude ainsi que la problématique à laquelle cette thèse tente de répondre. Après avoir décrit les caractéristiques des situations de travail complexes ainsi que les difficultés rencontrées pour leur informatisation, nous nous sommes intéressés au cas des projets de développement visant l'informatisation du circuit du médicament en milieu hospitalier. Nous présentons un ensemble de données recueillies lors de nos observations, sur l'organisation des projets de développement tels que les intervenants de projets impliqués et leurs rôles, des exemples de déroulements de projets, les méthodologies et formalismes utilisées ainsi qu'une étude des problèmes rencontrés par les intervenants de projets.

I.2 L'INFORMATISATION DES SITUATIONS DE TRAVAIL COMPLEXES

I.2.1 Caractéristiques des situations de travail complexes

Une situation de travail peut être définie comme un ensemble coordonné d'activités exécutées par des acteurs utilisant des ressources et visant à produire un résultat [Alter, 1999]. Des informations y sont manipulées ou produites dans le but d'atteindre des objectifs communs. Elle est donc constituée d'un ensemble de processus, d'acteurs et de ressources (Figure I.1).

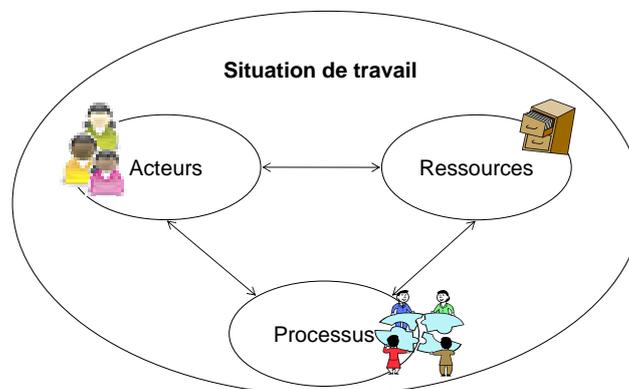


Figure I.1. Représentation d'une situation de travail.

Les tâches de ces opérateurs consistent à :

- l'équilibrage des puissances primaires et secondaires où les opérateurs doivent gérer la puissance de production,
- le respect de la sécurité où les opérateurs doivent gérer en permanence le refroidissement du cœur et contrôler la réactivité,
- le maintien de la sous-saturation où les opérateurs contrôlent les conditions du maintien de l'eau à l'état liquide dans le circuit primaire.

Ces trois tâches principales amènent les opérateurs à contrôler en permanence un ensemble de variables en constante évolution et à suivre un ensemble de procédures pour conduire l'installation en cas de situations anormales.

Cette approche en termes de supervision et contrôle de situation dynamique s'applique très bien au domaine de la médecine. Si l'on prend l'exemple de la prise en charge médicale d'un patient, on comprend que le statut clinique et physiologique du patient évolue spontanément, par exemple sous l'effet de la maladie. Dans ce contexte, le médecin peut être considéré comme superviseur du processus « patient » car il est chargé du diagnostic et de l'élaboration du plan thérapeutique qui ramènera les paramètres cliniques et physiologiques dans des valeurs acceptables. Les infirmières sont responsables de l'exécution de ces plans et peuvent donc être assimilées à des contrôleurs. En santé, la multiplicité des variables à superviser et à contrôler complexifie la tâche. Par exemple, le contrôle du médecin va dépendre de l'évolution de l'état du patient et des effets des médicaments. A chaque rencontre, le médecin doit réactualiser sa représentation de l'état du patient et de son évolution. Des prises d'information fréquentes sont donc nécessaires pour ne pas manquer un évènement déterminant.

- **Travail coopératif et distribué :**

La complexité peut découler du fait que le *travail est coopératif et distribué*, nécessitant des interactions, d'une part entre acteurs, et d'autre part entre acteurs et monde physique (ressources, artefacts) ; de plus les aspects de distribution de l'information doivent aussi y être pris en compte [Benckroum et Weill-Fassina, 2000].

La coopération est une aptitude à la communication, la coordination et la collaboration d'un ensemble d'acteurs pour la réalisation d'un objectif commun, des acteurs ne pouvant coopérer sans échanger des informations [Adam, 2000]. On peut avoir une distribution des informations entre différents acteurs de même profil ou de profils différents, entre différents supports où des problèmes d'éparpillement des informations de même que d'incomplétude peuvent survenir. Tous ces aspects demandent un travail considérable d'articulation entre les acteurs. De plus les moyens de communication peuvent être divers : verbalisations, courrier électronique, documents papier, documents électroniques, réunions...

La Figure I.3 illustre une organisation distribuée. Cet exemple, tiré de [Lonchamp, 2003], montre l'agencement physique d'une salle de contrôle dans une entreprise de transport.

On y voit les différents acteurs participant à la gestion du transport de marchandises et les différents artefacts (téléphone, système informatique, informations utilisées). Le principe de cette organisation est le suivant : l'acteur ① s'occupe des départs de marchandises en vue de satisfaire les ordres reçus. Les acteurs ② et ③ s'occupent des transports retour, c'est-à-dire de trouver du fret près de la destination, pour éviter un retour à vide. L'acteur ⑦ s'occupe du groupage des transports, pour éviter les voyages à charge incomplète. L'acteur ④ est spécialisé dans les transports vers ou depuis un pays. L'acteur ⑤ s'occupe des palettes à retourner. Les acteurs ⑧ et ⑨ travaillent sur les transports multimodaux, c'est-à-dire les

transports exceptionnels utilisant le train, le bateau... Tout les acteurs se voient et peuvent se parler. Les deux acteurs spécialisés dans les voyages retour sont voisins et se partagent un planning hebdomadaire. En cas de surcharge au niveau du traitement des ordres, une personne peut se placer à la place libre à côté de l'acteur 1 et partager son planning.

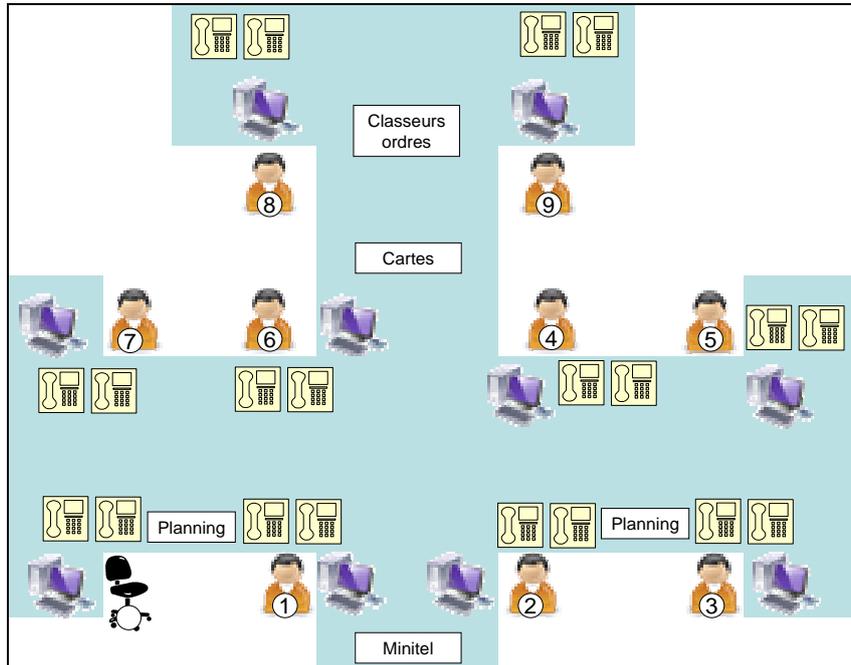


Figure I.3. Exemple d'organisation distribuée (tiré de [Lonchamp, 2003]).

• **Organisations multiples :**

La complexité peut être relative à la nécessité d'organisations multiples pour une même situation de travail [Pelayo, 2008].

Les organisations peuvent varier selon différents facteurs liés aux environnements de travail tels que les ressources matérielles et humaines disponibles, les types de situations (événements), les habitudes de travail... Par exemple, lors d'un tour médical en milieu hospitalier, plusieurs organisations peuvent exister autour du malade : toutes les infirmières en poste « tournent » avec le ou les médecins, une infirmière est détachée pour faire le tour puis transmettre les informations à ses collègues. Cet exemple est illustré en Figure I.4. Il peut être donc difficile d'obtenir une représentation unique de la situation de travail.

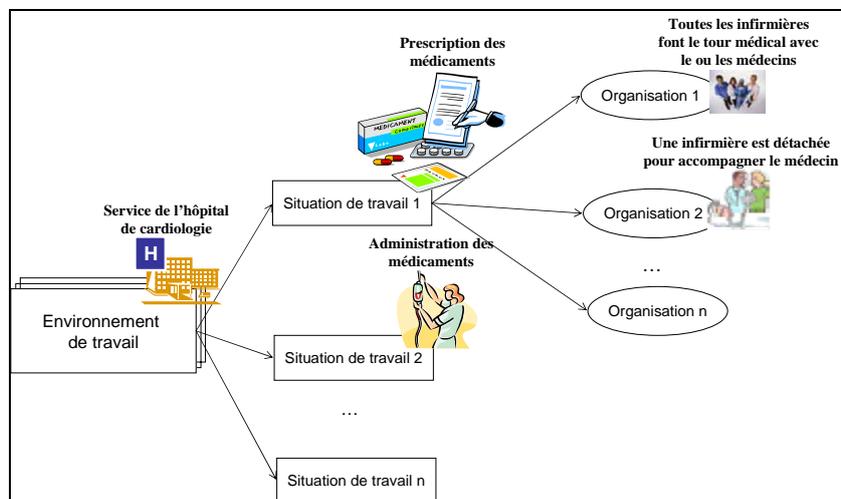


Figure I.4. Exemples d'organisations multiples au sein d'un environnement de travail.

En conclusion, il est important de considérer toutes ces caractéristiques pour l'implémentation des systèmes informatiques supportant les situations de travail, ce qui n'est pas encore évident dans les projets de développement de ce type.

La section suivante présente des difficultés pouvant survenir lors de ces projets.

I.2.2 Difficultés rencontrées pour la mise en œuvre de l'informatisation des situations de travail complexes

Plusieurs éléments peuvent entraîner des difficultés pour l'informatisation des situations de travail complexes. Nous nous sommes intéressés à deux types de problèmes : celui de l'intégration encore difficile des ergonomes au sein de ce type de projet et la prise en compte insuffisante des aspects organisationnels au sein de la conception.

L'intégration de systèmes informatiques au sein d'organisations existantes implique des changements organisationnels importants tels que la transformation des rôles des acteurs, la répartition des tâches, les types de communications... Il est donc primordial d'analyser de manière rigoureuse l'organisation de la situation de travail existante mais également celle prévue par l'application informatique choisie et assurer la prise en compte des facteurs humains et organisationnels au sein des projets de développement. Pour cela, les ergonomes sont de plus en plus présents au sein de tels projets. Par exemple, ils peuvent être sollicités par les responsables des systèmes d'information pour aider à formuler les besoins utilisateur en procédant à des analyses de l'activité, ou par des sociétés d'édition de logiciel pour aider à la conception en évaluant des applications et en proposant des recommandations. Cependant leur intégration reste encore insuffisante du fait des contraintes des projets, des collaborations restreintes avec les équipes de développement mais également des difficultés rencontrées pour la compréhension et l'interprétation des informations échangées ainsi que pour la représentation des données issues des facteurs humains et organisationnels.

Nous avons vu dans la section précédente que l'une des caractéristiques rendant les situations de travail complexes était l'existence d'organisations multiples pour une même situation de travail. Pour pouvoir informatiser ces situations, il est primordial de comprendre l'organisation, les acteurs, l'environnement... Pour ce faire, les intervenants de projet au cœur de la conception (ergonomes, concepteurs...) représentent toutes ces données¹ qui serviront de base pour aider à la conception. Cependant, il est difficile d'obtenir une représentation unique de la situation de travail [Landry *et al.*, 1990]. Il faut donc pouvoir représenter plusieurs facettes d'une situation de travail et partager les points de vue entre les différents intervenants afin de concevoir des systèmes reflétant le mieux les besoins utilisateurs. Actuellement, la multidisciplinarité fait que chacun utilise ses propres méthodes et modèles, ce qui rend les échanges insuffisants ou ambigus.

Alors que les méthodologies proposées par le GL et l'IHM pour la mise en œuvre des projets de conception de systèmes interactifs sont nombreuses et prennent de plus en plus en compte les aspects facteurs humains dans les méthodes de conception (ex : Diane+ [Barthet et Tarby, 1996], MUSE [Lim et Long, 1994], elles ne considèrent pas suffisamment l'analyse des situations de travail complexes et notamment leur dimension organisationnelle. De plus, les aspects de collaboration entre les intervenants de projet sont peu présents au sein des cycles de développement existants.

¹ Nous désignons par le terme « donnée » toutes les informations produites et échangées par les intervenants de projet lors des projets de développement. Ces données peuvent être des résultats d'analyse de l'activité, de tests utilisateur, de spécifications fonctionnelles...

I.2.3 Conclusion

Nous avons passé en revue différents éléments caractérisant les situations de travail complexes rendant difficile leur informatisation. Trois types de problèmes ont été mis en évidence : l'intégration difficile des ergonomes au sein des processus de conception, la multitude d'organisations de travail pour une même situation de travail et enfin les limites des méthodes et modèles du GL et de l'IHM pour l'analyse des situations de travail complexes.

Afin de compléter notre étude sur l'informatisation des situations de travail complexes, nous présentons dans la section suivante, un cas réel que nous avons pu observer dans le cadre de cette thèse. Il s'agit d'un cas particulier de projet mis en place pour l'informatisation du circuit du médicament en milieu hospitalier pour lequel nous nous sommes intéressés aux intervenants de projet au cœur de la conception de tels systèmes, notamment aux ergonomes et concepteurs.

I.3 CAS DE L'INFORMATISATION DU CIRCUIT DU MEDICAMENT EN MILIEU HOSPITALIER

Notre cadre d'étude cible le milieu médical et plus particulièrement le processus de prescription thérapeutique à l'hôpital, également appelé « circuit du médicament », qui recouvre les étapes de prescription - dispensation – administration des médicaments. Ce processus est au cœur de toute prise en charge médicale d'un patient, car ce sont essentiellement les interventions thérapeutiques qui vont permettre de surveiller et d'améliorer l'état d'un patient. Ce processus complexe intègre deux structures (unité de soins et pharmacie) et implique différents acteurs de quatre types : patient, médecin, infirmière, pharmacien (Figure I.5). Les principales étapes de la prise en charge thérapeutique sont les suivantes : (i) le diagnostic et la prise de décision thérapeutique, assumés par le médecin, qui vont donner lieu à une liste de prescriptions, (ii) la dispensation des produits à l'unité de soins, dont est responsable le pharmacien, (iii) l'administration des médicaments au patient, tâche de l'infirmière. Il existe différents moyens de transmettre à la pharmacie de l'hôpital les besoins en médicaments de l'unité de soins. En cas de dispensation globale, l'infirmière est chargée d'envoyer à la pharmacie une liste des médicaments nécessaires au regard des prescriptions en cours et des stocks du service. Pour les produits dangereux ou coûteux nécessitant une dispensation nominative, l'infirmière envoie à la pharmacie la prescription du patient considéré. La pharmacie réceptionne les commandes (ou prescriptions), prépare et envoie les médicaments dans l'unité de soins. Enfin, l'infirmière réceptionne les médicaments, puis prépare et administre les produits aux patients.

Impliquant la sécurité du patient, on s'attend à ce que ce circuit soit sûr. Pourtant, en 1999, l'Institute Of Medicine (IOM) publie un rapport « To Err Is Human : Building a safer health system » mettant en lumière les nombreuses erreurs médicales existant à chacune des étapes de ce circuit [Committee on Quality of Health Care, 2000]. Ce document, devenu incontournable aujourd'hui, souligne qu'aux Etats-Unis, pour la seule année 1997, environ 98000 morts seraient imputables aux erreurs médicales en milieu hospitalier. Les erreurs concernant les médicaments seraient responsables de « seulement » 7000 décès. En France, une telle estimation est disponible sur le site de l'Agence Française de sécurité Sanitaire des Produits de Santé (<http://afssaps.sante.fr/>).

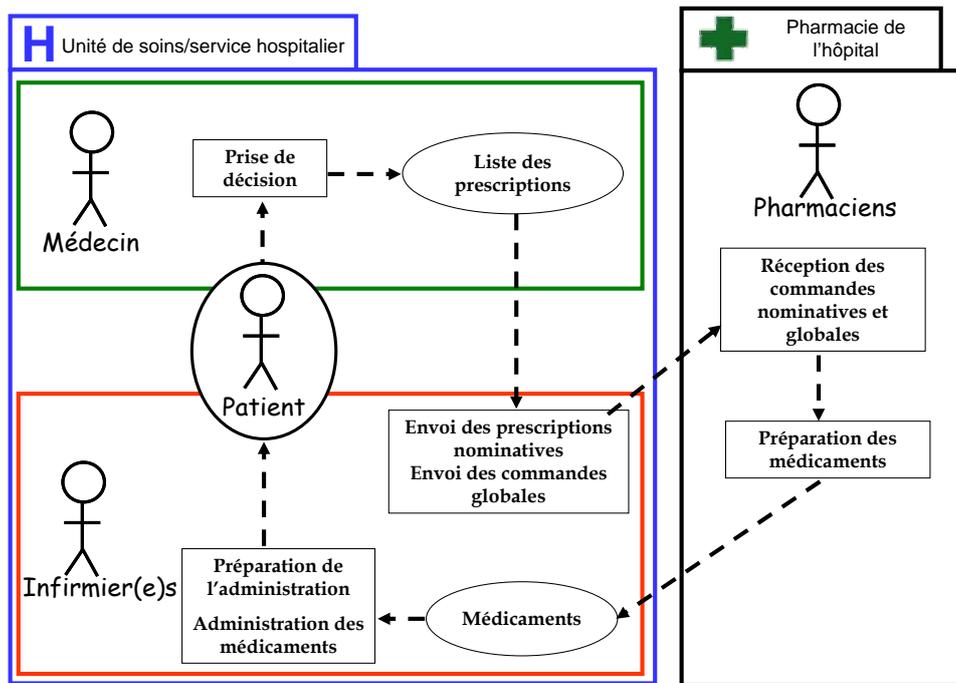


Figure I.5. Le circuit du médicament.

Dans ce contexte, l'informatisation du processus de prescription thérapeutique est considérée par beaucoup comme LA solution pour améliorer sa qualité. Les institutions américaines ont débloqué des moyens considérables pour encourager l'installation de telles applications. Les enjeux liés à l'informatisation du processus de prescription sont généralement affichés de la façon suivante :

- Enjeux de qualité : il faut améliorer la qualité de la prescription thérapeutique en termes de sécurité, d'exhaustivité et de lisibilité, diminuer les erreurs liées aux recopies multiples par l'infirmière et prévenir les accidents iatrogènes².
- Enjeux économiques : il faut mieux maîtriser les dépenses de médicaments et la gestion des coûts de pharmacie, et assurer la mise en œuvre de la Tarification A l'Activité (T2A).
- Enjeux réglementaires : il faut se mettre en conformité avec la réglementation sur les prescriptions médicales qui doivent être « écrites, qualitatives et quantitatives, datées et signées » par le médecin prescripteur.

De nombreuses études [Bates *et al.*, 1999, 2003] ont confirmé l'impact positif de ces systèmes qui permettent de diminuer significativement les taux d'erreurs médicamenteuses et d'accidents iatrogéniques. Toutefois certains rapports récents tels celui de Santell *et al.* [Santell *et al.*, 2003], s'inquiètent de la recrudescence des erreurs avec les systèmes informatisés. Surtout, leur implémentation demeure extrêmement difficile [Ash *et al.*, 2003 ; Ash *et al.*, 2004] ; fin 2004, seulement 10% des hôpitaux américains disposaient d'un système complet effectivement utilisé par les médecins, infirmières et pharmaciens de l'établissement. En effet, l'impact de l'introduction d'un tel système sur la structuration du travail individuel et coopératif est indéniable. Notamment, il peut transformer les rôles et les tâches des acteurs, la distribution des responsabilités de chacun et les types de communication. Il déstabilise la nature profonde de l'activité et génère ainsi des erreurs et des risques nouveaux pour le patient [Beuscart-Zéphir, *et al.*, 2004].

² Accidents iatrogènes : accidents provoqués par l'effet indésirable d'un médicament ou d'un acte médical.

Le Centre Hospitalier Régional Universitaire (CHRU) de Lille souhaite améliorer la prescription et éviter les erreurs pouvant être commises durant le processus. Dans ce cadre, le CHRU a entamé une étude des besoins et de faisabilité d'une éventuelle intégration informatique mettant en œuvre les enjeux cités ci-dessus (de qualité, économique et réglementaire).

Pour réaliser cette étude, des projets ont été élaborés, dans lesquels le CHRU travaille en collaboration avec un ensemble de structures telles que :

- Une structure informatique interhospitalière qui développe et propose des logiciels de type circuit du médicament ;
- Un laboratoire d'utilisabilité, EVALAB³, en charge de l'analyse et l'amélioration de la facilité d'usage des logiciels de type circuit du médicament et à leurs intégrations dans l'environnement de travail quotidien des usagers professionnels en santé.

Dans le cadre de cette thèse, nous avons donc été intégrés au sein du laboratoire d'ergonomie EVALAB. Des déplacements au sein de la société d'édition de logiciels médicaux (SIB) ont également été réalisés. Cette intégration a permis de recueillir un ensemble de données sur l'organisation des projets mais également de participer à plusieurs tâches au sein des projets (gestion du lien entre ergonomes et concepteurs, aide à la représentation de données issues des analyses de l'activité). La partie suivante décrit le cadre de l'étude, la méthodologie utilisée pour la récolte des données ainsi que les résultats issus des observations et l'expérience vécue lors de cette intégration.

I.3.1 Etude d'organisations de projets

Dans le cadre de cette étude, nous avons pu participer à un projet visant à analyser et améliorer l'utilisabilité des systèmes de prescription-dispensation-distribution des thérapeutiques pour les hôpitaux français. Ce projet impliquait la participation de plusieurs partenaires dont le laboratoire EVALAB et une société d'édition de logiciels médicaux avec lesquels nous avons travaillé dans le cadre de cette thèse. Ce projet se décomposait en plusieurs sous-projets. Nous présentons ici les sous-projets auxquels nous avons participé :

- **Sous-projet 1** (Analyse de la situation de travail et aide à la conception) : son objectif principal était l'étude de l'activité de prescription thérapeutique en milieu hospitalier, et plus particulièrement au Centre Hospitalier Universitaire Régional de Lille. Cette étude devait apporter des éléments de réponse quant à la faisabilité d'informatiser le circuit du médicament qui recouvre la prescription, la préparation, la livraison, la distribution et l'administration du médicament au sein du CHRU de Lille.
- **Sous-projet 2** (Evaluation des applications existantes et recommandations pour la ré-ingénierie) : la structure informatique hospitalière y était intervenue en tant qu'acteur pour l'installation d'un logiciel gérant le circuit du médicament au CHU de Lille et pour une formation utilisateur. D'autre part, la participation aux réunions régulières permettait de suivre l'avancement de l'étude.
- **Sous-projet 3** (Développement ou ré-ingénierie des applications de prescription informatisée) : celui-ci représentait l'objectif principal de la société d'édition de logiciel dans le projet. La première partie consistait à prendre en compte certaines recommandations faites en cours ou à la suite de l'analyse ergonomique dans les évolutions de l'application existante. La deuxième partie proposait la prise en compte de certaines autres recommandations dans une nouvelle version de l'application en mode *Windows* ; ces propositions étaient limitées dans la mesure où une version web

³ <http://evalab.univ-lille2.fr/fr/accueil.html>

du logiciel était en cours d'étude. La troisième partie proposait de façon non exhaustive (car l'étude était en cours ou commençait à peine sur la prescription) des écrans déjà existants et des maquettes d'une nouvelle application en version web.

Le but de notre intégration au sein de ses trois sous-projets était de comprendre leur organisation de projet et de récolter des données sur par exemple le rôle des intervenants, les méthodes utilisées, les documents produits. Nous sommes également intervenus au sein de ces sous-projets pour diverses tâches. Pour les sous-projets 1 et 2, nous avons aidé les ergonomes pour la modélisation de leurs données. Pour le sous-projet 3, nous sommes intervenus dans la troisième partie. Cette troisième partie s'est poursuivie après le projet. Nous étions en charge du lien entre ergonomes et concepteur (cette expérience est décrite plus en détail dans la partie résultat, cf. § I.3.3).

Au cours de la thèse, le laboratoire EVALAB a participé à d'autres projets de conception ou de ré-ingénierie de systèmes médicaux. Nous y étions sollicités ponctuellement pour aider à la modélisation des données. Enfin, nous avons eu l'opportunité de découvrir un autre type d'organisation de projet. Il ne s'agit pas du développement de système interactif complexe mais plutôt de systèmes destinés au grand public. Nous avons choisi d'évoquer cette organisation de projet car elle implique l'intervention d'ergonomes au sein de l'équipe de développement et montre une analyse intéressante des aspects de collaboration entre les intervenants participant à ce genre de projets. Cette étude est présentée en annexe A.1.

La section suivante présente les méthodes que nous avons utilisées pour récolter des données sur l'organisation des projets auxquels nous avons participé.

I.3.2 Méthodes utilisées pour l'étude de l'organisation des projets

Afin de récolter un ensemble de données sur l'organisation des projets présentés dans la section précédente, nous avons utilisé plusieurs méthodes :

- *L'entretien individuel avec des intervenants de projets* : un aide-mémoire, ciblant les points à aborder lors des entretiens, a été préparé de façon à récolter des informations selon cinq aspects (Figure I.6) : (1) l'entreprise, c'est-à-dire les secteurs d'activité, les objectifs, la structure organisationnelle ; (2) le rôle du sujet au sein des projets menés dans l'entreprise ; (3) l'organisation des projets, c'est-à-dire le déroulement d'un projet, l'explication des grandes phases, les différentes tâches du sujet ; (4) la méthodologie, c'est-à-dire les méthodes et modèles utilisés, les outils utilisés, les supports créés, les limites et les besoins, les échanges d'informations, c'est-à-dire avec qui les échanges se font, les moyens d'échange, les données échangées ; (5) les difficultés rencontrées.

<p>Entreprise :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Secteur d'activité, objectifs • Structure organisationnelle (équipe, unité...) <p>Le sujet :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rôle au sein de l'entreprise <p>Projet informatique :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Déroulement d'un projet • Cycle chronologique de développement (modèle en V, modèle en Cascade, RAD...) • Les grandes étapes (phase de planification, phase d'analyse...) • Types de personne qui y participent (interne ou externe) (profils) • Rôles des participants • Participation aux étapes (lesquelles, variation selon les projets ?) • Tâches principales du sujet au sein d'un projet <p>Méthodologie :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Méthodes particulières (ex inspection ergonomique, définition des spécifications puis...) • Modèles particuliers (ex : GL) • Méthodes et modèles communs ou personnels • Outils informatiques (quoi et pourquoi) • Outils communs ou personnels • Outils internes à l'entreprise ou achetés à l'extérieur • Evolution ou même outil • Choix des outils (comment) • Informations transmises sous quelles formes (rapports, documents spécifiques) • Changements en fonction des profils • Difficultés au niveau des outils, des méthodes et modèles (limites, manipulation) <p>Échanges :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les participants du projet (comment) (réunions, courrier électronique, courriers) • Moyen d'échange le plus courant (courrier électronique, de vive voix) • Déroulement réunion de projet (comment, pourquoi) • Types d'informations échangées (maquettes, données techniques, retour sur résultats transmis...) • Types de supports reçus par les participants • Retour sur les informations transmises (résultats) des autres participants • Transmission de retours aux autres participants • Les échanges les plus courants (avec qui, exemples de cas) (ergonomes, concepteurs, développeurs, utilisateurs...) • Difficultés au niveau des échanges (compréhension, interprétation des informations, représentation différente)
--

Figure I.6. Aide-mémoire pour les entretiens individuels.

- *L'étude de supports créés et échangés au sein des projets* : lorsque cela était possible (pas de problème de confidentialité), des documents ont été analysés de façon à récolter les données suivantes : le type du document, l'objectif du document, les informations décrites, les moyens utilisés pour décrire ces informations, l'émetteur et le destinataire du document. La Figure I.7 présente un exemple de fiche utilisée pour analyser chaque document.

ANALYSE DU DOCUMENT N°2

Titre : Rapport Prescription – dispensation – administration des médicaments au CHRU de Lille : analyse de la situation de travail

Auteurs : Ergonomes EVALAB

Destinataires : Responsables du système d'information de l'hôpital

Objet : Étude de l'activité de prescriptions thérapeutiques en milieu hospitalier

Composition du document :

Contenu	Techniques de description utilisées
Introduction et objectif	Texte
Méthodologie : lieux d'étude, méthodes ergonomiques utilisées, contextes ciblés	Texte : description du lieu d'étude, des méthodes Tableau : les différents contextes ciblés
Résultats	Texte : explication des résultats et des recommandations Données quantitatives : analyse (sous forme de pourcentage) des informations manipulées et des supports utilisés pendant l'activité Schéma : représentation simplifiée du principe de lecture d'un support Modèle « arbre hiérarchique : modélisation d'une tâche observée Tableau : recensement des actions réalisées par les opérateurs, des types d'informations échangés et des supports papier utilisés Dessin par éditeur de présentation : maquette simple ou avancée proposant des recommandations pour la conception

Figure I.7. Exemple de fiche d'analyse de document.

- *La synthèse régulière des informations* : l'intégration au sein des projets a permis d'observer *in situ* le déroulement des projets, de discuter directement avec les intervenants, d'identifier des problèmes rencontrés par les intervenants ou de confirmer ceux évoqués lors des entretiens. C'est pourquoi, au fur et à mesure que des informations importantes ont été récoltées, des documents les synthétisant étaient réalisés. Par exemple, lorsque les ergonomes rencontraient des difficultés pour

modéliser un type de données, les problèmes évoqués étaient recueillis sous forme de notes.

La section suivante présente les résultats issus de nos observations. Les données récoltées ont été décrites en trois parties, en commençant par les différents intervenants de projets rencontrés et leurs rôles ; ensuite une partie est consacrée à l'activité des ergonomes et enfin une dernière partie décrit les processus de développement observés, les méthodes de travail utilisées et les documents produits, les échanges entre les intervenants de projets et l'identification des problèmes rencontrés par les intervenants de projets.

I.3.3 Résultats

I.3.3.1 Les différents intervenants rencontrés et leurs rôles

Les personnes rencontrées lors de cette étude sont les suivantes :

- une équipe de six ergonomes dont le directeur du laboratoire, des ergonomes dédiés aux projets avec l'hôpital et/ou dédiés aux projets recherche.
- Une équipe de développement appartenant à la société d'édition de logiciels dont un chef de projet informatique et trois concepteurs.

D'autres intervenants ont également participé au projet : les développeurs de la société d'édition de logiciel, les responsables du système d'information de l'hôpital, les utilisateurs. Il n'a pas été possible de rencontrer toutes ces personnes afin d'analyser leurs activités de travail en détail. Cependant, elles figurent dans notre étude afin de mieux comprendre l'organisation du projet et leurs interventions.

Au sein du projet que nous avons observé, nous avons distingué deux groupes d'intervenants : (1) les intervenants liés à la société d'édition de logiciel et (2) les intervenants liés au centre hospitalier.

Pour le premier groupe, les intervenants et leurs rôles sont les suivants :

- **le chef de projet informatique** : son rôle est de gérer le projet (budget, ressources) et de coordonner l'équipe projet. Pour cela, il définit les besoins en ressources humaines et matériels, distribue les tâches, prend les décisions (choix techniques, arbitrage entre les intervenants), présente les résultats à la hiérarchie, archive les traces (courriers électroniques, documents...), participe à la conception (proposition de maquettes, rédaction du cahier des charges, rédaction des spécifications fonctionnelles, rédaction des manuels utilisateurs). Il a également une vue sur toutes les informations échangées.
- **Le concepteur** : son rôle est de concevoir le logiciel. Pour cela, il crée des maquettes et rédige les spécifications du logiciel (fonctionnalités, IHM, architecture). Il peut être amené à rencontrer des utilisateurs potentiels et à participer à des focus group (cf. section I.3.3.2 pour la présentation de cette méthode) pour récolter les besoins. Il valide également les spécifications des IHM en rédigeant des fiches recette.
- **Le développeur** : son rôle est de réaliser le logiciel, c'est-à-dire en procédant aux étapes de codage, de tests unitaires... Il définit également les spécifications techniques (ex : solutions de développement par rapport aux exigences prévues).
- **L'équipe de diffusion** : son rôle est de fournir un support à l'utilisateur. Ce support peut être une formation des utilisateurs au logiciel ou une maintenance technique pour les problèmes logiciels et matériels, rencontrés par les utilisateurs.

Pour le deuxième groupe, les intervenants et leurs rôles sont les suivants :

- **Le responsable du système d'information** : son rôle est de gérer le développement du système d'information en s'assurant que les investissements et la maintenance permettent de répondre aux besoins des utilisateurs tout en respectant leurs conditions de travail et leur sécurité. Il peut déléguer à ses collaborateurs et sous-traiter l'expression des besoins, le développement d'applications, la gestion des achats...
- **Les représentants utilisateur du système d'information et/ou les acteurs (utilisateurs) du système d'information** : ils définissent les besoins avec les responsables du système d'information ; ils participent aux tests utilisateur, aux focus group. Ils donnent leurs avis sur les solutions proposées et valident les résultats des analyses.
- **L'ergonome** : son rôle est de prendre en compte les facteurs humains et organisationnels pour assurer le succès et la sûreté des nouvelles technologies et améliorer la satisfaction des utilisateurs. Il analyse l'activité des usagers et aide à la formulation des besoins utilisateur. Il évalue des logiciels ou versions produites (existant, maquettes, prototype) à l'aide de méthodes ergonomiques telles que, par exemple, des inspections ergonomiques, des tests utilisateurs, des focus group.

La Figure I.8 synthétise les deux groupes d'intervenants ainsi que leurs rôles au sein des projets. D'un côté, il y a l'hôpital avec le responsable du système d'information, les représentants utilisateur et utilisateurs finaux (les médecins, les infirmiers/ères...) et les ergonomes dont le laboratoire (dans notre cas, EVALAB) est rattaché au centre hospitalier. De l'autre côté, il y a la société d'édition de logiciel qui a passé un accord de coopération avec le responsable du système d'information de l'hôpital pour répondre aux besoins. L'équipe de la société comprend le chef de projet informatique, les concepteurs/testeurs, les développeurs et des membres de l'équipe de diffusion.

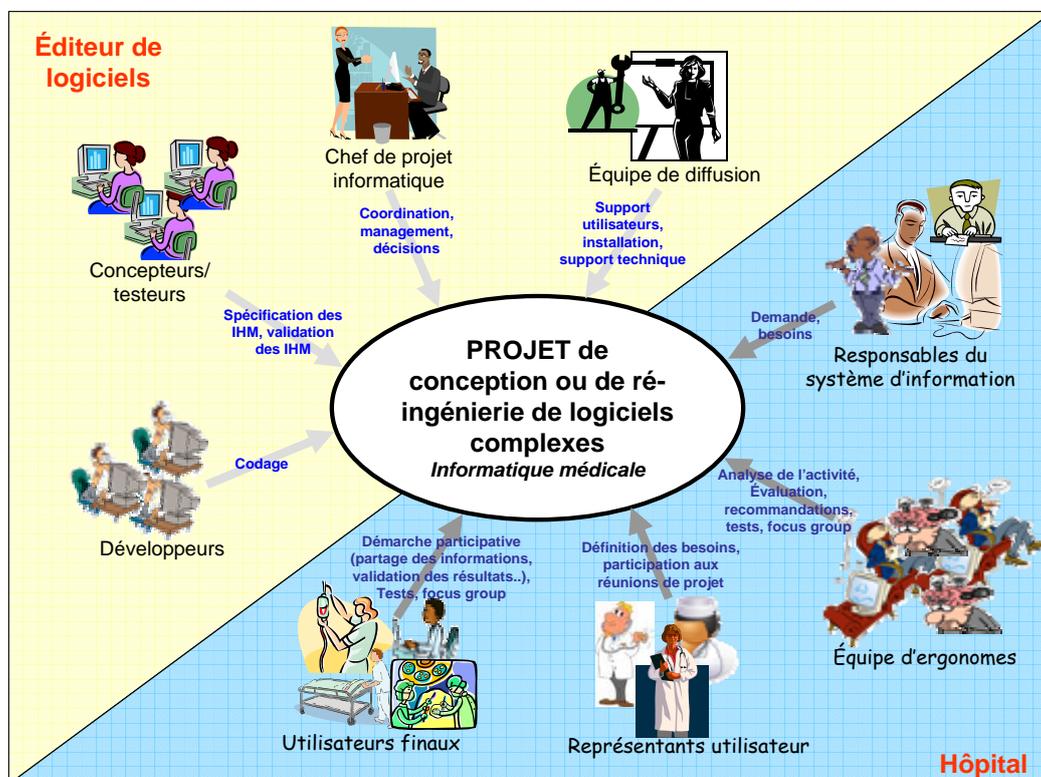


Figure I.8. Représentation simplifiée de l'organisation des intervenants de projets.

I.3.3.2 Activité des ergonomes

Dans cette section, nous décrivons l'activité des ergonomes observée pour le projet observé. Tout d'abord, nous présentons le déroulement du projet, c'est-à-dire les différentes étapes réalisées par les ergonomes. Ensuite, nous présentons les différentes méthodes utilisées par les ergonomes pour mettre en œuvre les étapes du projet. Enfin, nous présentons les supports qui ont été produits durant ces étapes.

a) Exemple de déroulement de projet

Le déroulement présenté ci-dessous (Figure I.9) est un exemple de processus observé selon le point de vue de l'activité des ergonomes. Il s'agit d'une application du cadre pour la gestion des facteurs humains pour les projets dans le domaine de la santé proposé par Beuscart *et al.* [Beuscart *et al.*, 2008], présenté dans le chapitre 2 de ce mémoire. Dans le cadre du projet observé, seule l'étape d'évaluation itérative n'a pas eu lieu, du fait de contraintes liées au projet.

L'exemple présenté ici avait pour objectif principal, l'étude de l'activité de prescription thérapeutique en milieu hospitalier, et plus particulièrement au Centre Hospitalier Universitaire Régional de Lille. Une première étude avait pour but d'apporter des éléments de réponse quant à la faisabilité d'informatiser le circuit du médicament qui recouvre la prescription, la préparation, la livraison, la distribution et l'administration du médicament au sein du CHRU de Lille. Cette étude peut ultérieurement aider à concevoir la future situation de travail. Ensuite, suite à un accord de coopération avec la société d'édition de logiciel, une analyse d'un logiciel existant, supportant l'activité de prescription en milieu hospitalier a été effectuée afin d'étudier sa compatibilité avec la situation de travail existante.

Pour mener à bien ce projet, les étapes suivantes ont été réalisées :

- La première étape consistait à analyser la situation de travail existante. Pour cela, des sites d'observations ont été choisis en début de projet. Ensuite, une analyse de l'activité a été réalisée. Il s'agissait de récolter un ensemble de données à l'aide de techniques spécifiques (entretiens, observations sur le terrain, étude de documents...). De cette première étape, il est ressorti un ensemble de modèles décrivant la situation de travail selon des aspects différents (description des tâches, des documents utilisés, de la coopération entre acteurs...), de même qu'une description des éventuels problèmes détectés et des recommandations.
- La seconde étape consistait à procéder à l'évaluation du logiciel candidat à une possible intégration dans la situation de travail existante. Pour cela, deux types de méthode standard ont été utilisées : l'évaluation ergonomique qui permet de détecter les problèmes ergonomiques de l'interface graphique et les tests utilisateurs qui permettent de tester les fonctions du système avec des utilisateurs potentiels et de recueillir leurs avis.
- La troisième étape consistait à rassembler les intervenants de projets (responsable du système d'information, concepteur du logiciel, représentant utilisateur) pour discuter et prendre des décisions concernant les modifications à apporter au logiciel ou les changements à envisager dans l'organisation de la situation de travail actuelle.

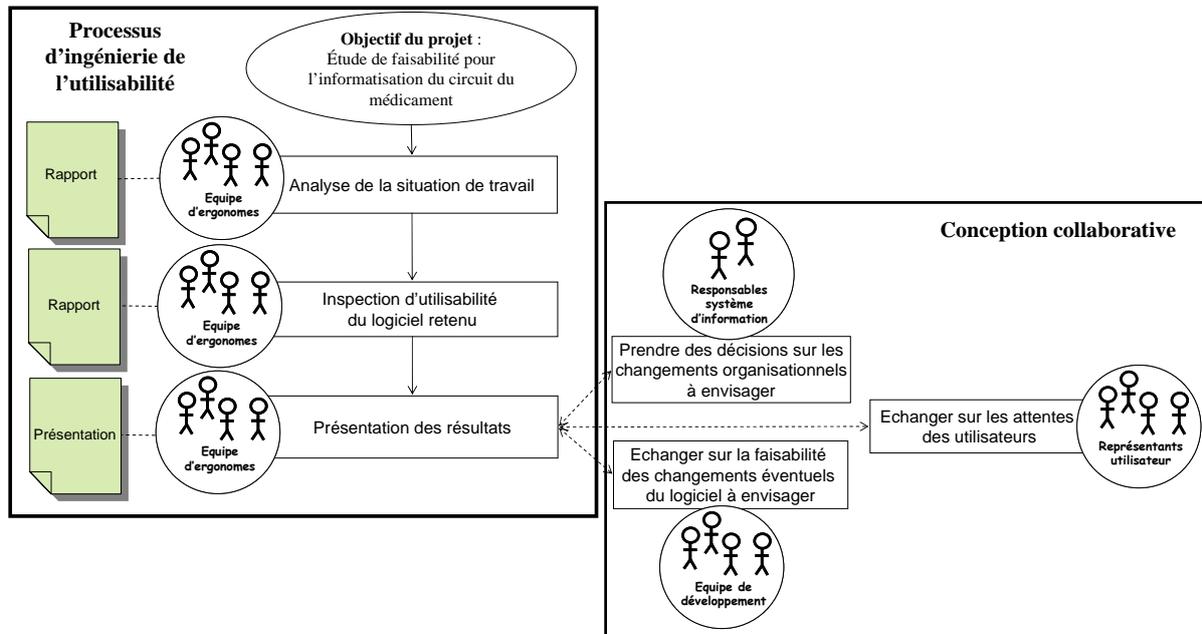


Figure I.9. Représentation d'un processus observé selon le point de vue « ergonomiste ».

b) Exemples de méthodes utilisées pour la récolte des données

Nous présentons dans cette section, les différentes méthodes ergonomiques utilisées par les ergonomes lors des activités de projet pour récolter et analyser les données.

L'analyse de l'activité des utilisateurs

L'analyse de l'activité de référence correspond à la fois à l'analyse de la tâche prescrite et des actions de l'agent qui l'exécute [Leplat, 1997]. Ainsi, l'étude de l'écart entre la tâche prescrite et les modes opératoires permet de mieux comprendre l'activité. Une bonne compréhension de l'activité permet notamment de choisir les méthodes les plus appropriées à l'évaluation de l'utilisabilité [Bradford, 1994]. De plus, de nombreux auteurs recommandent d'utiliser les méthodes d'évaluation à l'aide de scénarios d'usage représentatifs de l'activité des futurs utilisateurs. Bradford recommande notamment de réaliser des scénarios d'usage après avoir analysé et modélisé l'activité sous forme de diagramme.

L'analyse contextuelle de la tâche comporte les étapes suivantes [Mayhew 1999] :

- Collecter des informations concernant la tâche de référence ;
- Collecter et analyser des informations auprès des utilisateurs par des interviews et des observations dans leur contexte de travail habituel ;
- Construire et valider un modèle de l'activité des utilisateurs.

De nombreuses méthodes permettent de réaliser l'analyse de l'activité des utilisateurs. Ces méthodes sont présentées ci-dessous.

Les Interviews

Des interviews des utilisateurs permettent d'acquérir assez rapidement de nombreuses informations sur la nature de leur activité. Cette méthode est essentiellement utilisée au début d'une analyse car elle permet de dégager les principaux buts et objectifs des opérateurs. Néanmoins, cette technique peut être utilisée tout au long de l'analyse, notamment après une période d'observation pendant laquelle les ergonomes auraient détecté des comportements qu'ils ne sont pas parvenus à interpréter. Une des techniques fréquemment utilisée est celle

dite du « Pourquoi ? Comment ? », où les ergonomes dirigent la personne interviewée par ces deux questions. L'objectif de cette méthode est de faire décomposer à la personne interviewée, ses tâches en termes de buts et sous-butts [Bisseret *et al.*, 1999].

Les questionnaires

Les questionnaires sont des compléments intéressants aux interviews : les résultats de ces derniers peuvent être complétés et validés relativement rapidement par la passation d'un questionnaire auprès d'un panel plus grand de la population. Une des autres fonctions des questionnaires est de déterminer le profil des sujets lors d'un test utilisateur. En effet, les résultats de l'analyse de l'activité ou des évaluations risquent d'être interprétés différemment en fonction de paramètres tels que l'expérience ou la motivation des utilisateurs [Rubin, 1994].

Les observations

L'observation consiste à observer l'activité d'opérateurs en situation naturelle et à en extraire des informations dans le but de réaliser une analyse. Cette prise d'information peut être réalisée en direct ou en différé à partir d'enregistrement audios et/ou vidéos. Les informations ainsi récupérées permettent de modéliser l'activité, ce qui permet notamment la réalisation des scénarios utilisés dans les méthodes d'évaluation. Des exemples de formalismes utilisés pour représenter les données sont présentés dans la section suivante. La Figure I.10 montre un exemple d'informations recueillies lors des observations. Il s'agit d'un report de commentaires enregistrés lors d'une observation d'une relève de poste au sein d'un service hospitalier.

Infirmière 1 : « Tu comprends comment toi là si hypoglycémie faire ça ? »
Infirmière 2 : « Oui s'il fait l'hypo, parce qu'attends il est où le...? Parce que euh si tu veux (...) s'il fait l'hypo il faut faire ça tout de suite. »
Infirmière 1 : « Mais tu crois que s'il fait pas d'hypo on va faire ça en fin d'épreuve? »
Infirmière 2 : « Ah oui tout le temps on fait ça en fin d'hypo. »
Surveillante : « C'est un nouveau protocole ? »
Infirmière 2 : « Non, c'est toujours le même mais on le fait après 16h. »
Infirmière 1 : « Tu fais quoi toi, tu le fais manger ? »
Infirmière 2 : « Je sais pas... »

Figure I.10. Exemple de reports de commentaires.

Les analyses de traces

En complément de l'observation et des interviews, les ergonomes peuvent analyser les documents utilisés par les opérateurs. L'étude de ces traces permet d'identifier le type d'informations utilisées dans la réalisation de leurs tâches ainsi que le vocabulaire opératif. Ainsi, par exemple, lors d'une analyse de formulaires papier envoyés par le médecin généraliste aux médecins conseils de la CPAM, des informations non prises en compte par le formulaire étaient régulièrement notées dans la marge. Cet aspect de l'activité n'avait été révélé ni par les interviews ni par les observations [Leroy *et al.*, 2002]. Un autre exemple, illustré en Figure I.11., montre les résultats d'une analyse des prescriptions thérapeutiques inscrites sur la feuille de traitement des patients. Cette étude a permis de vérifier les informations saisies par le médecin lors de l'activité de prescription et de mettre en évidence des points importants à prendre en compte en vue de l'informatisation des prescriptions.

Tableau 6 - Pourcentage moyen d'informations « présentes/absentes », « calculables » et « ambiguës » pour chaque catégorie d'informations d'une prescription thérapeutique (per os) recueillie dans le service de neurochirurgie E du CHRU de Lille.

% moyen d'informations	Dose totale											
	Forme	Voie	Concentration	Quantité totale			Parj/s	Moment	Horaire	Durée	Condition	
« présentes »	15,60	30,28	38,53	30,28	41,28	39,45	45,87	15,60	50,46	1,83	2,75	5,50
« manquantes »	84,40	69,72	37,61	37,61	41,28	41,28	35,78	84,40	49,54	98,17	97,25	94,50
« calculables »			22,94		16,51							
« ambiguës »				32,11		19,27	18,35					

Au vu des résultats sur les informations présentes/absentes, on peut constater les points suivants :

- Aucune des catégories considérées n'est renseignée dans 100 % des cas : les informations sont le plus souvent notées selon le contexte.
- L'information la plus représentée concerne la précision du « moment » de l'administration (présente dans 50,46% des cas).
- les informations sur la « dose totale » et ses sous-catégories sont moins représentées (autour de 42 %).
- La catégorie sur la « voie » d'administration obtient un pourcentage d'informations

Figure I.11. Exemple de résultats d'une analyse de traces.

Les auto-confrontations

Les auto-confrontations permettent de mieux comprendre l'activité des opérateurs. Elles sont utilisées quand il n'est pas possible de réaliser une verbalisation simultanée [Bisseret *et al.*, 1999]. Les sujets sont confrontés à l'enregistrement de leur activité (auto confrontation directe) ou à l'enregistrement d'un de leurs collègues (auto confrontation croisée). Cette méthode est utilisée pour mettre à jour les procédures utilisées par les sujets.

Selon le principe de conception centré utilisateur [Norman et Draper, 1986] toutes ces méthodes d'analyse de l'activité peuvent être complétées par l'application d'une ou plusieurs méthodes d'évaluation.

Les méthodes d'évaluation

Cette partie présente une description d'un ensemble de méthodes d'évaluation de l'utilisabilité, qui sont utilisées couramment par les ergonomes [Baccino, *et al.*, 2005 ; Senach, 1990].

L'inspection ergonomique

Une inspection ergonomique est réalisée par l'étude de l'interface homme-machine. L'évaluateur décide de ce qui est bon ou non dans l'interface par référence le plus souvent à des heuristiques ergonomiques ou critères d'ergonomie des logiciels [Nielsen, 1994]. Il est recommandé de procéder à l'évaluation en deux étapes : la première sert de familiarisation avec l'interface et à en comprendre le mode de dialogue. Lors de la seconde passation, l'attention est plus focalisée sur le respect des principes de l'utilisabilité. Les ergonomes doivent inspecter les interfaces seuls, afin d'éviter les biais liés à la prise de décision en groupe.

La pratique de l'inspection ergonomique, nommée également évaluation heuristique, implique qu'un petit panel d'évaluateurs examine les interfaces et juge de leur respect des principes de l'utilisabilité. Même si certains évaluateurs ne se basent que sur leur expérience et leur

intuition, il est recommandé de se baser sur certaines règles, compilées dans des guidelines [Kahn et Prail, 1993 ; Vanderdonck, 1999].

Parmi les ensembles de règles ou classifications les plus couramment citées, on trouve par exemple les heuristiques de Nielsen [Nielsen, 1993] et les critères ergonomiques issus des travaux de Bastien et Scapin [Bastien et Scapin, 1994] :

- Heuristiques initialement proposées par Nielsen exposant différentes règles pour la conception des interfaces utilisateur :

- Promouvoir un dialogue simple et naturel ;
- Parler le langage de l'utilisateur ;
- Minimiser la charge mentale de l'utilisateur ;
- Être consistant ;
- Offrir un feedback;
- Offrir des sorties marquées clairement ;
- Offrir des raccourcis ;
- Offrir des messages d'erreurs corrects ;
- Prévenir les erreurs ;
- Aide et documentation.

- Les critères ergonomiques issus des travaux de Bastien et Scapin : ces critères sont issus d'une synthèse de résultats expérimentaux et de recommandations qui ont été traduites en règles et ensuite regroupés en 8 critères et 13 sous-critères [Bastien et Scapin, 1992 ; Bastien et Scapin, 1993] (cf. Figure I.12). Une étude expérimentale a notamment montré que les critères ergonomiques étaient plus efficaces que les normes de dialogue ISO/DIS 9241-10 pour détecter les problèmes ergonomiques sur une IHM [Bastien et Scapin, 1999]. Les 8 critères et 13 sous-critères ergonomiques sont définis de la manière suivante [Bastien et Scapin, 1995]⁴:

- **“Guidage”** : le guidage est l'ensemble des moyens mis en œuvre pour conseiller, orienter, informer et conduire l'utilisateur lors de ses interactions avec l'ordinateur (messages, alarmes, labels...), y compris dans ses aspects lexicaux. Quatre sous-critères participent au guidage : incitation, groupement/ distinction entre items, feedback immédiat et lisibilité.
- **Charge de travail** : le critère charge de travail concerne l'ensemble des éléments de l'interface qui ont un rôle dans la réduction de la charge perceptive ou mnésique des utilisateurs et dans l'augmentation de l'efficacité du dialogue. Deux sous-critères participent au critère charge de travail : brièveté (qui inclut les critères concision et actions minimales) et densité informationnelle.
- **Contrôle explicite** : le critère contrôle explicite concerne à la fois la prise en compte par le système des actions explicites des utilisateurs et le contrôle qu'ont les utilisateurs sur le traitement de leurs actions. Deux sous-critères participent au contrôle explicite : actions explicites et contrôle utilisateur.
- **Adaptabilité** : l'adaptabilité d'un système concerne sa capacité à réagir selon le contexte et selon les besoins et préférences des utilisateurs. Deux sous-critères

⁴ Ces critères seront exploités dans le chapitre V.

participent au critère adaptabilité : flexibilité et prise en compte de l'expérience de l'utilisateur.

- **Gestion des erreurs** : le critère gestion des erreurs concerne tous les moyens permettant d'une part d'éviter ou de réduire les erreurs, et d'autre part de les corriger lorsqu'elles surviennent. Les erreurs sont ici considérées comme des saisies de données incorrectes, des saisies dans des formats inadéquats, des saisies de commandes avec une syntaxe incorrecte... Trois sous-critères participent à la gestion des erreurs : protection contre les erreurs, qualité des messages d'erreurs et correction des erreurs.
- **Homogénéité** : le critère homogénéité se réfère à la façon avec laquelle les choix de conception de l'interface (codes, dénominations, formats, procédures...) sont conservés pour des contextes identiques et sont différents pour des contextes différents.
- **Signifiante des codes** : le critère signifiante des codes et dénominations concerne l'adéquation entre l'objet ou l'information affichée ou entrée et son référent. Des codes et dénominations « signifiants » disposent d'une relation sémantique forte avec leur référent.
- **Compatibilité** : le critère compatibilité se réfère à l'accord pouvant exister entre les caractéristiques des utilisateurs (mémoire, perceptions, habitudes, compétence, âge, attentes...) et des tâches, d'une part, et de l'organisation des sorties, des entrées et du dialogue d'une application donnée, d'autre part. De plus, la compatibilité concerne également le degré de similitude entre divers environnements ou applications."

1. Guidage
1.1 Incitation
1.2 Groupement/distinction entre items
1.2.1 Groupement/distinction par la localisation
1.2.2 Groupement/distinction par le format
1.3 Feed-back immédiat
1.4 Lisibilité
2. Charge de travail
2.1 Brièveté
2.1.1 Concision
2.1.2 Actions minimales
2.2 Densité informationnelle
3. Contrôle explicite
3.1 Actions explicites
3.2 Contrôle utilisateur
4. Adaptabilité
4.1 Flexibilité
4.2 Prise en compte de l'expérience de l'utilisateur
5. Gestion des erreurs
5.1 Protection contre les erreurs
5.2 Qualité des messages d'erreur
5.3 Correction des erreurs
6. Homogénéité/cohérence
7. Signifiante des codes et dénominations
8. Compatibilité

Figure I.12. Classification des critères et sous critères ergonomiques selon [Bastien et Scapin, 1993].

La méthode Cognitive Walkthrough (CW)

La méthode CW [Lewis et Wharton, 1997] permet d'évaluer, la facilité avec laquelle un utilisateur réalise une tâche avec un minimum de connaissances du système. Elle analyse également la facilité d'apprentissage d'une IHM par l'exploration.

Cette méthode⁵ se base uniquement sur les jugements de l'évaluateur, et non sur des statistiques réalisées auprès d'utilisateurs réels. Elle ne permet pas une évaluation globale du système comme peut le faire une inspection ergonomique. Les évaluateurs doivent néanmoins connaître le niveau de connaissance des utilisateurs, notamment pour les cas où l'activité est très spécifique. En effet, l'évaluateur doit être capable de déterminer si l'interface est compatible avec leurs connaissances et habitudes de travail.

La méthode met en jeu deux rôles : le *superviseur* et l'*évaluateur* et se déroule en deux phases. Lors de la (1) *phase de préparation*, pour chaque tâche, le superviseur décrit l'état initial de l'interface, la séquence d'actions utilisées pour réaliser la tâche, et les buts initiaux ; lors de (2) la *phase d'évaluation* : l'évaluateur exécute les actions demandées par le superviseur sous le contrôle de celui-ci qui analyse en profondeur l'interaction entre l'évaluateur et l'interface. La Figure I.13 présente un exemple de fiche utilisée pour la phase d'évaluation.

Fiche 2 « Evaluation »	
Tâche:	Action:
1. Avant l'action (but à atteindre)	
1.1. Quelle action devez-vous effectuer ? (quel est le but approprié ?)	
2. Pendant l'action	
2.1. L'action à réaliser est-elle une proposition évidente ?	
2.2. Y a-t-il d'autres propositions visibles qui, selon vous, permettent et/ou suggèrent de réaliser cette action ?	
2.3. Le label ou la description associés à l'action demandée sont-ils explicites ?	
3. Après l'action	
3.1. Considérant que l'action correcte a été faite, quelle est la réponse du système ?	
3.2. Remarquez-vous que vous avez progressé en direction de l'action demandée ? Qu'est-ce qui vous l'indique ?	
3.3. Si l'action à réaliser ne vous semble pas atteinte, quelles sont les indications qui vous le montrent ?	
3.4. La réponse du système contient-elle un libellé ou un indice qui suggère une ou des nouvelles actions à entreprendre ? Dans ce cas, décrivez cette(s) action(s).	

Figure I.13. Exemple de fiche d'évaluation (issue de [Sagar et al., 2007]).

Les tests utilisateurs

Les tests utilisateurs consistent à faire participer une partie représentative de la population cible afin d'évaluer le degré avec lequel le système est conforme aux critères de l'utilisabilité [André, 2000]. Les tests utilisateurs sont toujours des situations artificielles contrôlées. Le but de ces tests est de détecter et de corriger des déficiences en utilisabilité existant dans un logiciel ou un système électronique [Rubin, 1994].

Les tests utilisateurs sont le plus souvent utilisés sur des prototypes très proches du produit final, ce qui signifie qu'ils se situent alors dans une des dernières phases du projet.

Il est néanmoins possible de réaliser ces tests plus en amont dans les phases du projet avec un matériel plus sommaire :

- Technique du magicien d'Oz : l'utilisateur effectue le test avec un logiciel non finalisé. C'est un assistant de l'expérimentateur qui se charge de simuler le dialogue homme-machine, à l'aide d'un ordinateur relié à celui du sujet. Le compère envoie les informations sur le système de l'utilisateur comme le ferait le logiciel [Oglen et

⁵ Il existe plusieurs évolutions et variantes de cette méthode [Mahatody et al., 2007a et 2007b].

Bernick, 1997]. Cette méthode permet de tester plusieurs choix technologiques en faisant l'économie d'un lourd développement technique ;

- Technique du papier crayon : la technique est similaire à celle du magicien d'Oz à la différence que le test se déroule avec des copies d'écran sur format papier [Walker *et al.* 2002]. L'expérimentateur doit « jouer le rôle » de l'ordinateur en présentant à l'utilisateur des écrans (sur papier) qui correspondent aux différents stades des interactions simulées avec le système. L'utilisateur simule les actions qu'il effectuerait sur l'interface réelle à l'aide d'un crayon.

Concernant les dispositifs techniques utilisés, les utilisateurs sont placés dans une situation artificielle et contrôlée mais sensée recréer les paramètres les plus pertinents de la situation de référence. Les actions de l'utilisateur ainsi que ses verbalisations sont le plus souvent enregistrées et les évaluateurs et concepteurs peuvent observer la situation derrière un miroir sans tain (Figure I.14). Ce dispositif n'a pas pour but de « piéger » les utilisateurs, auxquels le principe du système doit être expliqué, mais permet d'éviter que ceux-ci soient perturbés et distraits par les observateurs.

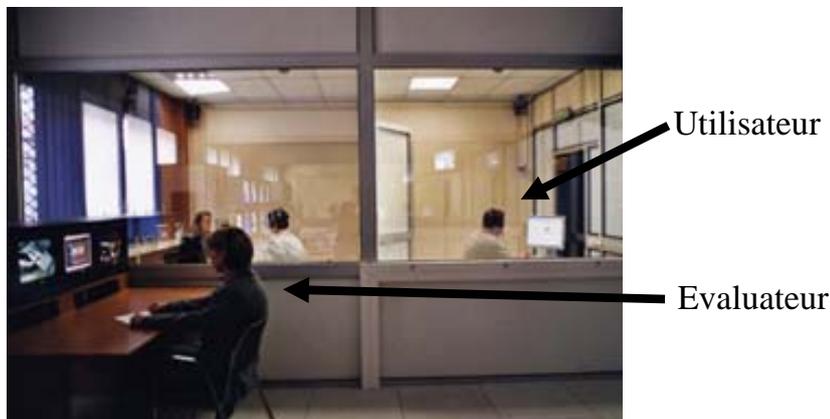


Figure I.14. Exemple d'un dispositif avec miroir sans tain.

Il est également possible que les sujets ne puissent se rendre au laboratoire. Les tests sont alors réalisés sur place à l'aide d'un laboratoire portable, qui enregistre la recopie de l'écran du sujet ainsi que ses verbalisations (Figure I.15).



Figure I.15. Exemple d'un dispositif portable.

Des scénarios d'actions sont soumis aux sujets sous forme de consignes écrites et/ou orales. Il est demandé aux sujets de « penser tout haut », afin d'aider l'évaluateur à comprendre le

cheminement qu'a suivi le sujet. L'enregistrement débute dès que les sujets ont bien compris les consignes et qu'ils débutent les scénarios.

Comme pour les inspections ergonomiques, les résultats peuvent être communiqués sous forme de fiche problème : à chaque fois qu'un ou plusieurs utilisateurs ont détecté un problème, celui-ci est intégré dans une fiche. Cette méthode autorise la réalisation de statistiques concernant par exemple les temps nécessaires à l'accomplissement d'une tâche, le taux de réussite, la satisfaction des utilisateurs, etc. Ces informations peuvent être utilisées dans plusieurs buts : d'une part, elles aident les ergonomes à déterminer le niveau de gravité du problème. D'autre part, elles lui fournissent des arguments très convaincants à communiquer à l'équipe technique concernant le bien-fondé de ces recommandations.

La technique a un pouvoir de persuasion très important pour les responsables de projet : ils peuvent en effet très difficilement nier les difficultés rencontrées par les utilisateurs [André, 2000]. La méthode permet également de détecter un nombre important de problèmes.

Dans le cas d'une évaluation d'un logiciel déjà installé, l'analyse de l'activité lorsque les utilisateurs utilisent déjà un logiciel peut être assimilé à un test utilisateur « invoqué ». En effet, même si la situation n'est pas contrôlée, il est possible d'observer des utilisateurs utiliser le système dans des conditions réelles avec leurs contraintes et leurs difficultés propres. Cette analyse est d'autant plus valide quand le logiciel utilisé lors des observations est celui sur lequel vont porter les recommandations. Le laboratoire portatif peut être utilisé. Le système est alors branché sur l'ordinateur personnel de l'utilisateur dont le travail quotidien est enregistré.

De la population à observer dépend également ce qui va être testé. Ainsi, une analyse de l'intuitivité et de la facilité de prise en main ne pourra être étudiée que par l'observation de sujets qui utilisent l'outil pour la première fois. Inversement, la facilité d'usage et la bonne adéquation avec l'activité seront plus facilement identifiées par l'observation de personnes qui utilisent cet outil quotidiennement depuis plusieurs semaines [Baber et Stanton, 1996]. Ce type d'observation peut donner des indications très précieuses sur les difficultés rencontrées par les utilisateurs, autant en termes de type que d'occurrence de problème. Le biais lié au caractère non contrôlé de la situation est alors largement compensé par son réalisme.

Interviews et questionnaires

Déjà employées dans les phases d'analyse de l'activité (cf. plus haut), ces techniques peuvent également servir afin de rendre compte de certaines difficultés des utilisateurs lors de leurs utilisations de l'outil. Ces techniques permettent également de mesurer un des autres paramètres de l'utilisabilité : la satisfaction des utilisateurs. Ainsi, un questionnaire peut être utilisé afin de mesurer l'opinion des utilisateurs à la suite d'un test [Karat, 1997; Mayhew, 1999]. La Figure I.16 montre un exemple de tableau récapitulatif des commentaires recueillis lors d'un test utilisateur. Les commentaires ont été classés par remarques positives ou négatives et en fonction des actions réalisées par l'utilisateur avec le système. Un code couleur a été utilisé pour identifier les remarques venant du même utilisateur.

Annexe 3 : ANALYSE DES COMMENTAIRES DES INFIRMIERES DES INFIRMIERS ISSUS DU TEST (4 pages)

Scénario	Remarques positives de l'utilisateur	Remarques négatives de l'utilisateur
Actions réalisées par l'utilisateur		"Je clique une fois ou 2" "Je recommence"
1 : visualisation des changements thérapeutiques à partir de l'icône "prescriptions"	"Je clique sur le nom pour voir les changements ?" "Il faudra se mettre toujours devant l'écran ou alors prendre des notes pour les changements (justifie l'impression des CV)" "c'est plus simple que ce que je fais actuellement" "Le Kriédox, parce qu'il y a un petit "a", ça veut dire ça ?" "C'est bien le petit "a" "Parce qu'il y a un "y" devant" "a" pour arrêt d'accord" "parce qu'il y a "b" c'est donc le changement" "c" ça va être commencé je suppose ?" "c" ça veut dire commencer alors." "C'est le "c" je suppose" "donc là je commence le zocor ce soir" "ça doit être là où il y a du rouge et là ont ajouté du médical" "c il y a une prescription de fète qui a été ajoutée donc pour ce soir"	"I clic toujours ? Ou toujours 2" "il faut les sélectionner comme ça ." "c'est là dedans ou là dedans ?" "non je ne vois pas" "Et alors comment on voit qu'il y a des changements, on clique dessus ?" "Ca c'est pas clair, on ne voit pas bien le trou. Début/fin ça me gêne. Parce qu'on met arrêt mais pas fin." "et là on voit qu'il y a des modifications ? On devra faire tous les patients à chaque fois pour voir les changements, je double-clique à chaque fois sur le patient ? On est quel pour lecture des prescriptions" "donc ça c'est tous les nouveaux traitements ou c'est que les changements ?" "je ne vois pas les changements" "je cherche le changement ah oui là il y a une fin" "là que dois je faire je clique là ? ah il faut les double cliquer" "je n'ai pas les prescriptions d'avant donc je ne peux pas comparer" "oui nous quand on est plusieurs il faut que me collègues visualise que j'ai pris en compte le changement (prescription)" "les lunettes du médecin ? Non, non ? "a" c'est pour administré aujourd'hui. Le "a" je ne sais pas à quoi ça correspond ?" "il est rien écrit après la ligne il est arrêté parce qu'il n'est rien écrit dans début et fin" "Et le petit "c" va s'effacer automatiquement une fois qu'on a fait le changement ? Nous, on pourra le faire ?" "il faut que je refirme ?" "il faut que je ferme là ?" "comment on fait ? On refirme là ?" "je pensais qu'on fermait tout" "pour revenir en arrière ? Je vais faire des bétaies, non

Figure I.16. Exemple de commentaires recueillis lors de tests utilisateur.

Focus Group

Le focus group est une activité de groupe ayant pour objet de se focaliser sur les aspects précis d'objet d'étude. La technique consiste à créer des petits groupes d'utilisateurs faisant partie de la population cible du produit (en règle générale pas plus de 7-8 personnes par groupe), que l'on fait interagir autour d'un sujet pertinent pour l'étude à réaliser. L'objectif est de recueillir des opinions, motivations et attitudes, à partir des usages, pratiques, expériences vécues des participants [Stewart et Shamdasani, 1990 ; Baccino *et al.*, 2005]. Cette technique fait référence à la notion de « conception participative » apparue dans les années 70 en suède et ayant évolué dans les années 90 vers le concept de processus de conception collectif [Granath *et al.*, 1996]. Ce concept peut être défini par une activité de conception participative où tous les acteurs sont considérés comme experts et leur participation est basée sur leurs connaissances propres plutôt que sur les rôles qu'ils jouent ou les intérêts qu'ils représentent.

Tri de cartes

Cette technique permet de recueillir des informations pertinentes sur la représentation mentale que les utilisateurs ont d'un système. Plus particulièrement, elle permet de voir comment les utilisateurs structurent les informations proposées par un système (ex : aider à la conception d'un site et plus particulièrement à l'organisation des intitulés de liens hypertextes pour un site web) [Bisseret *et al.*, 1999].

Le principe de cette technique consiste à déterminer les éléments à tester et à écrire le nom de ces éléments sur des petites cartes en papier. Ensuite, l'évaluateur transmet au sujet le tas de cartes organisé dans un ordre aléatoire au sujet. La consigne donnée au sujet est de créer des groupes d'éléments qu'il considère associés ou partageant une ou plusieurs propriétés. Le sujet est libre de constituer autant de groupes qu'il souhaite. Enfin, il est demandé au sujet de trouver un nom pour chaque groupe qu'il a créé et de justifier son choix. La Figure I.17 illustre ces différentes étapes. Lors de l'étape initiale, le sujet prend connaissance des cartes et les éparpille sur la table. En plus des cartes décrivant chaque élément, l'évaluateur propose quelques cartes vierges permettant au sujet d'ajouter des éléments. Le sujet procède au tri en formant des regroupements et en ajoutant éventuellement des cartes. Enfin, lorsque le sujet décide que les regroupements qu'il a faits sont suffisamment stables, l'évaluateur lui demande de nommer chaque groupe.

Les résultats obtenus peuvent aider à la conception d'un système et aider à structurer les éléments figurant sur des interfaces homme-machine. Nous verrons un exemple d'utilisation dans le chapitre IV concernant la conception d'un système interactif d'aide à la modélisation.

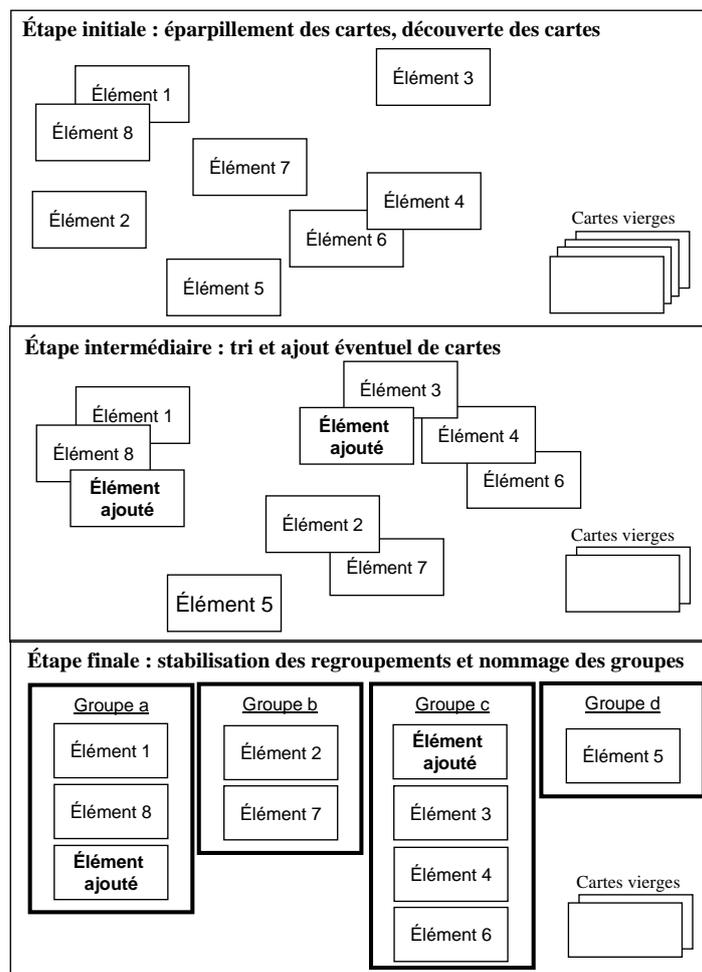


Figure I.17. Représentation des étapes du tri de cartes.

c) Exemples de formalismes utilisés pour la représentation des données

Le Tableau I.1. Synthèse des formalismes utilisés par les ergonomes présente les différents formalismes utilisés par les ergonomes pour produire leurs documents de projet. Pour chaque formalisme, le but d'utilisation ainsi que le(s) destinataire(s) possible(s) du document produit à l'aide du formalisme sont indiqués.

Tableau I.1. Synthèse des formalismes utilisés par les ergonomes.

Formalismes utilisés	But d'utilisation	Destinataire
Arbre de tâches hiérarchique	Description des tâches observées	<ul style="list-style-type: none"> • Responsables du système d'information • Usagers • Concepteurs
Tableau	Description des tâches, des utilisateurs, des lieux, des supports d'information utilisés	<ul style="list-style-type: none"> • Responsables du système d'information • Usagers • Concepteurs
	Description des problèmes ergonomiques détectés, des conséquences, des recommandations et du degré de gravité	<ul style="list-style-type: none"> • Concepteurs
	Description des résultats de tests utilisateur (actions, échecs, réussite...)	<ul style="list-style-type: none"> • Responsables du système d'information • Usagers • Concepteurs
Schéma explicatif	Représentation du contexte de l'étude, explication de résultats d'observation	<ul style="list-style-type: none"> • Responsables du système d'information • Usagers • Concepteurs
Maquettes graphiques statiques	Description de recommandations pour la conception ou la ré-ingénierie	<ul style="list-style-type: none"> • Responsables du système d'information • Usagers • Concepteurs
Diaporama	Description de recommandations pour la conception ou la ré-ingénierie	<ul style="list-style-type: none"> • Responsables du système d'information • Usagers • Concepteurs
Description textuelle	Description du contexte d'étude, de résultats d'observation, des méthodologies utilisées	<ul style="list-style-type: none"> • Responsables du système d'information • Usagers • Concepteurs
Annotation de maquettes	Description de problèmes ergonomiques détectés, localisation des problèmes détectés Explication de recommandations	<ul style="list-style-type: none"> • Concepteurs
Données quantitatives	Description des résultats des tests utilisateur	<ul style="list-style-type: none"> • Responsables du système d'information • Usagers • Concepteurs
Vidéo	Résultats des tests utilisateur	<ul style="list-style-type: none"> • Responsables du système d'information • Usagers • Concepteurs

La Figure I.18 montre un exemple d'arbre de tâches (appelé « arbre hiérarchique »). Il s'agit d'un formalisme adapté par l'équipe d'ergonomes d'Evalab pour représenter la tâche observée d'un utilisateur. Il permet de représenter pour un seul acteur, les actions réalisées, les conditions d'exécution de ces actions, les séquences d'actions, les actions en parallèle. Ce formalisme est souvent intégré dans les rapports présentant les résultats issus d'une analyse de l'activité destinés aux responsables du système d'information, aux représentants utilisateur et également aux concepteurs. Ce modèle (utilisé seul) peut également servir à valider la représentation des résultats des ergonomes auprès des usagers. On remarque également que cette représentation est proche des arbres programmatiques bien connus des informaticiens, Les arbres hiérarchiques sont utilisés par les informaticiens pour structurer un programme en allant du plus général ou plus détaillé. Cependant, dans l'exemple de la figure I.18, des aménagements ont été apportés, par exemple au niveau des symboles (ex : utilisation d'une flèche pour indiquer une séquence d'actions au lieu du mot clé « seq »). On ne retrouve pas

forcément une syntaxe précise familière aux informaticiens mais essentiellement une description textuelle des actions.

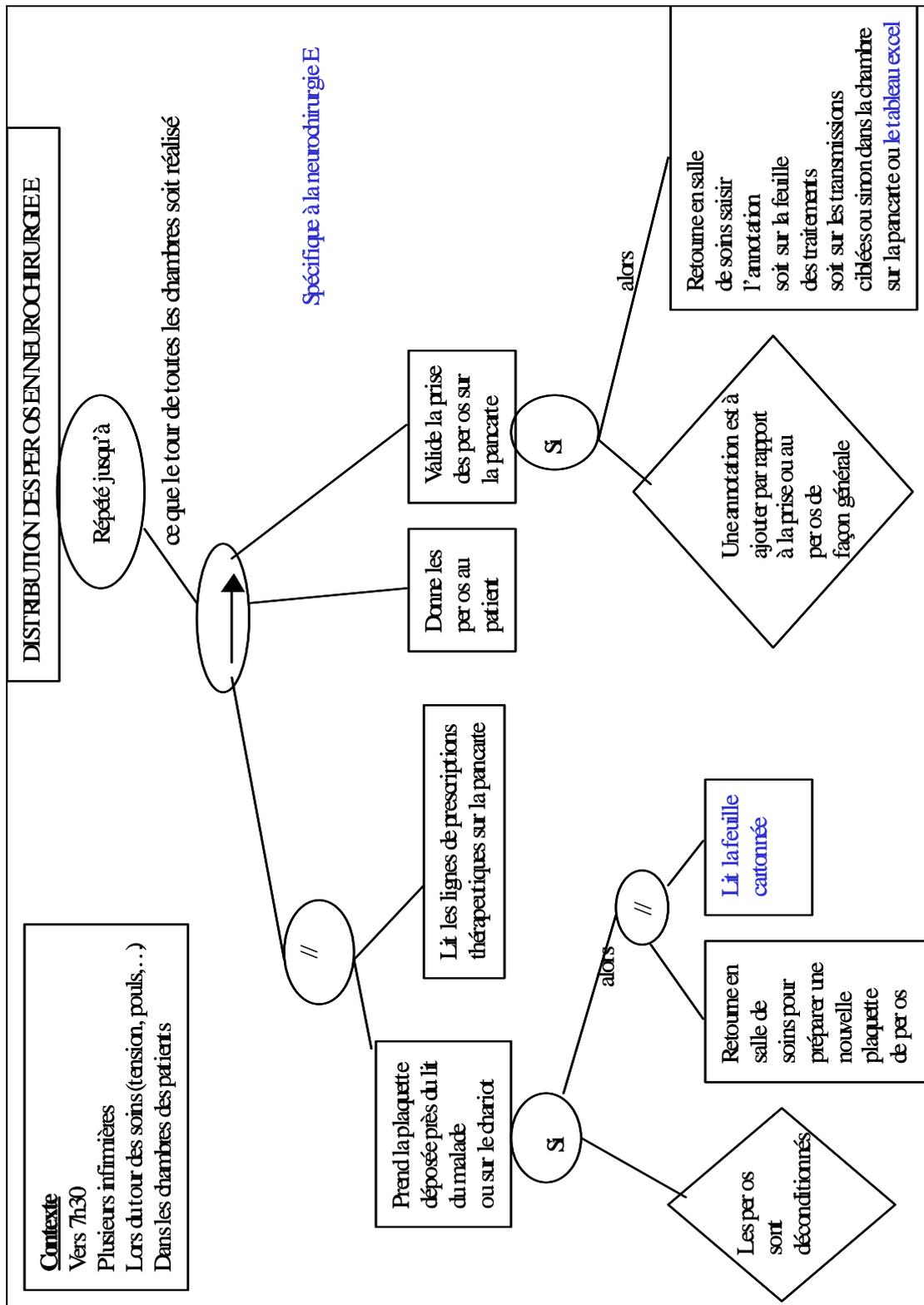


Figure I.18. Exemple de formalisme utilisé par les ergonomes pour la description de la tâche d'un utilisateur.

La Figure I.19 montre un formalisme (sous forme de tableau) utilisé par les ergonomes pour représenter la distribution de tâches entre plusieurs acteurs au sein d'une même activité. Il permet de représenter chaque étape d'un processus en indiquant les actions, les acteurs impliqués, les supports d'information utilisés. Comme l'arbre de tâches, il sert pour les

rapports présentant les résultats issus d'une analyse de l'activité destinés aux responsables du système d'information, aux représentants utilisateur et également aux concepteurs.

SUIVI D'UNE PRESCRIPTION THERAPEUTIQUE sur 24h en NEUROCHIRURGIE E (ne sont représentés que les supports liés à la prescription thérapeutique)
 Légende : Jour 1 / Jour 2 / Jour 2 + n : commande en pharmacie (en fonction du jour du début de la prescription)

Etapes	1	3	...	5	6	...	9	10	...	13	14
Acteur	Interne	Chirurgien	...	Chirurgien	Infirmier	...	Infirmier	Anesthésiste	...	Infirmier	Infirmier
Tâche	Tour médical avec le chirurgien										
Action de saisie ou de lecture de la prescription thérapeutique	Lecture	Lecture	...	Signe la prescription thérapeutique	Saisie	...	Saisie	Lecture de la prescription thérapeutique	...	Valide la distribution au patient	Lecture
Support de la saisie ou de la lecture	Observation clinique + tableau excel	Pancarte au bout du lit	...	Feuille de prescriptions thérapeutiques du dossier de soins	Tableau infirmier pour les per os (feuille cartonnée)	...	Pancarte au bout du lit	Pancarte au bout du lit	...	Pancarte au bout du lit	Tableau infirmier pour les per os / la planification murale pour les injectables
Moment	Début de matinée (de 8h à 9h) du jour 1										
					matin vers 9h 10h jour 1			Environ 1h jour 1 le plus souvent ou en début d'après-midi		12h 18h 22h 7h30 J2	Vers 7h45
Localisation	Chambre du patient										
					Salle de soins			Chambre du patient		Chambre du patient	Salle de soins



Figure I.19. Exemple de formalisme utilisé par les ergonomes pour la description de la distribution des tâches entre plusieurs acteurs (extrait d'un tableau issu d'un rapport de projet).

La Figure I.20 et la Figure I.21 présentent des exemples de représentation (sous forme de tableau) de problèmes détectés et des recommandations associées. Le tableau comprend le critère ergonomique correspondant au problème détecté, une description textuelle du problème, de la conséquence et de la recommandation et enfin le degré de gravité représenté à l'aide d'étoiles. Quand cela est nécessaire, les ergonomes accompagnent leur description par des maquettes annotées, comme illustré dans l'exemple de la Figure I.21. Les supports produits sont utilisés pour décrire les résultats des évaluations ergonomiques des applications. Ils sont destinés aux concepteurs du système interactif afin qu'ils analysent les résultats et décident de procéder à d'éventuelles modifications de leurs interfaces. Ces supports sont étudiés plus en détail dans le chapitre V où nous présentons une méthode graphique aidant à la représentation des problèmes ergonomiques complexes et des recommandations correspondantes.

Critère	Description du problème	Conséquences	Recommandations	Degrés de gravité
Homogénéité	Certains symboles ne signifient pas la même chose d'une page écran à l'autre ou pour une même page : A pour arrêt d'une prescription ou A pour absence en cours pour le patient, R pour réactiver ou pour renouveler	Risque d'erreur Perturbant Augmente la charge de travail en mémoire	Ne pas utiliser le même symbole ou le même terme pour une signification différente, toujours garder le même terme pour la même signification	☆☆

Figure I.20. Exemple de format de description des problèmes ergonomiques et recommandations utilisé par des ergonomes (extrait de [Evalab, 2006]).

Critère	Description du problème	Conséquences	Recommandations	Degrés de gravité
Homogénéité	Lors de la saisie d'un chiffre dans la calculatrice, ce chiffre apparaît soit dans le bandeau du haut (pour la quantité) soit à la fois dans le bandeau et dans un champ spécifique (ex. durée)	Désorientation Perte de temps	Rendre homogène la page écran : prévoir un champ pour chaque item à saisir.	☆☆☆☆

La quantité n'apparaît que dans le bandeau du haut

La durée apparaît à la fois dans le bandeau du haut et dans un champ

Figure I.21. Autre exemple de format de description des problèmes ergonomiques et recommandations utilisé par des ergonomes (extrait de [Evalab, 2006]).

d) Synthèse des problèmes rencontrés

Suite à notre étude, nous avons constaté que les ergonomes rencontrent certaines difficultés pour représenter leurs données et que cela peut poser des problèmes au niveau des échanges avec les autres intervenants. En effet, nous avons vu que les ergonomes utilisent des formalismes adaptés (c'est-à-dire faisant l'objet d'aménagements) car les techniques de modélisation existantes ne conviennent pas à leurs besoins. Ainsi, par exemple, les modèles réalisés à partir des « arbres hiérarchiques » leur permettent de mettre à plat leur représentation, de valider cette représentation auprès des utilisateurs et de présenter leurs résultats aux autres intervenants de projet, de manière simple. Les techniques existantes pour la modélisation des tâches peuvent être limitées en termes de modélisation (ex : représentation d'une distribution de tâches entre plusieurs acteurs sur un même modèle) et peuvent être difficiles à utiliser en tant que supports de communication (éléments représentés compliqués à lire par des utilisateurs finaux). De plus, les contraintes de temps font que les ergonomes se basent sur leurs habitudes de travail et n'ont pas toujours l'occasion de s'intéresser aux nouvelles techniques. Cependant, dans notre cas, le formalisme « arbre hiérarchique » (tout comme les autres modèles de tâches existants) s'avère dans certaines situations, limité et ne permet pas de représenter d'autres aspects importants à prendre en compte dans le cadre de l'analyse d'une situation de travail complexes (ex : pour la représentation sur une même vue, de la distribution des tâches de plusieurs acteurs au sein d'une même activité). C'est pourquoi l'ergonome est amené à nouveau à utiliser ses propres formalismes (exemple présenté en Figure I.18) mais également le langage naturel qui peut poser des problèmes de compréhension et d'interprétation.

Nous avons vu que pour représenter les problèmes ergonomiques détectés lors des évaluations ergonomiques et les recommandations correspondantes, les ergonomes utilisent un formalisme sous forme de tableau et basé sur le texte (exemple présenté en Figure I.20). Nous avons constaté que ce genre de formalisme pouvait entraîner des difficultés pour la description de problèmes complexes et des recommandations associées. La description des problèmes peut être ambiguë ou mal interprétée par les concepteurs. Il en est de même pour la description des recommandations. De plus, les recommandations décrites sont parfois vagues pour les concepteurs et ne proposent parfois pas de solutions concrètes considérant la dynamique des applications interactives posant problème. Il arrive aussi que certains problèmes détectés puissent remettre en cause la conception de certaines parties de l'application. Dans ce cas, les ergonomes doivent justifier de manière rigoureuse les problèmes détectés et les conséquences que cela peut avoir sur l'activité des utilisateurs pour qu'elles soient prises en compte par les concepteurs.

En conclusion, un ensemble de besoins en techniques de modélisation ont été mis en évidence pendant cette étude. En effet, nous avons constaté que les ergonomes manquent de techniques de modélisation leur permettant de représenter certaines de leurs données de manière pertinente pour aider véritablement à la conception ou à la ré-ingénierie.

I.3.3.3 Activité des concepteurs

Cette section fait référence à la fin du projet que nous avons pu observer où la société d'édition de logiciel avait pour objectif la migration du logiciel existant supportant l'activité de prescription (type WIMP⁶) vers une application Web plus moderne. L'étude avait pour but la conception des différents modules de l'application Web. Elle présente le déroulement du

⁶ WIMP : Windows, Icons, Menus and Pointing Device, modèle d'interface appelé couramment GUI pour Graphical User Interface [Fekete et Girard, 2001].

projet auquel nous avons participé, les méthodes utilisées pour les différentes étapes et les documents produits par les concepteurs.

a) Exemple de déroulement de projet

Les différentes étapes réalisées durant ce projet, sont les suivantes (Figure I.22) :

- La première étape du projet consistait pour les concepteurs/testeurs de la société d'édition de logiciel à définir la nouvelle architecture de l'application Web, c'est-à-dire les nouveaux composants. Pour cela, les modules communs de l'application Web et du logiciel de type WIMP ont été analysés et un nouveau modèle d'architecture a été réalisé.
- La deuxième étape du projet consistait à réaliser l'analyse fonctionnelle de la nouvelle version de l'application Web, c'est-à-dire définir les fonctionnalités, les maquettes des futures interfaces. Lors de cette étape, une analyse ergonomique a également été prévue pour le module « prescription » de la future application. Nous avons donc servi d'intermédiaire entre l'équipe d'ergonomes et les concepteurs/testeurs. Ma tâche consistait à récolter les éventuels blocages dans la conception (recherche d'idées de maquettage) et les demandes des concepteurs afin de les transmettre aux ergonomes. De leur côté, les ergonomes réalisaient des évaluations des maquettes proposées et proposaient des recommandations. Je transmettais les résultats aux concepteurs et au chef de projet qui les analysaient et procédaient à des études de faisabilité et/ou à d'éventuelles modifications de maquettage. Mon rôle consistait à transmettre les bonnes informations. Ces informations pouvaient provenir d'analyses de l'activité réalisées par les ergonomes ou de modèles que je réalisais afin d'anticiper certains problèmes dans les situations de travail ou de proposer des idées de conception.
- La troisième étape consistait à rédiger les spécifications fonctionnelles de la première version de l'application Web, c'est-à-dire expliquer en détail toutes les nouvelles fonctionnalités.
- Enfin, la quatrième étape consistait à coder progressivement la nouvelle application Web en assurant la cohabitation des deux applications. En effet, certains modules de l'application WIMP ont été, dans un premier temps, fusionnés avec les nouveaux modules de l'application Web. Chaque module était conçu au fur et à mesure.

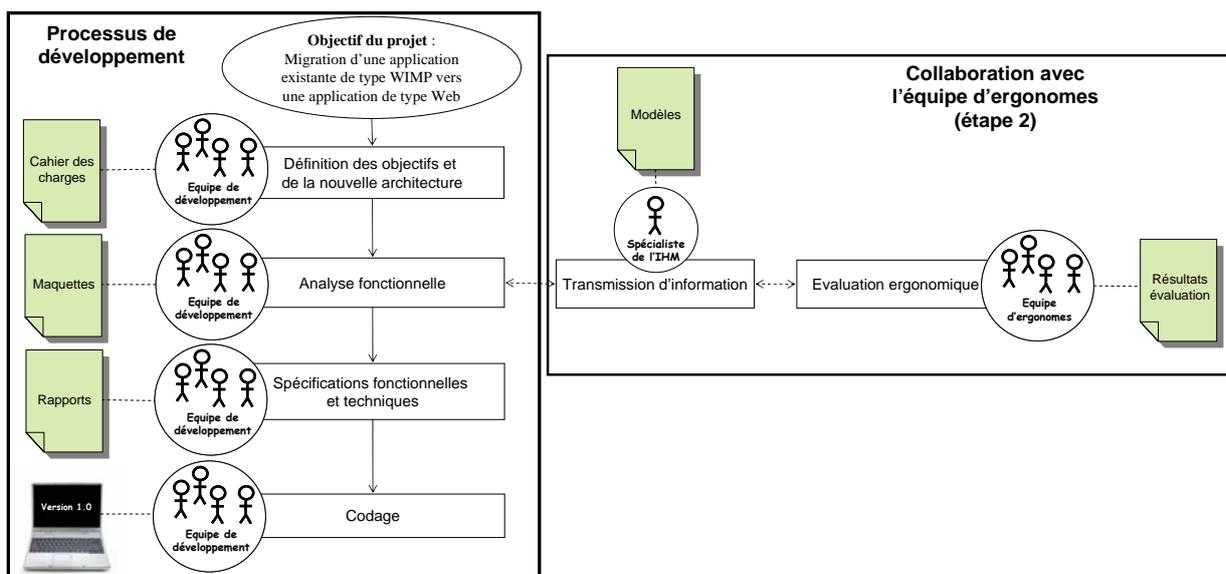


Figure I.22. Représentation du processus de développement observé point de vue « concepteur ».

b) Exemples de méthodes utilisées

Le Tableau I.2. Synthèse des méthodes de travail utilisées par les concepteurs montre les méthodes utilisées par les concepteurs pour récolter, analyser et représenter leurs données. Ces méthodes correspondent à des activités précises du déroulement de projet présenté ci-dessus. Les activités de projet sont les suivantes : analyse des besoins, analyse fonctionnelle, maquettage et validation. Seules ces activités sont présentées car c'est au cours de celles-ci que les concepteurs sont amenés à produire et à échanger des informations déterminantes pour le développement des systèmes interactifs. Par exemple, pour l'activité « analyse des besoins », les méthodes utilisées pour récolter les données sont les focus groups avec des groupes d'utilisateurs représentatifs, l'envoi par courrier électronique de notes présentant des idées de systèmes interactifs ou des questions sur l'activité de travail de l'utilisateur, la présentation de maquettes à des utilisateurs. Les méthodes pour analyser les données récoltées sont la synthèse des besoins à prendre en compte et l'étude de faisabilité en termes d'implémentation. Enfin, les méthodes utilisées pour représenter les données sont des descriptions textuelles des besoins et contraintes à prendre en compte, des maquettes graphiques et schémas descriptifs.

Tableau I.2. Synthèse des méthodes de travail utilisées par les concepteurs.

Activités de projet	Méthodes utilisées pour la récolte des données	Méthodes utilisées pour l'analyse des données	Méthodes utilisées pour la représentation des données
Analyse des besoins	- Focus group (rassemblement d'utilisateurs) - Rédaction de notes (envoyées par courrier électronique à des utilisateurs volontaires) - Présentation de maquettes	- Description des besoins - Etude de faisabilité - Maquettage	- Rédaction structurée (texte) - Maquettes graphiques - Schémas structurant les idées
Analyse fonctionnelle	- Données issues de l'analyse des besoins	- Description des concepts - Modélisation des concepts	- Modèles UML (architecture, données) - Rédaction structurée (texte)
Maquettage	- Données issues de l'analyse des besoins et de l'analyse fonctionnelle	- Maquettage - Prototypage - Description des IHM	- Maquettes graphiques - Prototype - Rédaction structurée (texte) - Eléments graphiques
Validation	- Cahier des charges - Prototype	- « Recettage »	- Fiches d'anomalies

c) Exemples de formalismes utilisés

Le Tableau I.3. Synthèse de documents produits par les concepteurs présente les différents formalismes utilisés par les concepteurs pour produire leurs documents de projet. Pour chaque formalisme, le but d'utilisation ainsi que le(s) destinataire(s) possible(s) du document produit à l'aide du formalisme sont indiqués.

Tableau I.3. Synthèse de documents produits par les concepteurs.

Formalismes utilisés	But d'utilisation	Destinataire
Maquettes graphiques statiques	Description d'idées de conception	• Usagers • Ergonomes • Équipe de développement
Diaporama	Description d'idées de conception	• Usagers • Ergonomes • Équipe de développement
Description textuelle	Description des besoins utilisateur, des spécifications fonctionnelles et des interfaces	• Équipe de développement • Intervenants extérieurs (pour le cahier des charges)
Diagrammes UML	Diagramme de classe : description statique des données Diagramme de composant : Description physique des données	• Équipe de développement
Copies d'écran, éléments graphiques	Illustration des spécifications fonctionnelles et des interfaces	• Équipe de développement
Annotations des maquettes	Explication des maquettes	• Usagers • Ergonomes
	Retours sur une évaluation ergonomique	• Ergonomes

Les concepteurs utilisent beaucoup le texte pour décrire les besoins utilisateur, les spécifications fonctionnelles et les spécifications des interfaces. La Figure I.23. Extrait des spécifications pour la fonction de prescription présente un extrait de spécifications pour décrire une fonction de prescription. Ce type de document est transmis en interne aux membres de l'équipe de développement pour vérification et validation. Il va servir ensuite à déterminer les interfaces de la future application.

3.6 MODALITES DE PRESCRIPTION

Le module de prescription attendu des utilisateurs doit permettre une saisie à la fois rapide et complète de l'ensemble des prescriptions médicales à destination des patients.

Suite à l'expérience acquise sur la version WIMP, nous devons privilégier un mode de prescription le plus intégré possible au cahier, à l'image de la prescription sur un cahier manuscrit. Ce mode doit permettre aux prescripteurs **de voir en permanence l'ensemble des traitements en cours**.

Suite à la pratique de l'Internet par certains utilisateurs, une demande de saisie de type bordereaux avec case à cocher et mise en panier avant enregistrement global du panier est également exprimée par certains utilisateurs (groupe participant au projet).

Une demande d'un mode simplifié et rapide pour l'ajout de prescriptions **en urgence** est également à prendre en compte.

Enfin il faudra (par la suite) permettre au prescripteur de visualiser la pancarte des traitements (traitements en cours, courbe des températures, analyses de biologie) pendant la prescription.

Figure I.23. Extrait des spécifications pour la fonction de prescription.

La Figure I.24 illustre à nouveau l'utilisation du texte pour décrire les spécifications des interfaces. Dans ce type de document, les descriptions sont accompagnées d'extraits de maquettes ou d'éléments graphiques. Dans cet exemple, il s'agit des spécifications pour saisir une prescription. Ce type de support est également transmis en interne pour vérification et validation auprès des membres de l'équipe de développement.

4.1.1.2 Saisie du début de l'élément prescrit et recherche dans les favoris

Tra] 	Etendre la recherche (catalogue) 
TRANSAMINASE TGO	Demandé le 20/01/2006
TRANSAMINASE TGP	
TRANSCORTINE voir CORTISOL BINDING GLOBULIN	
TRANSFERRINE	Demandé le 10/01/2006
TRANSFERRINE CARBOXY-DEFICIENTE	

La recherche est ensuite re-déclenchée à chaque frappe d'un caractère dans le champ de saisie. Elle s'effectue dans la liste des favoris du type de prescription sélectionné. Les favoris seront chargés au lancement du cahier afin d'optimiser les temps de réponse.

Pour une prescription de biologie, la recherche est déclenchée dès la saisie du 1^o caractère. (Du fait de l'existence de libellé d'analyses sur 1 caractère, ex : K pour potassium)

Pour tout autre type de prescription (examens, médicaments), la recherche n'est déclenchée qu'à partir du 2^o caractère saisi.

Pour l'ensemble des examens gérés, la recherche combine à la fois une recherche par libellé et par mot clé. (recherche full-text)

Pour les médicaments, celle-ci est effectuée uniquement sur libellé.

Lorsqu'elle a été effectuée sur un mot clé, ce mot est présenté dans la liste résultante derrière le libellé courant de l'élément. Le résultat de la recherche est trié dans l'ordre alphabétique du libellé courant.

Figure I.24. Extrait des spécifications des IHM pour la fonction de prescription.

La Figure I.25 montre le retour des concepteurs par rapport aux résultats de l'évaluation ergonomique effectuée sur des maquettes. On y voit une maquette modifiée, accompagnée

d'annotations décrivant les problèmes et recommandations des ergonomes ainsi que les remarques des concepteurs sur les recommandations proposées. Ici, les concepteurs sont d'accord pour la majorité des remarques sauf pour la notion de « tous les moments prescrits ». Ils pensent qu'elle a un intérêt mais ne savent pas encore comment la présenter. Enfin, une question est posée sur les unités de prescription.

Recommandations des ergonomes

Maquettes modifiée par les ergonomes

Retours des concepteurs

Tous les moments prescrits
 Ok avec les différentes remarques, sauf pour la notion de « tous les moments prescrits »
 Intérêt de ce mode saisie pour aller très vite.
 Trouver un moyen de présenter lorsque l'on est en modification de posologie cette facilité de saisie. (??? ex : check appliquer à tous les moments prescrits)
 La correspondance d'UP est-elle en DU ou UP par défaut ?

Figure I.25. Extrait du document synthétisant les retours des concepteurs.

d) Synthèse des problèmes rencontrés

Nos observations ainsi que notre implication au sein des projets, nous a permis de constater quelques problèmes au niveau des informations échangées entre concepteurs et ergonomes. Tout d'abord, pour procéder aux évaluations ergonomiques, les concepteurs fournissent aux

ergonomes soit un logiciel existant, soit un prototype ou des maquettes avancées (ex : diaporama) du système. Dans notre cas, les ergonomes ont reçu un diaporama (cf. Figure I.25) contenant des maquettes pour le module de prescription (sachant qu'une application de type circuit du médicament contient d'autres modules tels que l'administration, la dispensation des médicaments). Cependant, pour pouvoir évaluer de manière pertinente les maquettes, les ergonomes ont évoqué le besoin de disposer une représentation globale du processus prévu par le système pour soutenir toute l'activité de prescription du médecin, par exemple comprendre la prise d'information du médecin et ensuite s'intéresser à la prescription.

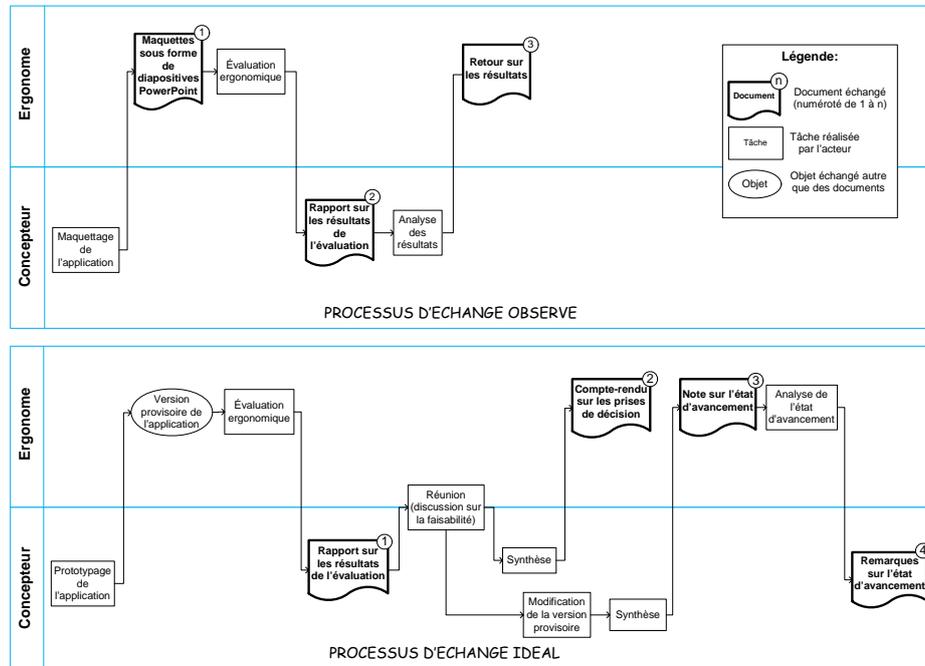


Figure I.26. Exemples de processus d'échange de documents dans le cadre d'une évaluation ergonomique.

Cet exemple montre que les ergonomes et les concepteurs n'ont pas le même point de vue. Le concepteur travaille selon des modules lors de la conception. Tandis que l'ergonome a une vision d'ensemble de l'activité des utilisateurs. Ce genre de cas a également été évoqué dans le cadre de notre deuxième type d'organisation de projet où nous avons rencontré deux ergonomes. L'une d'entre elle évoquait que la plupart du temps, le même genre de document leur étaient envoyé sans autres explications et qu'elles rencontraient des difficultés à évaluer les maquettes sans comprendre le contexte. De plus, il arrive qu'il manque des étapes dans l'enchaînement des interfaces. Dans notre cas, le téléphone était utilisé mais il n'était pas toujours évident de bien se comprendre sans représentation partagée.

Un deuxième exemple de problème rencontré concerne le retour des concepteurs sur la prise en compte des problèmes ergonomiques détectés et des recommandations proposées. Dans le cas de notre projet, les retours ont été peu nombreux. Un seul document relatant le travail effectué par la société d'édition de logiciels, avait été transmis aux ergonomes. La Figure I.26 montre le processus d'échange tiré de notre cas (en haut de la figure) et un exemple de processus d'échange que nous considérons comme idéal (en bas de la figure).

Dans notre cas, un premier document présentant les maquettes sous forme de diaporama (document 1) a été transmis aux ergonomes. Les ergonomes ont procédé à une évaluation ergonomique dite « de surface » car il fallait faire des retours rapidement et il était difficile de procéder à une évaluation exhaustive avec le support de travail reçu. Un document présentant les résultats d'évaluation (document 2) a ensuite été transmis aux concepteurs. Ces derniers ont analysé le document en interne, puis envoyé un document (document 3) intégrant leurs

remarques sur la prise en compte éventuelle des problèmes et recommandations dans une version de l'application.

Dans le processus qualifié d'idéal, une version provisoire du logiciel est fournie aux ergonomes afin qu'ils procèdent à l'évaluation ergonomique. Suite à cela, un rapport présentant les résultats de l'évaluation est transmis aux concepteurs (document 1). Ces derniers en prennent connaissance puis une réunion est organisée entre ergonomes et concepteurs. Cette réunion a pour objet de reprendre un par un les problèmes et recommandations décrits dans le rapport et de prendre des décisions quant à leur prise en compte (ou non) dans les modifications du logiciel. Suite à cette réunion, les concepteurs rédigent un compte rendu de réunion synthétisant les décisions prises qu'ils envoient ensuite aux ergonomes (document 2). Les modifications sont mises en œuvre. Au cours de cette mise en œuvre, une note relatant l'état d'avancement des modifications est envoyée aux ergonomes (document 3). Enfin, les ergonomes analysent cet état d'avancement et envoient aux concepteurs un ensemble de remarques sur des points qu'ils jugent importants (document 4).

Cet exemple montre que les retours des concepteurs sur la prise en compte (ou non) des problèmes ergonomiques et de leurs recommandations sont la plupart du temps insuffisants. Lorsque des problèmes ne sont pas pris en compte, les ergonomes ont parfois des difficultés à comprendre pourquoi. Les raisons peuvent être d'ordre technique mais peu d'explications sont alors fournies par les concepteurs. Sinon, il arrive que la justification des ergonomes soit insuffisante pour que la remarque soit prise en compte et les modifications effectuées. Il arrive également que les concepteurs soient contraints par des délais dans le processus de développement. Dans ce cas, soit il anticipe l'évaluation précoce de maquettes (comme dans notre cas), ce qui implique la prise en compte des recommandations des ergonomes mais pas le développement imminent d'une version de l'application. Pour les ergonomes, il manque donc souvent l'étape d'évaluation itérative pour qu'ils puissent rendre compte de l'intégration de leurs recommandations dans l'application.

I.3.3.4 Synthèse des résultats

Suite à l'étude de ces organisations de projet, nous avons pu comprendre le déroulement concret de projets représentatifs des projets qui nous intéressent, les méthodologies pouvant être utilisées et les échanges entre les intervenants de projet, notamment entre ergonomes et concepteurs. Nous avons également mis en évidence certains problèmes rencontrés par les intervenants de projet. Deux types de problèmes ont été identifiés : ceux liés à la représentation des données des ergonomes et ceux liés aux échanges entre ergonomes et informaticiens.

Pour les ergonomes, nous avons constaté qu'ils sont amenés à analyser des situations de travail complexes et évaluer des systèmes interactifs complexes les supportant. Pour représenter leurs données, ils utilisent souvent leurs propres formalismes car soit les techniques de modélisation existantes ne correspondent pas à leurs besoins, soit les contraintes de projet font qu'ils n'ont pas l'occasion de s'intéresser ou de se former aux nouvelles techniques. Cependant, l'utilisation de leurs propres formalismes peut engendrer des difficultés de compréhension de la part des autres intervenants et reste limitée pour la représentation de certaines données importantes pour aider à la conception de systèmes interactifs.

Pour les concepteurs, nous avons constaté que l'intervention des ergonomes les aide dans la conception ou la ré-ingénierie de systèmes interactifs. Cependant, ces interventions sont encore insuffisantes ; les informations transmises par les concepteurs sont parfois trop techniques pour les ergonomes. Nous avons remarqué également que dans certains cas, les

ergonomes peuvent manquer d'informations pour les aider dans leurs activités et que les retours des concepteurs sur la prise en compte du travail des ergonomes peuvent être insuffisants.

Suite à cette analyse, nous retenons donc deux besoins particuliers à considérer : (1) l'aide à la représentation des données des ergonomes et (2) l'amélioration des échanges entre ergonomes et concepteurs.

I.3.4 Conclusion

Nous venons de présenter un cas particulier d'informatisation de situation de travail complexe : le circuit du médicament en milieu hospitalier. Ce genre d'informatisation implique la mise en œuvre de projets où participent différents types d'intervenants dont les responsables du système d'information, des représentants utilisateur et des utilisateurs, des sociétés d'édition de logiciels médicaux et des ergonomes. Nous avons présenté les résultats de l'étude d'organisations de projets réels en nous focalisant sur la collaboration entre une société d'édition de logiciel et un laboratoire d'ergonomie (Evalab, CHRU de Lille) dans le cadre de la ré-ingénierie et de la conception d'applications supportant le circuit du médicament. Les observations menées entre ces deux partenaires, ainsi que l'intégration au sein de ces deux équipes, ont permis de recueillir un ensemble de données nous aidant à comprendre le fonctionnement. Ainsi, les rôles des intervenants de projet, les méthodes de travail, les documents produits au sein des projets et les échanges entre les intervenants ont pu être étudiés. De cette étude, nous avons pu également identifier certaines difficultés rencontrées par les intervenants de projet dont certaines rejoignent celles évoquées au sein de l'étude d'une autre organisation de projet décrite en annexe A.1. Nous avons vu que ces difficultés touchent la représentation des données des ergonomes et les échanges entre ergonomes et concepteurs.

I.4 CONCLUSION DU CHAPITRE

Dans ce premier chapitre, nous avons défini les caractéristiques des situations de travail complexes telles que les notions de processus dynamique, de travail coopératif et distribué ainsi que d'organisations multiples. Nous avons vu également que ces caractéristiques complexes rendent leur informatisation difficile.

Ensuite, nous avons présenté au travers d'un cas concret d'informatisation de situation de travail complexe, c'est-à-dire le circuit du médicament en milieu hospitalier, l'organisation des projets de développement mis en œuvre et impliquant l'intervention de différents types d'intervenants. Nos observations nous ont permis de récolter des données sur le déroulement des processus de développement, les méthodologies utilisées selon le point de vue des ergonomes et des concepteurs. Nous avons identifié également différents problèmes rencontrés par les intervenants de projet tels que des échanges parfois insuffisants entre intervenants, des problèmes de compréhension et d'interprétation des données échangées, des difficultés pour la représentation des données.

Le chapitre suivant s'intéresse aux principes, méthodes et modèles proposés par les domaines du GL et de l'IHM pour la mise en œuvre des projets de développement de systèmes informatiques. Il a pour objectif d'apporter des éléments d'analyse complémentaires sur les difficultés rencontrées pour la mise en œuvre de l'informatisation des situations de travail complexes. Il présente différents types de techniques et propose un état des lieux par rapport à ce contexte.

II ETUDE DES PRINCIPES, METHODES ET TECHNIQUES DU GENIE LOGICIEL ET DE L'IHM POUR LE DEVELOPPEMENT DE SYSTEME INTERACTIF

II.1	Introduction	56
II.2	Etat de l'art sur les cycles de développement	56
II.2.1	Les modèles de développement classiques	57
II.2.2	Les modèles de développement enrichis sous l'angle de l'IHM et ou de l'utilisabilité	58
II.2.3	Les méthodes de développement agiles	60
II.2.4	Les méthodes de développement orientées vers la réutilisation	61
II.2.5	Conclusion.....	62
II.3	Etat de l'art sur les méthodes et modèles pour les phases d'analyse et de conception	63
II.3.1	Les techniques semi-formelles	63
II.3.2	Les méthodes formelles.....	71
II.3.3	Conclusion.....	74
II.4	Etat de l'art sur les approches destinées à soutenir la collaboration et l'aide aux choix méthodologiques au sein des processus de conception.....	75
II.4.1	Approches soutenant la collaboration entre acteurs de projet.....	75
II.4.2	Approches soutenant l'aide aux choix méthodologiques au sein des processus de conception	77
II.4.3	Conclusion.....	78
II.5	Etude comparative des méthodes et modèle du GL et de l'IHM pour les aspects de collaboration entre intervenants au sein des projets et de représentation des données pour l'analyse des situation de travail complexes	78
II.5.1	Présentation du cadre de l'étude comparative.....	78
II.5.2	Mise en œuvre du cadre	81
II.5.3	Synthèse	82
II.6	Conclusion du chapitre	84

II.1 INTRODUCTION

Le génie logiciel offre un ensemble de techniques pour l'étude, la modélisation et la mise en pratique de l'ensemble du cycle de vie du système à concevoir. Le cycle de vie d'un système interactif commence donc avec la proposition ou la décision de développer celui-ci et se termine avec sa mise hors service. On peut définir trois phases principales au sein d'un cycle de vie : (1) l'initialisation du projet, c'est-à-dire l'étude de faisabilité du projet en termes de ressources, budget... (2) le cycle de développement, c'est-à-dire l'étude des besoins utilisateur jusqu'à l'installation du système interactif sur le terrain, (3) et la maintenance, c'est-à-dire les opérations de dépannage ou de support technique, les décisions de corrections ou d'arrêt.

Dans le cadre de nos travaux, nous nous sommes intéressés spécifiquement à la phase de développement d'un système interactif où se situent les activités déterminantes pour la conception des systèmes.

Les sections suivantes ont pour objectif de présenter un état de l'art des principes, méthodes et techniques proposés par le génie logiciel et l'Interaction homme-machine pour la mise en œuvre des projets de développement. Nous nous focaliserons sans souci d'exhaustivité, mais surtout de représentativité, sur un ensemble de cycles de développement, méthodes et modèles d'analyse et de conception, ainsi que sur quelques approches pour aider à l'organisation des projets. Nous terminerons par une étude comparative de l'ensemble des méthodes et modèles présentés afin de déterminer leurs éventuelles limites par rapport à des projets de développement de systèmes interactifs complexes, tels qu'ils ont été envisagés dans le chapitre précédent.

II.2 ETAT DE L'ART SUR LES CYCLES DE DEVELOPPEMENT

Dans le domaine du génie logiciel, l'ensemble des activités à réaliser pour atteindre un objectif représente une phase, et l'ensemble des phases est organisé pour constituer un cycle de développement. Globalement, un cycle de développement comprend une phase de planification, une phase d'analyse, une phase de conception, une phase de mise en œuvre et une phase de support (voir la Figure II.1). Cependant, cette représentation simple n'est pas appropriée pour tous les types de développement de systèmes. C'est pourquoi plusieurs types de cycles et variantes ont été proposées au fur et à mesure de l'évolution des systèmes (sachant que pour notre part, nous nous focaliserons sur les systèmes interactifs). A ce jour, il existe des modèles classiques de développement (tels que les modèles Cascade, V, en spirale), des modèles enrichis sous l'angle de l'IHM ou de l'utilisabilité, des méthodes de développement agiles ou encore des approches à base de modèles. Nous allons passer en revue quelques exemples représentatifs pour chacune des catégories citées.

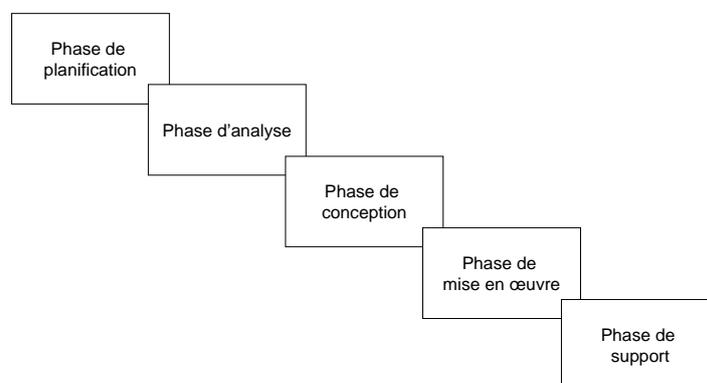


Figure II.1. Phases globales d'un cycle de développement (extrait de [Satzinger et al, 2003]).

II.2.1 Les modèles de développement classiques

Une première version du modèle en cascade a été présentée par Royce en 1970 [Royce, 1970]. Ensuite, d'autres versions ont été proposées telles que celle de Boehm en 1981 [Boehm 1981]. Le modèle en Cascade est le modèle le plus connu (Figure II.2) des modèles de développement. Il comprend huit étapes successives dont chacune est reliée soit à la suivante et montre la progression en cascade du cycle de développement, soit à la précédente pour montrer la réalisation d'éventuelles corrections. Les étapes principales, dans l'ordre, sont les suivantes : la faisabilité et la rédaction du cahier des charges, la spécification, la conception, la conception détaillée, le codage, la mise en œuvre et l'exploitation et la maintenance. Sa particularité est que chaque phase se termine par une activité de vérification, de validation ou de test afin d'éviter les défauts et incohérences sur chaque élément produit et limiter les retours arrières sur la phase immédiatement antérieure.

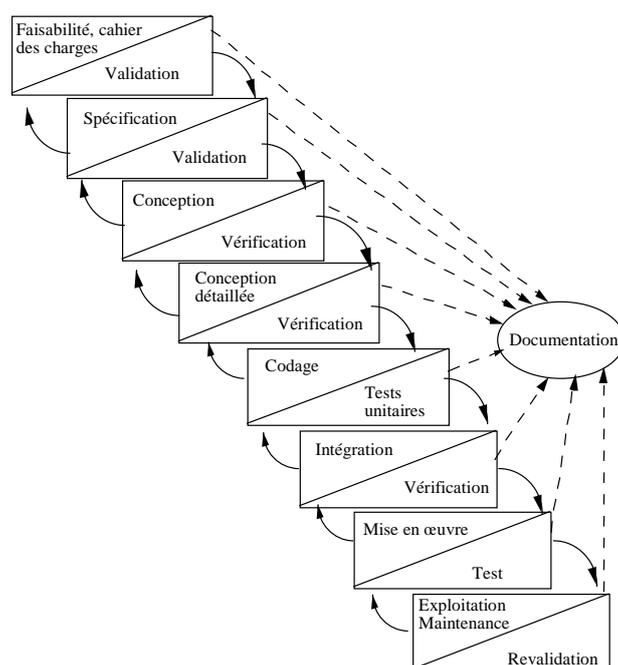


Figure II.2. Modèle Cascade [Boehm, 1981].

Le modèle en V reprend les étapes globales du modèle en Cascade et propose quelques améliorations en termes de vérification et de validation. À ce jour, il est devenu un standard et est utilisé dans de nombreuses entreprises. Différentes variantes ont été proposées [Thayer et McGettrick, 1993]. Il a pour principe l'enchaînement des phases sous forme de « V » dont la spécification et la conception constituent la démarche descendante et la réalisation et la validation constituent la démarche ascendante. Son point fort est de coupler chaque étape de la démarche ascendante avec une étape de la phase descendante. Le principe est de prévoir lors de la phase descendante, les plans, méthodes et moyens pour l'évaluation et la validation des résultats de la phase, ceci afin de prévoir le plus tôt possible l'évaluation du système et éviter les retours en arrière.

Le modèle en spirale proposé par Boehm [Boehm *et al.* 1988], introduit la notion de prototypage. Il propose une analyse du risque avant de procéder à une étape plus fine du développement. Ainsi, la réalisation itérative de prototypes permet la formulation des besoins progressivement et limite les erreurs de conception. Il comprend quatre phases : (1) la détermination des objectifs du cycle, des alternatives ou contraintes ; (2) l'analyse des risques, évaluation des alternatives et éventuellement le maquettage ; (3) le développement et la vérification de la solution obtenue ; (4) la revue des résultats et la planification du cycle

suivant. Il permet donc de proposer tout au long du cycle, des prototypes évolutifs du futur système jusqu'à l'obtention d'un prototype opérationnel. Ce modèle est le précurseur des modèles de développement itératifs, que nous retrouvons dans les sections suivantes.

II.2.2 Les modèles de développement enrichis sous l'angle de l'IHM et/ou de l'utilisabilité

Les modèles de développement enrichis sous l'angle de l'IHM ont pour objectif de prendre en compte les aspects fondamentaux des systèmes interactifs tels que la prise en compte des facteurs humains, par exemple pour la modélisation des tâches utilisateur ou l'évaluation des systèmes sous l'angle des facteurs humains. Trois exemples sont présentés en Figure II.3. Par ailleurs, dans [Kolski, 2001], on retrouve un recensement des modèles de ce type.

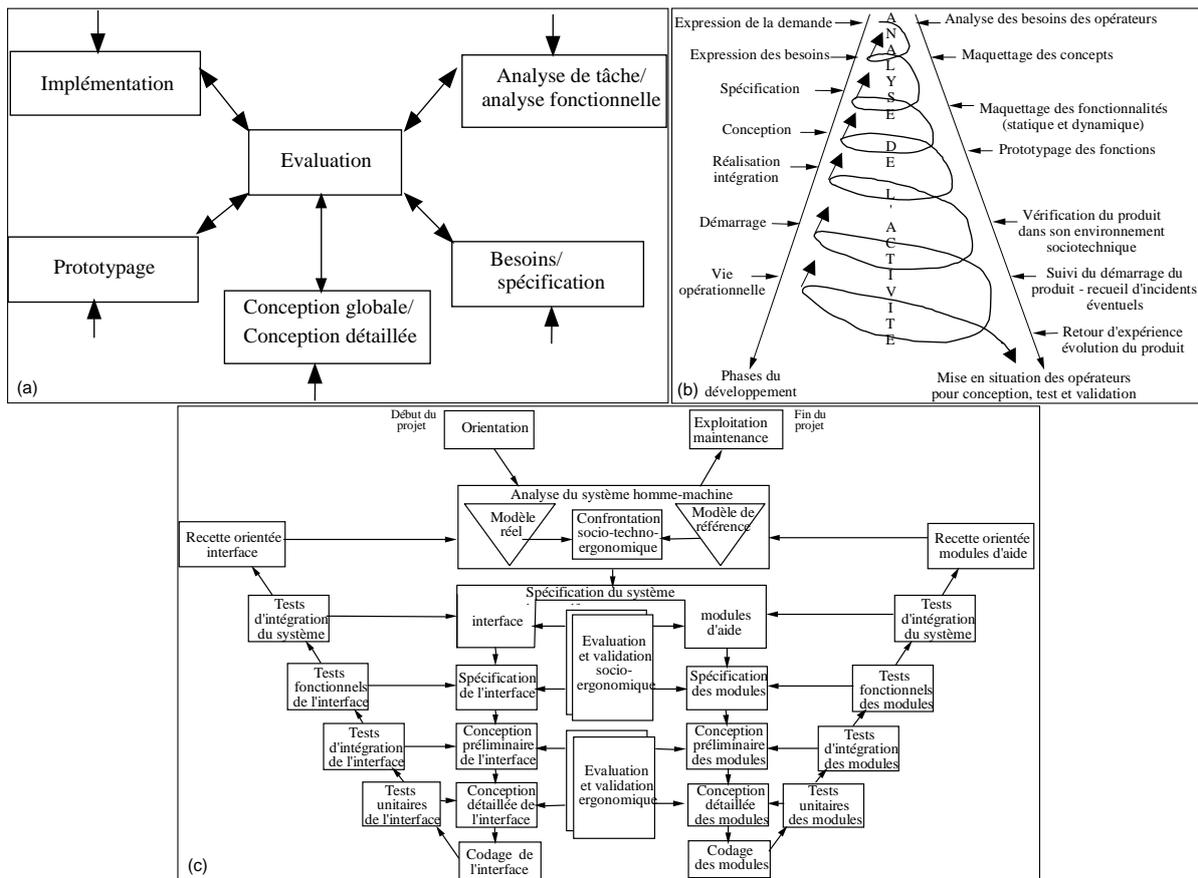


Figure II.3. Exemples de Modèles enrichis sous l'angle de l'interaction homme-machine

(a) Modèle en étoile, (b) Modèle proposé par Valentin *et al.*, (c) Modèle Nabla.

Un premier exemple est le modèle en étoile de Hartson et Hix [Hartson et Hix, 1989] (Figure II.3a), qui met au centre du cycle de développement la phase d'évaluation et montre des interactions/itérations possibles avec les phases d'analyse de tâche/analyse fonctionnelle, de besoins/spécification, de conception globale/conception détaillée, de prototypage ou d'implémentation.

Le modèle de Valentin *et al.* [Valentin *et al.*, 1993] se base sur une démarche en Spirale et propose d'un côté les étapes suivies par les informaticiens et de l'autre, les étapes suivies par les ergonomes. Le point central reliant les deux domaines est l'analyse de l'activité (Figure II.3b).

Le modèle Nabla [Kolski 1997], est basé sur un double cycle en V (Figure II.3c). Il comprend les étapes classiques du génie logiciel pour développer un système interactif, tout en différenciant l'interface proprement dite (partie gauche du modèle) des modules d'aide, éventuellement accessibles à partir de ceux-ci (partie droite). Ce modèle accorde une importance à l'analyse du système homme-machine qui consiste en la confrontation entre un modèle dit « réel » (correspondant à l'existant) et un modèle dit « de référence » et ensuite en l'obtention d'un ensemble de données suffisant pour spécifier puis concevoir, réaliser et tester le système interactif. Enfin, ce modèle accorde aussi une grande importance à l'évaluation, colonne vertébrale du modèle et aspect central du projet.

Dans le même état d'esprit, un autre modèle intéressant est celui dit en « U », qui positionne des étapes où les facteurs humains devront être considérés par l'équipe de développement [Millot et Roussillon 1991, Abed 1990, Abed 2001, Lepreux *et al.*, 2003]. Il comprend une démarche descendante correspondant à la modélisation du système homme-machine et à sa mise en œuvre ainsi qu'une phase ascendante correspondant à l'évaluation du système global.

L'utilisabilité est le degré selon lequel un produit peut être utilisé par des utilisateurs identifiés pour atteindre des buts définis avec efficacité, efficacité et satisfaction, dans un contexte d'utilisation spécifié [ISO 9241, 1998]. D. Mayhew [Mayhew, 1999] propose un cycle d'ingénierie de l'utilisabilité présentant un ensemble de tâches de l'ingénierie de l'utilisabilité effectuées dans un ordre précis et à certains points du développement d'un produit, pour définir, mesurer et ainsi améliorer l'utilisabilité du produit (Figure II.4).

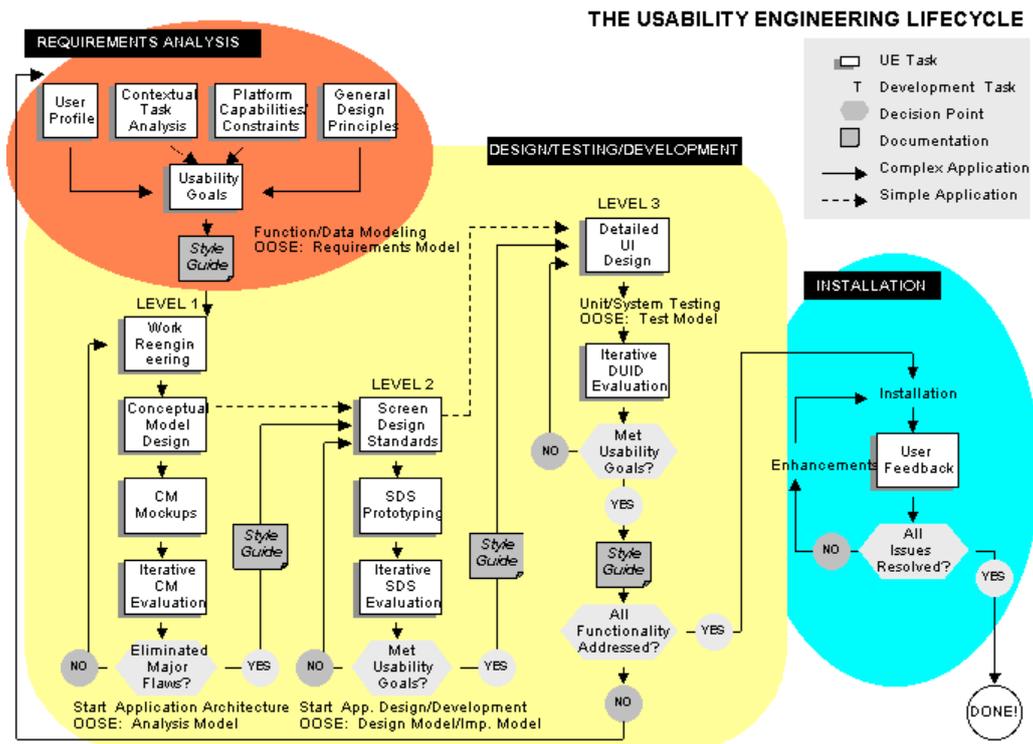


Figure II.4. Cycle de développement pour l'ingénierie de l'utilisabilité (extrait de [Mayhew, 1999]).

Celui-ci reprend les trois grandes phases classiques de la démarche centrée utilisateur [Norman et Draper, 1986] et décrit de façon assez précise les types de tâches à réaliser :

- L'analyse des besoins, où les caractéristiques des utilisateurs, de leurs tâches et de leurs buts sont mises en confrontation avec les contraintes techniques pour aboutir à des principes de conception généraux ;

- Le développement itératif, où les versions successives des logiciels sont évaluées puis modifiées de façon successive jusqu'à l'atteinte d'un niveau d'utilisabilité satisfaisant;
- Installation, test du logiciel, évaluation de la satisfaction des utilisateurs et vérification de l'atteinte des buts du projet.

En complément, on peut citer la démarche proposée par [Beuscart, 2007], qui nous intéresse particulièrement dans le cadre de cette recherche (Figure II.5). Il s'agit d'un cadre orienté facteurs humains dédié aux projets de développement de systèmes interactifs complexes, par exemple le milieu hospitalier (une application de ce cadre a été présentée dans la section I.3.3.2). Il met en évidence les étapes importantes à réaliser par les ergonomes ainsi que les aspects de coopération à entreprendre avec les informaticiens pour ce type de projet.

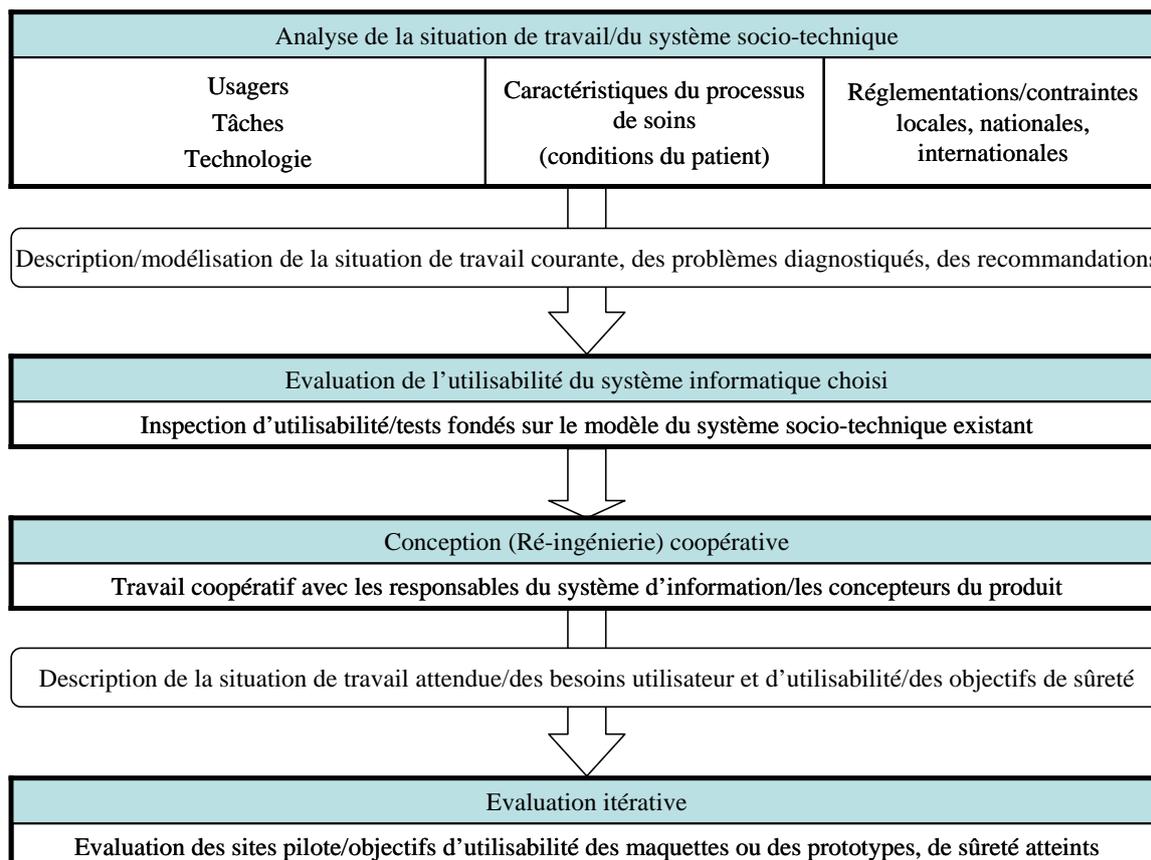


Figure II.5. Cadre pour la gestion des facteurs humains dans les projets.

II.2.3 Les méthodes de développement agiles

Les méthodes de développement agiles ont pour objectif de proposer des cycles de développement plus courts que les cycles de développement traditionnels (cf. les modèles présentés en II.2.1) et d'impliquer au maximum le demandeur (client). Ils mettent l'accent sur l'implication continue des personnes (le client participe au développement) et les collaborations étroites entre celles-ci ainsi que sur le développement itératif et évolutif de prototypes tout au long du cycle (cf. <http://agilemanifesto.org/>).

La méthode RAD (Rapid Application Development) ([Martin, 1991], cf. www.rad.fr) se base sur un phasage simple : cadrage, design, construction et respect d'une dimension temporelle. Elle implique des groupes de travail variables selon les besoins et respecte un mode opératoire précis. Elle utilise des méthodes, techniques et outils portant sur quatre critères : budget, délais, qualité technique, qualité fonctionnelle et visibilité. Elle s'appuie sur une architecture

de conception objet favorisant les modifications ainsi que sur une architecture de réalisation favorisant le prototypage.

La méthode Extreme Programming proposée par Beck, Cunningham et Jeffries ([Beck, 2002], cf. www.extremeprogramming.org), est dédiée aux équipes réduites avec des besoins changeants (Figure II.6). Elle repose sur des cycles rapides et itératifs et sur le principe de scénario. Une première étape d'exploration consiste à définir des scénarios clients. Ensuite ces scénarios sont transformés en tâches à réaliser et en tests fonctionnels. Chaque développeur s'attribue des tâches et les développe avec un binôme. Lorsque tous les tests fonctionnels sont respectés, le produit peut être livré. Les cycles se répètent tant que le client fournit des scénarios.

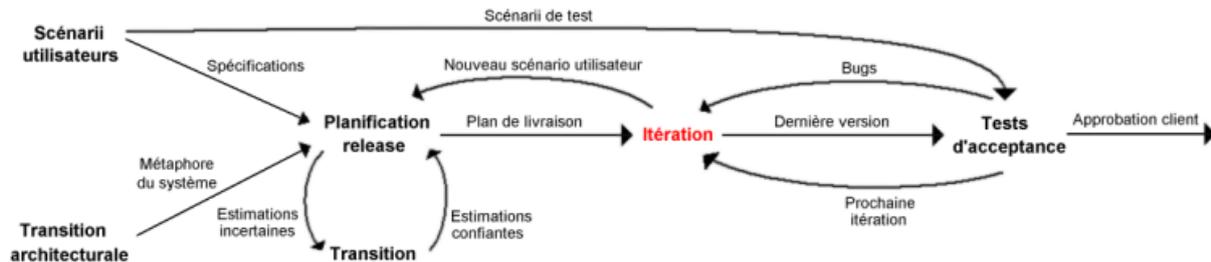


Figure II.6. Cycle de développement de l'Extreme Programming.

(extrait de www.extremeprogramming.org)

Le processus Unifié (UP pour Unified Process) est un processus générique de développement itératif et incrémental pour les systèmes orientés objet [Jacobson *et al.*, 1999]. Depuis plusieurs années, on le retrouve dans la catégorie des méthodes agiles [Hirsch, 2002] ; il a aussi fait l'objet d'une évolution appelée AUP (Agile Unified Process) (cf. <http://www.ambysoft.com/unifiedprocess/agileUP.html>). Son principe est de s'adapter au contexte des projets informatiques tout en diminuant les risques. Cette méthode propose le découpage du projet en phases très courtes et la livraison d'une version incrémentée du système à chaque fin de phase. Elle est basée sur l'utilisation du langage UML (Unified Modeling Language) pour la description de cas d'utilisation, permettant de déterminer les besoins utilisateur et pour la description de l'architecture (fonctionnelle, logicielle et physique) du système. RUP (Rational Unified Process) est la plus connue des instantiations du Processus Unifié et a été créée par la Rational Software Corporation © (cf. <http://www-01.ibm.com/software/awdtools/rup/>). Il comprend quatre phases : (1) la phase d'*initialisation* qui permet l'étude des besoins utilisateurs (utilisation de cas d'utilisation) et l'étude de faisabilité, (2) la phase d'*élaboration* qui permet de définir les besoins et spécifier l'architecture du système, (3) la phase de *construction* où ont lieu plusieurs itérations donnant plusieurs versions du système et (4) la phase de *transition* qui consiste à mettre en service le système, former les utilisateurs et assurer le support.

II.2.4 Les méthodes de développement orientées vers la réutilisation

La réutilisation logicielle est une activité visant à réaliser les économies les plus substantielles [Yourdon 1994]. On distingue deux types de méthodes de développement à ce sujet : (1) les méthodes pour la réutilisation, c'est-à-dire mettant en avant l'identification et le développement de composants réutilisables et (2) les méthodes par la réutilisation, c'est-à-dire mettant en avant l'utilisation des composants identifiés et développés précédemment pour la conception et la réalisation d'un système interactif.

Le modèle en Y revu par Hassine [Hassine 2002], propose l'identification des composants métiers et des composants techniques respectivement dans la branche « fonctionnelle » et la branche « technique » du modèle (Figure II.7). La branche centrale transforme progressivement les composants conceptuels en composant logiciels. Le but du modèle en Y est d'optimiser les coûts et délais en parallélisant les tâches d'analyse et de conception.

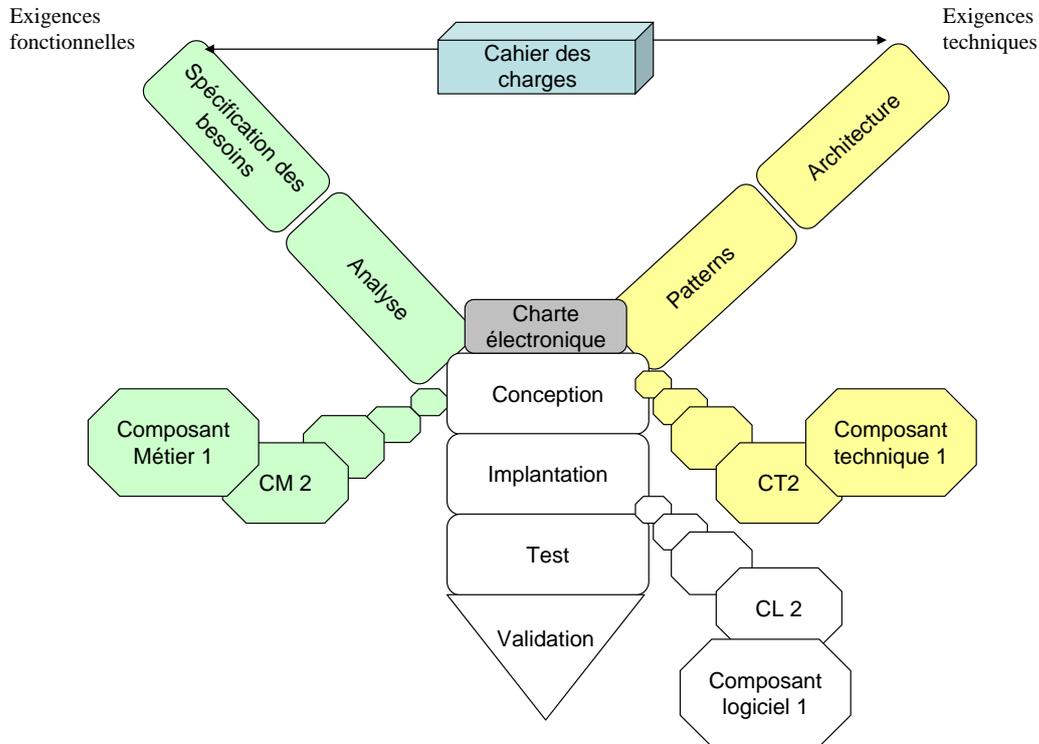


Figure II.7. Modèle en Y (Extrait de [Hassine, 2002]).

Dans un état d'esprit semblable tourné vers la réutilisation mais aussi vers la génération de code, l'approche MDA (Model Driven Architecture) [Kadima, 2005] fait partie d'une famille d'approches de l'IDM (Ingénierie Dirigée par les modèles) [Favre *et al.*, 2006] favorisant les concepts de modèles, de langages, de métamodèles et de transformations. L'approche MDA consiste à élaborer des modèles indépendants de plateformes (PIM : Plateforme Independant Model) à l'aide de standards de modélisation de l'OMG⁷ (UML : Unified Modeling Language, CWM : Common Warehouse MetaModel et MOF : Meta Object Facility) et à transformer ces modèles en modèles spécifiques de la plateforme (PSM : Plateforme Specific Model) qui seront utilisés pour le codage.

II.2.5 Conclusion

Parmi les modèles qui ont été présentés, beaucoup montrent une évolution des processus de développement de plus en plus orientée vers la prise en compte des aspects « facteurs humains ». Nous avons vu également que ces modèles proposent des principes de développement variés afin de répondre aux exigences des projets, elles aussi en constante évolution (ex : réduction des coûts, évolution des types de systèmes, réduction des erreurs de conception...). Cependant, la prise en compte des aspects « facteurs humains » implique la participation de spécialistes du même domaine. Bien qu'il existe quelques modèles de développement intégrant les activités nécessaires pour leur prise en compte, nous pensons que

⁷ Object Management Group.

les aspects de collaborations entre les acteurs du projet sont encore insuffisants, notamment entre ergonomes et concepteurs des systèmes.

II.3 ETAT DE L'ART SUR LES METHODES ET MODELES POUR LES PHASES D'ANALYSE ET DE CONCEPTION

Pour réaliser les différentes phases d'un cycle de développement, de nombreuses méthodes de modélisation et de conception existent. Chacune d'elles répond à des besoins spécifiques pour analyser, spécifier et concevoir les systèmes interactifs. On compte différents types de langages utilisés tels que les langages descriptifs, les langages formels et les langages semi formels. Le langage descriptif le plus utilisé par les intervenants de projet est le langage naturel, notamment pour la rédaction des documents. Cependant nous avons déjà précisé que ce moyen reste ambigu et peut poser des problèmes de compréhension (ex : utilisation de vocabulaires différents selon les intervenants de projet). Les langages semi-formels proposent des modélisations graphiques plus faciles à utiliser et à comprendre. Ces techniques sont nombreuses. On trouve des méthodes et modèles plutôt génériques et d'autres répondants à des besoins spécifiques [Sommerville, 1992]. Enfin, les techniques formelles permettent d'exprimer de manière non-ambigüe les spécifications mais restent peu utilisées du fait de leur complexité [Bowen, 1992].

Nous présentons ci-dessous, une vue d'ensemble des méthodes formelles dont des exemples basés sur la théorie des modèles et sur la théorie des graphes. Enfin, nous présentons également une vue d'ensemble des méthodes semi-formelles dont des exemples classiques du Génie Logiciel tels que UML, SADT, Merise, des exemples centrés sur les tâches tels que CTT, Diane+, MAD et des exemples de méthodes dédiées tels que l'approche de conception d'interface écologique et une méthode de conception pour les systèmes mixtes et enfin des exemples de notations graphiques orientées système d'information.

II.3.1 Les techniques semi-formelles

II.3.1.1 Techniques classiques en Génie Logiciel de types cartésiennes, systémiques et orientées objet

Dans le domaine du Génie Logiciel (hors méthodes formelles), on compte trois types de méthodes communément utilisées : cartésiennes, systémiques et orientées objet. Dans cette section, nous présentons des exemples connus et représentatifs de chaque type. Nous avons également intégré un type de méthode proche des méthodes systémiques : les méthodes centrées « organisation » dont nous présentons l'exemple le plus connu, la méthode OSSAD.

Si on s'intéresse aux méthodes orientées objets, le langage de modélisation UML (Unified Modeling Language), est le plus connu et le plus utilisé des langages de modélisation [www.uml.org]. Il est issu d'une fusion des principaux langages de modélisation objet OOD, OMT et OOSE. UML a été conçu pour être simple, lisible et ouvert (permettant l'ajout ou l'enrichissement de modèles). Il se concentre sur la description des artefacts de modélisation logicielle et non sur la formalisation des processus de conception.

UML comprend maintenant 13 types de diagrammes (dans la version 2.0) classés en trois catégories : les **diagrammes statiques** ou structurels (diagramme de classes, d'objets, de composants, de déploiement, de paquetage, de structure composite), les **diagrammes comportementaux** (diagramme de cas d'utilisation, d'états-transitions, d'activité), les **diagrammes d'interactions ou dynamiques** (diagramme de séquence, de communication, global d'interaction, de temps). La Figure II.8 présente des exemples de modélisation avec le langage UML. Elle montre l'utilisation de quatre diagrammes UML : le diagramme de cas

d'utilisation (en haut à gauche), le diagramme d'activité (en haut à droite), le diagramme de classes (en bas, à gauche) et le diagramme état-transition (en bas, à droite). Nous verrons plus loin dans ce mémoire des exemples de modèles complets appliqués à notre cadre applicatif et utilisant certains des diagrammes UML.

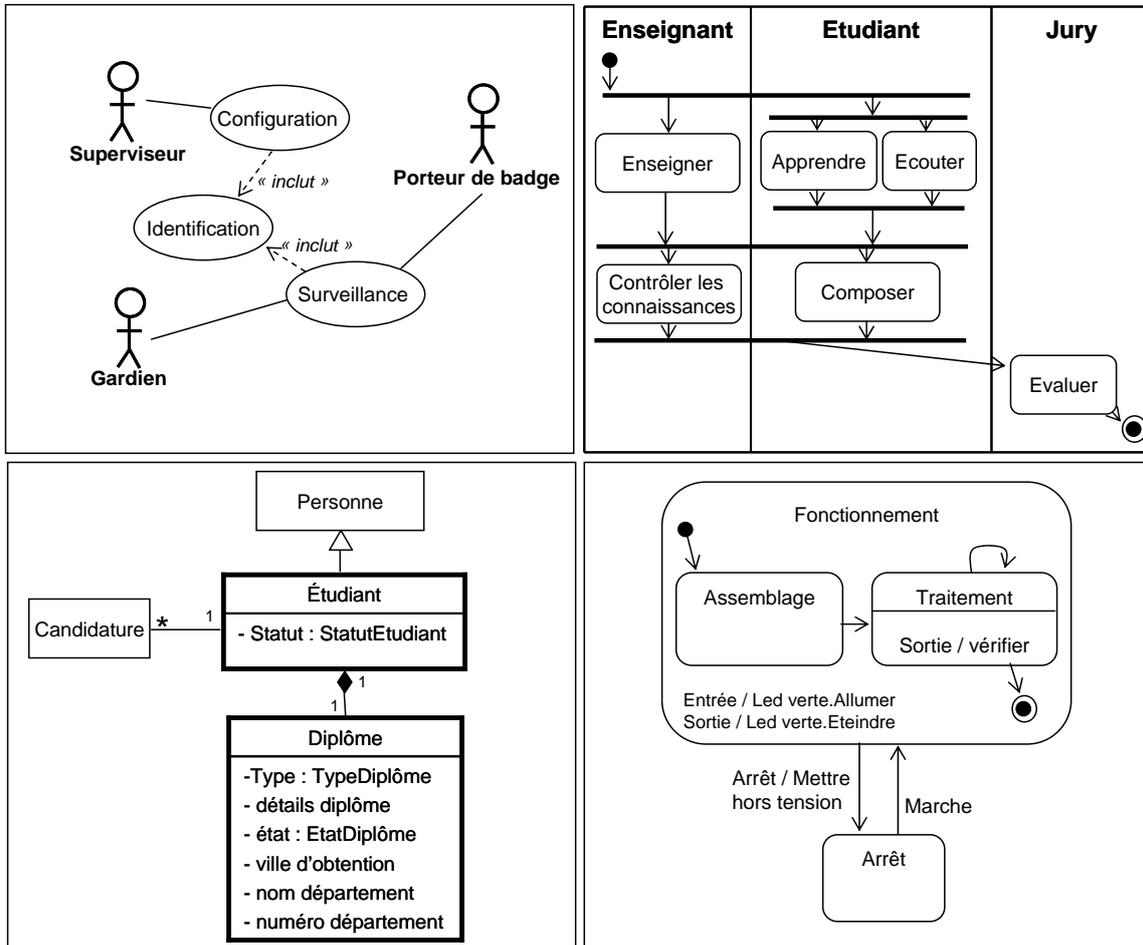


Figure II.8. Exemples de modélisation avec le langage UML.

Les méthodes dites cartésiennes se caractérisent par une approche fonctionnelle basée sur l'utilisation de concepts et de techniques de décomposition hiérarchique. La méthode cartésienne SADT (Structured Analysis and Design Technics) [Ross, 1977] permet une décomposition hiérarchique descendante (du plus global au plus détaillé) d'un système complexe à l'aide de modèles représentant les données et les activités. Deux types de modèles sont possibles : l'actigramme et le datagramme (Figure II.9).

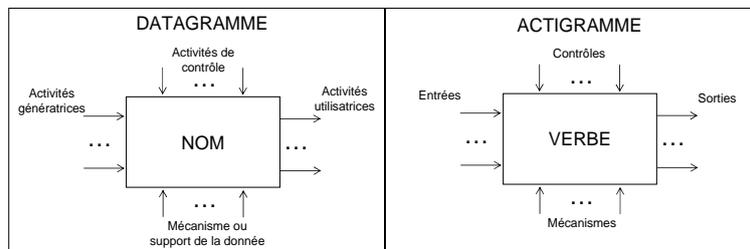


Figure II.9. Les types de diagramme de la méthode SADT.

Un actigramme met en évidence les fonctions du système. Tandis qu'un datagramme met en évidence les données du système. Les fonctions ou données sont représentées par des boîtes avec un verbe à l'infinitif associé le plus souvent à un complément d'objet direct, pour

désigner une fonction ou avec nom pour désigner une donnée. Sur ces boîtes, aboutissent ou partent des flèches représentant les conditions d'exécution, les entrées (nom pour un actigramme ou verbe pour un datagramme), les comptes rendus et les sorties (nom pour un actigramme ou verbe pour un datagramme), les acteurs et les ressources.

Les méthodes systémiques se basent sur le principe de « l'organisation en tant que système ». Elles proposent un découpage de l'organisation en domaines et une analyse indépendante des données et traitements. La méthode Merise [Tardieu *et al.*, 1985 ; Nanci et Espinasse, 2001], très connue dans les pays francophones, fait partie des méthodes systémiques. Elle a pour but l'analyse et la conception de systèmes d'information informatisés. Son principe est le découpage de la conception en plusieurs niveaux où chacun intègre l'utilisation de modèles pour décrire le système existant et futur. Merise comprend quatre niveaux :

- le **niveau conceptuel** correspondant à l'utilisation des modèles MCD (Modèle Conceptuel des données) et MCT (Modèle Conceptuel des traitements),
- le **niveau organisationnel** correspondant à l'utilisation des modèles MOD (Modèle Organisationnel des Données) et MOT (Modèle Organisationnel des Traitements),
- le **niveau logique** correspondant à l'utilisation des modèles MLD (Modèle Logique des Données) et MLT (Modèle Logique des traitements),
- le **niveau physique** correspondant à l'utilisation du modèle MPD (Modèle Physique des données).

Un autre type de méthodes proches des méthodes systémiques, propose une approche centrée « organisation ». Son principe est avant tout, d'optimiser l'organisation humaine des entreprises en fonction des ressources, contrairement aux méthodes systémiques qui se concentrent sur les aspects techniques. La méthode OSSAD (Office Support System Analysis and Design) [Dumas et Charbonnel, 1990] est un exemple de méthode centrée « organisation » pour l'analyse et la conception de système d'information et plus particulièrement pour le soutien des systèmes bureautiques. Elle est connue pour ses aspects organisationnels en offrant un cadre de référence conceptuel et une organisation du travail pour la conduite de projet. La méthodologie OSSAD est basée sur l'utilisation de trois types de modèles :

- le modèle « **abstrait** » visant à représenter conceptuellement les objectifs, les contraintes, les différentes fonctions de l'organisme et les interrelations entre elles.
- le modèle « **descriptif** » visant à représenter les conditions actuelles ou envisagées de réalisation des objectifs.
- le modèle « **prescriptif** » permettant de transformer le modèle descriptif de la solution retenue en prescriptions ou spécifications techniques d'une part, et organisationnelles d'autre part.

II.3.1.2 Les méthodes et modèles centrées sur les tâches

Il existe de nombreuses techniques centrées sur l'analyse des tâches dont la plus ancienne est HTA (Hierarchical Task Analysis) [Annett et Duncan, 1967]. Cette section passe en revue quelques techniques représentatives du domaine⁸.

Une première méthode de conception, appelée Diane [Barthet, 1988] et ayant évolué vers Diane+ [Barthet et Tarby, 1996], se base sur la notion de poste de travail ainsi que sur les

⁸ Pour une revue plus complète, voir [Diaper et Stanton, 2004].

tâches utilisateur pour prendre en compte, en plus des aspects GL, les aspects Facteurs Humains qui sont la plupart du temps, soit pris en compte implicitement, soit apportés par les ergonomes. La méthode Diane+ a pour but premier de pallier les limites de Merise concernant la prise en compte des caractéristiques de l'utilisateur et la conception des interfaces. Elle peut également être utilisée indépendamment de Merise. Dans ce cas, elle se compose de trois étapes. La première étape a pour objet le recueil d'information concernant le système (ou l'organisation) actuelle, à l'aide d'interviews par exemple. On obtient la liste des postes de travail, la liste des rôles et des responsabilités des utilisateurs, la liste des buts et des tâches utilisateurs, de même que la liste des données manipulées par les utilisateurs (appelées *Objet Utilisateur* dans Diane+). La deuxième étape est celle de la modélisation des procédures existantes, c'est-à-dire aussi bien prévues, effectives que minimales à l'aide d'un formalisme spécifique défini pour la méthode. Enfin, la troisième étape s'intéresse à la modélisation des nouvelles procédures en décrivant l'arbre des buts du poste de travail, les spécifications conceptuelles générales (traitements principaux et données principales) et les spécifications conceptuelles détaillées (traitements élémentaires et données clairement identifiées, gestion des erreurs). On obtient lors de cette troisième étape, les procédures minimales et prévues du nouveau système et la modélisation des objets utilisateurs associés.

Dans le même état d'esprit que Diane+, la méthode MUSE* propose une démarche d'analyse et de conception dédiée aux ergonomes désirant spécifier une interface utilisateur en prenant en compte des facteurs humains pour assurer son utilisabilité [Lim et Long, 1994]. La méthode MUSE* est composée de trois phases : une phase de recueil et d'analyse des informations, une phase de synthèse pour la conception et une phase de spécification. Elle propose ses propres formalismes (ex : diagramme structurée, table de documentation...) et met en évidence des étapes de mise en commun avec l'équipe des concepteurs. En effet, la méthode MUSE* peut être couplée à la méthode de développement JSD (Jackson System Development) [Jackson, 1983] et former la méthode MUSE*/JSD. L'intérêt de cette intégration est d'augmenter la communication entre informaticiens et ergonomes. En effet, MUSE* inclut les procédés pour les facteurs humains et JSD inclut les procédés du Génie Logiciel.

Le modèle CTT (Concur Task Tree) fait partie des modèles les plus connus et utilisés actuellement en IHM. Il propose une notation graphique facile d'utilisation pour la décomposition hiérarchique de tâche [Paterno, 1999]. Le but de CTT est de pallier les limites des notations existantes pour la conception de système interactif. CTT inclut quatre catégories de tâches ainsi que des opérateurs temporels pour la construction des arbres de tâches (Tableau II.1). Les quatre catégories de tâches sont : tâche utilisateur, tâche système, tâche interactive, tâche abstraite. Les opérateurs temporels sont par exemple « actions en parallèle », « échange d'information », « choix d'actions »... Enfin le modèle CTT est supporté par un environnement de modélisation appelé CTTE (cf. <http://giove.isti.cnr.it/ctte.html>).

Tableau II.1. Les différents éléments de modélisation de CTT.

	Icônes	Signification
Type de tâche		Tâche utilisateur
		Tâche de l'application
		Tâche interactive
		Tâche abstraite
Opérateurs temporels		Opérateur concurrence
		Opérateur choix
		Opérateur indépendance d'ordre
		Opérateur désactivation
		Opérateur concurrence avec échange d'information
		Opérateur activation
		Opérateur activation avec échange d'information
		Opérateur suspension-reprise
Caractéristiques de la tâche		Tâche itérative
		Tâche optionnelle

Parmi les méthodes centrées sur les tâches, il existe une méthode d'analyse, de spécification et d'évaluation de systèmes interactifs, appelée SADT/Petri [Abed, 1990 ; Abed *et al.*, 1991]. Elle associe la méthode SADT (présentée précédemment) pour la structuration fonctionnelle du système en termes de tâche et un langage formel, les réseaux de Petri (présentée plus loin au § I.3.2.2), pour la description de son comportement dynamique. La méthode SADT/Petri s'intègre dans sur une démarche en U (citée en § II.2.2) adaptée pour la conception et l'évaluation de systèmes interactifs [Abed *et al.*, 1992].

Un modèle très connu est le modèle de description des tâches utilisateurs, orienté spécification d'interface (MAD ayant évolué vers MAD* (MAD STAR) : Modèle Analytique de Description des tâches utilisateur orienté spécification d'interface) [Scapin and Bastien, 2001]. Il a été conçu pour prendre en compte l'aspect ergonomique dans la conception informatique et pour pallier le manque de formalisme de description pour les aspects logiques, sur les états, les conditions et donc de difficultés de lecture des analyses (pas de format générique). MAD propose son propre formalisme qui permet de décrire les concepts suivants : tâche (type, modalité, centralité, rôle de l'utilisateur), conditions (état initial, condition d'exécution, condition de déclenchement), objets manipulés par les tâches (MADclasse, MADinstance, MADattribut). MAD* est supporté par un environnement de modélisation, appelé EMAD*. Plus récemment, une nouvelle version du modèle a été proposée pour pallier les limites de MAD et MAD*, intitulée K-MAD (Kernel of Model for Activity Description) [Lucquiaud, 2005]. Un nouvel environnement de modélisation a également été développé (K-

MADe, [Baron *et al.*, 2006], cf. <http://www-rocq.inria.fr/merlin/kmade/>) permettant d'éditer et vérifier des modèles K-MAD.

II.3.1.3 Les méthodes de conception dédiées

Dans cette section, nous présentons des exemples d'approches permettant la conception de systèmes particuliers. Les exemples que nous présentons possèdent également des aspects intéressants en lien avec notre problématique (par exemple la conception de système complexe et la collaboration entre acteurs de projets).

La première approche est inspirée des travaux de Vicente et Rasmussen sur la conception d'interface écologique [Vicente et Rasmussen, 1992], dans lesquels ils proposent un cadre pour la conception d'interface et la prise en compte de la notion de faillibilité du système humain. Ces travaux ont eux même été inspirés par les concepts de l'approche écologique, introduits par Gibson [Gibson, 1979], s'intéressant à la perception humaine dans l'environnement naturel.

Une démarche a été proposée pour la conception d'interface écologique (connue sous le nom anglais de EID pour Ecological Interface Design) [Burns et Hajdukiewicz, 2004] au sein des systèmes sociotechniques complexes, c'est-à-dire où le degré d'implication de l'utilisateur, l'implication de la sécurité et du temps dans l'environnement de travail et le niveau de connaissance de l'utilisateur sont importants. Elle comprend quatre étapes (Figure II.10):

- **L'analyse du domaine de travail** qui consiste à bien comprendre l'environnement de travail. Pour cela, une décomposition hiérarchique du domaine de travail en cinq niveaux est utilisée : niveau « but fonctionnel », niveau « fonction d'abstraction », niveau « fonction généralisée », niveau « fonction physique » et niveau « forme physique ».
- Le **test du domaine de travail** consiste à vérifier la cohérence des informations et à détecter les oublis éventuels auprès d'experts, à l'aide de scénarios ou de questionnaires.
- **L'identification des variables, contraintes et relations** consiste à déterminer les types d'information à représenter sur l'interface. Pour chaque niveau de la décomposition hiérarchique définie précédemment, les variables et contraintes correspondantes sont déterminées. Les variables simples sont d'abord déterminées, ensuite ce sont les variables complexes (variables avec contraintes). Enfin, on termine par la réalisation d'un modèle Moyens-fins pour aider à organiser l'affichage des variables et contraintes et déterminer les regroupements d'éléments graphiques sur l'interface.
- La **conception de l'interface** consiste à concevoir progressivement l'affichage des éléments graphiques. On commence par déterminer l'affichage des variables simples, ensuite on précise la conception en intégrant les variables complexes jusqu'à obtenir l'interface finale.

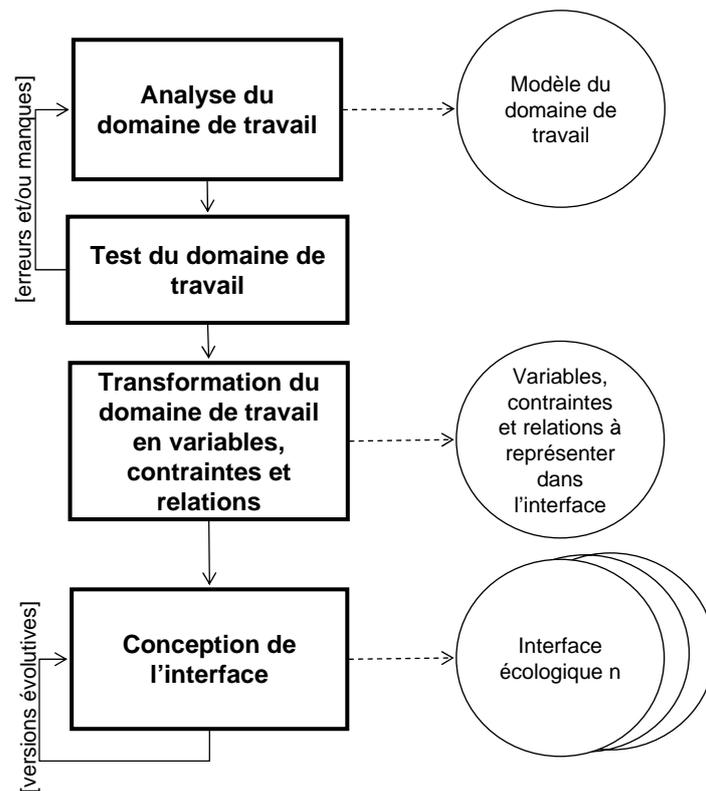


Figure II.10. Les différentes étapes de la conception d'interface écologique [Burns et Hajdukiewicz, 2004].

Une autre méthode de conception vise le manque d'adaptation des techniques de conception existantes pour les systèmes mixtes⁹ [Dupuy-Chessa *et al.*, 2007]. Elle intègre à la fois les méthodes du GL pour la conception du noyau fonctionnel et celles de l'IHM pour l'interaction. Cette méthode met également en avant une collaboration entre différents intervenants de projet (expert métier, spécialiste du GL, spécialiste de l'IHM et ergonomes) et une cohérence entre l'utilisation de plusieurs modèles.

Des scénarios en langage naturel constituent la vision commune de tous les intervenants de projet sur le processus métier étudié et correspond à l'étude préalable du processus de conception. Ensuite, vient la spécification fonctionnelle où le spécialiste métier et le spécialiste du GL collaborent pour obtenir une décomposition organisationnelle des processus métier sous forme de diagramme d'activité UML adapté. Ce diagramme va permettre d'extraire le processus métier informatisé sous forme de cas d'utilisation UML. L'étape suivante est la spécification interactionnelle. L'ergonome réalise une analyse de l'activité et précise les contraintes ergonomiques à prendre en compte. Une collaboration entre le spécialiste IHM et l'ergonome va permettre de définir les futures interactions du système. Le spécialiste IHM décrit un scénario projeté abstrait décrivant l'interaction à travers les objets physiques et numériques manipulés par l'utilisateur et une spécification des objets d'interaction. Ensuite, une projection concrète est décrite, permettant d'identifier les modes (sens) utilisés par l'utilisateur lors des interactions et proposer des dispositifs adaptés. Ces scénarios sont transformés en arbres de tâches (utilisation du formalisme CTT, cf. plus haut). Enfin, un diagramme d'interaction est réalisé pour chaque arbre de tâches par le spécialiste

⁹ Systèmes combinant le monde réel et virtuel [Dubois *et al.*, 1999]

IHM (utilisation du diagramme ASUR¹⁰). Une concertation collaborative entre l'ergonome et le spécialiste IHM va déterminer la solution d'interaction retenue.

II.3.1.4 Les notations graphiques pour la modélisation des processus

De nouvelles notations graphiques sont apparues dans un but d'améliorer la communication des informations entre acteurs de projet, notamment entre client, analyste, concepteur de système. Ces notations proposent des éléments de modélisation génériques pour la description des systèmes d'information d'un point de vue processus (ex : description des processus métier, description composite d'un système). Nous présentons deux exemples de notations dans cette section.

Une première notation graphique est BPMN (Business Process Modeling Notation) (cf. <http://www.bpms.info/>). Le but de BPMN est la description de processus métier de manière compréhensible par tous les intervenants de projet (ex : utilisateurs, clients, analystes, développeurs) et indépendante de l'outil utilisé. BPMN permet de représenter trois types de processus : les processus « privés » qui représentent des processus appartenant à une organisation spécifique, les processus « abstraits » qui représentent les interactions entre un processus privé et un autre processus (ou acteur d'un processus) et les processus « collaboratifs » qui représentent en détails les interactions entre les éléments de deux ou plusieurs processus. Pour modéliser les processus, BPMN utilise quatre catégories d'éléments de modélisation : (1) « objet de flux » pour définir le comportement du processus (tâche, branchement et évènement) (2) « objets de connexion » pour connecter les objets de flux entre eux (enchaînement d'activité, message, association), (3) « couloirs » pour regrouper les éléments, (4) « artefacts » pour fournir des informations supplémentaires sur le processus (annotation, groupe). Un exemple de modélisation à l'aide de la notation BPMN est présenté en Figure II.11. Il montre un processus de type « abstrait », c'est-à-dire la représentation des interactions entre un processus privé (ici, correspondant au cabinet du médecin sur la figure) et un acteur du processus (ici, correspondant au patient sur la figure).

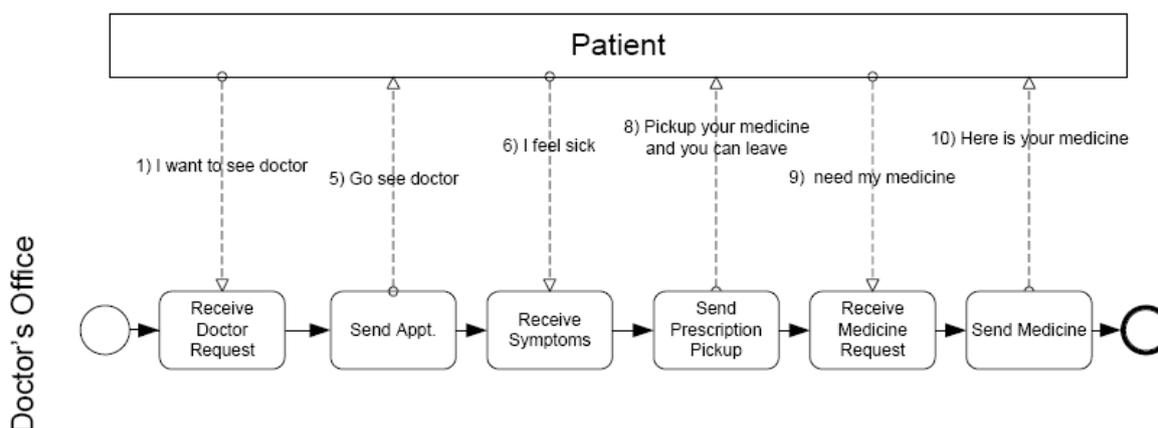


Figure II.11. Exemple de modélisation d'un processus de type abstrait à l'aide de la notation BPMN

(tiré de Business Process Modeling Notation Specification, disponible sur www.bpmn.org).

Une deuxième notation s'intéresse également aux aspects de collaboration entre les acteurs de projet en proposant une notation graphique compréhensible par tous, pour la modélisation de l'architecture et de la dynamique d'un système d'information. Il s'agit de l'approche FMC

¹⁰ Le diagramme ASUR permet la modélisation des interactions dans le cadre d'un système mixte [Dubois *et al.*, 2003]

(Fundamental Modeling Concepts) [Keller et Wendt, 2003]. Elle comprend trois types de représentation : (1) la structure composite et statique d'un système, représentée à l'aide d'un diagramme de blocs (représentation des composants (ex : acteur, système, information...) sous formes géométriques) (2) la structure dynamique d'un système, représentée à l'aide d'une extension des réseaux de Petri (représentation du comportement d'un système sous forme d'opérations (rectangle) et de transitions (cercle)) et (3) la structure des données d'un système, représentée à l'aide d'un diagramme entité-relation (représentation de la structure des informations sous forme d'entités, d'attributs, de relations). Actuellement, un outil basé sur l'exploitation des bibliothèques d'éléments graphiques du logiciel de dessins techniques Visio © a été réalisé (disponible sur www.bpmn.org), pour soutenir la création des trois types de représentations et également la vérification dynamique des réseaux de Petri étendus.

II.3.2 Les méthodes formelles

Les méthodes formelles ont vu le jour afin de spécifier de manière formelle les logiciels et de prouver certaines propriétés qu'un logiciel doit respecter. Leur objectif est de pallier dans la mesure du possible toute ambiguïté dans l'expression des besoins nécessaires à la création d'une solution logicielle. Il existe aujourd'hui un ensemble de méthodes formelles basées sur des principes différents. Nous allons voir dans cette section deux types de méthodes formelles, celles basées sur la théorie des modèles et celles basées sur la théorie des graphes.

II.3.2.1 Techniques formelles ayant pour origine la théorie des modèles

Les approches basées sur la théorie des modèles sont des approches constructives. Elles consistent à définir un modèle du système à l'aide d'opérations. Une opération est spécifiée par des pré et post conditions et s'applique à la manipulation des ensembles et à la consultation de l'état du système [Jambon *et al.*, 2001]. Les méthodes VDM, Z et B sont les plus représentatives de cette catégorie.

VDM (Vienna Development Method) est la première technique par modélisation mathématique. Elle a été développée par le laboratoire d'IBM dans les années 70 et améliorée par la suite [Jones, 1990]. Elle utilise la spécification mathématique, la preuve de propriétés abstraites et le raffinement et favorise les fonctions et les λ -calcul. A l'origine, VDM a été conçue comme une méthode de développement de structures de données concrètes à partir de spécifications abstraites. C'est pourquoi un rapprochement entre VDM et le langage de spécification Z a été proposé (Z pour une spécification mieux organisée et VDM pour le développement).

Z (notation Zermelo) [Spivey, 1992] est un langage de spécification basé sur les ensembles et la logique des prédicats. Tout comme VDM, le langage Z utilise la spécification mathématique, la preuve de propriétés abstraites et le raffinement. Cependant, Z favorise les pré et post conditions. Une spécification Z se présente comme une compilation de schémas avec des déclarations globales (variables, fonctions...), des schémas d'états et des schémas d'opérations.

Enfin, la méthode B [Abrial, 1996] est la méthode de spécification formelle la plus connue du domaine. Contrairement aux méthodes Z et VDM, ses précurseurs, elle permet d'exprimer de manière rigoureuse les exigences définies dans le cahier des charges jusqu'à la génération de code source. Il est donc possible de prouver que chaque propriété est non ambiguë, cohérente et non contradictoire tout au long du processus de développement. La méthode B se base sur un principe de transformation. On part d'un modèle abstrait (machine abstraite avec la description d'une entête, d'un état et d'opérations capables de transformer cet état), puis on

raffine étape par étape, jusqu'à obtenir un modèle concret proche du code source. La Figure II.12 présente un exemple de spécification à l'aide de la méthode B. Cet exemple montre un extrait de la spécification d'un système interactif. Il s'agit de la fonction de construction d'une souris spécifiée par un ensemble MOUSE représentant le type souris et des attributs tels que la position de la souris, son état et un booléen indiquant sa création.

```

mm <-- create_mouse_position =
  PRE
    mouse ≠ MOUSE
  THEN
    ANY tt WHERE tt ∈ MOUSE - mouse THEN
      mouse:=mouse ∪ {tt} ||
      x_mouse_position(tt):=x_mouse_position_default ||
      y_mouse_position(tt):=y_mouse_position_default ||
      mouse_state(tt):=up ||
      mouse_creation(tt):=TRUE ||
      mm:=tt
  END;

```

Figure II.12. Exemple de spécification à l'aide de la méthode B (issu de [Kolski, 2001]).

Des extensions et adaptations de ces méthodes formelles ont été proposées afin qu'elles soient plus facilement intégrables au sein des projets. Par exemple, Girard et ses collègues [Girard *et al.*, 2005] suggèrent deux approches dont le but est de favoriser l'utilisation des méthodes formelles pour la spécification et la conception des systèmes interactifs au sein de projets. Ces approches sont basées sur la méthode B. Une première solution propose un nouveau modèle d'architecture de logiciel (CAV pour Contrôle Abstraction Vue) [Jambon *et al.*, 2001] basé sur MVC (Modèle Vue Contrôleur) [Goldberg et Robson, 1981] et PAC (Présentation Abstraction Contrôle) [Coutaz, 1987], adapté à l'exploitation de la méthode B pour l'implémentation d'un système interactif, ainsi que quelques méthodes heuristiques pour obtenir un processus automatique de spécification avec la méthode B. La deuxième solution incorpore la complexité du développement formel au sein d'un outil de conception d'interface utilisateur, l'environnement SUIDT (Safe User Interface Development Tool) [Baron et Girard, 2004] permettant l'utilisation de la méthode B de manière transparente.

Enfin, les méthodes formelles sont souvent exploitées pour le développement des systèmes critiques car elles sont destinées à réduire les erreurs de conception, du fait de leur capacité à produire des spécifications non-ambiguës. Certaines méthodes standards telles que Z ou B sont utilisées pour aider à la spécification et la conception de tels systèmes issus de domaines différents (ex : industrie nucléaire, transport ferroviaire) [Knight et Kienzle, 1993 ; Guiho et Hennebert, 1990 ; Hill, 1988]. Nous verrons dans la section suivante, qu'il existe également des techniques basées sur la théorie des graphes pour le développement de systèmes critiques.

II.3.2.2 Techniques formelles ayant pour origine la théorie des graphes

La théorie des graphes est à l'origine d'un ensemble de formalismes. Plusieurs de ces formalismes ont été utilisés pour la spécification des systèmes interactifs, notamment pour la description des composants techniques du système ainsi que du comportement des systèmes interactifs, plutôt que sur les aspects psychologiques de l'interaction [Abed, 1990 ; Jambon *et al.*, 2001 ; Palanque, 1992]. Dans cette section, nous allons nous focaliser sur cette partie et présenter quelques exemples de formalismes et approches.

Les réseaux de Petri constituent un formalisme mathématique pour la modélisation des systèmes dynamiques [Petri, 1962 ; Diaz, 2001]. Les réseaux de Petri se basent sur les notions d'évènements, d'états et de règles d'évolution permettant la vérification d'un ensemble de propriétés du réseau de Petri (ex : vivacité, blocage...) et donc détecter les éventuelles incohérences du système.

Un réseau de Pétri se définit par un quadruplet $R = \langle P, T, Pré, Post \rangle$ où

- P est un ensemble fini de places,
- T est un ensemble fini de transitions,
- Pré est l'ensemble des pré conditions,
- Post est l'ensemble des post conditions,
- Mo est le marquage initial,
- $M(p)$ est le nombre de marques (jetons) dans la place p.

Une place, représentée par un cercle, correspond à l'état du système. Tandis qu'une transition, représentée par un trait, désigne les évènements permettant de passer d'une place à une autre. Enfin, les arcs relient les places aux transitions (Pré) et les transitions aux places (Post) (Tableau II.2).

Tableau II.2. Eléments graphiques constituant un réseau de Pétri.

Représentation graphique	Description
	État
	Transition
	Transition d'entrée
	Transition de sortie
	Activation de la place

Un ensemble de places, transitions et arcs peut servir à modéliser une procédure interactive représentant les différents chemins possibles que l'utilisateur du système emploie pour atteindre son but. Une procédure peut contenir des opérations simples, des opérations en parallèle, des choix d'opérations (Figure II.13) où une transition est franchissable lorsque toutes les places qui lui sont en amont contiennent au moins un jeton. Par conséquent, une séquence de franchissement s est une suite de transitions t_i, t_j, \dots, t_k qui peuvent être franchies successivement à partir d'un marquage donné. On note $M_i [s \rightarrow M_j]$, qui signifie qu'à partir du marquage M_i , le franchissement de la séquence s aboutit au marquage M_j .

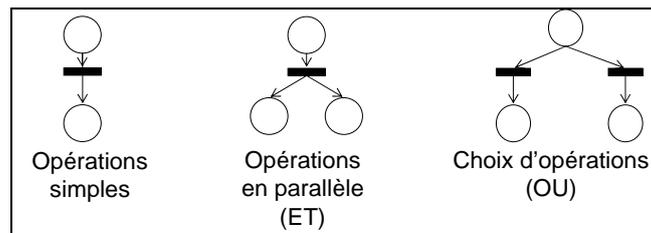


Figure II.13. Les différents types d'opérations proposés par les réseaux de Pétri.

La Figure II.14 montre le franchissement d'une transition. A gauche, figure un réseau de Petri avec un marquage initial M_0 , où $P = \{P1, P2, P3, P4\}$ et $T = \{T1\}$. Le franchissement de $T1$ consiste à enlever un jeton de $P1$ et un jeton de $P2$ et à rajouter un jeton dans $P3$ et un jeton dans $P4$. A droite, on obtient après le franchissement de $T1$, le même réseau de Petri mais avec un nouveau marquage $M1$.

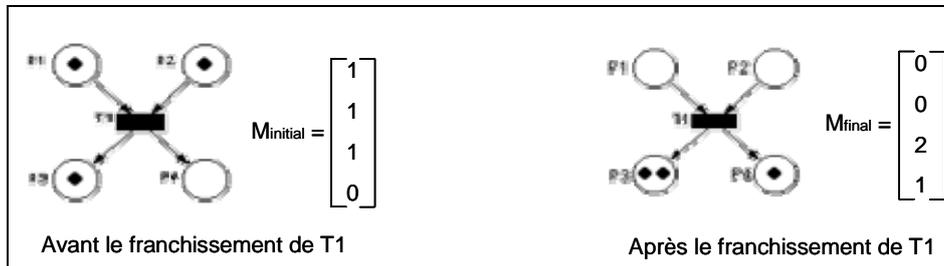


Figure II.14. Exemple de franchissement d'une transition.

Un réseau marqué est donc le couple $\langle R, M \rangle$ où R est un réseau de Pétri et M , le marquage initial associé. L'ensemble des marquages accessibles $A \langle R, M \rangle$ d'un tel réseau de Pétri est l'ensemble des marquages que l'on peut atteindre à partir du marquage initial par une séquence de franchissement s .

Des techniques dites « orientées objet » et basées sur les réseaux de Petri ont également été proposées pour l'implémentation des systèmes interactifs. On peut citer la méthode TOOD (description orientée objet des tâches utilisateur) [Tabary et abed, 2002], les ICO (Interactive Cooperative Objects) qui sont des réseaux de Petri orientés objets [Palanque, 1992 ; Palanque et Bastide, 1997], soutenus par l'outil PetShop [Bastide *et al.*, 2002 ; Bastide *et al.*, 2003 ; Navarre, 2001] pour l'édition, la vérification et l'exécution des modèles ICO.

Enfin, d'autres méthodes sont dédiées à la spécification de systèmes interactifs critiques. Palanque et ses collègues proposent une technique pour la spécification et le développement d'interfaces utilisateur destinées aux domaines critiques (ex : aviation) [Palanque *et al.* 1997]. Cette technique utilise un ensemble de modèles (basés sur les réseaux de Petri), les plus précis possibles dans le but d'exprimer les comportements sans ambiguïté. Buchacker [Buchacker, 1999] propose de combiner les réseaux de Petri aux arbres de défaillance pour la spécification et l'évaluation de systèmes critiques.

II.3.3 Conclusion

Nous avons vu qu'il existe différentes sortes de méthodes et modèles pour l'analyse, la spécification et la conception des systèmes. Ces méthodes et modèles tentent de proposer des cadres génériques ou répondant à des besoins spécifiques. Bien que des efforts aient été faits pour proposer des solutions répondant aux besoins émergents de la prise en compte des facteurs humains au sein des projets de développement, on constate que ces solutions peuvent être limitées en termes de capacité de modélisation, impose des méthodologies spécifiques ou n'intègre pas assez les ergonomes. Par exemple, elles ne proposent pas particulièrement de solutions de modélisation pour aider les ergonomes à l'analyse des organisations complexes dans le cadre de projet de développement de systèmes interactifs réalisé en collaboration avec des informaticiens.

La section suivante s'intéresse aux approches pour soutenir la collaboration entre acteurs de projet et l'aide au choix méthodologique des acteurs de projets. Elle présente quelques approches proposées dans le domaine du GL et de l'IHM.

II.4 ETAT DE L'ART SUR LES APPROCHES DESTINEES A SOUTENIR LA COLLABORATION ET L'AIDE AUX CHOIX METHODOLOGIQUES AU SEIN DES PROCESSUS DE CONCEPTION

Dans cette section, nous nous sommes intéressés à deux aspects importants d'une organisation de projet : la collaboration entre les acteurs de projet et l'aide aux choix méthodologiques pour mettre en œuvre l'analyse et la conception au sein des projets. Nous présentons ci-dessous, un ensemble d'approches soutenant chacun de ces deux aspects.

II.4.1 Approches soutenant la collaboration entre acteurs de projet

La collaboration joue un rôle important au sein des projets de développement, notamment quand les acteurs de projet proviennent de disciplines différentes et/ou qu'ils sont amenés à travailler à distance [Kvan, 2000 ; Chesney et Gallagher, 2003]. Il existe à ce jour un ensemble d'approches, méthodes et outils permettant de favoriser les collaborations entre acteurs de projet pour la conception des systèmes ou de pallier certains problèmes, notamment au niveau de l'échange des informations. Nous en présentons dans cette section un ensemble d'approches, méthodes et outils tirés de la littérature.

Le travail collaboratif assisté par ordinateur (traduit par CSCW pour Computer Supported Cooperative Work) est le domaine de recherche s'intéressant aux processus de travail coopératif et aux outils les supportant [Bowers et Benford, 1991]. Dans le cadre des processus de conception de systèmes, il existe un ensemble d'outils favorisant les interactions entre acteurs de projet [Wang *et al.*, 2002]. Un premier type d'exemples se porte sur des outils permettant d'éditer des modèles et de travailler à plusieurs sur un même document en mode synchrone ou asynchrone [Mehra *et al.*, 2004 ; Grundy et Hosking, 2002]. Un deuxième type concerne des outils intégrant des fonctionnalités pour la gestion et le partage des informations [Giannini *et al.*, 2002].

Un autre type d'approche s'intéresse à l'échange et au partage des données dans le cadre du processus de conception des produits industriels [Grebici, 2006]. Il aborde le problème de l'incertitude des données échangées et partagées, les itérations d'échange entre les intervenants de projet et le risque de retard et de surcoût dans les processus que cela peut entraîner. Pour cela, il propose un cadre de réflexion pour la caractérisation de la maturité de l'information et sa diffusion dans des espaces de travail formels (flexibilité d'interprétation et/ou de modification) ou informels (vérification et validation). Une modélisation UML est utilisée pour décrire les mécanismes d'échange d'information dans les processus de conception (notons que le domaine abordé par l'auteur est ciblé puisque ces descriptions sont basées sur des observations ethnographiques menées dans des bureaux d'étude d'ingénierie spécialisés dans l'hydraulique).

Ouertani et ses collègues proposent une méthodologie (DEPNET pour Data dEPendencies NETwork) pour la gestion des conflits au sein des équipes de conception [Ouertani *et al.*, 2007], et plus particulièrement pour les désaccords concernant les propositions de conception. Dans un premier temps, cette méthodologie permet d'identifier et de qualifier les données manipulées lors du processus de conception. Ensuite, elle permet d'obtenir un modèle de trace (basé sur une modélisation UML) montrant la progression des données manipulées pendant le processus de conception, et enfin d'extraire le réseau de dépendance des données. Suite à cela, il est possible d'identifier progressivement l'équipe impliquée dans le conflit, les activités de conception impliquées, les données réalisées et manipulées au cours de ces activités et les personnes à l'origine de la création qui prendront part à la résolution du conflit avec l'équipe impliquée du départ.

On remarquera également que l'approche de Dupuy-Chessa et ses collègues [Dupuy-Chessa *et al.*, 2007], présentée précédemment (cf. § II.3.1.3), propose une méthode de conception mettant en avant les aspects de collaboration entre différents acteurs de projet, c'est-à-dire expert métier, spécialiste du GL, spécialiste de l'IHM et ergonomes. Elle propose une distribution cohérente des tâches à réaliser par les intervenants, pour la conception de systèmes mixtes. Pour cela, la méthode se base sur les principes suivants : (1) garder les habitudes de travail des acteurs de projet, (2) prévoir des activités collaboratives de conception permettant aux spécialistes IHM, aux ergonomes et aux spécialistes du noyau fonctionnel de se synchroniser sur des objectifs communs et/ou des modèles consensuels, (3) garantir une traçabilité et une cohérence entre les modèles utilisés par les différents spécialistes intervenant dans la méthode, (4) fournir un guide méthodologique utile et utilisable par l'ensemble des acteurs. La Figure II.15 présente un exemple d'activités de conception collaboratives entre l'analyste des processus métier et l'ergonome (qualifié ici d'ergonome logiciel) prévues par la méthode.

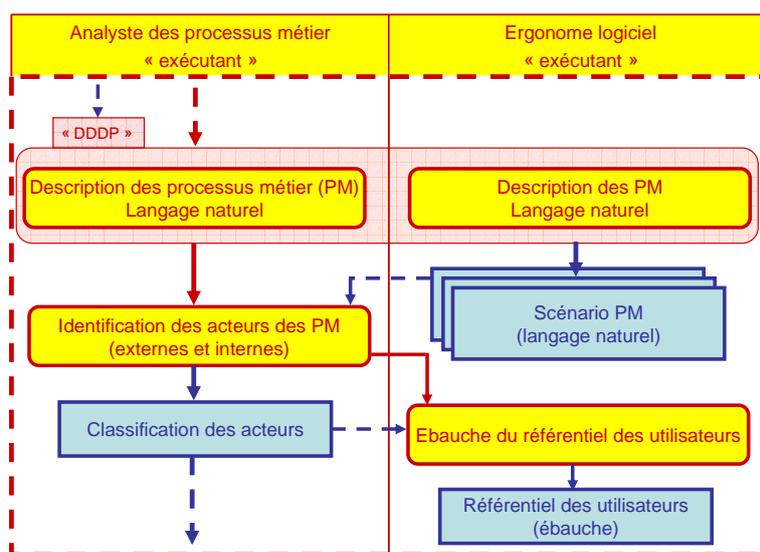


Figure II.15. Exemple de collaboration prévue par la méthode (tiré de [Dupuy-Chessa *et al.*, 2007]).

Enfin, soulignons que Perez-Medina et ses collègues proposent une approche de gestion de modèles à base de services pour la création d'environnements de modélisation adaptables aux besoins des concepteurs de modèles [Perez-Medina *et al.*, 2008]. Cette proposition vise à pallier les limites des outils de modélisation actuels et à favoriser la gestion coordonnée et coopérative des modèles par les acteurs de projet. Pour cela, les auteurs proposent (1) d'intégrer des outils de gestion de modèles comme des services dans une plateforme ouverte permettant d'ajouter, modifier et supprimer les services, (2) de documenter les services de manière à faciliter leur recherche et leur usage et (3) de définir un langage de modélisation de processus de développement permettant de définir les rôles et les besoins de chaque acteur du développement en termes de gestion de modèles. Deux services sont proposés (Figure II.16) : un service « opérationnel » qui correspond à un ensemble d'outils de modélisation utilisables par un concepteur et un service « organisationnel » permettant de réutiliser de façon coordonnée des services opérationnels et de créer et d'administrer des fragments de modèles de processus.

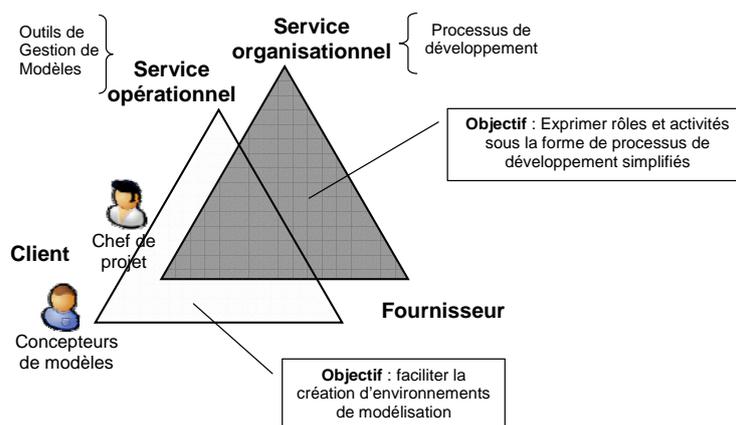


Figure II.16. Les niveaux de service pour la gestion des modèles (Extrait de [Perez-Medina et al., 2008]).

II.4.2 Approches soutenant l'aide aux choix méthodologiques au sein des processus de conception

A ce jour, il existe un nombre considérable de techniques du GL et de l'IHM pour mettre en œuvre l'analyse, la spécification et la conception des systèmes interactifs. Il est donc difficile pour les acteurs de projet de choisir les techniques les mieux adaptées à leurs besoins parmi toutes les possibilités existantes. Des approches proposent donc des moyens permettant d'aider les acteurs de projet à choisir les techniques adaptées. Des exemples sont présentés ci-dessous.

Une première approche est basée sur des mécanismes à base de connaissance pour faciliter la sélection de techniques pour l'analyse des besoins [Jiang et al., 2007]. Cette approche aborde le problème du choix des techniques parfois non évident pour les praticiens, dû au nombre considérable de techniques existantes et au fait que les praticiens ne les connaissent pas toutes, à la non existence de support global pour la sélection des techniques qui prennent en compte toutes les étapes du processus d'analyse et de conception et qui mènent le praticien aux choix de techniques appropriées en fonction des différents types de projet. 46 techniques pour l'analyse des besoins ont été étudiées et classées (ex : Focus group, Z, UML, test d'utilisabilité...). Ensuite des mécanismes de raisonnement permettent d'évaluer le type de projet du praticien, d'analyser et d'associer un ensemble de techniques appropriées au type de projet identifié et correspondant à l'expérience des praticiens. Ainsi, il est possible de sélectionner des combinaisons de techniques et calculer leur capacité et leur coût d'application. Au fur et à mesure des utilisations, l'approche constitue une base de connaissance avec des types de projets et des ensembles de techniques associées que le praticien peut faire évoluer.

D'autres approches se basent sur des analyses empiriques pour proposer des guides d'utilisation des techniques existantes pour l'analyse et la conception des systèmes. Un premier exemple présente une structure pour la caractérisation d'un ensemble de techniques typiques utilisées dans les processus d'analyse et de conception et son utilisation comme base pour la sélection de techniques appropriées au début ou au cours d'un projet [Tsumaki et Tamai, 2005]. Pour cela, les auteurs proposent de se baser sur un ensemble de propriétés liés aux besoins à déterminer (besoins stables, instables) et sur un ensemble de caractéristiques liés au projet (ex : stabilité du domaine, quantité d'information disponible, implication de l'utilisateur). Enfin, dans le même état d'esprit que l'approche précédente, un deuxième exemple propose une analyse cognitive du processus de détermination des besoins ainsi qu'une classification des types de problèmes rencontrés. Des suggestions pour l'utilisation de

techniques adaptées aux classes de problèmes sont ensuite présentées [Browne et Ramesh, 2002].

II.4.3 Conclusion

Nous venons de parcourir un ensemble d'approches intéressantes pour soutenir la collaboration entre les acteurs de projet et l'aide aux choix méthodologiques pour mettre en œuvre l'analyse, la spécification et la conception des systèmes interactifs. Cependant, nous pensons que la représentation des données joue un rôle important au niveau de la collaboration et qu'un langage commun entre les acteurs de projet pourrait contribuer à renforcer les échanges. Il serait donc intéressant de proposer une approche aidant aux choix de solutions de modélisation communes pour la création de supports communs entre acteurs de projet. Ces supports communs pourront enrichir les aspects collaboratifs durant les projets.

La section suivante présente une étude comparative des méthodes et modèles que nous venons de décrire.

II.5 ETUDE COMPARATIVE DES METHODES ET MODELE DU GL ET DE L'IHM POUR LES ASPECTS DE COLLABORATION ENTRE INTERVENANTS AU SEIN DES PROJETS ET DE REPRESENTATION DES DONNEES POUR L'ANALYSE DES SITUATION DE TRAVAIL COMPLEXES

Dans les sections précédentes, nous avons passé en revue un ensemble de solutions proposées par le domaine du GL et l'IHM pour la mise en œuvre des projets de développement. Nous proposons maintenant une étude comparative de ces méthodes et modèles avec un objectif d'identification des limites concernant la prise en compte des aspects de collaboration entre intervenants et de représentation des données pour l'analyse des situations de travail complexes dans le cadre de projet de développement de systèmes interactifs complexes.

Une première partie présente le cadre méthodologique de l'étude où six critères d'analyse ont été définis. Ensuite nous présentons les résultats de cette étude sous forme de tableaux ainsi qu'une synthèse montrant les limites identifiées et les besoins à prendre en compte.

II.5.1 Présentation du cadre de l'étude comparative

Il existe quelques comparaisons de techniques du GL et de l'IHM dans la littérature. Par exemple, Pascot et Bernadas [Pascot et Bernadas, 1993] proposent une comparaison de six méthodes destinées à la conception des systèmes d'information organisationnels, pour ensuite proposer une estimation des évolutions possibles de ces méthodes. Adam et Kolski [Adam et Kolski, 1999] proposent également une comparaison de six méthodes du GL destinées à l'implémentation de systèmes informatiques en vue de la création d'une nouvelle méthode d'analyse et de modélisation d'organisation humaine (en l'occurrence de type holonique selon les idées initiales proposées par le philosophe Kostler [Koestler, 1969]). Enfin, Jambon et ses collègues [Jambon *et al.*, 2001] proposent une taxonomie des techniques pour la spécification, une évaluation des différents formalismes et enfin une méthode de choix d'un formalisme.

Dans un premier temps, l'objectif de notre étude comparative est de montrer la capacité des techniques existantes. Pour cela, six critères généraux (inspirés des travaux présentés ci-dessus) ont été définis pour pouvoir analyser les techniques présentées dans la section précédente : *Typologie*, *Thématique*, *Contexte d'application*, *Méthodologie*, *Utilisateur et Support d'application*. Pour cinq de ces six critères, des sous-critères ont été définis. Leur signification est détaillée ci-après et synthétisée dans le Tableau II.3.

Tableau II.3. Critères d'analyse pour la mise en œuvre de l'étude comparative.

CRITERES	Sous-critères
TYPOLOGIE	<i>Méthode</i>
	<i>Langage</i>
	<i>Recommandations</i>
THEMATIQUE	<i>Modélisation selon le point de vue Psycho-ergonomie</i>
	<i>Modélisation selon le point de vue IHM</i>
	<i>Modélisation selon le point de vue Système</i>
	<i>Modélisation selon le point de vue Logiciel</i>
	<i>Aide à la coopération</i>
	<i>Aide à la mise en œuvre des activités de projet</i>
CONTEXTE D'APPLICATION	<i>Analyse</i>
	<i>Conception</i>
	<i>Evaluation</i>
METHODOLOGIE	<i>Multi-formalismes</i>
	<i>Multi-utilisateurs</i>
	<i>Formalisme particulier</i>
	<i>Formalisme adapté</i>
	<i>Analyse empirique</i>
	<i>Technologie</i>
UTILISATEUR	<i>Informaticien</i>
	<i>Spécialiste des facteurs humains</i>
	<i>Expert métier</i>
SUPPORT D'APPLICATION	

II.5.1.1 Le critère « Typologie »

La typologie désigne la classification d'éléments en fonction de leurs singularités respectives. Il s'agit de situer la technique par rapport à un type. Les types possibles sont *Méthode*, *Langage* et *Recommandations*.

Méthode : démarche ordonnée mise en œuvre pour aboutir à un résultat.

Langage : ensemble de symboles et de règles qui régissent l'assemblage de ces symboles pour faciliter l'expression et la communication de modèles.

Recommandations : ensemble de recommandations basées sur des analyses (ex : de type cognitive, empirique...) aidant à mener à bien une activité particulière.

II.5.1.2 Le critère « Thématique »

La thématique fait référence aux principes de la technique. Un ensemble de sous-critères a été déterminé. Les sous-critères *Psycho-ergonomie*, *Système*, *Logiciel*, *IHM* font référence à des principes de modélisation et les sous-critères *Aide à la coopération* et *Aide à la mise en œuvre des activités de projet* font référence à des principes de support à l'activité des intervenants de projet.

Aide à la coopération : aptitude à la communication, la coordination et la collaboration d'intervenants de projet pour la réalisation d'un objectif commun.

Aide à la mise en œuvre des activités de projet : moyens mis en œuvre pour orienter, conduire l'intervenant de projet lors des projets de développement.

Modélisation selon un point de vue Psycho-ergonomie : analyse du comportement de l'utilisateur.

Modélisation selon un point de vue Système : analyse du processus métier dans son ensemble.

Modélisation selon un point de vue Logiciel : analyse conceptuelle du système informatique dans son ensemble.

Modélisation selon un point de vue IHM : analyse conceptuelle des interactions Homme-Machine.

II.5.1.3 Le critère « Contexte d'application »

Le contexte d'application correspond aux principales phases suivies par les techniques. Il existe différentes phases au sein des cycles de vie d'un projet de développement. Nous avons choisi trois phases représentatives : *Analyse, Conception et Evaluation*.

Analyse : phase visant à comprendre et documenter les besoins pour le futur système.

Conception : phase visant à spécifier et concevoir le futur système.

Evaluation : phase visant à vérifier l'adéquation du futur système à un travail ou à un usage dans un contexte donné.

II.5.1.4 Le critère « Méthodologie »

La méthodologie correspond à l'ensemble des concepts, formalismes utilisés par la technique. Les sous-critères définis sont les suivants : la technique peut être basée sur *une analyse empirique, un interfaçage d'outils, une technologie* ; la technique peut adopter une approche *multi-formalismes et/ou multi-utilisateurs*. Enfin, les formalismes utilisés peuvent être *particuliers ou adaptés*.

Analyse empirique : approche basée sur des observations de situations réelles et sur l'expérience des acteurs.

Technologie : approche basée sur des technologies nouvelles ou existantes (ex : système à base de connaissance, système à base de services...).

Multi-formalismes : techniques utilisant plusieurs formalismes pour la représentation des données (schémas, tableau, description textuelle).

Multi-utilisateurs : techniques intégrant la coopération de plusieurs acteurs dans sa mise en œuvre.

Formalisme particulier : techniques utilisant ses propres types de représentation.

Formalisme adapté : techniques utilisant des représentations existantes.

II.5.1.5 Le critère « Utilisateur »

Ce critère vise à déterminer le type d'utilisateur visé par la technique. Il s'agit de s'intéresser aux intervenants d'un projet susceptibles de pouvoir mettre en pratique la technique. Trois types d'utilisateur ont été définis *informaticien, spécialiste des facteurs humains et expert métier*.

Informaticien : intervenants de projet tels que analyste, concepteur, développeur, spécialiste des interactions Homme-Machine, spécialiste du GL.

Spécialiste des facteurs humains : intervenants de projet tels que ergonomes, spécialiste des sciences cognitives.

Expert métier : intervenants de projet tels que les responsables du système d'information, des représentants du système d'information.

II.5.1.6 Le critère « support d'application »

Ce critère correspond à l'existence ou non d'un dispositif (environnement graphique) permettant l'application de la technique.

II.5.2 Mise en œuvre du cadre

Nous avons appliqué les critères d'analyse décrits ci-dessus à l'ensemble des techniques présentées dans la section précédente puis nous avons procédé à une étude comparative. Les résultats obtenus ont été synthétisés dans le Tableau II.4. Ensuite une synthèse montrant les capacités de chaque technique par rapport à notre problématique ainsi que les limites identifiées est présentée.

II.5.2.1 Résultats

A gauche du tableau, figurent les critères et sous-critères définis pour l'étude (cf. Tableau II.3). Lorsque le critère est pris en compte par la technique, une croix est ajoutée dans la case correspondante. Des précisions ont également été apportées dans certaines cases. Par exemple, lorsque la technique est de type *multi-modèles*, les modèles utilisés sont indiqués (ex : diagramme d'activité UML, modèle conceptuel des données Merise...). Il en est de même pour le sous-critère *formalisme adapté* et le critère *support d'application*. Le formalisme utilisé est indiqué et les supports d'application également. Des qualificatifs tels que *indirect* ou *partiel* peuvent aussi être utilisés pour le critère *utilisateur*. *Indirect* signifie que l'informaticien, le spécialiste des facteurs humains ou l'expert métier utilise indirectement la technique (ex : lecture uniquement du modèle réalisé avec la technique). *Partiel* signifie que l'informaticien, le spécialiste des facteurs humains ou l'expert métier utilise qu'une partie de la technique. Lorsque rien n'est indiqué dans la case, cela signifie que la technique peut être utilisée par l'informaticien, le spécialiste des facteurs humains ou l'expert métier directement pour aboutir à un résultat.

Par exemple :

- La technique de Jiang et Eberlein [Jiang et Eberlein, 2007] correspond à une approche pour la sélection de techniques pour l'analyse des besoins. Il s'agit d'une méthode pour aider les intervenants de projet au sein des phases d'analyse, de conception et d'évaluation d'un projet, à choisir une technique adaptée à leur besoin. Elle est basée sur la technologie des systèmes à base de connaissance. Elle est destinée à des informaticiens et on suppose aux spécialistes des facteurs humains (à cause du choix des techniques proposées telles que focus group, tri de cartes, tests d'utilisabilité...) et ne possède pas à ce jour d'outil permettant sa mise en œuvre.
- La technique UML [www.uml.org] est un langage de modélisation selon un point de vue logiciel pour les phases d'analyse et de conception. Il propose un ensemble de diagrammes (13 dans la version 2) destinés à être utilisés par des informaticiens. Il existe de nombreux outils permettant sa mise en œuvre tels que BOUML ou Poséidon.

- La méthode d'analyse et de conception pour les systèmes mixtes de Dupuy-Chessa et ses collègues [Dupuy-Chessa *et al.*, 2007] prend en compte les aspects de coopération entre intervenants de projet car elle implique la participation de différents types d'intervenants tels qu'expert métier, ergonomiste, spécialiste de l'IHM, spécialiste du GL. Elle permet la modélisation selon les points de vue psycho-ergonomique, Système et IHM. Pour cela, elle propose l'utilisation cohérente de plusieurs formalismes : description textuelle, diagramme d'activité UML (avec quelques adaptations), cas d'utilisation UML, modèle de tâche CTT, diagramme d'interaction ASUR). Enfin, les outils CTTE et ASUR sont utilisés pour créer les modèles de tâches et d'interaction.

II.5.3 Synthèse

Après avoir identifié la capacité globale de chaque technique du GL et de l'IHM, nous avons étudié leur capacité par rapport à notre problématique, c'est-à-dire les aspects de collaboration entre intervenants de projet et l'analyse des situations de travail complexes. Notre étude comparative nous a permis de constater plusieurs points :

- Il existe de nombreuses techniques pour la modélisation selon les points de vue système, IHM, logiciel, psycho-ergonomie dont beaucoup sont destinées à un profil plutôt d'informaticien. Certaines destinées aux spécialistes des facteurs humains ne prennent en compte que la modélisation des tâches utilisateurs.
- Peu de techniques favorisent les aspects de collaboration entre intervenants de projet pour la conception des systèmes. Elles intègrent très peu la participation des ergonomes.
- Les techniques aidant à la mise en œuvre des activités de projet ne considèrent pas l'aide à la modélisation des données des intervenants mais plutôt l'aide aux choix de méthodologies pour l'analyse des besoins utilisateur. Elles n'intègrent pas explicitement les ergonomes ainsi que l'aide à l'analyse des situations de travail complexes.

Globalement, on constate que peu de techniques favorisent les échanges entre intervenants et la notion de représentation commune (notamment entre les intervenants au cœur de la conception tels que les ergonomes et les concepteurs) et que la modélisation des aspects organisationnels des situations de travail complexes reste encore insuffisante.

Il est donc intéressant de prendre en compte dans notre proposition (1) *la représentation des données pour l'analyse des situations de travail complexes* en suggérant des solutions de modélisation adaptées aux besoins, (2) *la généralité* en suggérant un système non limité à une méthodologie spécifique et (3) *l'intégration explicite des ergonomes* dans les processus de conception en suggérant un processus favorisant l'échange des données entre intervenants basé sur une représentation commune des données.

Tableau II.4. Résultat de l'étude comparative.

Techniques Critères		Approches pour la caractérisation de la maturité de l'information et sa diffusion dans les projets de développement (Grebici et al., 2006)	Méthode pour la gestion des conflits au sein des projets de conception collaboratifs (DEFPNET) (Ousmani et al., 2007)	Approche pour la sélection de techniques d'analyse des besoins (Jiang et Eberlein, 2007)	Approche cognitive pour améliorer l'analyse des besoins au sein des projets (Browne et Ramesh, 2002)	Framework pour caractériser les techniques d'analyse des besoins selon les caractéristiques des projets et les changements de situation (Tsumaki et Tamai, 2005)	Approche orientée service pour la gestion des modèles (Perez-Molina et al., 2008)	Méthode de conception pour les systèmes mixtes (Dupuy-Chessa et al., 2007)	UML [www.uml.org]	MAD [Scapin et Bastien, 2001]	Diane+ [Tarby et Barthet, 2001]	MUSE [Lim et Long, 1994]	BPMN [www.bpmn.org]
		TYPLOGIE	Méthode	x	x	x		x	x	x			x
	Langage								x	x			x
	Recommandations				x								
THEMATIQUE	Modélisation selon le point de vue Psycho-ergonomie							x		x	x	x	
	Modélisation selon le point de vue IHM							x			x	x	
	Modélisation selon le point de vue Système							x					x
	Modélisation selon le point de vue Logiciel								x				
	Aide à la coopération	x	x					x	x				
	Aide à la mise en œuvre des activités de projet			x	x	x	x	x					
CONTEXTE D'APPLICATION	Analyse	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Conception	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x
	Evaluation			x				x					
METHODOLOGIE	Multi-formalismes							x (diag. cas d'utilisation, de classe, d'activité, de séquence, d'états, de communication, d'objets, de paquetage, d'ensemble des interactions, de structure composite, de composants, de déploiement, de timing)			x (procédure existante et procédure nouvelles)	x (diagramme structuré, tableau de documentation, diagramme à états, réseau sémantique)	
	Multi-utilisateurs							x				x (couplé à JSD : Jackson System Development)	
	Formalisme particulier								x	x	x		x
	Formalisme adapté							x (diagramme d'activité UML)			x (Merise)		
	Analyse empirique	x	x		x	x							
	Technologie			x (système à base de connaissances)			x (système à base de services)	x (système à base de patrons)					
UTILISATEUR	Informaticien	x	x	x	x	x	x	x (partiel)	x		x		x
	Spécialiste des facteurs humains			x*	x*	x*	x*	x (partiel)		x	x	x	
	Expert métier							x (partiel)					x (indirect)
SUPPORT D'APPLICATION							x (CTTE, Asur)	x (BOUML, Poséidon,...)	x (EMAD, KMAD)				x (bibliothèque Visio)

* on suppose que les spécialistes de l'utilisabilité et les experts métiers sont des utilisateurs potentiels vu que dans les sources utilisées, les auteurs parlent de « requirements engineers », « requirements practionners », « concepteurs de modèles ».

II.6 CONCLUSION DU CHAPITRE

Dans ce chapitre, nous avons présenté un état de l'art sur les méthodes et modèles proposés par le GL et l'IHM pour la mise en œuvre des projets de développement de systèmes interactifs et procéder à un état des lieux par rapport à l'informatisation des situations de travail complexes au travers d'une étude comparative. Nous nous sommes focalisés sur deux aspects importants : les aspects de collaboration entre intervenants de projet et l'analyse des situations de travail complexes.

Les résultats ont montré que les domaines du GL et de l'IHM offrent de nombreuses solutions évoluant de plus en plus vers la prise en compte des aspects « facteurs humains ». Cependant, nous avons constaté quelques limites pour la prise en compte des aspects organisationnels des situations de travail complexes au sein de la conception, l'intégration insuffisante des ergonomes au sein des approches proposées, la prise en compte insuffisante des aspects de collaboration entre les intervenants de projet.

En conclusion, nous avons déterminé trois types de besoins à prendre en compte : (1) *la représentation des données pour l'analyse des situations de travail complexes* (2) *la généricité* (3) *l'intégration explicite des ergonomes*.

Les deux parties suivantes présentent nos deux contributions prenant en compte les besoins identifiés dans ce premier chapitre. La partie suivante expose notre première contribution. Elle propose d'aider l'intervenant de projet à choisir une solution de modélisation correspondant à ses besoins et vise la création de supports communs entre intervenants de projet au sein de la phase d'analyse des besoins. Elle est basée sur l'exploitation des techniques de modélisation du GL et de l'IHM. Nous verrons que cette approche est supportée par un premier prototype d'un système interactif d'aide à la modélisation. Enfin, nous verrons que notre deuxième contribution s'intéresse à des besoins spécifiques de modélisation et propose une nouvelle solution de modélisation pouvant être intégrée au sein de notre première contribution.

PARTIE 2 (Première contribution)

**PROPOSITION D'UN OUTIL D'AIDE A LA
MODELISATION POUR L'AMELIORATION DE LA
REPRESENTATION DES DONNEES ET LA
COLLABORATION ENTRE INTERVENANTS DANS
LES PROJETS**

III BESOINS, PRINCIPES ET CONCEPTS A LA BASE DU SYSTEME D'AIDE A LA MODELISATION VISE

III.1	Introduction	88
III.2	Présentation d'un processus revisité pour la phase d'analyse des besoins, favorisant la collaboration entre intervenants de projet	89
III.2.1	Etude de la phase d'analyse des besoins au sein des projets de développement .	89
III.2.2	Présentation des concepts du processus pour la phase d'analyse des besoins revisité	91
III.2.3	Conclusion.....	97
III.3	Exploitation des techniques de modélisation du GL et de l'IHM comme langage commun pour la représentation des données au sein de la phase d'analyse des besoins	98
III.3.1	Le rôle de la modélisation au sein des projets de développement	98
III.3.2	Démarche utilisée pour l'exploitation des techniques de modélisation du GL et de l'IHM.....	98
III.3.3	Conclusion.....	106
III.4	Exemples d'application issus de cas réels de projets de développement de systèmes interactifs supportant le circuit du médicament en milieu hospitalier.....	107
III.4.1	Premier type d'exemples : modèle pour l'analyse des situations de travail complexes.....	107
III.4.2	Deuxième type d'exemples : modèles pour l'analyse de l'informatisation des situations de travail.....	110
III.4.3	Troisième type d'exemple : modèle pour l'aide à la conception, cas de la gestion des prescriptions de perfusions	113
III.4.4	Conclusion.....	115
III.5	Conclusion du chapitre	116

III.1 INTRODUCTION

Dans la première partie de ce mémoire, intitulée « Contexte de l'étude, problématique et état de l'art », nous avons étudié le cas des organisations de projet pour le développement de systèmes interactifs complexes ; nous avons identifié un ensemble de problèmes concernant la collaboration ergonomo-informaticien et la représentation des données issues des facteurs humains. Dans un deuxième temps, nous avons réalisé un état de l'art des principes, méthodes et modèles proposés par le domaine du GL et de l'IHM (sans souci d'exhaustivité mais plutôt de représentativité) pour la mise en œuvre des projets de développement ; nous avons aussi procédé à une étude comparative afin de cibler les limites des approches, méthodes et modèles existants. Nous avons vu que les solutions proposées sont soit limitées en termes de capacité de modélisation pour les situations de travail complexes, soit imposent des méthodologies spécifiques, soit ne considèrent pas tous les intervenants de projet. On constate également que ces solutions ne proposent pas d'aide à la représentation des données (ex : choix de solution de modélisation adaptée) pour améliorer la collaboration des intervenants de projet, notamment entre ergonomes et concepteurs qui sont au cœur des projets de développement de systèmes interactifs complexes.

Le but de nos travaux est de proposer une solution basée sur la création de supports de travail communs, visant à améliorer à la fois la collaboration et la représentation des données des intervenants de projet.

Pour cela, nous nous sommes intéressés à la phase d'analyse des besoins des projets de développement de systèmes interactifs. Les activités de collaboration et de représentation des données y sont déterminantes. C'est également au cours de cette phase que les intervenants de projet sont amenés à collaborer étroitement, notamment les ergonomes et les concepteurs. Notre proposition a donc pour objectif de proposer une approche permettant la création de supports de travail communs entre intervenants à l'aide de solutions de modélisation communes permettant de répondre aux besoins en modélisation de chaque intervenant. Ces solutions de modélisation sont issues de l'exploitation des techniques de modélisation du GL et de l'IHM qui offrent un potentiel considérable en termes de modélisation [Kolski, 1997 ; Jambon *et al.*, 2001 ; Morley *et al.*, 2007].

Ce chapitre a donc pour objectif de présenter les concepts de notre approche.

La première partie de ce chapitre présente un processus pour la phase d'analyse des besoins comprenant trois parties : une phase de détermination des besoins mise en œuvre par les ergonomes, une phase de concrétisation des besoins mise en œuvre par les concepteurs et un espace d'échange commun pour soutenir la collaboration entre ces intervenants de projet.

La deuxième partie de ce chapitre présente la démarche utilisée pour l'exploitation des techniques de modélisation du GL et de l'IHM comme solutions de modélisation commune pour la représentation des informations échangées entre intervenants de projet au sein de la phase d'analyse des besoins.

La troisième partie de ce chapitre présente des exemples de supports de travail communs issus de cas réels de projet de développement et illustrant l'exploitation des techniques de modélisation du GL et de l'IHM pour la représentation de données issues des facteurs humains au sein de l'espace d'échange commun de notre processus.

III.2 PRESENTATION D'UN PROCESSUS REVISITE POUR LA PHASE D'ANALYSE DES BESOINS, FAVORISANT LA COLLABORATION ENTRE INTERVENANTS DE PROJET

III.2.1 Etude de la phase d'analyse des besoins au sein des projets de développement

Les projets de développement de systèmes interactifs consistent en la réalisation d'un ensemble d'activités d'analyse, de conception et de mise en œuvre dans le but d'obtenir un produit final destiné à un domaine défini. Les méthodes et modèles de développement du GL et de l'IHM visent la mise en œuvre de ces activités de manière ordonnée, les intervenants de projet ayant besoin d'être guidés dans leur démarche. Des exemples à ce sujet ont été présentés dans le chapitre 2 de ce mémoire. Nous avons vu qu'il en existe de différents types, répondant chacun à des besoins ou étant dédiées à des domaines particuliers (par exemple, le modèle cascade représentatif des modèles de développement classiques du Génie Logiciel, le modèle Nabla enrichi sous l'angle des IHM, le cycle d'utilisabilité de Mayhew pour les facteurs humains...). Un projet de développement comporte donc des phases représentant des groupes d'activités où chaque activité est réalisée par un ou plusieurs intervenants de projet. Nous définissons les quatre phases principales d'un projet de développement de la manière suivante :

- la phase « d'étude préalable » : elle correspond à la définition des objectifs du projet, à l'étude de faisabilité, à la planification des tâches, des ressources et du budget.
- la phase « d'analyse des besoins » : elle consiste à comprendre les problèmes à résoudre, définir les besoins utilisateurs et rechercher les solutions pour le développement du système interactif. Des activités d'évaluation des premières maquettes (ou de l'application existante dans le cas d'une ré-ingénierie) peuvent avoir lieu lors de cette phase.
- la phase « de développement » : elle permet de définir les spécifications fonctionnelles et techniques du système (ex : architecture), de coder et de tester le système, de valider (« recetter ») le système. Des activités d'évaluation des premiers prototypes peuvent également avoir lieu lors de cette phase.
- la phase « de mise en œuvre » : elle consiste à installer le nouveau système, à assurer les formations utilisateur et la maintenance du système. Lors de cette phase il est possible de décider d'améliorer le système pour répondre à de nouveaux besoins. Dans ce cas, un nouveau projet peut être mis en place (projet de ré-ingénierie).

Chaque phase implique la participation de différents intervenants de projet (provenant de la même équipe ou d'équipes extérieures). La participation des intervenants va dépendre du projet. Par exemple, il est possible que des ergonomes interviennent lors de la phase de développement pour l'évaluation ergonomique d'une première version du système.

La Figure III.1 illustre les quatre phases définies ci-dessus, les activités correspondantes ainsi que des exemples d'intervenants de projet et leurs participations aux phases. Sur cette figure, la phase critique d'un projet de développement est mise en évidence, celle « d'analyse des besoins ».

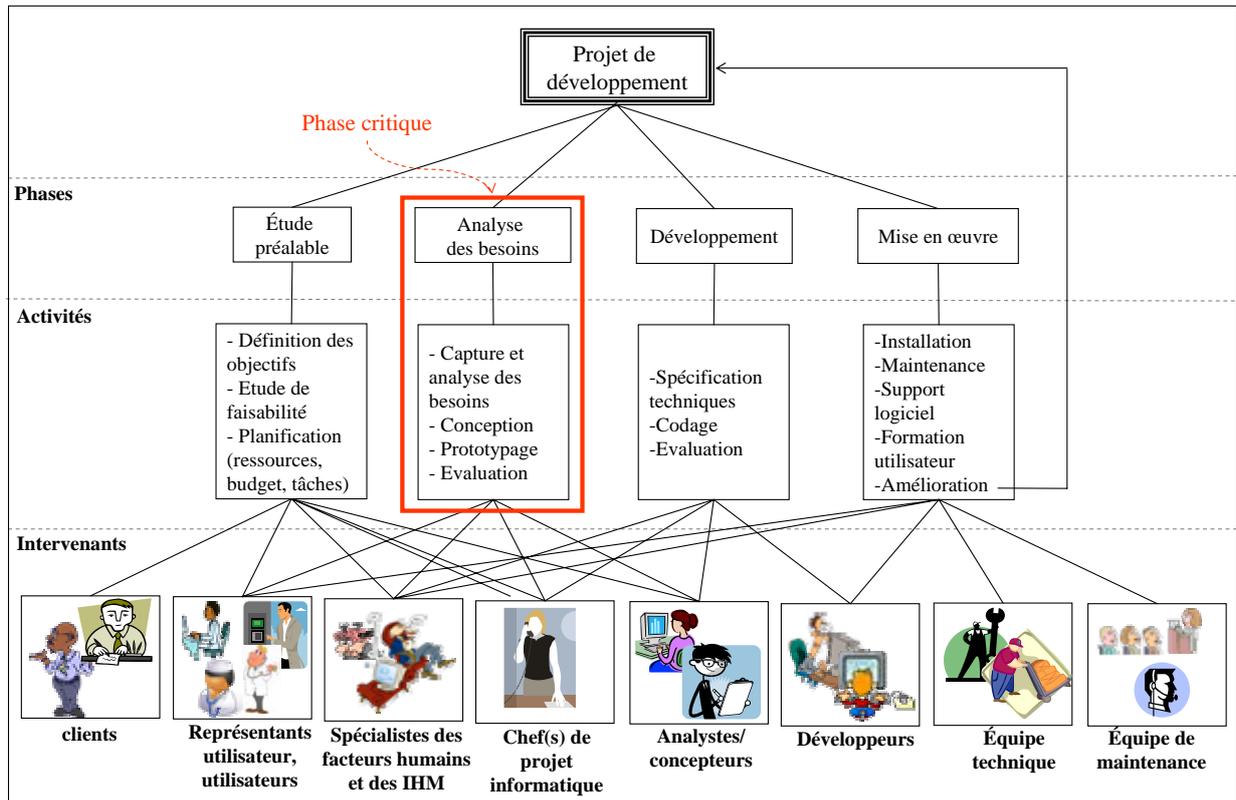


Figure III.1. Décomposition d'un projet de développement de systèmes interactifs.

En effet, la phase d'analyse des besoins est reconnue comme étant la plus difficile d'un projet de développement de systèmes interactifs [Bostrom, 1989 ; Watson et Frolick, 1993]. Jain et al [Jain *et al.*, 2003] définissent « la détermination des besoins » en quatre étapes (présentées dans la Figure III.2). La première étape est celle de « communication » entre analyste et utilisateurs (par exemple à l'aide d'interviews). La deuxième étape est « l'élicitation », qui consiste à rassembler des besoins importants et spécifiques issus des communications entre analystes et utilisateurs. La troisième étape est « la vérification ». Il s'agit de s'assurer que les besoins recueillis correspondent bien à ceux exprimés par l'utilisateur. Cette étape peut avoir lieu pendant ou après l'élicitation. Enfin, l'étape de « validation » correspond à l'implémentation des besoins recueillis (ex : sous forme de prototype) et permet de confirmer que les besoins utilisateurs ont été pris en compte.

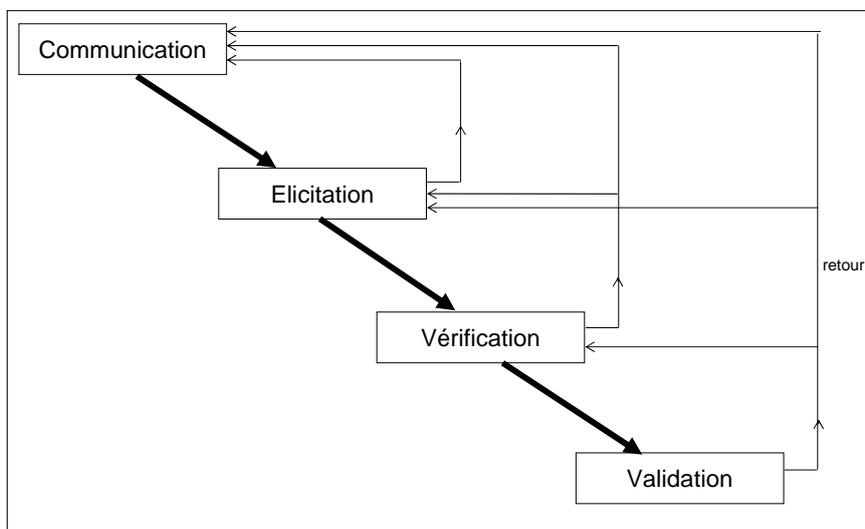


Figure III.2. Processus pour la détermination des besoins (extrait de Jain *et al.*, 2003).

Cependant, cette phase est critique car elle n'est pas toujours menée de manière efficace au niveau de l'analyse et de la détermination des besoins. Dans les travaux traitant ce sujet, les problèmes évoqués concernent la communication analystes¹¹-utilisateurs (les usagers ne sont pas toujours motivés pour participer aux entretiens ou observations car ils peuvent se sentir épiés ou dérangés dans leurs habitudes de travail, ces interventions peuvent leur prendre du temps sur leurs activités de travail) [Browne et Rogish, 2001], des besoins récoltés incomplets (ex : l'analyste rencontre des difficultés pour juger de la suffisance des données récoltées) [Pitts et Browne, 2004]. En effet, les méthodologies mis en œuvre par les analystes peuvent impliquer des surcoûts de développement.

Les travaux relatés dans la littérature, visant à améliorer la phase d'analyse des besoins, ne considèrent que les analystes et les utilisateurs. Ils n'intègrent pas les autres intervenants de projet tels les spécialistes des facteurs humains qui jouent un rôle important lors de cette phase. Les ergonomes sont de plus en plus sollicités lors de cette phase pour garantir une meilleure prise en compte des facteurs humains dans la conception ou la ré-ingénierie des systèmes interactifs [Boivie *et al.*, 2003]. De plus, nous avons vu au chapitre 1 que les ergonomes rencontrent des difficultés pour la représentation de leurs données et que la collaboration ergonome-concepteur n'est pas évidente. Nous suggérons donc de revisiter le processus actuel pour l'analyse des besoins en considérant tous les intervenants de projet impliqués dans celle-ci. Dans ce mémoire, nous nous intéresserons particulièrement à l'intégration des ergonomes au sein de cette phase mais le modèle pourra être étendu par la suite¹².

III.2.2 Présentation des concepts du processus pour la phase d'analyse des besoins revisité

Dans la littérature, nous avons vu qu'il existe plusieurs cycles de développement orientés facteurs humains (cf. Chapitre 2 de ce mémoire) tels que celui de Valentin et ses collègues [Valentin *et al.*, 1993] qui propose d'un côté les étapes suivies par les informaticiens et de l'autre les étapes suivies par les ergonomes, ou encore celui de Mayhew [Mayhew, 1999] qui est orienté utilisabilité. Nous avons choisi de nous focaliser sur la phase d'analyse des besoins et de revisiter le modèle de [Jain *et al.*, 2003] présenté en Figure III.2 en prenant en compte la participation des ergonomes au sein de cette phase et les aspects de collaboration entre intervenants (Figure III.3). Le modèle que nous proposons consiste en un processus allant de la phase de « détermination des besoins » réalisées par les ergonomes à celle de « concrétisation des besoins » réalisée par les informaticiens (Figure III.4). Ce modèle prévoit un espace commun d'échange des données entre intervenants.

¹¹ Les analystes sont des intervenants de projet qui recueillent les besoins utilisateurs et qui ont une formation de base en informatique. Ils font partie d'une équipe de conception de logiciel.

¹² Voir à ce sujet le chapitre 7 décrivant nos perspectives de recherche.

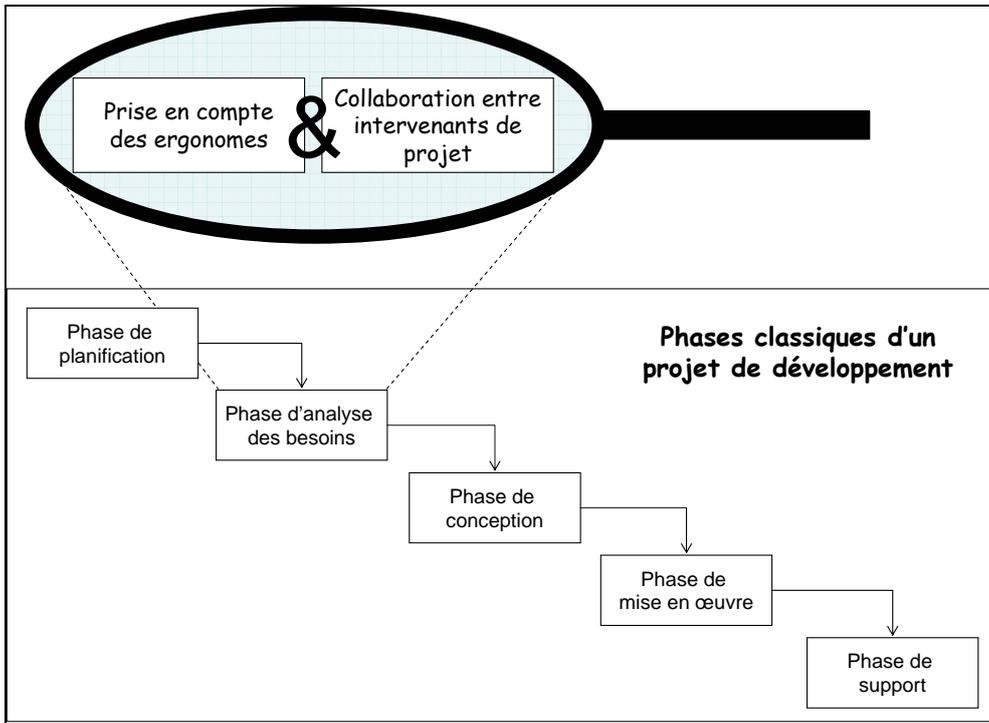


Figure III.3. Objectifs de notre démarche.

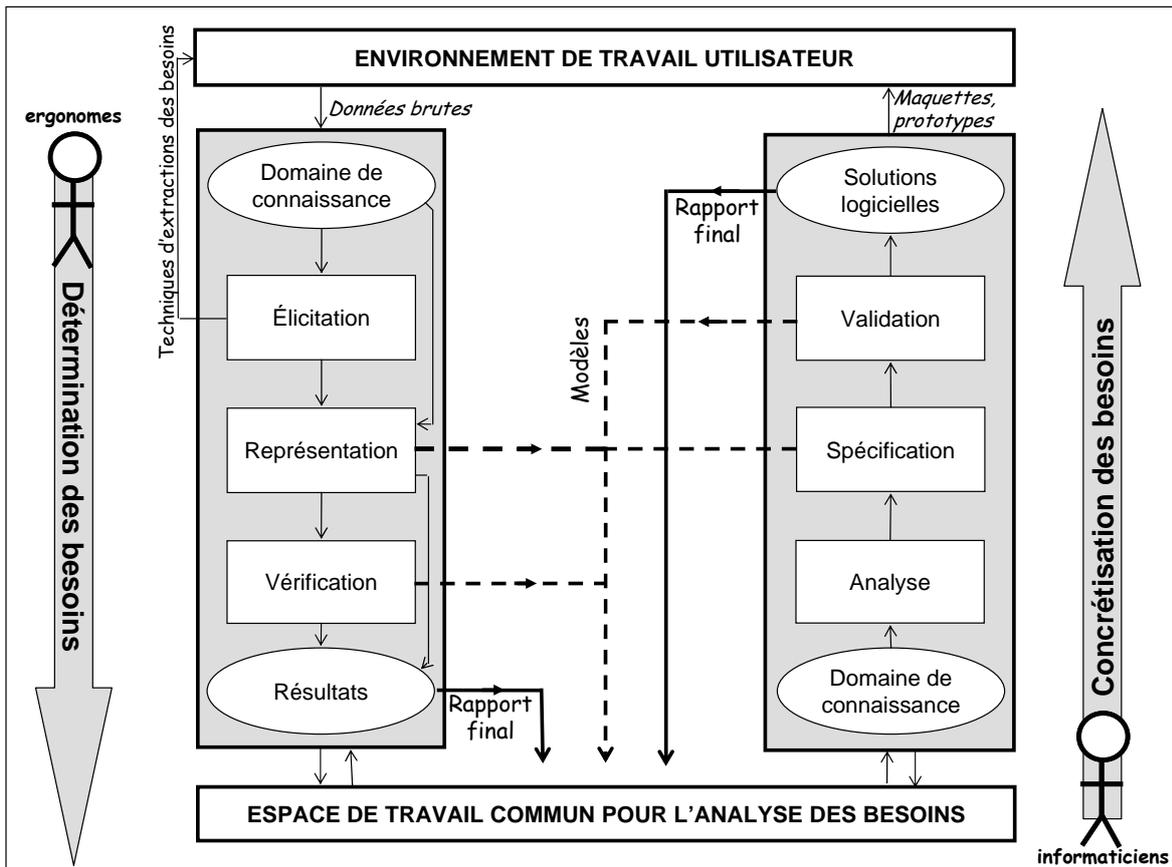


Figure III.4. Processus pour la phase d'analyse des besoins revisité.

Les éléments constituant le modèle sont les suivants :

- **L'environnement de travail utilisateur** : il représente le terrain d'étude pour la phase d'analyse des besoins. En effet, chaque projet de développement s'intéresse à un terrain

d'étude dans lequel il y a des problèmes à résoudre (ex : informatiser une activité, améliorer un logiciel existant). Dans notre cas, rappelons que nous nous intéressons aux organisations complexes (particulièrement le circuit du médicament en milieu hospitalier).

Nous avons défini « l'environnement de travail utilisateur » en nous inspirant des travaux sur l'environnement de travail pour la conception d'interface écologique [Burns et Hajdukiewicz, 2004]. La conception d'interface écologique est une approche proposant un processus pour la conception des interfaces destinées à des domaines complexes. Ainsi, notre environnement de travail utilisateur comprend le « domaine de travail » représentant la structure fonctionnelle, les principes et contraintes propres à l'environnement (ex : service hospitalier, règle de sécurité), les activités représentant les procédures, les tâches, la coordination à réaliser pour atteindre le but, les « acteurs » représentant l'organisation humaine nécessaire pour accomplir les activités et la « technologie » représentant les systèmes d'aide à l'activité (ex : système pour supporter la communication entre les personnes, système d'aide à la décision) (Figure III.5).

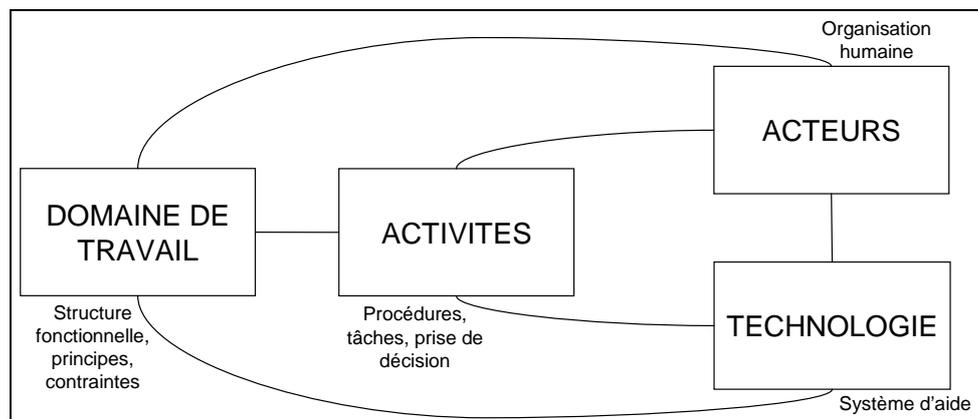


Figure III.5. Définition de l'environnement de travail (extrait de [Burns et Hajdukiewicz 2004]).

- **Les domaines de connaissance** : ils représentent les connaissances de l'ergonome ou de l'informaticien, respectivement utilisées pour réaliser leurs activités. Les connaissances correspondent à l'expérience acquise au cours des projets, les méthodologies mises en place.

- **La phase de détermination des besoins** : la phase de détermination des besoins est inspirée de celle présentée en Figure III.2. Elle comprend trois étapes mises en œuvre par les ergonomes pour déterminer les besoins :

1. *l'élicitation*, la *représentation* et la *vérification*. *L'élicitation* correspond au rassemblement des besoins spécifiques. Elle inclut des activités de communication avec l'environnement de travail, plus particulièrement avec les utilisateurs ;
2. la *représentation* correspond à la description, modélisation des besoins récoltés ou des idées pour la conception du système. Dans le deuxième cas, il est possible que l'ergonome utilise uniquement ses connaissances (avec vérification ou non auprès des utilisateurs). Par exemple pour la mise en place de recommandations ergonomiques concernant la présentation des informations sur un écran, l'ergonome utilise ses connaissances et ne vérifie pas systématiquement chaque recommandation avec les utilisateurs. Nous avons distingué l'étape de *représentation* car elle joue un rôle très important pour la mise à plat des données et l'échange de celles-ci avec les autres intervenants de projet. Il s'agit d'une étape clé, en lien avec le concept d'espace d'échange commun et la notion de modélisation (cf. explications ci-dessous), notamment pour la compréhension et l'interprétation des données ;

3. Enfin, l'étape de *vérification* permet de s'assurer que les besoins recueillis correspondent bien à ceux exprimés par les utilisateurs. Les descriptions et modèles obtenus lors de la phase de représentation vont servir de supports de communication provisoires avec les utilisateurs pouvant être modifiés si nécessaire.

- **La phase de concrétisation des besoins** : la phase de concrétisation des besoins montre l'exploitation des besoins utilisateurs dans la conception du système par les informaticiens. Elle a été intégrée de cette manière dans un but de mettre en évidence l'importance de prendre en compte les données récoltées par les ergonomes dans la conception. Elle comprend trois étapes :

1. l'*analyse* permet, suite à l'échange des données dans l'espace d'échange commun, d'analyser la faisabilité par rapport à la cohérence et aux possibilités techniques définies par les concepteurs/développeurs ;
2. la *spécification* correspond à la transformation des besoins pour la conception. Il s'agit de décrire en termes de modèles de conception (ex : interactions homme-machine à prévoir) les besoins déterminés ;
3. Enfin, la *validation* correspond à la mise en œuvre des spécifications sous forme de maquettes, de prototypes. Lors de cette phase de concrétisation, des supports pouvant aider à prendre connaissance des informations issues de la conception, comprendre le point de vue des informaticiens (ex : concepts de base, état d'avancement...), peuvent être réalisés et alimenter l'espace d'échange commun (cf. explication ci-après).

- **L'espace d'échange commun** : le concept d'espace de travail commun utilisé dans notre modèle est inspiré des travaux de Pacaux-Lemoine [Pacaux-Lemoine, 1998]. Ces travaux traitent de l'amélioration de la coopération entre agents humains et/ou artificiels dans le domaine du trafic aérien, à l'aide d'un espace de travail commun dans lequel chaque agent indique ses diagnostics et ses intentions. Ainsi, les autres agents peuvent prendre connaissance de ces informations à tout moment. Nous avons adapté ce concept pour l'appliquer à notre cas. En effet, il est important que les intervenants de projet partagent des informations pour aider à concevoir des systèmes interactifs reflétant au mieux les besoins des utilisateurs, notamment dans le cas de systèmes complexes où il est crucial d'anticiper toutes sortes de situations pour éviter les erreurs dans la conception.

La Figure III.6 montre le fonctionnement de l'espace d'échange commun, qui se compose de trois étapes :

1. L'étape de « production de modèles » consiste en la création de modèles issus de la mise en œuvre des différentes étapes du processus (ex : représentation, analyse, spécification...) et venant alimenter l'espace d'échange commun.
2. La deuxième étape de « diffusion des modèles » consiste à transmettre ces modèles par les intervenants diffuseurs à des intervenants cibles à l'aide de moyens de communication habituellement utilisés dans les projets (ex : réunion, e-mail...).
3. Enfin, la troisième étape d'« exploitation des modèles » consiste à exploiter ces modèles devenus support de travail commun de différentes manières. Nous avons distingué trois types d'exploitation possibles : « connaître », « comprendre » et « prendre en compte ». Le type « connaître » correspond à la découverte de nouvelles données venant enrichir le domaine de connaissance des intervenants. Le type « comprendre » correspond à la mise en commun des points de vue des intervenants sous forme de représentations graphiques. Le type « prendre en compte » correspond à l'utilisation des modèles dans les étapes suivantes du processus (ex : utilisation d'un modèle de tâche pour la spécification de l'interface).

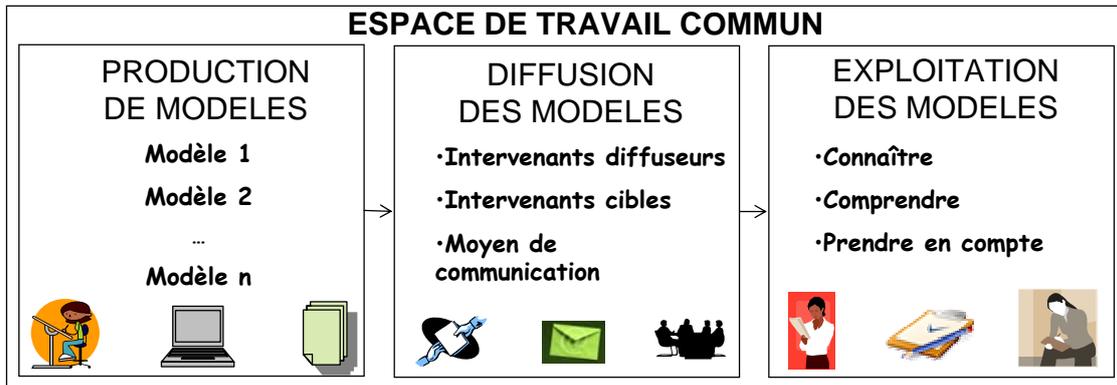


Figure III.6. Fonctionnement de l'espace d'échange commun.

La Figure III.7 et la Figure III.8 montrent deux exemples d'utilisation de l'espace de travail commun au sein de la phase d'analyse des besoins :

- Pour le premier exemple, le contexte est le suivant : il s'agit plus d'une analyse de l'activité concernant l'observation d'une situation de travail actuelle sans informatisation et de l'analyse d'une situation anticipée intégrant un futur système informatique. Suite à l'élicitation des données au sein de l'environnement de travail, les ergonomes procèdent à l'étape de *représentation*. Cette étape a donné lieu à la production de deux modèles par les ergonomes (modèle 1 : situation de travail actuelle et modèle 2 : situation de travail anticipée). Ces modèles ont été diffusés lors d'une réunion impliquant les ergonomes (intervenant diffuseur) et les concepteurs du futur système (intervenant cible). Ces modèles ont donc servi de supports d'échange et ont permis aux informaticiens (1) de connaître les situations de travail des futurs utilisateurs, (2) de comprendre les éventuels problèmes de compatibilité du futur logiciel avec la situation de travail actuelle et (3) de prendre en compte ces problèmes dans le processus de concrétisation des besoins, en améliorant le futur système pour qu'il soit cohérent avec la situation de travail observée.

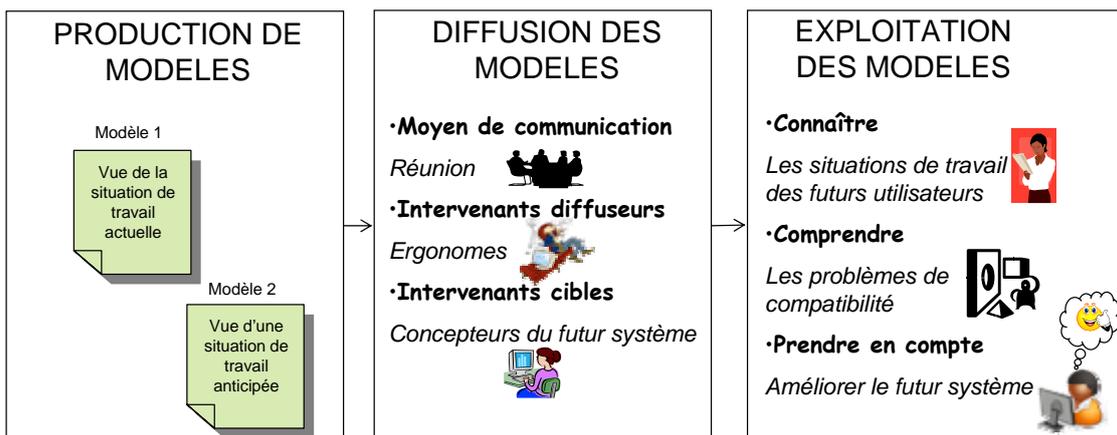


Figure III.7. Premier exemple illustrant l'utilisation de l'espace d'échange commun.

- Pour le deuxième exemple, le contexte est le suivant : les concepteurs d'un système souhaitent faire évaluer l'utilisabilité d'une première version par une équipe d'ergonomes. Lors de l'étape de spécification, les concepteurs du système ont produit un modèle représentant une vue d'ensemble des fonctions du futur système (modèle 1). Ce modèle a été diffusé par courrier électronique

aux ergonomes, en complément des maquettes à évaluer. Le modèle permet aux ergonomes (1) de connaître les fonctions prévues du futur système, (2) de comprendre la vision des informaticiens et (3) d'aider à mieux anticiper les problèmes de compatibilité du futur système pendant son évaluation.

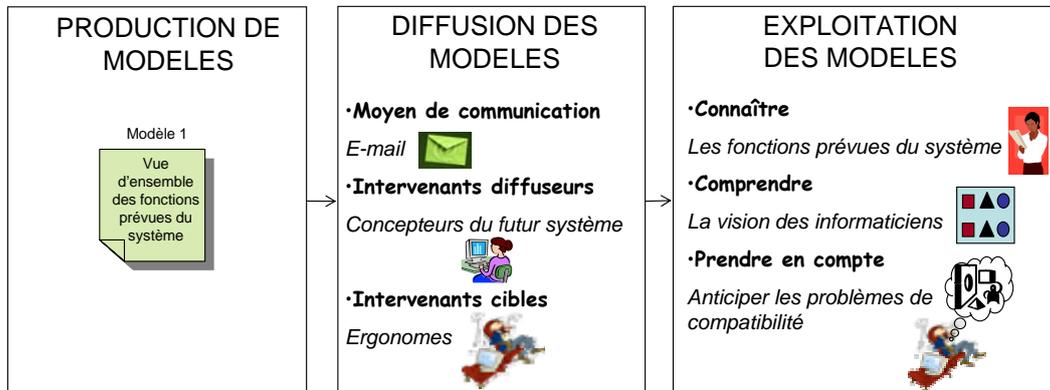


Figure III.8. Second exemple illustrant l'utilisation de l'espace d'échange commun.

- **Modèles** : habituellement, chaque activité d'un projet de développement est finalisée par la rédaction de rapports finaux ou de documents de travail. Ces supports décrivent les résultats obtenus durant les activités. Par exemple, suite à une évaluation ergonomique d'un système, un rapport décrivant les problèmes ergonomiques détectés et les recommandations correspondantes est rédigé par les ergonomes. Ou encore, suite à la conception d'un système, des rapports décrivant les spécifications fonctionnelles et des IHM du système sont réalisés par les concepteurs. La Figure III.9 montre des exemples d'informations échangées entre ergonomes et informaticiens (analyse tirée de notre cadre d'étude, cf. chapitre 1). Du point de vue des informations produites par les concepteurs, toutes ne sont pas transmises systématiquement aux ergonomes. Par exemple, les spécifications fonctionnelles ou les spécifications des interfaces sont diffusées uniquement au sein de l'équipe de développement de la société. De plus, ces supports peuvent être compliqués à comprendre (ex : utilisation d'un vocabulaire trop technique) et/ou manquer d'informations utiles aux ergonomes pour comprendre le fonctionnement du système... Les informations produites par les ergonomes sont transmises systématiquement aux concepteurs. Il arrive que les représentations fournies ne mettent pas assez en évidence les informations pertinentes concernant les facteurs humains et organisationnels issus des situations de travail complexes, du fait de l'utilisation du langage naturel qui peut s'avérer ambigu ou de formalismes personnalisés qui peuvent être limités en termes de modélisation.

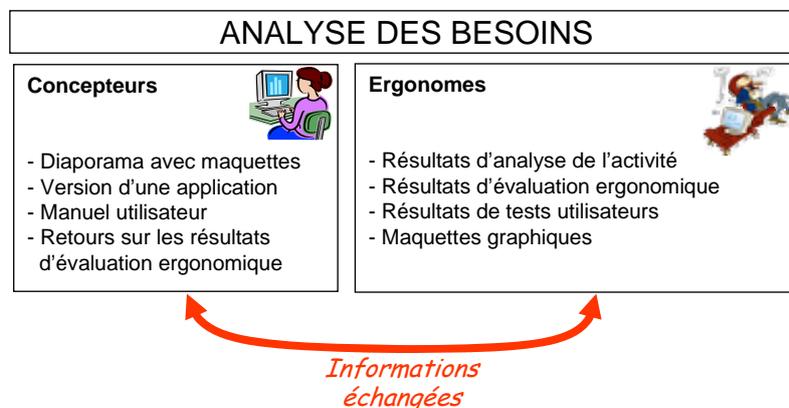


Figure III.9. Exemples de supports échangés entre ergonomes et informaticiens (Situation tirée de notre cadre d'étude).

Pour ces raisons, nous avons introduit l'utilisation de « modèles » qui vont permettre de représenter des informations utiles et importantes pour les intervenants de projet, à l'aide d'un langage commun graphique utilisable et compréhensible par tous (Figure III.10). Nous verrons dans la partie suivante l'exploitation des techniques du GL et de l'IHM comme moyen commun de représentation. Ainsi ces modèles pourront être échangés à tout moment dans l'espace d'échange commun et être utilisés dans les rapports ou documents de travail. Les ergonomes pourront représenter de manière pertinente leurs données, les informaticiens pourront représenter des données issues de la conception de manière compréhensible mais également tirer profit des modèles issus des facteurs humains.

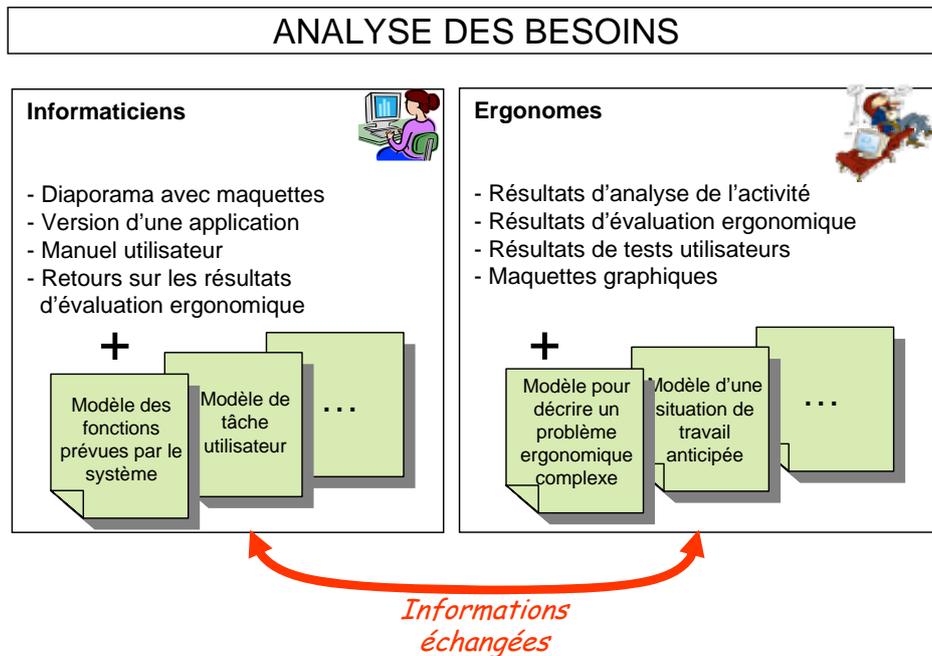


Figure III.10. Apports des modèles en tant que supports d'échange.

- **Résultats** : lorsque l'étape de détermination des besoins est terminée, elle aboutit à des résultats stables synthétisés sous forme de rapports et pouvant être transmis aux autres intervenants.

- **Solutions logicielles** : les résultats de la phase de concrétisation des besoins sont des solutions logicielles, c'est-à-dire des maquettes ou prototypes du futur système. Les résultats obtenus sont représentés systématiquement sous forme de rapports servant d'entrée à la phase pour la phase de conception du système final.

Il est important de préciser que la phase d'analyse des besoins et la phase de concrétisation des besoins peuvent s'effectuer en parallèle. Ainsi, le fait de pouvoir échanger des modèles à tout moment (utilisation de l'espace d'échange commun), permet un travail collaboratif entre les intervenants de projet.

III.2.3 Conclusion

Le processus que nous avons présenté se base sur un espace d'échange commun alimenté par la création de modèles, afin d'améliorer la collaboration entre les intervenants de projet au sein de la phase d'analyse des besoins. Pour permettre cette création, nous proposons dans la section suivante, d'étudier la notion de représentation des informations au sein des projets et d'exploiter les techniques de modélisation du GL et de l'IHM comme moyen commun. Une

analyse des techniques de modélisation proposées par le GL et l'IHM a donc été réalisée en vue d'une intégration au sein de notre approche.

III.3 EXPLOITATION DES TECHNIQUES DE MODELISATION DU GL ET DE L'IHM COMME LANGAGE COMMUN POUR LA REPRESENTATION DES DONNEES AU SEIN DE LA PHASE D'ANALYSE DES BESOINS

III.3.1 Le rôle de la modélisation au sein des projets de développement

Dans les domaines de l'ingénierie du logiciel d'une part, des facteurs humains d'autre part, la modélisation consiste à structurer, organiser, représenter des données sous forme de modèles (descriptifs, graphiques, formels). Au cours de la phase d'analyse des besoins, les intervenants de projet recueillent et acquièrent une quantité importante d'information. Ils créent différents types de modèles selon le degré de détail (ou niveaux d'abstraction) qu'ils souhaitent représenter. Ils utilisent ces modèles pour stocker les données (aide-mémoire, documentation de projet) et faciliter la communication entre les intervenants. Les modèles les plus utilisés et les plus pratiques, sont les modèles graphiques qui permettent une représentation des données sous forme de diagrammes ou de schémas plutôt que d'utiliser le langage naturel qui peut être source d'ambiguïté [Pomian *et al.*, 1997 ; Satzinger *et al.*, 2003]. Nous avons vu dans le chapitre 2, que les domaines du GL et de l'IHM offrent un ensemble de techniques de modélisation (ex : UML, la plus connue). Ces techniques sont couramment utilisées par les concepteurs et développeurs pour analyser et concevoir les systèmes d'information et spécifier les systèmes interactifs... Nous avons vu également qu'il existe un ensemble de techniques intégrant la notion de facteurs humains telles que les modèles de tâches qui permettent de représenter les performances humaines pour une tâche ou un scénario particulier (ex : MAD, GOMS...), des méthodes ergonomiques (cf. chapitre 1) qui permettent d'évaluer les interfaces d'un système en termes d'utilisabilité, d'erreur, de satisfaction utilisateur (ex : critères ergonomiques, cognitive walkthrough...).

On constate donc que les modèles jouent un rôle important au sein des projets. Cependant, chaque discipline possède ses propres techniques de modélisation et son propre vocabulaire. Dans ce cas, les modèles créés peuvent faciliter la communication entre les intervenants d'une même discipline mais peuvent rendre difficiles les échanges avec d'autres intervenants de disciplines différentes (compréhension difficile, ambiguïté).

Pour permettre la création de modèles venant alimenter l'espace d'échange commun de notre processus pour la phase d'analyse des besoins (cf. paragraphe III.2.2), nous proposons en quelque sorte l'utilisation d'un langage commun. Les techniques de modélisation du GL et de l'IHM offrant un ensemble de possibilités de modélisation en termes de systèmes interactifs et de systèmes d'information, nous proposons donc d'exploiter (et d'adapter si nécessaire) ces techniques pour proposer des solutions de modélisation communes. La partie suivante présente la démarche utilisée pour les exploiter.

III.3.2 Démarche utilisée pour l'exploitation des techniques de modélisation du GL et de l'IHM

L'objectif visé dans notre approche n'est pas d'imposer une technique particulière du GL et de l'IHM mais de proposer des solutions possibles en fonction des besoins en modélisation des intervenants de projet.

Dans un premier temps, nous avons donc procédé à l'étude des domaines d'activité de projet de deux types d'intervenants au sein de la phase d'analyse des besoins (ergonomes et informaticiens), afin d'en extraire les besoins en modélisation de chacun. Pour cela, nous avons réalisé une analyse détaillée des activités de projet réalisées par les intervenants de

projet et nous avons déterminé les éléments destinés à être modélisés dans chaque activité. Ensuite pour chaque élément, nous avons identifié les besoins possibles en modélisation. Ces besoins permettent dans un deuxième temps, de cibler les techniques du GL et de l'IHM susceptibles d'aider à la création de modèles.

Notre démarche pour l'exploitation des techniques de modélisation du GL et de l'IHM se base sur les principes suivants, illustrés en Figure III.11 :

1. Une phase de projet (phase d'analyse des besoins) est constituée de différents domaines d'activité de projet (ergonomie, développement informatique...).
2. Chaque domaine d'activité est constitué d'activités de projet (analyse de l'activité, conception, évaluation ergonomique).
3. Une activité de projet est mise en œuvre par des intervenants de projet (ergonomes, concepteurs, développeurs).
4. L'intervenant de projet crée différentes représentations montrant ses résultats, ses idées (activité de la situation de travail existante, interactions homme-machine, procédure prévue d'un système interactif...).
5. Chaque représentation implique des besoins en modélisation spécifiques (support utilisé dans l'activité, rôle des acteurs, comportement des données...).
6. Ces besoins en modélisation correspondent à l'utilisation possible d'une ou plusieurs techniques de modélisation du GL et de l'IHM (ex : l'élément « comportement des données du système » peut être représenté à l'aide du diagramme état-transition UML).

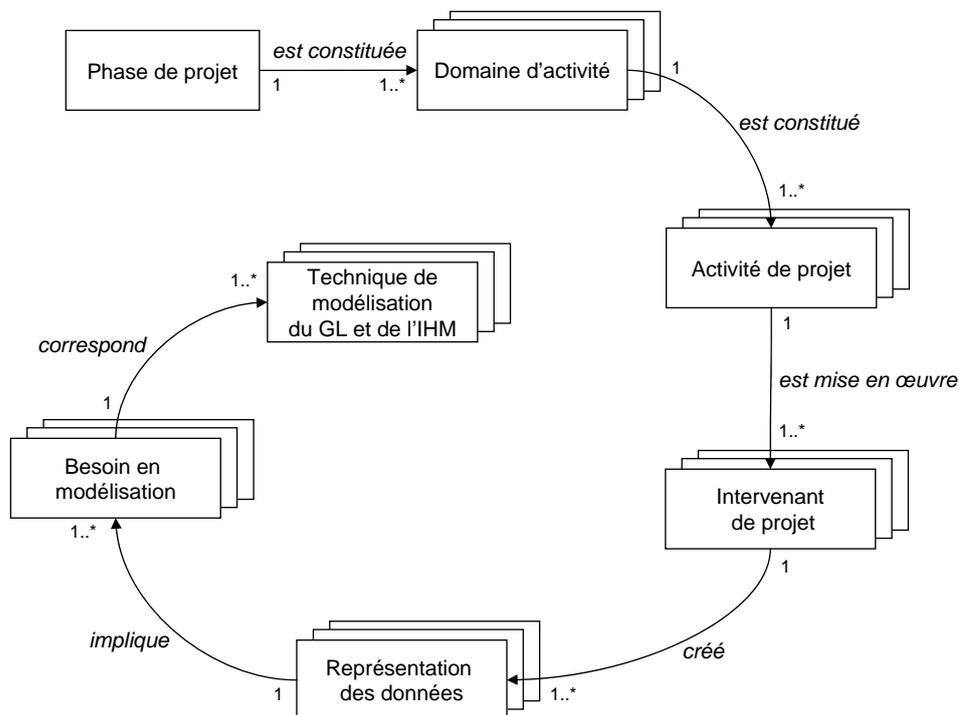


Figure III.11. Principe utilisé pour l'exploitation des techniques de modélisation du GL et de l'IHM.

Pour illustrer notre démarche, nous avons étudié les domaines d'activité des ergonomes et des concepteurs. Dans un premier temps, nous avons extrait les besoins en modélisation de chacun. Ensuite, nous avons montré l'exploitation possible d'un ensemble de techniques de

modélisation du GL et de l'IHM en fonction des besoins en modélisation identifiés pour la création de modèles.

III.3.2.1 Première étape : étude des domaines d'activité des intervenants de projet

Le contexte d'application est le suivant : la phase de projet est la phase d'analyse des besoins, les domaines d'activité sont l'ergonomie et l'ingénierie logicielle. Les intervenants impliqués sont des ergonomes et des concepteurs. Les activités réalisées par chaque type d'intervenant dans chaque domaine sont détaillées ci-dessous.

a) Domaine d'activité des ergonomes

L'ergonome peut réaliser deux activités au sein de la phase d'analyse des besoins : l'analyse de l'activité et l'évaluation de système interactif. Pour chaque activité, l'ergonome s'intéresse à une situation de travail et/ou à un système interactif pour en extraire des données qui serviront à la description :

- des situations de travail réelles observées ;
- des recommandations pour l'organisation des situations de travail (par exemple, les ergonomes peuvent donner des recommandations en vue de l'informatisation d'un processus pour améliorer la charge de travail d'un acteur) ;
- des problèmes ergonomiques détectés,
- des recommandations pour les IHM.

La situation de travail ou le système interactif ciblé(e), est composé(e) de différents éléments que l'ergonome va analyser et représenter selon les besoins du projet.

Ces éléments peuvent être :

1. **L'environnement de travail** : ensemble des caractéristiques socio-techniques d'une organisation (ex : unités fonctionnelles)
2. **Les acteurs/utilisateurs** : personnes qui réalisent des tâches/personnes qui manipulent un dispositif technique (ex : logiciel)
3. **Les activités/tâches** : ensemble des moyens mis en œuvre pour atteindre des objectifs.
4. **Les artefacts** : objets produits au sein de la situation de travail (ex : document papier, matériel)
5. **Les interfaces homme-machine** : ensemble des dispositifs matériels et logiciels qui permettent à un utilisateur de commander, contrôler, superviser un système interactif
6. **Les traces d'activité** : informations écrites, produites ou saisies au cours de l'activité par les acteurs/utilisateurs (ex : une prescription écrite par un médecin contient plusieurs types d'informations tels que la posologie (quantité et fréquence), la durée de prescription...)
7. **Les interactions homme-homme** : rencontre entre des acteurs pouvant se produire sous forme de verbalisations, d'échange de documents papier...
8. **Les interactions homme-machine** : comportement de l'utilisateur face à l'interface homme-machine
9. **Problème ergonomique** : non respect des normes et standards de l'utilisabilité (il peut y avoir des problèmes d'interface et des problèmes en lien avec les situations de travail analysées)

10. Recommandation pour la conception ou la ré-ingénierie : proposition d'amélioration des systèmes interactifs homme-machine en termes de contenu, de présentation des informations sur écran, de procédure à réaliser par le système.

La Figure III.12 synthétise le domaine d'activité de projet des ergonomes. Elle montre sa décomposition en activités puis en éléments destinés à être modélisés. Deux niveaux d'éléments sont présentés : (1) le premier niveau composé des éléments « situation de travail » et « système interactif », représentent les éléments généraux auxquels s'intéresse l'ergonome au cours de l'activité de projet et (2) le deuxième niveau composé des éléments tels que « environnement de travail », « acteurs/utilisateurs »..., représentent les éléments spécifiques constituant les éléments généraux.

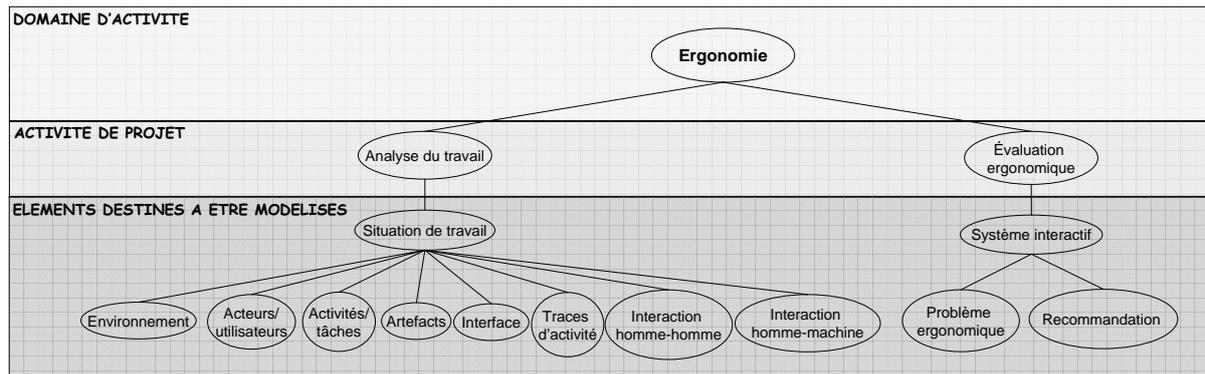


Figure III.12. Décomposition du domaine d'activité de l'ergonome.

b) Domaine d'activité des concepteurs

Lors de la phase d'analyse des besoins, les concepteurs vont définir les caractéristiques du futur système interactif pendant l'activité de spécification. Ces caractéristiques servent d'entrées pour l'implémentation du système et sont plutôt échangées en interne au sein de l'équipe de conception et développement. Parmi ces caractéristiques, les ergonomes reçoivent de la part des concepteurs, des maquettes (ou prototypes) du système interactif. Nous avons vu que les ergonomes peuvent manquer dans certains cas, d'informations concernant le système pour les aider à le comprendre (cf. chapitre 1). C'est pourquoi nous avons pris en compte cette contrainte en définissant cinq types de caractéristiques représentant les éléments pouvant être modélisés par les concepteurs et pouvant faire l'objet d'échanges avec les ergonomes pour les aider dans leurs activités de projet (Figure III.13).

Les éléments sont les suivants :

1. **Les utilisateurs** : destinataires finaux du système interactif
2. **Les fonctionnalités** : services prévus par le système
3. **Les données** : entrée et sorties manipulées par le système
4. **L'interface homme-machine** : présentation des informations prévues par le système
5. **Les interactions homme-machine** : possibilités données à l'utilisateur de contrôler ou d'interrompre le fonctionnement d'un logiciel de part la structure et la finalité des dialogues (ex : entrée des données et des commandes).

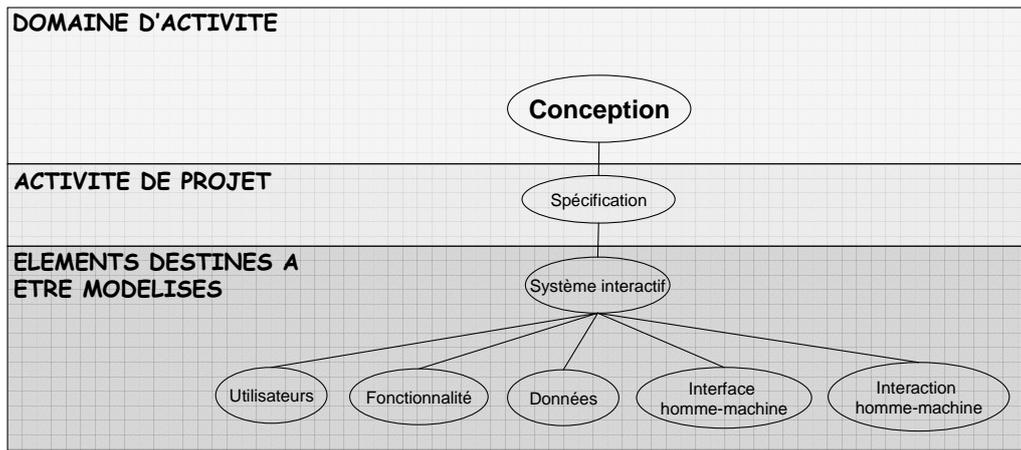


Figure III.13. Décomposition du domaine d'activité du concepteur.

Nous avons étudié les domaines d'activité de projet des ergonomes et des informaticiens et déterminé l'ensemble des éléments destinés à être modélisés au sein de la phase d'analyse. La deuxième étape de notre démarche consiste à montrer l'exploitation possible des techniques de modélisation du GL et de l'IHM en fonction des besoins en modélisation identifiés.

III.3.2.2 Deuxième étape : étude du potentiel d'un ensemble de techniques de modélisation du GL et de l'IHM

L'objectif de notre approche est de proposer à l'ergonome ou au concepteur, un ensemble de solutions de modélisation possibles par rapport à leurs besoins en modélisation. Nous suggérons l'exploitation des techniques du GL et de l'IHM comme solutions de modélisation car elles possèdent un large choix de méthodes et modèles pouvant être exploités pour répondre à nos différentes contraintes. Nous avons donc sélectionné un ensemble de ces techniques et proposé des possibilités d'utilisation par rapport aux éléments destinés à être modélisés, déterminés précédemment pour chaque intervenant de projet.

a) choix des techniques du GL et de l'IHM étudiées

Dans le choix des techniques étudiées, nous avons pris en compte l'analyse des systèmes d'information pour la modélisation des aspects organisationnels ainsi que l'analyse et la conception des systèmes interactifs pour la modélisation des aspects conceptuels.

Pour chaque type, des exemples de techniques du GL et de l'IHM (les plus connues et les plus représentatives) ont été étudiées. Nous avons limité notre étude à un ensemble d'exemples mais d'autres techniques peuvent être ajoutées, le but ici étant d'être avant tout représentatif et d'étudier la faisabilité de l'approche globale. Le Tableau III.1 présente les exemples de techniques sélectionnées ainsi qu'une description globale pour chacune (sachant que ces techniques ont été décrites dans la première partie de ce mémoire). La majeure partie des techniques de modélisation sélectionnées telles qu'UML, SADT, Merise et OSSAD comportent plusieurs types de diagrammes. Seuls quelques diagrammes ont été utilisés pour certaines d'entre elles car ils répondaient à des besoins issus de notre cadre d'étude (ex : pour UML, seuls quatre diagrammes ont été utilisés). Ces diagrammes figurent également dans le Tableau III.1 accompagnés d'une description brève de leur objectif. Chaque diagramme répond à des besoins spécifiques et possède ses propres caractéristiques. Nous avons recensé dans la dernière colonne du Tableau III.1, l'ensemble des caractéristiques associées à chaque diagramme. Ces caractéristiques sont issues d'une étude bibliographique et correspondent aux concepts principaux utilisés dans le modèle (ex : le diagramme de cas d'utilisation UML utilise les concepts de cas d'utilisation, d'acteurs et de relations entre les cas d'utilisation).

Tableau III.1. Synthèse des techniques de modélisation sélectionnées.

Nom de la technique	Description globale de la technique	Diagrammes (ou modèles) utilisés <i>(si plusieurs possibilités prévues par la technique)</i>	Description du diagramme (ou modèle)	Caractéristiques du diagramme (ou modèle)
Diagrammes UML	Langage de modélisation objet pour spécifier, construire, visualiser et décrire les artefacts d'un système logiciel	Diagramme de cas d'utilisation UML Diagramme d'objets UML Diagramme d'activité UML Diagramme d'état-transition UML	Comportement d'un système du point de vue des acteurs Structure statique, contexte à un instant donné Exécution d'un processus, mise en évidence des activités et des transitions Évolution des états successifs d'un processus, mise en évidence des états et des transitions	acteur, fonctionnalités d'un système, relation entre cas d'utilisation, rôle des acteurs, objet, lien entre objets, stéréotypes Activité, transition, synchronisation, travée (responsabilité des acteurs), objet utilisé ou modifié état, événement, transition, action
Merise (focalisation sur la modélisation des traitements)	Méthode basée sur le recensement de toutes les informations dont un système d'information a besoin pour assurer tout ou une partie de ses activités	Modèle Conceptuel des traitements MERISE (MCT) Modèle Organisationnel des Traitements MERISE (MOT)	Activités d'un système d'information Organisation des activités	Traitement, opération, événement, synchronisation, émission Temps, acteurs, ressources, lieu
SADT (focalisation sur la modélisation des activités)	Méthode d'analyse basée sur la décomposition hiérarchique descendante des processus et des flux de données	Actigramme IDEFO	Décomposition hiérarchique des activités d'un système	Boîte (fonction), données d'entrée, données en sortie, ressources (personne, machine), contrôle
OSSAD (focalisation sur la modélisation des activités)	Méthode basée sur l'analyse des organisations	Modèle Descriptif OSSAD	Procédure d'une organisation (manière de réaliser une activité)	Acteur, rôle, procédure, tâche, opération, ressource
CTT	Modélisation des tâches utilisateur basée sur le principe de décomposition hiérarchique	Modèle CTT	Spécifications conceptuelles du futur système	Tâche abstraite, tâche interactive, tâche utilisateur, tâche système, opérateur entre tâches
Diane+	Méthode de conception basée sur les objectifs de chaque métier et les tâches utilisateur	Modèle procédure existante Modèle nouvelle procédure du système	Procédure actuelle du système, recueillie auprès des utilisateurs Spécifications conceptuelles du nouveau système	Poste de travail, but, procédure prévue, procédure minimale, procédure effective
K-MAD	Modélisation des tâches utilisateur basée sur le principe de décomposition hiérarchique	Modèle K-MAD	Spécifications conceptuelles du futur système	Tâche (ex : type, modalité, centralité, rôle de l'utilisateur), condition (ex : condition d'exécution, de déclenchement), objet manipulé (ex : MADclasse, MADinstance, MADattribut)
Réseau de Petri	Modélisation du comportement d'un système dynamique	Modèle des réseaux de Petri Variante prévue pour la description de problèmes ergonomiques et de recommandations (cf. chapitre V)	Spécifications formelles d'un système Comportement de l'utilisateur face au système interactif	État, transition, activation, règles d'évolution Action de l'utilisateur, résultat de l'action de l'utilisateur

b) Résultats de l'étude

Pour étudier le potentiel des techniques de modélisation du GL et de l'IHM par rapport aux besoins en modélisation des intervenants de projet (présentés dans la section II.3.2.1), deux tableaux ont été réalisés. Le premier tableau (Tableau III.2) illustre les apports possibles des techniques de modélisation du GL et de l'IHM sélectionnés en termes de représentation pour les ergonomes ; le second (Tableau III.3) illustre les apports possibles des techniques de modélisation du GL et de l'IHM sélectionnés en termes de représentation pour les concepteurs et dans le but d'améliorer les échanges avec les ergonomes. Chaque tableau indique le nom de la technique de modélisation, les besoins en modélisation pouvant être pris en compte par la technique et les apports possibles en termes de représentation.

Par exemple, pour le premier tableau (Tableau III.2) concernant les besoins en modélisation des ergonomes :

- Le diagramme d'activité UML peut prendre en compte les besoins en modélisation : « acteur/utilisateur », « activité/tâche » et « artefact ». Il est possible de représenter l'activité d'un acteur ou de plusieurs acteurs (utilisation des couloirs acteurs), les objets créés ou modifiés ou utilisés pendant l'activité (ex : support d'information papier). Ce type de diagramme permet la représentation d'une situation de travail distribuée entre plusieurs acteurs, qui est un aspect très important dans le cadre d'organisation complexe. Ainsi, les ergonomes peuvent mettre en évidence les informations importantes concernant les aspects de coopérations entre acteurs, à considérer lors de l'informatisation de ces situations (des exemples de modèles sont présentés dans la partie III.3).
- Nous avons exploité les réseaux de Petri pour mettre en place une méthode permettant la description de problèmes ergonomiques ainsi que de recommandations issus des évaluations ergonomiques de systèmes interactifs complexes. Cette méthode, intitulée *ErgoPNets* est présentée au chapitre V.
- Les réseaux de Petri permettent aux ergonomes d'aller plus loin dans leur description en décrivant le comportement de l'utilisateur avec le système et en mettant en évidence de manière graphique, des problèmes liés aux procédures. Ils peuvent être exploités pour représenter les actions de l'utilisateur avec le système et les états du système suite à ces actions. Ainsi, ils permettent de prendre en compte les besoins « interaction homme-machine » et « problème ergonomique ».
- Le diagramme d'état-transition UML a également été exploité pour aider les ergonomes à représenter une vue des données nécessaires pour l'implémentation d'une fonction particulière d'une application (un modèle de ce type est présenté dans la partie III.3 de ce chapitre). Il permet donc de prendre en compte en quelque sorte, des recommandations pour la conception.

Tableau III.2. Potentiel des techniques de modélisation du GL et de l'IHM par rapport aux besoins en modélisation des ergonomes.

Techniques de modélisation sélectionnées	Besoins en modélisation pris en compte	Apports possibles en termes de représentation
<i>Diagramme de cas d'utilisation UML</i>	<ul style="list-style-type: none"> Acteurs/utilisateur Activité/tâche 	<ul style="list-style-type: none"> Description globale et simple d'une situation de travail en termes d'acteurs et d'activités
<i>Diagramme d'objets UML</i>	<ul style="list-style-type: none"> Acteur/utilisateur Environnement de travail 	<ul style="list-style-type: none"> Description statique de l'organisation d'une situation de travail en termes de structure, d'acteurs et de rôles
<i>Diagramme d'activité UML</i>	<ul style="list-style-type: none"> Acteur/utilisateur Activité/tâche Artefact 	<ul style="list-style-type: none"> Description de la dynamique d'une activité pour un acteur Description d'une activité distribuée (entre plusieurs acteurs) Représentation des objets créés, modifiés ou utilisés pendant l'activité
<i>Diagramme d'état-transition UML</i>	<ul style="list-style-type: none"> Recommandation pour la conception 	<ul style="list-style-type: none"> Description conceptuelle et dynamique des données à considérer pour concevoir une fonction d'une application
<i>Modèle Conceptuel des traitements Merise (MCT)</i>	<ul style="list-style-type: none"> Acteur/utilisateur Activité/tâche 	<ul style="list-style-type: none"> Description de la dynamique d'une activité en termes de traitement pour un acteur
<i>Modèle Organisationnel des Traitements Merise (MOT)</i>	<ul style="list-style-type: none"> Acteur/utilisateur Activité/tâche 	<ul style="list-style-type: none"> Description de la dynamique d'une activité distribuée (entre plusieurs acteurs) en termes de traitement
<i>Actigramme SADT</i>	<ul style="list-style-type: none"> Acteur/utilisateur Activité/tâche Artefact Interaction homme-homme 	<ul style="list-style-type: none"> Description hiérarchique d'une activité Représentation des acteurs impliqués Représentation des flux de données
<i>Modèle Diane+</i>	<ul style="list-style-type: none"> Acteur/utilisateur Interaction homme-machine Artefact 	<ul style="list-style-type: none"> Décomposition d'une situation de travail en postes de travail et tâches Description des situations d'utilisation observées pour un seul acteur en terme d'opérations Représentation des objets utilisés pendant la procédure
<i>Modèle CTT</i>	<ul style="list-style-type: none"> Acteur/utilisateur Activité/tâche 	<ul style="list-style-type: none"> Description d'une situation de travail observée en termes de tâches utilisateur, interactive, système
<i>Modèle BPMN</i>	<ul style="list-style-type: none"> Acteur/utilisateur Activité/tâche 	<ul style="list-style-type: none"> Description d'une situation de travail observée sous forme de processus pour un seul acteur Description d'une situation de travail distribuée (entre plusieurs acteurs) et observée sous forme de processus
<i>Modèle Descriptif OSSAD</i>	<ul style="list-style-type: none"> Acteur/utilisateur Activité/tâche Environnement de travail Artefacts 	<ul style="list-style-type: none"> Description de la situation de travail en termes de structure organisationnelle, d'activité et de ressources
<i>Adaptation des réseaux de Petri pour la méthode ErgoPNets</i>	<ul style="list-style-type: none"> Interaction homme-machine Problème ergonomique 	<ul style="list-style-type: none"> Description d'une situation d'utilisation prévue, anticipée, recommandée d'un système en termes d'actions utilisateur et de résultats de l'action de l'utilisateur Localisation des problèmes ergonomiques et des recommandations sur les procédures

Par exemple, pour le deuxième tableau (Tableau III.3) concernant les besoins en modélisation des concepteurs :

- Le diagramme de cas d'utilisation UML peut prendre en compte les besoins en modélisation : « acteur/utilisateur » et « fonctionnalités ». Il est possible de représenter une vue des différentes fonctions et les différents acteurs impliqués dans la conception d'un futur système. Ce type de diagramme permet d'échanger les premières idées de conception avec les autres intervenants de projet de manière simple.
- Le diagramme d'objets UML peut prendre en compte les besoins en modélisation « acteurs/utilisateurs », « fonctionnalités ». Il est possible de représenter une vue d'ensemble des rôles utilisateurs et des différents modules et fonctions prévus pour une application dans le but d'aider les ergonomes à comprendre la structure globale d'une application (un modèle de ce type est présenté dans la partie III.4).
- Le modèle CTT répond aux besoins en modélisation « acteurs/utilisateur » et « fonctionnalités ». Il permet de représenter la décomposition hiérarchique des tâches prévues par le concepteur pour une fonction d'un système. Ce modèle peut donc aider l'ergonome à comprendre la vision du concepteur concernant les tâches « utilisateur » et « système » prévues pour une fonction de l'application en cours de conception.

Tableau III.3. Potentiel des techniques de modélisation du GL et de l'IHM par rapport aux besoins en modélisation des concepteurs.

Techniques de modélisation sélectionnées	Besoins en modélisation pris en compte	Apports possibles en termes de représentation
<i>Diagramme de cas d'utilisation UML</i>	<ul style="list-style-type: none"> Utilisateurs Fonctionnalités 	<ul style="list-style-type: none"> Description globale des fonctionnalités prévues par le système et des acteurs impliqués
<i>Diagramme d'objets UML</i>	<ul style="list-style-type: none"> Utilisateurs Fonctionnalités 	<ul style="list-style-type: none"> Description de la structure fonctionnelle prévue du système en termes d'utilisateurs, de rôles utilisateurs et de fonctions
<i>Diagramme d'activité UML</i>	<ul style="list-style-type: none"> Utilisateurs Fonctionnalités Données 	<ul style="list-style-type: none"> Description dynamique du comportement d'une fonction Description distribuée d'un système (entre plusieurs acteurs) Représentation des objets créés, modifiés ou utilisés pendant le processus
<i>Diagramme d'état-transition UML</i>	<ul style="list-style-type: none"> Données 	<ul style="list-style-type: none"> Description du comportement des données prévu pour une fonction
<i>Actigramme SADT</i>	<ul style="list-style-type: none"> Utilisateurs Fonctionnalités Données 	<ul style="list-style-type: none"> Décomposition hiérarchique des fonctions d'un système Représentation des utilisateurs impliqués Représentation des flux de données
<i>Modèle Diane+</i>	<ul style="list-style-type: none"> Utilisateurs Données Interactions homme-machine 	<ul style="list-style-type: none"> Description des procédures prévues pour un système en termes d'opérations Représentation des objets manipulés par l'utilisateur
<i>Modèle CTT</i>	<ul style="list-style-type: none"> Utilisateurs Fonctionnalités 	<ul style="list-style-type: none"> Description hiérarchique des tâches prévues pour un système en termes de tâches utilisateur, interactive, système
<i>Réseau de Petri</i>	<ul style="list-style-type: none"> Interaction homme-machine 	<ul style="list-style-type: none"> Description formelle des procédures prévues d'un système

III.3.3 Conclusion

Nous avons vu dans cette section, qu'il est possible d'exploiter les techniques du GL et de l'IHM comme solutions de modélisation communes pour la représentation des données des intervenants de projet. Pour cela, nous avons étudié les besoins en modélisation de chaque type d'intervenants (dans notre cas focalisation sur les ergonomes et les concepteurs) et analyser le potentiel d'un ensemble de techniques de modélisation par rapport à ces besoins. Ainsi, nous avons pu constater que ces techniques apportent des solutions de modélisation nouvelles aux ergonomes pour représenter leurs données selon différents aspects importants pour l'analyse d'organisation complexe (ex : description de situation de travail distribuée) et que l'utilisation d'un même langage peut aider les intervenants de projet à mieux comprendre le point de vue de chacun. Le concepteur peut représenter différentes facettes d'un système pour aider les ergonomes à mieux comprendre leur point de vue pour la conception et les ergonomes peuvent représenter différentes facettes des situations de travail observées ou de leurs recommandations pour aider les concepteurs à mieux comprendre leur point de vue sur l'analyse de l'activité. Cependant, il est évident que les ergonomes n'utilisent pas couramment ce type de techniques dans leurs activités. Il est donc nécessaire d'adapter l'utilisation des techniques de modélisation du GL et de l'IHM pour qu'elles soient exploitables par les ergonomes, et compréhensibles par tous. De plus, des limites en termes de modélisation subsistent toujours. Nous avons donc étendu certaines d'entre elles et mis en place de nouvelles (ex : ErgoPNets). La partie suivante présente des exemples d'utilisation de techniques de modélisation du GL et de l'IHM dans le cadre de projet réels de développement de système interactif supportant le circuit du médicament en milieu hospitalier.

III.4 EXEMPLES D'APPLICATION ISSUS DE CAS REELS DE PROJETS DE DEVELOPPEMENT DE SYSTEMES INTERACTIFS SUPPORTANT LE CIRCUIT DU MEDICAMENT EN MILIEU HOSPITALIER

Cette section présente des exemples de modèles issus de cas réels de projets en informatique médicale. Ces exemples montrent l'utilisation des techniques de modélisation du GL et de l'IHM pour la représentation de données issues des facteurs humains et leurs apports au sein des projets de développement [Bernonville *et al.*, 2005 ; Bernonville *et al.*, 2008]. Deux types d'intervenants de projet ont participé à l'élaboration de ces modèles : *ergonome* et *spécialiste de l'IHM* (avec formation de départ en informatique)¹³. Tout d'abord, un travail collaboratif entre ergonomes et spécialistes de l'IHM est nécessaire pour définir les objectifs et informations importantes à prendre en compte dans les modèles. Ensuite, la création a été gérée par le spécialiste de l'IHM.

III.4.1 Premier type d'exemples : modèle pour l'analyse des situations de travail complexes

III.4.1.1 Description de la structure organisationnelle des commandes pharmaceutiques entre l'unité de soins d'un service hospitalier et la pharmacie centrale de l'hôpital

a) Contexte

Un premier exemple concerne une analyse de l'activité de la situation de travail actuelle pour l'organisation des commandes pharmaceutiques entre l'unité de soins d'un service hospitalier et la pharmacie centrale de l'hôpital. Les ergonomes ont procédé à des observations *in situ* au sein de la pharmacie centrale de l'hôpital et à des entretiens individuels auprès des acteurs de l'organisation. Suite à cela, ils ont donc récolté un ensemble de données sur l'organisation des acteurs et leurs activités qu'il fallait représenter de manière structurée afin de rendre compte de la situation de travail observée en vue de son informatisation. La première étape décidée par les ergonomes, était de modéliser l'organisation structurelle des commandes pharmaceutiques.

b) Modélisation

Durant ce projet, nous avons donc travaillé en collaboration avec les ergonomes pour les aider à représenter leurs données, c'est-à-dire l'organisation structurelle des commandes pharmaceutiques. Ici, plusieurs éléments devaient être mis en évidence : (1) les organisations « unité de soins d'un service de l'hôpital » et « pharmacie », (2) les unités qui structurent ces organisations, par exemple les commandes globales et les commandes nominatives du service de l'hôpital, (3) les acteurs impliqués, par exemple l'infirmière, le médecin et le pharmacien, enfin (4) les rôles des acteurs, par exemple, prescrire, préparer les commandes. Il faut donc prendre en compte tous ces éléments afin d'avoir une vue de la structure organisationnelle permettant de comprendre le principe de fonctionnement des commandes pharmaceutiques entre l'unité de soins d'un service et la pharmacie centrale de l'hôpital.

Par rapport aux besoins en modélisation définis, nous avons décidé d'utiliser le diagramme d'objets UML car il permet de représenter sous forme d'objets les différents éléments de l'organisation et sous forme de liens entre objets les rôles des acteurs.

La Figure III.14 présente le modèle obtenu à l'aide du diagramme d'objets UML. Chaque objet représente un élément de l'organisation, dont les acteurs (médecin, infirmière, pharmacien), les secteurs de la pharmacie et les unités du service de l'hôpital (commande

¹³ Dans les exemples cités, la personne de profil *spécialiste de l'IHM* est l'auteur de ce mémoire.

globale, commande nominative, guichet des urgences, guichet des commandes globales)... Nous avons distingué les différents types d'objets par des stéréotypes, par exemple acteur, secteur, unité. On peut lire que le médecin, l'infirmière, le préparateur, le pharmacien sont des acteurs ou encore que le guichet des commandes globales, le guichet des urgences sont des secteurs de la pharmacie. Ensuite, nous avons utilisé des liens stéréotypés et de couleurs différentes pour la représentation des rôles des différents acteurs. Par exemple, on peut lire que l'infirmière prépare les différents types de commandes et qu'elle collabore avec les personnes de la pharmacie.

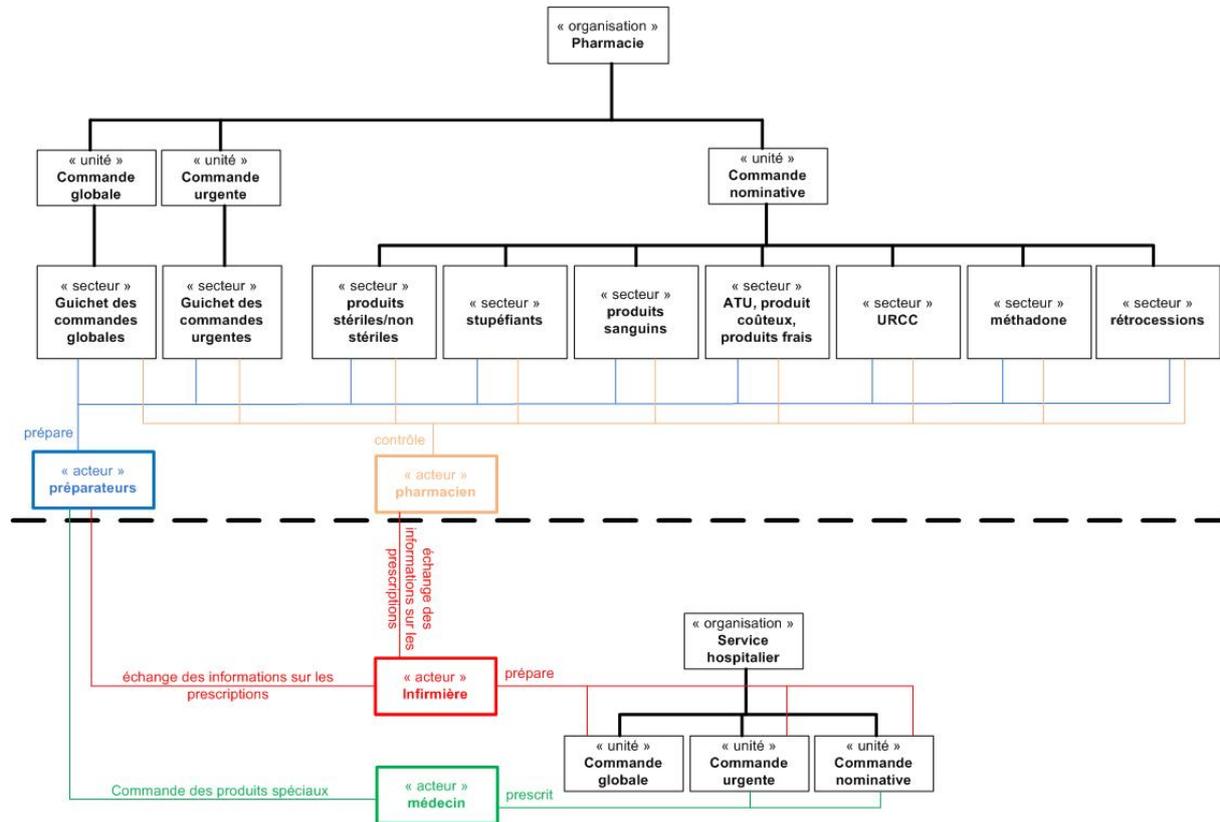


Figure III.14. Organisation entre la pharmacie centrale de l'hôpital et les services hospitaliers.

c) Apports

Ce modèle permet donc d'avoir une vue de la structure organisationnelle des commandes pharmaceutiques entre la pharmacie centrale et l'unité de soins d'un service de l'hôpital. Il met en évidence le rôle des acteurs au sein de cette organisation. On peut remarquer que l'infirmière joue un rôle important au niveau de cette organisation. Elle prépare les commandes et échange avec la pharmacie en cas de problèmes sur les commandes. Le médecin intervient pour les prescriptions des commandes globales et nominatives et peut être amené à communiquer avec le préparateur de la pharmacie pour des commandes spécifiques.

Dans un premier temps, ce modèle a servi aux ergonomes, pour la description des résultats d'observations. Nous verrons dans la section III.4.2.1 qu'il a apporté des éléments intéressants suite à une confrontation avec un autre modèle décrivant la structure fonctionnelle d'une application existante.

III.4.1.2 Description du processus de prescription - dispensation – administration en milieu hospitalier

a) Contexte

Le deuxième exemple concerne également une analyse de l'activité d'une situation de travail actuelle. Il s'agit plus précisément d'une analyse globale du processus de prescription – administration - dispensation en milieu hospitalier en vue de son informatisation. L'objectif des ergonomes était de représenter la répartition des tâches du médecin, de l'infirmière et du pharmacien pour ensuite étudier le rôle de l'infirmière qui est très important, au sein de ce processus. Pour montrer cela, les données récoltées étaient les suivantes : l'ensemble des tâches exercées par les acteurs, les coopérations entre acteurs, les supports utilisés par les acteurs. Toutes ces données sont issues d'observations *in situ* réalisées par les ergonomes, d'entretiens individuels et de l'expérience acquise par les ergonomes au fur et à mesure des projets.

b) Modélisation

Tout comme la modélisation précédente, nous avons travaillé en collaboration avec les ergonomes pour modéliser la répartition des tâches du médecin, de l'infirmière et du pharmacien. Les éléments importants à prendre en compte étaient : les trois types d'acteurs impliqués, la dynamique des tâches entre les acteurs et les supports importants utilisés pendant ce processus.

Pour modéliser cela, nous avons choisi le diagramme d'activité UML car il permet de distinguer les acteurs à l'aide de travées, la dynamique des tâches à l'aide des états - actions, transitions et autres éléments de modélisation prévus par le diagramme ainsi que les supports utilisés à l'aide des objets UML.

La Figure III.15 montre le résultat obtenu. Chaque couloir représente un type d'acteurs : médecin, infirmière ou pharmacien. Ensuite les tâches effectuées de manière séquentielle, disjointe (signifiant le « ou »), en parallèle sont représentées. On peut remarquer que sur ce diagramme, nous avons ajouté un élément de modélisation (double barre sur la figure) pour représenter un « choix » de tâches. Par exemple, on peut lire que lorsque la prise d'information du médecin est terminée, celui-ci prend des décisions concernant les prescriptions. Ensuite soit ces prescriptions sont notées par le médecin, soit l'infirmière note les prescriptions sous la dictée du médecin. Enfin, les supports d'information sont représentés par des objets UML et reliés aux tâches correspondantes. Par exemple, on peut lire qu'une liste de prescriptions est produite suite aux tâches de prescription du médecin. Cette liste va être utilisée par l'infirmière pour préparer les commandes de médicaments.

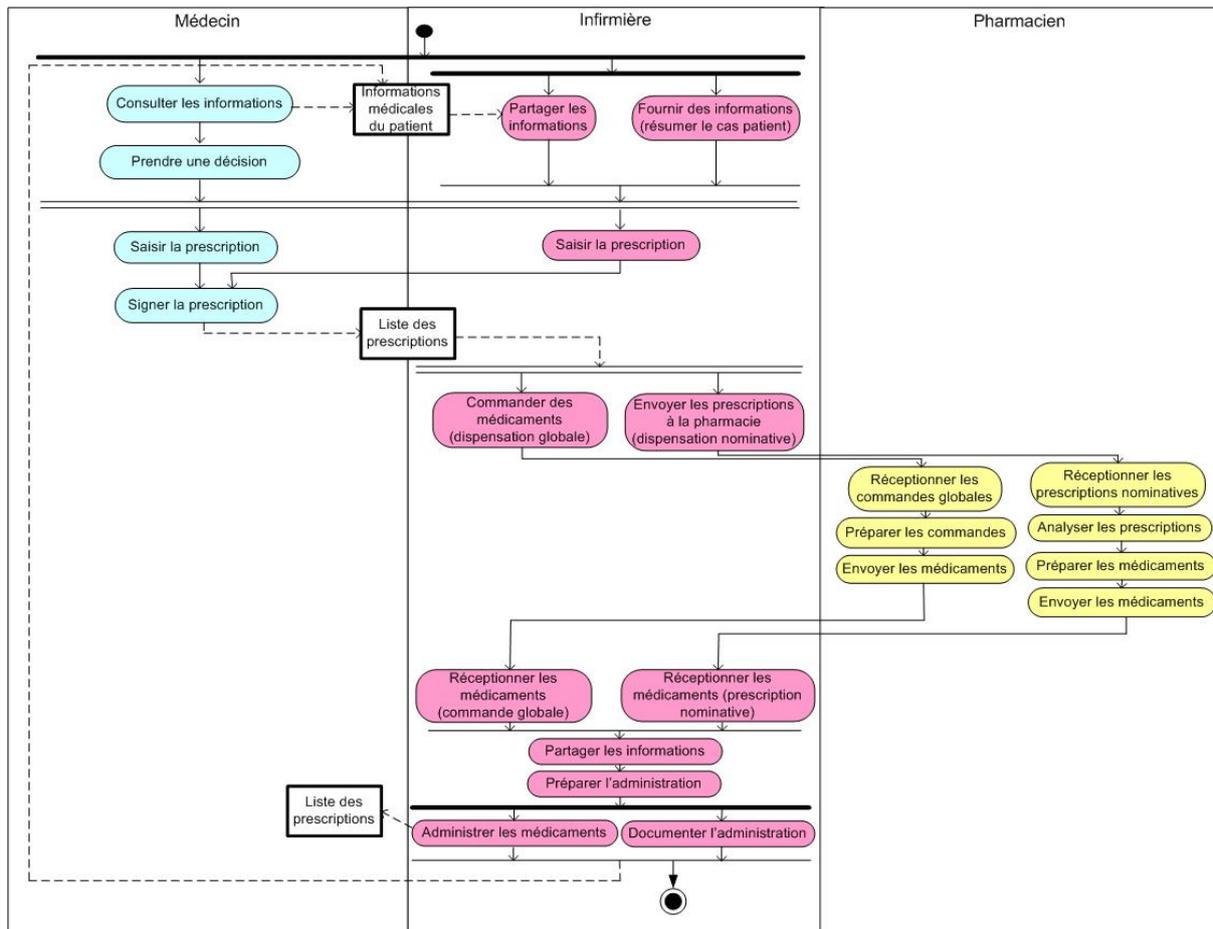


Figure III.15. Description du processus de prescription – administration - dispensation (Situation actuelle observée).

c) Apports

Ce modèle décrit une représentation de la répartition des tâches entre le médecin, l’infirmière et le pharmacien au sein du processus de prescription-administration-dispensation. Si on se focalise sur le rôle de l’infirmière, on peut remarquer, tout d’abord, qu’elle coopère avec le médecin lors de la prise d’information au début du processus. C’est elle qui lui fournit des informations sur le patient. Ensuite, elle prépare les commandes (nominatives et globales) et les transmet à la pharmacie. Elle réceptionne les commandes et gère les administrations. Enfin, elle contrôle, administre les médicaments et documente les dossiers des patients. En résumé, on constate qu’elle joue un rôle important dans le contrôle le processus. Nous verrons dans la section III.3.2, que ce modèle a été confronté à un autre modèle représentant une situation informatisée possible du même processus et qu’il a servi d’aide à l’étude des éventuels changements organisationnels que peut engendrer l’informatisation auprès des responsables du système d’information et des représentants utilisateur.

III.4.2 Deuxième type d'exemples : modèles pour l'analyse de l'informatisation des situations de travail

III.4.2.1 Description de la structure fonctionnelle d’une application supportant la prescription des médicaments

a) Contexte

Un premier exemple concerne l’analyse d’une application existante et son intégration possible au sein d’une situation de travail actuelle. L’objectif des ergonomes est donc tout d’abord, de

comprendre les différentes fonctionnalités proposées par l'application et d'analyser les rôles prévus pour chaque profil utilisateur. Pour cela, il fallait étudier les documents mis à disposition des concepteurs afin de rendre compte de la structure fonctionnelle prévue par le système.

b) Modélisation

Les différents éléments à prendre en compte dans la modélisation étaient : les profils utilisateurs, les modules et fonctions ainsi que les rôles des profils utilisateurs par rapport aux fonctions.

Pour représenter cela, nous avons utilisé le diagramme d'objets UML qui permet de décrire les modules, fonctions et profils utilisateur sous forme d'objets UML et les rôles sous forme de liens UML.

La Figure III.16 montre le résultat obtenu. De nombreuses fonctionnalités ont été prévues par l'application. Cependant, le modèle ne décrit que les fonctionnalités concernant la prescription et la gestion des commandes pharmaceutiques car les objectifs du projet étaient d'analyser uniquement les fonctions se rapportant à la prescription des médicaments. Nous avons donc distingué chaque type d'objets par des stéréotypes UML. Par exemple, nous avons représenté les types d'objets « utilisateur », « module », « fonction ». Des liens stéréotypés ont également été utilisés pour représenter les rôles prévus pour les profils utilisateur. Par exemple, le profil « personnel infirmier » gère la fonction « commande globale ». On peut remarquer que des couleurs ont été ajoutées pour bien mettre en évidence chaque profil utilisateur et leur rôle.

c) Apports

Ce modèle montre une vue d'ensemble de la structure fonctionnelle de l'application pour la gestion des prescriptions et de la dispensation. En confrontant ce modèle à celui de la Figure III.14 concernant l'organisation des commandes entre la pharmacie centrale de l'hôpital et un service de l'hôpital, on peut analyser les rôles des acteurs de la situation actuelle et ceux prévus par l'application. L'intérêt de cette confrontation est de montrer aux responsables du système d'information et des concepteurs de l'application les éventuels changements organisationnels bénéfiques ou non, que l'application existante peut engendrer sur la situation de travail actuelle et ainsi aider à prendre des décisions quant à une éventuelle ré-ingénierie du logiciel. Si on se focalise sur le rôle de l'infirmière, on constate que l'intervention de l'infirmière est pratiquement omniprésente dans le premier diagramme (préparation des commandes, rôle d'intermédiaire entre la pharmacie et le service). Tandis que dans le deuxième, le profil personnel infirmier n'a accès qu'aux commandes globales (c'est-à-dire le petit matériel médical). Ainsi, tout se passe entre le médecin et le pharmacien au sein de l'application. Par conséquent, les rôles sont considérablement différents.

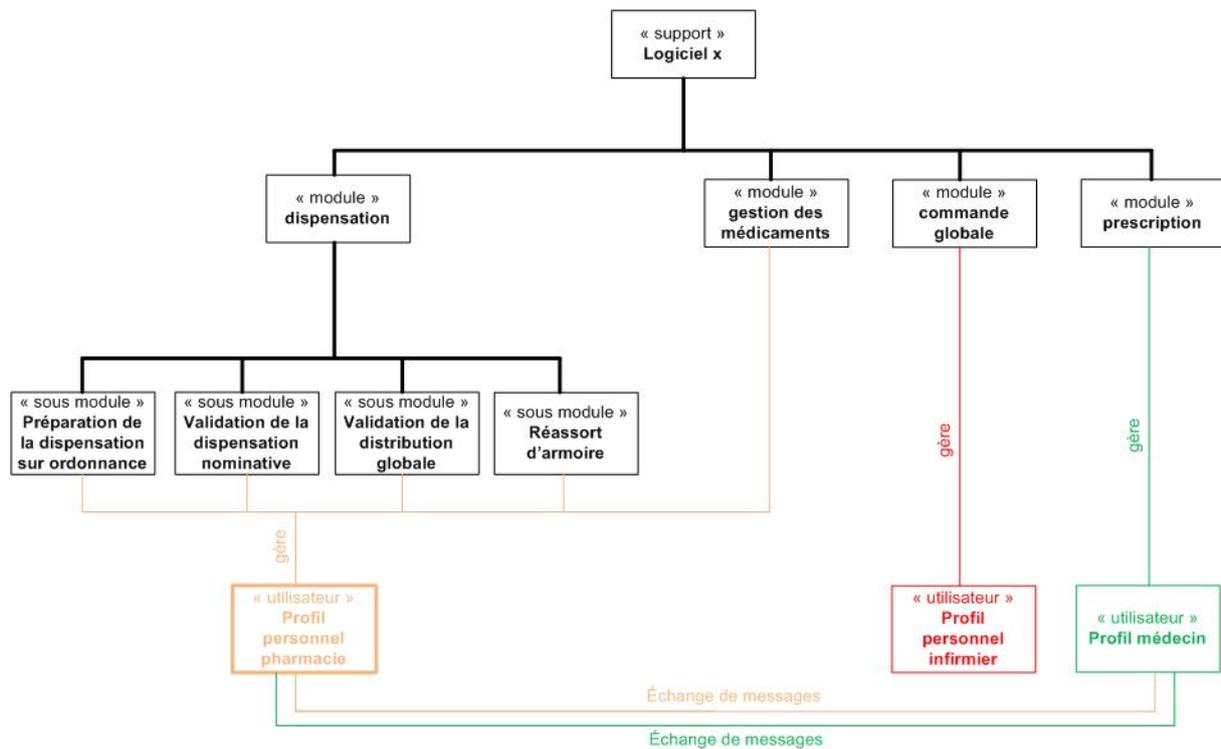


Figure III.16. Organisation fonctionnelle du logiciel (focalisation sur les modules pour la prescription et la dispensation des médicaments).

III.4.2.2 Description anticipée d'une situation de travail informatisée pour le processus de prescription-dispensation-administration

a) Contexte

Le deuxième exemple s'intéresse à l'intégration possible d'un système informatique pour soutenir la distribution des tâches au sein du processus de prescription-dispensation-administration (décrit dans la section III.3.1.2). L'objectif était d'analyser les changements organisationnels engendrés par l'intégration d'un système informatique. Pour cela, les ergonomes ont rassemblé leur connaissance sur les applications de type CPOE (Computerized Physician Order Entry) et sur le processus de prescription-dispensation-administration.

b) Modélisation

Une collaboration avec les ergonomes a également eu lieu pour décrire l'intégration possible d'un système informatique au sein du processus de prescription-dispensation-administration. Les éléments à montrer au sein du modèle étaient : les acteurs, la dynamique des tâches et les supports d'informations utilisés.

Nous avons choisi le diagramme d'activité UML pour les mêmes raisons que le modèle de la Figure III.15. Pour ce modèle, nous avons ajouté une travée pour représenter le système informatique et intégré les tâches possibles de celui-ci. Le résultat obtenu est présenté en Figure III.17. On retrouve la plupart des tâches du modèle de la Figure III.15. Cependant, l'organisation entre les acteurs est différente.

c) Apports

Le modèle qui a été décrit montre la distribution des tâches au sein du processus de prescription-dispensation-administration intégrant un système informatique. Une confrontation avec le modèle de la figure III.13 a permis d'étudier les tâches des acteurs dans

les deux situations. Si on se focalise sur les tâches réalisées par l'infirmière, dans le modèle de la Figure III.15, nous avons vu que l'infirmière contrôle tout le processus. Tandis que dans le modèle de la Figure III.17, les tâches de l'infirmière sont moins importantes (réception des médicaments, préparation de l'administration, contrôle et documente les dossiers des patients) et le logiciel contrôle le processus (support à la prise d'information et à la prescription du médecin, gestion de la dispensation avec la pharmacie). Cette analyse permet donc d'identifier les changements organisationnels engendrés par l'intégration de l'application et ainsi aider les responsables des systèmes d'information à prendre des décisions quant à une réorganisation de la situation de travail et aux types de recommandations à envisager pour le choix d'un système informatique. Par rapport aux diagrammes d'objets présentés précédemment, ce type de modèle apporte plus de détails sur les responsabilités des acteurs.

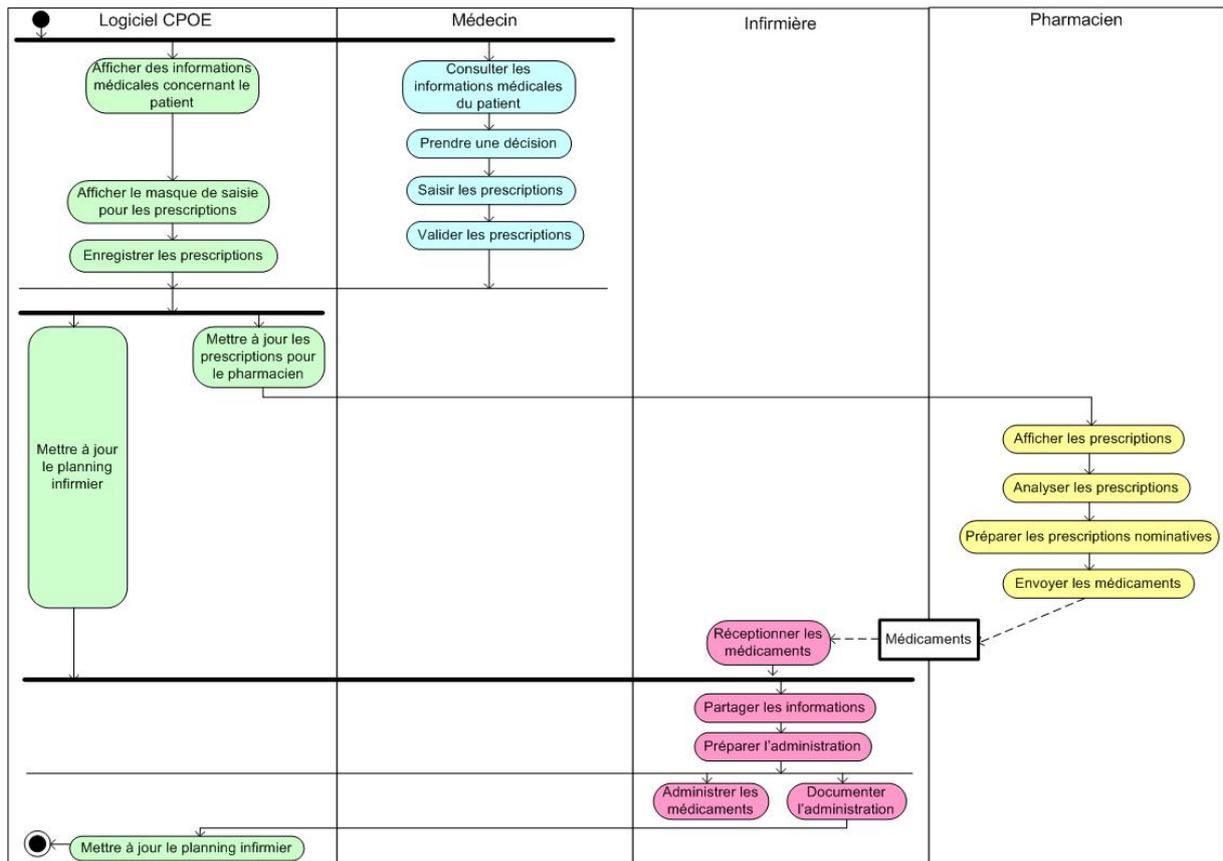


Figure III.17. Description d'une situation de travail anticipée pour le processus de prescription-administration - dispensation (situation informatisée).

III.4.3 Troisième type d'exemple : modèle pour l'aide à la conception, cas de la gestion des prescriptions de perfusions

a) Contexte

Cet exemple présente un modèle visant à aider à la conception de fonctions d'une application de type CPOE. Il s'intéresse à l'activité de prescription des perfusions en milieu hospitalier qui est une activité complexe, gérée principalement par les infirmières et où le choix des composants, les calculs de quantité et de débit demandent des connaissances rigoureuses. Afin d'aider les concepteurs à implémenter la gestion des perfusions au sein des applications, les ergonomes ont voulu mettre en place un modèle décrivant les informations importantes et leurs comportements à prendre en compte. Ces informations sont issues des observations sur le terrain et de l'expérience accumulée par les ergonomes.

b) Modélisation

Un travail de collaboration a tout d'abord été effectué avec les ergonomes pour définir les besoins en information et les éléments à modéliser. Il fallait donc mettre en évidence les différents types d'informations nécessaires (informations obligatoires, optionnelles) et le comportement dynamique pour passer d'un type d'information à un autre.

Pour modéliser cela, nous avons exploité le diagramme d'état-transition UML qui permet de représenter les différents états d'un système avec les actions effectuées lors de l'activation et de la désactivation de l'état ainsi que les changements d'états à l'aide d'évènements. Le nom des états correspondent aux types d'information nécessaires à la gestion des perfusions (ex : durée d'écoulement) et les activités entrantes et sortantes correspondent aux données entrées par l'utilisateur du système (ex : quantité de produit) ou déduites par le système (ex : calcul du débit de la perfusion).

Le résultat obtenu est présenté en Figure III.18. Chaque état représente un type d'information à prendre en compte. Deux états principaux ont été identifiés : paramètres de la perfusion et administration de la perfusion. Chaque état possède plusieurs sous-états. Par exemple, trois sous-états ont été définis pour l'état « paramètre de la perfusion » : composant¹⁴ perfusion libre, composant perfusion fixé et composant perfusion contraint. Si l'utilisateur décide d'ajouter un composant perfusion libre, dans ce cas il saisit une quantité ou un débit. Si il décide d'ajouter un composant perfusion fixé, il doit saisir une quantité et un débit pour le composant et dans ce cas, il est possible de déduire automatiquement des données pour la perfusion (ex : durée d'écoulement).

c) Apports

Ce modèle a pour objectif de représenter une vue du fonctionnement des perfusions du point de vue des ergonomes. Il permet tout d'abord de synthétiser les connaissances des ergonomes sur les perfusions et de servir d'aide mémoire pour différents projets abordant l'analyse des perfusions. Il peut également être utilisé pour aider à la conception de fonction gérant les perfusions. Ainsi, les concepteurs ont une idée des informations importantes à considérer.

¹⁴ Dans notre cas, *composant* signifie produit constituant une perfusion.

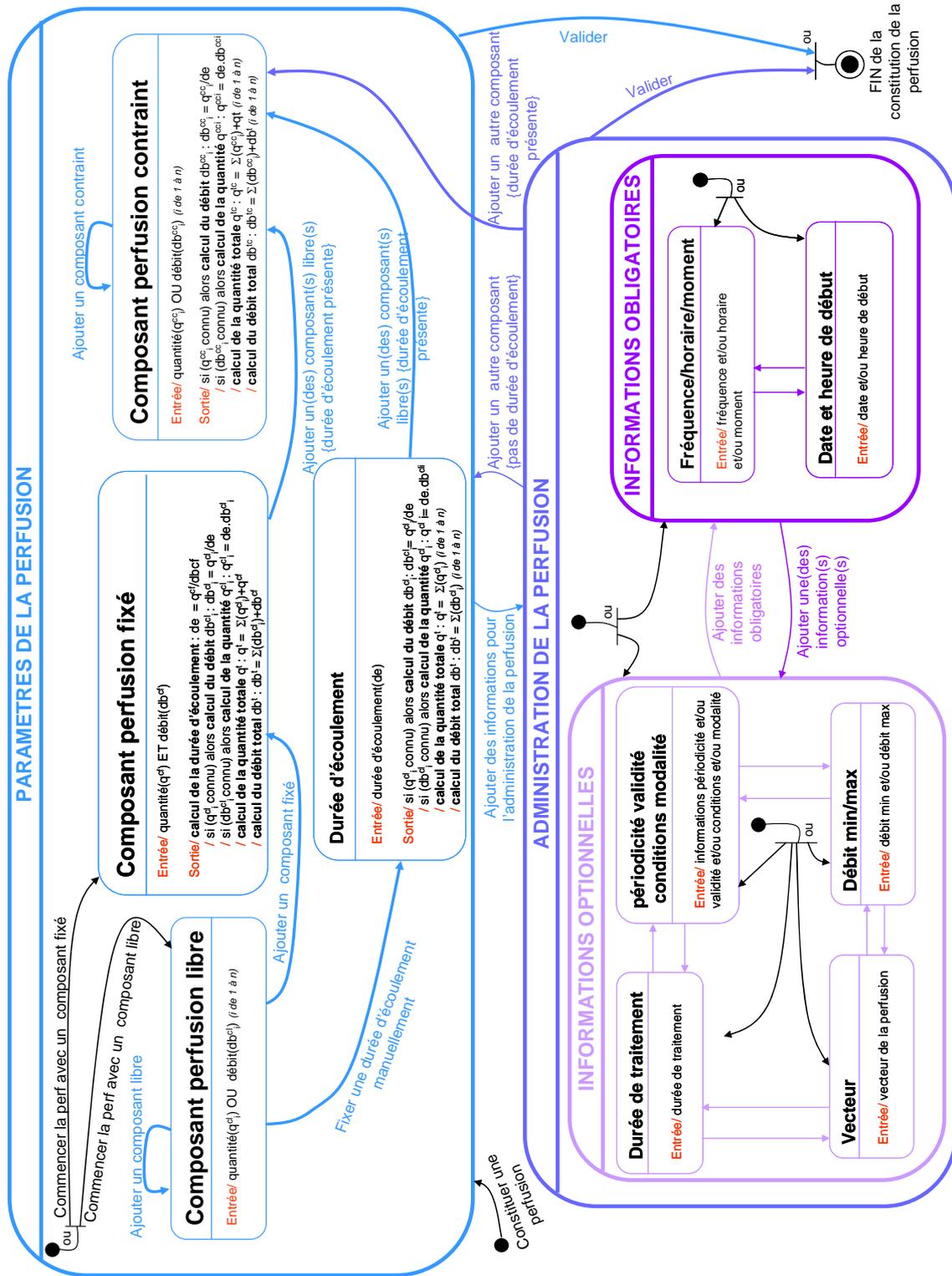


Figure III.18. Description du principe des perfusions.

III.4.4 Conclusion

Nous avons vu dans cette section, plusieurs exemples de modèles issus de cas réels de projet de développement en informatique médicale. Ces exemples montrent l'utilisation des techniques de modélisation du GL et de l'IHM pour l'analyse de situations de travail complexes et l'apport de chaque modèle au sein des projets. Les modèles présentés ont servi de supports de communication avec plusieurs types d'intervenants de projet. Ils pouvaient être

utilisés par des responsables de système d'information pour aider à étudier les changements organisationnels du à l'informatisation d'une situation de travail ; par des ergonomes pour aider à analyser des applications existantes ou en cours de conception ; par des concepteurs pour aider à concevoir les fonctions d'une application. Enfin, nous avons vu que ces supports ont été créés par un spécialiste des IHM en collaboration avec des ergonomes. Nous verrons dans le chapitre VI, d'autres exemples de modèles, réalisés à l'aide de la méthode ErgoPNETs et créés par les ergonomes.

III.5 CONCLUSION DU CHAPITRE

Nous avons présenté dans ce chapitre, les différents concepts de notre approche visant à améliorer la collaboration et la représentation des intervenants au sein des projets. Nous avons proposé un nouveau processus focalisé sur la phase d'analyse des besoins et prenant en compte dans un premier temps la collaboration ergonomiste-concepteur. Au sein de ce processus, nous avons intégré la notion de modélisation pour gérer la représentation des données des intervenants de projet et nous avons introduit le concept d'espace d'échange commun pour favoriser l'échange des données. Enfin, nous avons proposé l'exploitation des techniques du GL et de l'IHM comme langage commun pour la représentation des données. Nous avons vu au travers d'une étude d'un ensemble de techniques du GL et de l'IHM existantes, le potentiel de celles-ci par rapport aux besoins en modélisation de deux types d'intervenant (ergonomes et informaticiens). Enfin, des exemples de modèles issus de cas réels de projet de développement de systèmes interactifs supportant le circuit du médicament en milieu hospitalier, ont montré des cas d'application concrets d'utilisation de techniques du GL et de l'IHM pour la création de modèles.

Nous avons rassemblé ces concepts et proposé la conception d'un système interactif d'aide à la modélisation, permettant d'aider l'intervenant de projet à choisir une solution de modélisation adaptée en fonction de ses besoins en modélisation. Cette solution de modélisation pourra ensuite être utilisée pour la création de modèle(s). Ces modèles viendront alimenter l'espace d'échange commun et serviront de supports de travail communs avec les autres intervenants de projet. Le chapitre suivant présente les principes du système d'aide à la modélisation proposé.

IV PROPOSITION D'UN SYSTEME INTERACTIF D'AIDE A LA MODELISATION

IV.1	Introduction	118
IV.2	Analyse des besoins pour la conception du système d'aide à la modélisation	118
IV.2.1	Présentation d'un processus décisionnel pour l'aide à la résolution de problème	119
IV.2.2	Définition d'un processus d'aide à la décision pour la résolution du problème de représentation des données au sein des projets	119
IV.2.3	Définition des besoins fonctionnels à prendre en compte dans le système d'aide à la modélisation	121
IV.3	Spécification du système d'aide à la modélisation.....	122
IV.3.1	Description des fonctions du système d'aide à la modélisation.....	122
IV.3.2	Description du comportement des fonctions du système d'aide à la modélisation..	128
IV.3.3	Description de l'architecture du système d'aide à la modélisation	131
IV.4	Présentation du prototype supportant notre approche	132
IV.4.1	Méthodologie pour la conception et l'implémentation du prototype.....	132
IV.4.2	Présentation des interfaces homme-machine du système d'aide	133
IV.5	Evaluation du système d'aide à la modélisation.....	147
IV.5.1	Méthodologie	148
IV.5.2	Résultats	150
IV.6	Conclusion du chapitre	159

IV.1 INTRODUCTION

Le chapitre précédent a décrit les principes d'une approche dont l'objectif est la création de supports de travail communs entre intervenants de projet. Nous avons vu également que cette approche se base sur l'exploitation des techniques de modélisation du GL et de l'IHM pour la création de supports communs entre intervenants de projet.

Afin de compléter notre approche, nous proposons la conception d'un système d'aide à la modélisation. Ce système a pour principes :

- L'aide aux choix de solutions de modélisation adaptées aux besoins des intervenants de projet. Pour cela, il permet d'une part d'aider à l'identification des besoins en modélisation de l'utilisateur (du système d'aide), et d'autre part d'aider à évaluer différentes solutions de modélisation possibles issues du GL et de l'IHM.
- L'aide à la modélisation. Pour cela, il offre la possibilité de créer des modèles à l'aide d'un logiciel de dessins techniques existant et de bibliothèques d'éléments graphiques mises en place spécifiquement pour notre approche.

L'outil proposé permet la création de profils utilisateur correspondant à l'activité de chaque intervenant de projet. Actuellement, il intègre (1) un profil utilisateur « ergonomes » permettant aux ergonomes de représenter leurs données de manière pertinente et (2) un profil « informaticien » permettant de représenter de manière compréhensible les données issues de la conception des systèmes ; il est extensible à d'autres profils.

Ce chapitre décrit les principes de conception du système d'aide à la modélisation, tout en y incluant des notions de base sur les systèmes d'aide à la décision, l'évaluation d'une première version de notre système, auprès d'un groupe d'utilisateurs potentiels, y est également décrite.

IV.2 ANALYSE DES BESOINS POUR LA CONCEPTION DU SYSTEME D'AIDE A LA MODELISATION

Le système proposé pour l'aide à la modélisation a pour objectif principal de guider les intervenants de projet à choisir parmi les nombreuses techniques de modélisation proposées disponibles en GL et en IHM, en mettant en évidence leurs caractéristiques. Nous avons donc considéré que ce système doit être capable d'aider à résoudre le problème de représentation des données au sein des projets. C'est pourquoi, nous nous sommes basés sur le principe des systèmes d'aide à la décision pour atteindre cet objectif.

Bien qu'il existe de nombreux environnements de modélisation supportant les techniques du GL et de l'IHM (ex : BOUML, CTTE, KMAD), nous proposons également une fonction supportant la modélisation au sein de notre système, pour permettre aux intervenants de projet d'aboutir à un modèle (cependant, on pourrait envisager de guider l'intervenant de projet vers l'outil de modélisation existant correspondant à son choix, cf. le dernier chapitre). Dans notre approche, l'outil que nous proposons d'utiliser pour gérer la modélisation, est un logiciel de dessins techniques (le logiciel Visio ©) offrant une grande flexibilité et permettant l'utilisation d'éléments graphiques adaptables pour chaque solution de modélisation.

Après une présentation de concepts de base concernant les systèmes d'aide à la décision, nous présentons le principe de conception du système d'aide à la modélisation en deux étapes : (1) la mise en place d'un processus d'aide à la décision pour la résolution du problème de représentation des données et (2) la définition des différentes fonctionnalités du système d'aide à la modélisation répondant au processus défini. Actuellement et comme précisé plus

haut, notre système d'aide à la modélisation prend en compte deux profils : *ergonome* et *informaticien* [Bernonville et Beuscart-Zépher, 2008].

IV.2.1 Présentation d'un processus décisionnel pour l'aide à la résolution de problème

Au fur et à mesure de leur évolution, les systèmes d'aide à la décision ont été définis selon des points de vue différents [Gorry et Scott Morton, 1971 ; Checroun, 1992]. Nous avons retenu la définition de Lepreux [Lepreux, 2005] qui définit un système d'aide à la décision comme un système interactif devant assister un décideur tout au long de son processus de décision par des interactions adaptées ; il est composé d'outils de mesure, d'analyse, de comparaison qui doivent l'aider dans l'évaluation des solutions possibles. Cette définition correspond à notre approche dans la mesure où nous proposons un système interactif aidant l'intervenant de projet à décider d'un choix de solution de modélisation correspondant le mieux à ses besoins, en le guidant dans l'identification et la comparaison des informations.

Les systèmes d'aide à la décision sont basés sur des processus décisionnels ; ceux-ci doivent correspondre aux processus cognitifs mis en œuvre par les décideurs pour résoudre un problème. Balasubramanian et ses collègues [Balasubramanian *et al.*, 1999] propose un processus de décision en cinq étapes pour capturer et organiser des connaissances au sein d'une organisation. Les cinq étapes sont les suivantes :

- (1) **Définition du contexte et du but de la décision** : résultats, événements, objectifs, information pouvant changer ou améliorer une situation.
- (2) **Identification des options possibles** : choix d'une ou plusieurs solution(s).
- (3) **Spécification des éléments à prendre en compte** : facteurs, conditions devant être pris en compte dans la décision et guidant dans le choix d'une solution.
- (4) **Evaluation des solutions possibles** par rapport aux besoins : choix de solutions compatibles avec les besoins et contribuant à la concrétisation des objectifs.
- (5) **Mise en œuvre** de la décision et **vérification** des résultats : définition d'un plan pour la mise en œuvre et mise en pratique du plan ; vérification des résultats par rapport aux objectifs de départ.

Nous nous sommes basés sur ce processus pour en définir un nouveau permettant de résoudre le problème de représentation des données. Ce processus nous a semblé pertinent pour permettre d'extraire les informations utiles à la résolution de notre problème. Ce processus est défini dans la section suivante.

IV.2.2 Définition d'un processus d'aide à la décision pour la résolution du problème de représentation des données au sein des projets

Le problème à résoudre par notre système est la représentation des données par l'intervenant au sein des projets de développement. Nous avons donc défini, dans un premier temps, un processus de décision pour la résolution du problème « représentation des données ». Nous avons déterminé le processus décrit en Figure IV.1 en nous inspirant de celui de Balasubramanian et ses collègues [Balasubramanian *et al.*, 1999]. Ce processus permet de capturer les informations déterminantes pour la représentation des données de l'intervenant de projet. Les étapes de notre processus sont les suivantes :

- (1) **Définition du contexte du projet et du but de la représentation** : objectifs du projet, tâches à réaliser.

- (2) **Identification des moyens disponibles pour la représentation des données** : état de l'art des solutions possibles pour la représentation des données.
- (3) **Spécification des contraintes à prendre en compte pour la représentation** : destinataires du modèle, contraintes du projet, besoins spécifiques.
- (4) **Evaluation des solutions possibles** en fonction des contraintes : analyse des solutions possibles en prenant en compte les contraintes de modélisation et décision d'un choix de solution.
- (5) **Représentation des données et vérification des résultats** : utilisation de la solution choisie pour la représentation des données, relecture des résultats, échange et discussion avec d'autres intervenants pour la vérification.

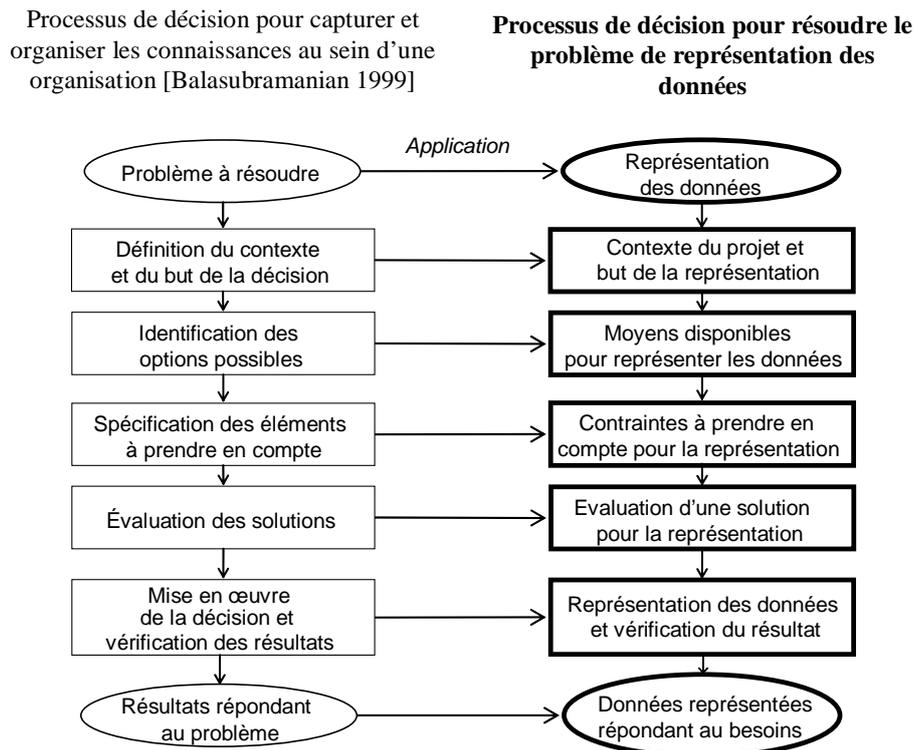


Figure IV.1. Processus de décision pour la résolution du problème « représentation des données ».

Un exemple illustrant l'application de notre processus de décision peut être le suivant :

- (1) **Contexte de la modélisation et but de la représentation** : rédaction du cahier des charges pour étudier et structurer les besoins lors de la phase d'analyse des besoins.
- (2) **Moyens disponibles pour représenter les données** : langage descriptif, langage graphique, langage mathématique.
- (3) **Contraintes à prendre en compte pour la représentation** : base contractuelle entre le fournisseur et le client, base pour l'implémentation du futur système.
- (4) **Evaluation des solutions possibles pour la représentation** : le Tableau IV.1 présente pour chaque solution, les utilisateurs potentiels ainsi que leurs caractéristiques. Par exemple, le langage naturel faisant partie des langages descriptifs, il peut être utilisé et compris par tous les intervenants. Cependant, le niveau d'ambiguïté peut être élevé car chaque intervenant a son propre jargon.

- (5) **Représentation des données et vérification du résultat** : rédaction du cahier des charges (ex : langage naturel, maquettes). Transmission aux autres membres de l'équipe pour vérification des éventuelles incohérences.

Tableau IV.1. Analyse des solutions possibles pour la représentation des données (exemple de la rédaction du cahier des charges).

Techniques	Utilisateurs potentiels	Caractéristiques
<i>Langage naturel</i>	Tous les intervenants du projet	- Vocabulaires différents pour chaque type d'intervenant - Niveau d'ambiguïté élevé - Utilisables par tous les intervenants
<i>Langage de description de programme</i>	Expert	- Notation spécialisée formelle - Nécessite une formation pour l'assimiler - Niveau d'ambiguïté faible
<i>Langage mathématique</i>	Expert	- Notation spécialisée formelle - Nécessite une formation pour l'assimiler - Niveau d'ambiguïté très faible
<i>Langage d'analyse et de conception</i>	- Analyste - Développeur - Spécialiste de l'IHM - Spécialistes des FH - Spécialistes des systèmes d'information	- Conçus pour des types d'applications différents - Limites des langages, méthodes et modèles pour certains domaines - Langages spécifiques au domaine de chacun - Pouvoir d'expression élevé
<i>Maquette</i>	- Analyste - Développeur - Spécialiste de l'IHM - Spécialistes des FH	- Peut manquer d'explications pour comprendre le contexte et la dynamique et par conséquent rendre difficile l'évaluation - Pouvoir d'expression élevé - Compréhensible par tous les intervenants du projet

IV.2.3 Définition des besoins fonctionnels à prendre en compte dans le système d'aide à la modélisation

Nous avons déterminé un processus de décision pour la résolution du problème de représentation des données. Ce processus a pour but d'identifier les étapes importantes mises en œuvre par les intervenants de projet pour la représentation des données au sein des projets. Nous avons utilisé ce processus pour déterminer les besoins fonctionnels à prendre en compte. Ainsi, à chaque étape du processus de décision correspondent des fonctionnalités (Figure IV.2).

Quatre besoins fonctionnels ont été prévus :

- (1) **Identifier le contexte de la modélisation** : identification des besoins utilisateurs pour la représentation de ses données.
- (2) **Proposer les solutions de modélisation possibles** : proposer des techniques de modélisation du GL et de l'IHM correspondant aux besoins utilisateur.
- (3) **Comparer les solutions de modélisation possibles et choisir une solution de modélisation** : proposer à l'utilisateur un moyen de comparer les solutions de modélisation proposées. Les contraintes à prendre en compte concernent ici des besoins spécifiques de modélisation. Ces besoins spécifiques sont pris en compte dans la fonctionnalité « évaluation » et correspondent aux caractéristiques prises en compte par chaque solution de modélisation.
- (4) **Utiliser la solution de modélisation choisie et vérifier le résultat** : utilisation de la technique de modélisation choisie pour créer un modèle.

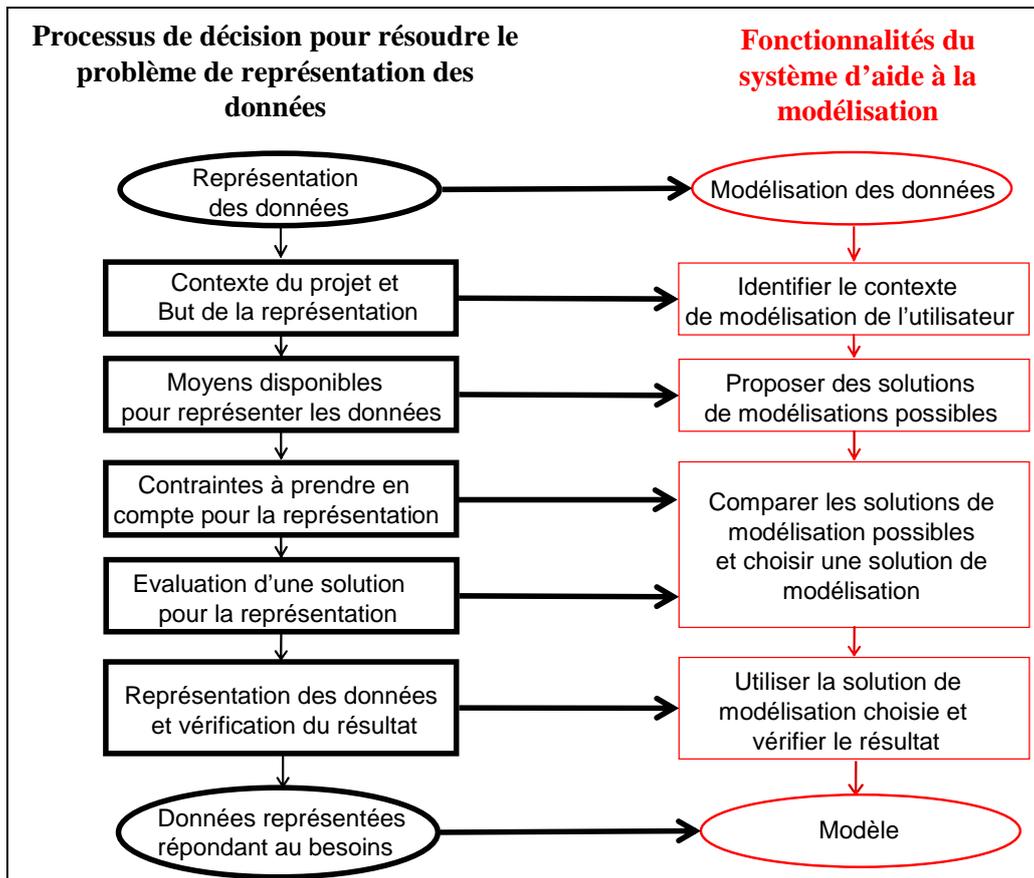


Figure IV.2. Définition des besoins fonctionnels du système d'aide à la modélisation.

IV.3 SPECIFICATION DU SYSTEME D'AIDE A LA MODELISATION

Cette section présente la spécification des fonctions, des procédures prévues pour l'exécution de chaque fonction du système et l'architecture du système d'aide à la modélisation.

IV.3.1 Description des fonctions du système d'aide à la modélisation

Le système d'aide à la modélisation prend en compte les quatre fonctionnalités suivantes : (1) identifier le contexte de la modélisation, (2) proposer des solutions de modélisation, (3) évaluer les solutions de modélisation et choisir une solution de modélisation et enfin (4) utiliser la solution de modélisation choisie. D'autres fonctionnalités ont également été prévues. L'une permet d'identifier l'utilisateur ; une autre permet de gérer les modèles créés pour chaque utilisateur. Pour l'identification des utilisateurs, l'intervenant de projet peut créer un nouvel utilisateur ou s'identifier (dans le cas où il est déjà enregistré). Pour la gestion des modèles créés par l'utilisateur, un système de listes permettant d'organiser les modèles créés a été prévu. L'utilisateur pourra également consulter l'historique de chaque projet, c'est-à-dire visualiser le détail des modèles créés et ajouter des liens entre les modèles créés. La Figure IV.3 synthétise toutes les fonctionnalités du système d'aide à la modélisation décrit ci-dessus, sous forme de diagramme de cas d'utilisation UML.

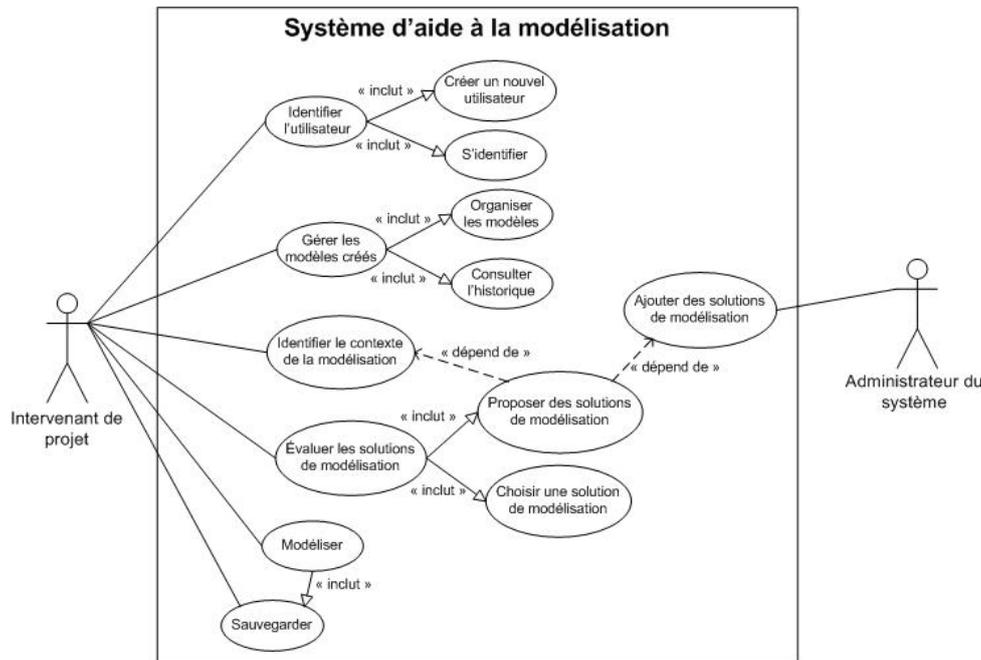


Figure IV.3. Diagramme de cas d'utilisation UML du système d'aide à la modélisation.

IV.3.1.1 Fonction « identifier l'utilisateur »

Le système d'aide à la modélisation prévoit la création de profils utilisateur correspondant à chaque type d'intervenant de projet (comme précisé plus haut, actuellement, deux profils utilisateur ont été prévus : *ergonome* et *informaticien*, d'autres profils pourront être créés par la suite, par exemple un profil *spécialiste de l'organisation*). Le choix de profil va permettre au système d'adapter les informations affichées selon le domaine de l'intervenant de projet, utilisateur du système.

Pour créer un nouvel utilisateur, deux types d'informations doivent être identifiés : le nom utilisateur et le type de profil de l'utilisateur. Pour s'identifier, l'utilisateur sélectionne son nom dans la liste des utilisateurs déjà créée.

IV.3.1.2 Fonction « gérer les modèles »

Pour gérer les modèles, deux sous-fonctions sont prévues : organiser les modèles créés et consulter l'historique d'un projet. Pour l'organisation des modèles créés, le principe est le suivant : à chaque projet correspond un ensemble de modèles créés. Ainsi, chaque utilisateur pourra créer une liste de projets et pour chaque élément « projet » de la liste, il pourra associer une liste de modèles créés.

La Figure IV.4 montre le modèle conceptuel prévu pour l'organisation des modèles créés. Chaque utilisateur correspond à un profil et gère une liste de projets. Une liste de projets est composée de 1 à n éléments « projet ». Enfin, un élément « projet » est composé de 1 à n modèle(s) créé(s).

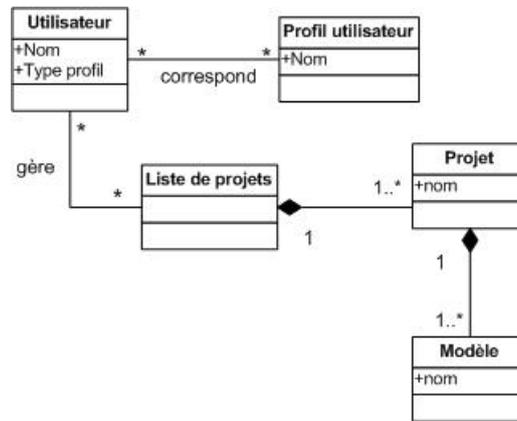


Figure IV.4. Diagramme conceptuel pour la création d'un modèle dans le système d'aide à la modélisation (diagramme de classes UML).

La sous-fonction « consulter l'historique d'un projet » permet de consulter la liste détaillée des modèles créés en synthétisant toutes les informations choisies par l'utilisateur pour l'identification du contexte de la modélisation et l'évaluation des solutions de modélisation. Elle permet également d'associer des modèles entre eux. Un modèle est associé à un autre lorsqu'il décrit une partie de son modèle associé à un niveau plus détaillé ou abstrait.

IV.3.1.3 Fonction « identifier le contexte de la modélisation »

L'identification du contexte de la modélisation permet de déterminer les solutions de modélisation possibles pour représenter les données des utilisateurs en fonction de leurs besoins. Pour cela, nous avons déterminé deux types d'informations à identifier : le contexte de projet et le but de la représentation. Pour identifier ces informations, le système prévoit deux étapes : (1) l'identification de « l'activité du projet concernée » et (2) l'identification du « type d'information à transmettre ». La variable « activité du projet concernée » permet d'identifier la phase de projet dans laquelle se situe l'utilisateur. La variable « type d'information à transmettre » permet de préciser le but du modèle à créer. Ces deux variables sont dépendantes l'une de l'autre. Ainsi, en fonction de l'activité de projet identifiée, les types d'information à transmettre seront adaptés. Chacune des variables possède un ensemble de valeurs possibles que nous avons définies en fonction des profils prévus par le système (ici profil « ergonomique » et profil « informaticien »).

La Figure IV.5 et la Figure IV.6 présentent les valeurs possibles en fonction des profils utilisateurs « ergonomique » et « informaticien ». Chaque type d'intervenant a sa propre représentation d'un projet. Pour le profil « ergonomique », nous avons déterminé trois activités possibles : « analyse de la situation de travail », « évaluation d'un système » et « recommandation pour la conception ». Ensuite, pour chaque activité, nous avons déterminé les « types d'information à transmettre » possibles :

- Pour l'activité de projet « analyse de la situation de travail », quatre types d'information à transmettre sont possibles : « structure organisationnelle », « tâches », « interactions homme-machine », « supports d'information ».
- Pour l'activité « évaluation d'un système », deux types d'information à transmettre sont possibles : « problèmes ergonomiques et recommandations correspondantes » et « problème de compatibilité du logiciel avec la situation de travail¹⁵ ».

¹⁵ Ici un problème de *compatibilité* signifie (dans le cadre d'une étude d'une intégration possible d'un outil informatisé au sein d'une situation de travail existante) que le système informatique choisi peut ne pas correspondre à certaines activités de la situation de travail existante. Cette analyse est possible dans notre

- Pour l'activité « recommandations pour la conception », quatre types d'information à transmettre sont possibles : « organisation fonctionnelle du système », « organisation des données du système », « présentation graphique des interfaces du système », « interactions homme-machine du système ».

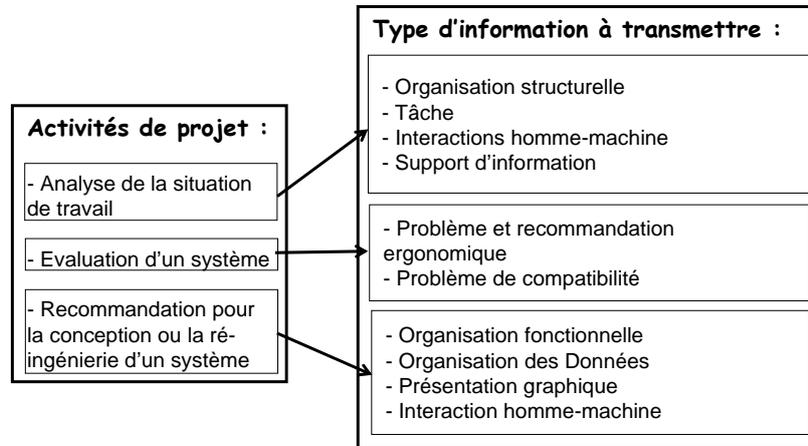


Figure IV.5. Valeurs possibles pour le profil ergonomiste.

Pour le profil « informaticien », nous avons intégré uniquement l'activité « conception » car dans le cas de la collaboration avec les ergonomistes, seules ces données sont nécessaires (d'autres activités peuvent être ajoutées par la suite). Pour cette activité, cinq types d'information à transmettre sont possibles : « utilisateur », « fonctionnalités », « données », « présentation graphique interface », « interaction homme-machine ».

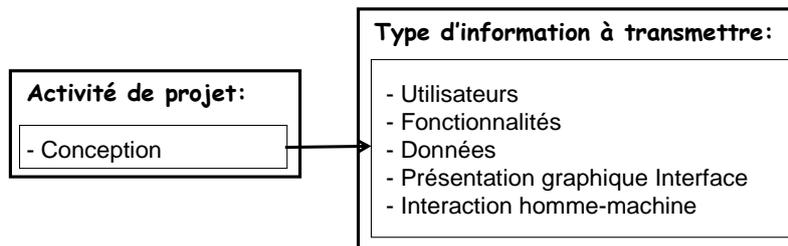


Figure IV.6. Valeurs possibles pour le profil « informaticien ».

IV.3.1.4 Fonction « proposer des solutions de modélisation »

Nous avons vu que notre approche se base sur l'exploitation des techniques de modélisation du GL et de l'IHM pour proposer des solutions de modélisation communes aux intervenants de projet. Pour gérer cette exploitation au sein de notre système, nous avons intégré un premier ensemble de techniques (il est possible d'en ajouter d'autres, comme déjà précisé plus haut).

Les solutions de modélisation proposées par le système d'aide vont dépendre de l'identification du contexte de la modélisation (choix des variables « activité du projet concernée » et « type d'information à transmettre »). En fonction des valeurs de ces variables, une ou plusieurs solution(s) de modélisation sont proposée(s) à l'utilisateur du système. Nous avons donc défini des possibilités en nous focalisant sur un ensemble limité de solutions de modélisation. La Figure IV.7 et la Figure IV.8 présentent les propositions de solutions de modélisation possibles en fonction des choix des valeurs pour les variables « activité du

système en confrontant deux modèles, l'un représentant la situation de travail actuelle, l'autre représentation la situation informatisée anticipée (des exemples de tels modèles ont été présentés dans la section III.4).

projet » et « type d'information à transmettre ». La Figure IV.7 s'intéresse au profil « ergonomiste » et la Figure IV.8 au profil « informaticien ». Les associations ont été déterminées selon le potentiel des techniques de modélisation (cf. chapitre 3). Par exemple, pour le profil « ergonomiste », le choix des valeurs « analyse de la situation de travail » et « organisation structurelle » mène à la proposition de solution de modélisation « diagramme d'objet UML ». Le choix des valeurs « analyse de la situation de travail » et « tâche » mène aux propositions de solutions de modélisation « diagramme d'activité UML », « actigramme SADT ».

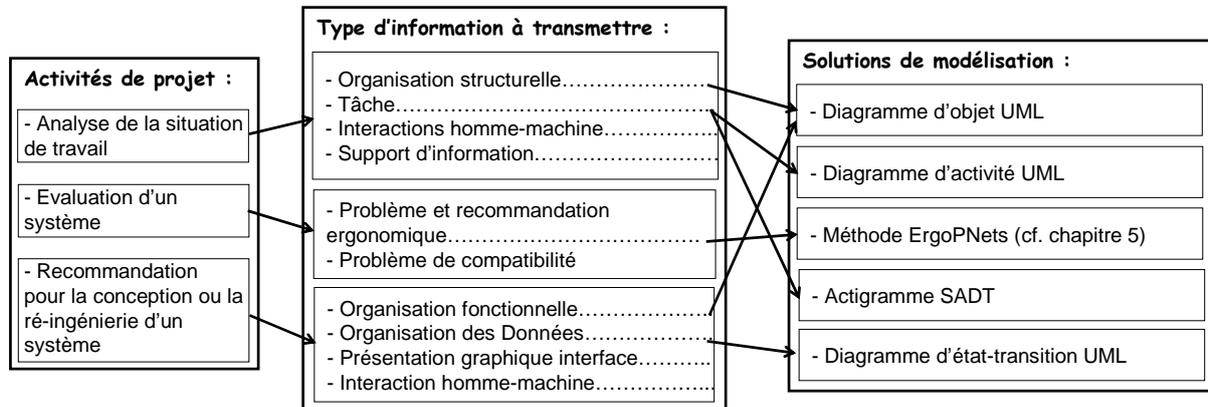


Figure IV.7. Relations entre l'identification du contexte de la modélisation et les propositions de solutions de modélisation (profil ergonomiste).

Pour le profil « informaticien », le choix des valeurs « conception » et « Fonctionnalités/tâches » mène aux propositions de solutions de modélisation « diagramme d'activité UML », « diagramme d'objet UML », « diagramme de cas d'utilisation UML », « modèle CTT ».

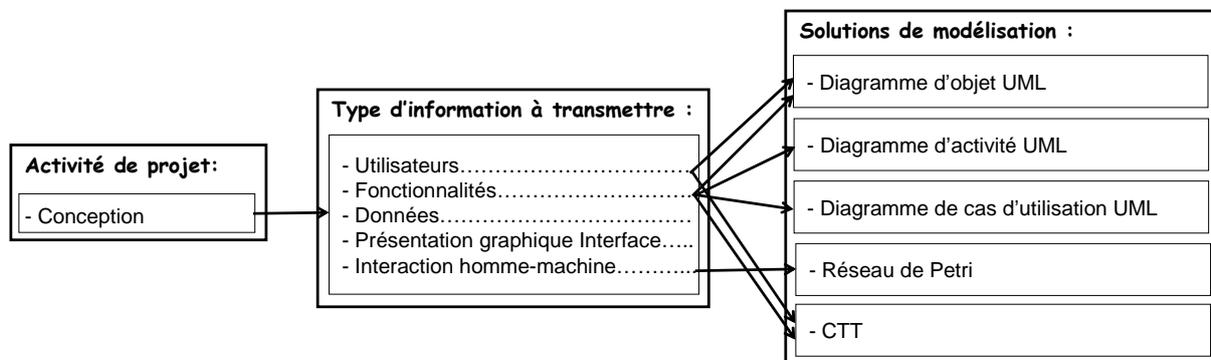


Figure IV.8. Relations entre l'identification du contexte de la modélisation et les propositions de solutions de modélisation (profil informaticien).

IV.3.1.5 Fonction « évaluer les solutions de modélisation proposées »

L'évaluation des solutions de modélisation permet à l'utilisateur de comparer les différentes propositions du système d'aide et de choisir une solution de modélisation pour la représentation de ses données. Pour aider l'utilisateur à comparer les solutions, nous avons associé des caractéristiques correspondant aux éléments de modélisation pris en compte par chaque technique. Comme précisé plus haut, nous avons étudié un ensemble de techniques et déterminé une liste de caractéristiques pour chacune d'elles. Chaque liste de caractéristiques présente les différents aspects de modélisation pris en compte par chaque technique. Les différents aspects peuvent être : description des acteurs ou utilisateurs, description des supports d'informations, description des tâches, description d'éléments spécifiques tels que le

point de départ d'un processus, la modélisation d'activités en parallèle... Par exemple, le diagramme d'activité UML permet de modéliser les éléments suivants :

- l'activité d'un seul acteur,
- l'activité de plusieurs acteurs,
- l'enchaînement logique des étapes constituant l'activité,
- les objets créés ou modifiés pendant l'activité (les objets peuvent être des supports d'information (ex : document papier) créés ou modifiés pendant l'activité),
- les conditions d'exécution d'une étape de l'activité,
- les étapes synchronisées,
- le début du processus,
- la fin du processus.

Ces éléments correspondent aux caractéristiques du diagramme d'activité UML et pourront être présentés à l'utilisateur afin qu'il puisse se faire une idée des capacités de modélisation de la solution de modélisation proposée.

Ces caractéristiques peuvent être étendues ou modifiées. De nouvelles caractéristiques peuvent également être créées en fonction de l'ajout de techniques du GL et de l'IHM. Dans la partie IV.4 concernant la présentation du prototype du système d'aide, nous verrons la mise en place de la méthode du tri de cartes, pour l'organisation de l'affichage des caractéristiques au sein de l'interface homme-machine du système.

IV.3.1.6 Fonction « modéliser »

La modélisation permet à l'utilisateur de représenter ses données. Pour supporter la modélisation, l'utilisation d'un logiciel de dessins techniques existants est prévue. Il permet de proposer à l'utilisateur des bibliothèques d'éléments graphiques pour créer chaque modèle envisagé. En fonction de la solution de modélisation choisie lors de l'évaluation, la bibliothèque d'éléments graphiques correspondante est affichée.

Un ensemble de bibliothèques a été créé pour supporter la modélisation dans le cadre de notre approche. Ces bibliothèques sont constituées d'éléments graphiques correspondant aux caractéristiques des techniques du GL et de l'IHM. Par exemple, la caractéristique « modélisation de l'activité de plusieurs acteurs » est associée à l'élément graphique existant « couloir acteur (ou travée) ». Certaines bibliothèques ont fait l'objet de quelques adaptations et extensions. Les adaptations et les extensions sont issues de besoins évoqués par les intervenants de projet avec lesquels nous avons collaborés. Une adaptation est une utilisation simplifiée d'un élément existant d'une technique du GL et de l'IHM. Par exemple, « un état pour les réseaux de Petri, a été transformé en « action de l'utilisateur avec le système interactif ». Une extension est l'ajout d'un nouvel élément graphique. Par exemple, l'élément « choix d'activité » (exécution de l'activité A **ou** de l'activité B) a été ajouté pour le diagramme d'activité UML. Les extensions peuvent également correspondre à la mise en place de nouvelles techniques. Par exemple, une technique aidant à la description de problèmes ergonomiques et des recommandations correspondantes, basée sur l'utilisation conjointe des réseaux de Petri et de critères ergonomiques, a été mise en place (cf. description de cette méthode appelée *ErgoPNets* dans la troisième partie de ce mémoire). Une bibliothèque d'éléments graphique a donc été conçue spécifiquement pour cette méthode intégrant des éléments graphiques liés aux réseaux de Petri et des éléments liés à l'évaluation ergonomique.

Des exemples de bibliothèques d'éléments graphiques seront fournis dans la partie IV.4.

IV.3.2 Description du comportement des fonctions du système d'aide à la modélisation

La Figure IV.9 montre les différentes étapes et évènements prévus par notre approche (utilisation du système d'aide et modélisation effective). Le modèle identifie également les types de tâches prévus, c'est-à-dire « interactif » (le système a besoin de données entrées par l'utilisateur), « automatique » (le système prend complètement en charge l'exécution d'une opération) ou « utilisateur » (l'utilisateur effectue une opération en dehors du système). Pour le système d'aide à la modélisation, trois évènements sont de type automatique : afficher le contexte de la modélisation adapté au profil utilisateur, afficher les solutions de modélisation possibles en fonction des choix effectués pour l'identification du contexte de la modélisation, lancer le logiciel de dessins techniques et afficher la bibliothèque d'éléments graphiques correspondant à la solution de modélisation choisie. Deux évènements sont de type utilisateur : représenter les données et choisir une solution de modélisation. Enfin, le reste des évènements est de type interactif. Nous allons voir la description du processus dynamique mettant en œuvre ces évènements.

Le point de départ du processus est la représentation de données (l'utilisateur a un ensemble de données qu'il souhaite modéliser).

1. L'utilisateur doit d'abord être identifié. Les étapes prévues pour cette fonction sont les suivantes :
 - **Identification de l'utilisateur** : l'utilisateur peut créer un nouvel utilisateur dans le cas d'une première utilisation ou sélectionner un utilisateur déjà créé.
2. L'utilisateur doit gérer la création d'un nouveau modèle. Les étapes prévues pour cette fonction sont les suivantes :
 - **Identification d'un projet** : l'utilisateur peut sélectionner un projet déjà créé ou en créer un nouveau. Optionnellement, il peut consulter l'historique d'un projet, c'est-à-dire consulter la liste des modèles qu'il a déjà créés pour ce projet.

Par exemple, l'utilisateur participe à un projet où il doit analyser l'activité de prescription du médecin. Il envisage donc de créer un ensemble de modèles pour représenter les données qu'il a récoltées. A l'aide du système d'aide, il crée un nouveau projet intitulé par exemple, « analyse de l'activité de prescription du médecin » auquel il va associer plusieurs modèles. Dans le cas où le projet « analyse de l'activité de prescription du médecin » a déjà été créé lors d'une utilisation antérieure, il peut consulter la liste des modèles qu'il a créés pour celui-ci. Par exemple deux modèles ont été créés, « distribution des tâches entre le médecin et l'infirmière lors du processus de prescription », « description des informations nécessaires à la prise d'information du patient ».

- **Création d'un nouveau modèle** : l'utilisateur ajoute un nouveau modèle pour le projet sélectionné. Lorsque le nouveau modèle est ajouté, le système peut alors proposer les informations pour identifier le contexte de la modélisation adapté au profil utilisateur.

Par exemple, l'utilisateur souhaite créer un nouveau modèle pour le projet « analyse de l'activité de prescription du médecin ». A l'aide du système, il sélectionne le projet dans sa liste et crée le nouveau modèle en indiquant

l'intitulé de celui-ci, par exemple, « description des informations contenues dans une prescription ».

3. L'utilisateur doit identifier le contexte de la modélisation. Les étapes prévues pour la fonction « identification du contexte de la modélisation » sont les suivantes :

- **Choix d'une valeur pour la variable « activité du projet concernée » :** l'utilisateur sélectionne une valeur possible (cf. Figure IV.7 et Figure IV.8). Lorsque la variable est sélectionnée, le système propose les valeurs possibles pour la variable « type d'information à transmettre ».

Par exemple, si l'utilisateur sélectionne la valeur « analyse de la situation de travail » pour « activité du projet concerné », le système propose les valeurs « organisation structurelle », « tâche », « interaction homme-machine », « support d'information ».

- **Choix d'une valeur pour la variable « type d'information à transmettre » :** l'utilisateur sélectionne une valeur possible ou peut modifier son choix précédent (cf. Figure IV.7 et Figure IV.8). Lorsque la variable est sélectionnée, le système propose les solutions de modélisation correspondantes.

Par exemple, si l'utilisateur sélectionne « tâche » pour « type d'information à transmettre », le système lui propose par exemple, les solutions de modélisation « diagramme d'activité UML », « actigramme SADT », « CTT ».

4. L'utilisateur doit évaluer les solutions de modélisation proposées. Les étapes prévues pour la fonction « évaluation des solutions de modélisation » sont les suivantes :

- **Analyse des solutions de modélisation :** l'utilisateur consulte les caractéristiques de chaque solution proposée (cf. la section IV.3.1.4 pour la détermination de ces caractéristiques).

Par exemple, pour le diagramme d'activité UML, les caractéristiques peuvent être : « enchaînement logique d'actions/tâches/processus », « supports d'information utilisés pendant l'activité », « plusieurs acteurs », « point de départ de l'activité »...

- **Choix d'une solution de modélisation :** l'utilisateur choisit une solution de modélisation ou peut modifier ses choix précédent. Lorsque la solution de modélisation est confirmée, le système lance le logiciel de dessins techniques avec la bibliothèque d'éléments graphiques correspondant à la solution choisie.

Par exemple, si l'utilisateur choisit le diagramme d'activité UML, le système lance le logiciel de dessins techniques et affiche la bibliothèque d'éléments graphiques « diagramme d'activité UML » contenant les éléments graphiques pour représenter le point de départ de l'activité (cercle plein), la répartition entre plusieurs acteurs (travées), tâche (rectangle)...

5. L'utilisateur peut procéder à la modélisation. L'étape prévue pour la fonction « modélisation » est la suivante :

- **Réalisation du modèle :** l'utilisateur glisse et dépose les éléments graphiques pour la réalisation du modèle puis enregistre le modèle créé.

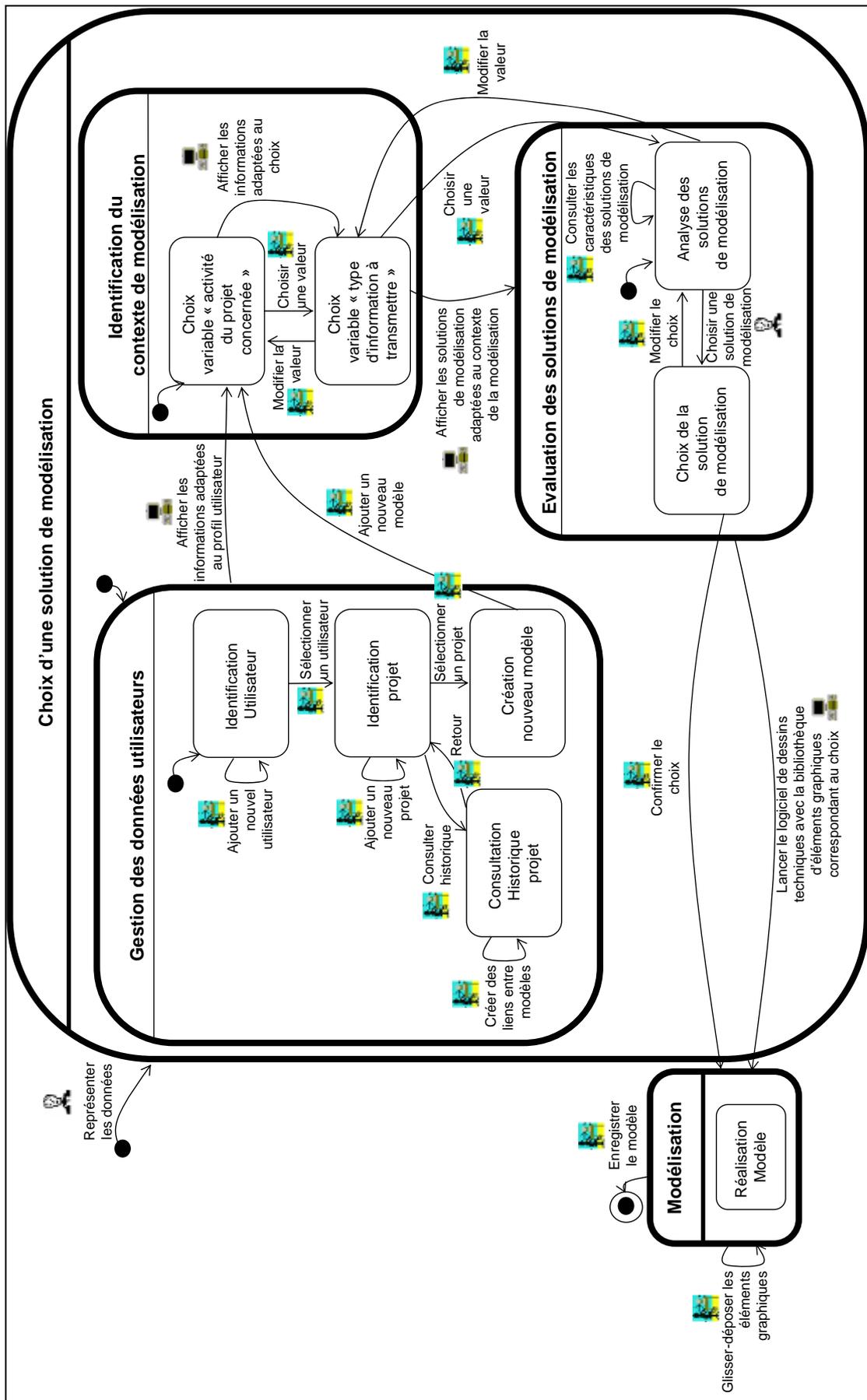


Figure IV.9. Diagramme état-transition UML du système d'aide à la modélisation.

IV.3.3 Description de l'architecture du système d'aide à la modélisation

La Figure IV.10 présente le diagramme de composants du système d'aide à la modélisation. Il montre comment les fonctions présentées précédemment sont implémentées physiquement.

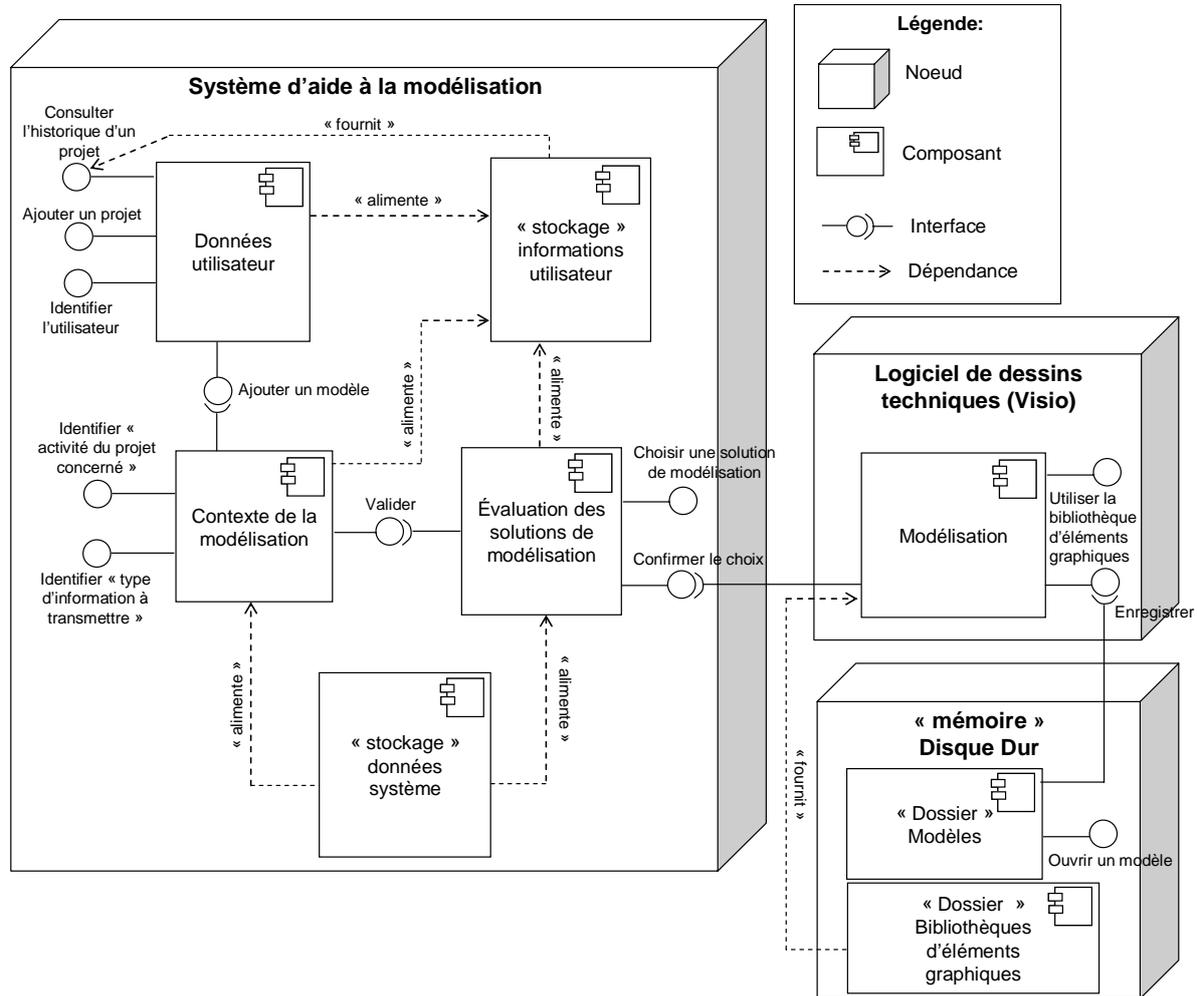


Figure IV.10. Architecture du système d'aide à la modélisation.

L'architecture du système est composée de trois nœuds : « Système d'aide à la modélisation », « Logiciel de dessins techniques » et « Mémoire ».

Le premier nœud « Support d'aide à la décision » comprend trois composants principaux représentant la « gestion des données utilisateur », « l'identification du contexte de la modélisation », « l'évaluation des solutions de modélisation » et deux composants de stockage pour stocker les « données utilisateur » et les « données du système ». Le composant « gestion des données utilisateur » contient quatre interfaces : « identifier l'utilisateur », « Ajouter un projet », « Ajouter un modèle » et « consulter l'historique d'un projet ». Les données de ce composant sont enregistrées dans le composant de stockage « données utilisateur ». Les données enregistrées peuvent être visualisées à l'aide de l'interface « consultation de l'historique d'un projet ». Le composant « identification du contexte de la modélisation » est composé de deux interfaces : « choix de l'activité du projet concerné » et « choix du type d'information à transmettre ». L'affichage des choix possibles selon les profils utilisateur est géré par le composant de stockage « données du système ». Les données du composant « identification du contexte de la modélisation » sont également enregistrées dans le composant de stockage « données utilisateur » et sont visualisable via l'interface

« consultation de l'historique d'un projet » du composant « gestion des données utilisateur ». Le composant « évaluation des solutions de modélisation » est composé d'une interface : « choix d'une solution de modélisation ». Ce composant utilise également le composant de stockage « données du système » pour adapter l'affichage des solutions de modélisation selon les choix effectués. Les données de ce composant sont aussi enregistrées dans le composant de stockage « données utilisateur » et sont visualisables via l'interface « consultation de l'historique d'un projet » du composant « gestion des données utilisateur ».

Le deuxième nœud « logiciel de dessins techniques » correspond à l'exploitation du logiciel Visio ©. Ce logiciel a été choisi car il est facile d'utilisation pour la création de modèle et offre la possibilité de créer des bibliothèques d'éléments graphiques flexibles (un outil de validation syntaxique des modèles a également été prévu, cf. § V.4.2). Il contient le composant « modélisation ». Ce composant exploite l'interface du logiciel Visio pour la création des modèles. L'affichage des bibliothèques d'éléments graphiques correspondant à la solution de modélisation choisie, est géré par le composant de stockage « données du système » qui contient les chemins d'accès aux bibliothèques.

Enfin, le nœud « Mémoire » correspond au disque dur de l'ordinateur. Les modèles créés par l'utilisateur et les bibliothèques d'éléments graphiques créées par le concepteur, y sont enregistrés.

IV.4 PRESENTATION DU PROTOTYPE SUPPORTANT NOTRE APPROCHE

IV.4.1 Méthodologie pour la conception et l'implémentation du prototype

Pour développer le prototype, nous avons utilisé Microsoft Visual Studio 8 Standard Edition, environnement de développement qui intègre l'IDE (Integrated Development Environment) permettant de développer en Visual Basic avec la plateforme .NET. En ce qui concerne la persistance des données, notre choix s'est porté sur la technologie XML, qui nous a permis de stocker les informations mais aussi de pouvoir modéliser à volonté le contenu des interfaces homme-machine du prototype.

Les différentes parties développées sont :

- un module d'identification et de création d'utilisateur,
- des modules d'exploitation de fichiers XML,
- les modules décrivant l'interface utilisant les modules d'exploitation de fichiers XML,
- un module de gestion d'historique de conception,
- l'interface elle-même via l'IDE de Visual Studio,
- un module de communication avec Visio.

Cette décomposition de l'application et l'utilisation des fichiers XML en tant que Système à Base de Connaissance minimal permettent de rendre l'interface modifiable et évolutive. Ainsi, les ensembles de valeurs définis pour les variables « activités du projet concernées », « type d'information à transmettre », les caractéristiques des solutions de modélisation sont facilement implantables. En effet tout élément graphique représentant les variables puise son contenu dans des fichiers XML conçus à cet effet (Figure IV.11). De cette manière, on peut faire apparaître différentes catégorisations des informations selon les désirs du concepteur tant que celles-ci ont été décrites dans le fichier XML.

```

1 <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
2 <racine>
3   <!-- INITITULE DES DIFFERENTES PHASES ET SOLUTIONS PROPOSEES POUR CHACUN DES CAS -->
4   <!-- Veuillez à ne supprimer aucune balise, même si elle ne contient à priori aucune information -->
5   <choix_phase>
6     <!-- CONTEXTE DE MODELISATION-->
7     <choix1>
8       <nom>Analyse de la situation de travail</nom> ← Variable niveau 1
9       <description>Comprendre et documenter les caractéristiques des futurs utilisateurs, les tâches, l'environnement organisationnel et physique des situations
10      travail...</description>
11     <choix_suite>
12       <!-- INFORMATION À TRANSMETTRE -->
13       <choixs1>
14         <nom>Organisation structurelle</nom> ← Variable niveau 2
15         <description>Décrire les composants structurels (ex: service, acteurs, unité...) qui constituent l'organisation d'une situation de travail</descrip
16         <solutions>
17           <s1>4</s1> ← Id de la solution de modélisation correspondante
18         </solutions>
19       </choixs1>
20       <choixs2>
21         <nom>Activité</nom>
22         <description>Décrire le comportement observable (ex: actions, procédure de travail) d'un ou plusieurs sujets</description>
23         <solutions>
24           <s1>1</s1>
25           <s2>2</s2>
26         </solutions>
27       </choixs2>
28       <choixs3>
29         <nom>Interactions Homme-Machine</nom>
30         <description>Décrire les interactions de l'utilisateur avec le système interactif</description>
31         <solutions>
32           <s1>3</s1>
33         </solutions>
34       </choixs3>

```

Figure IV.11. Extrait de fichier XML pour la définition des variables du système d'aide.

Pour chaque « activité de projet concernée » et « type d'information à transmettre », les valeurs sont énumérées via un identifiant faisant référence à une bibliothèque d'une solution de modélisation. Le fichier XML décrivant l'interface est modélisé par un arbre (Figure IV.12). Chaque primitive de l'arbre est une chaîne de caractères décrivant les caractéristiques du nœud.

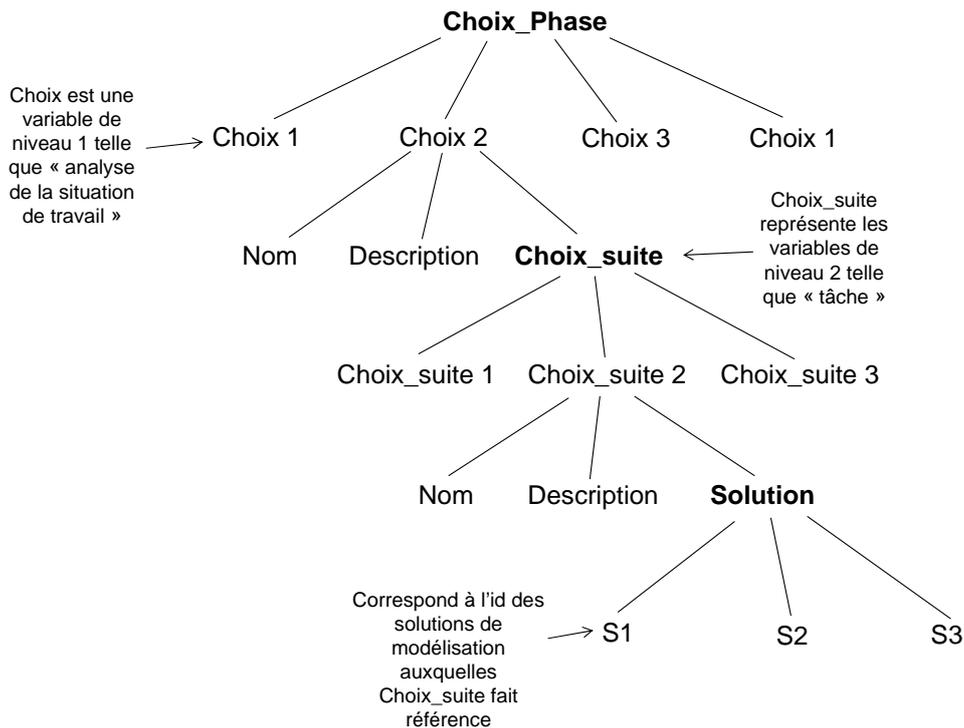


Figure IV.12. Arborescence du fichier XML pour la gestion du choix de l'activité de projet concernée.

IV.4.2 Présentation des interfaces homme-machine du système d'aide

Les copies d'écran présentées ci-dessous, sont organisées selon les composants « gestion des données utilisateur », « identification du contexte de la modélisation », « évaluation des solutions de modélisation » et « modélisation ».

IV.4.2.1 Interfaces homme-machine pour la gestion des données utilisateur

La Figure IV.13 correspond à la page d'accueil du système d'aide à la modélisation. A partir de cette page d'accueil, l'utilisateur a la possibilité de créer un nouvel utilisateur (dans le cas d'une première utilisation) via le bouton « créer un nouvel utilisateur » (Figure IV.14). Pour créer le nouveau utilisateur, l'utilisateur saisit un nom utilisateur et sélectionne le type de profil (actuellement deux types de profils ont été intégrés : ergonomiste et informaticien). Ensuite, il clique sur le bouton « créer » pour enregistrer les informations. Lorsque l'utilisateur est créé (ou déjà inscrit lors d'une utilisation antérieure), il sélectionne son nom utilisateur dans la liste « sélectionner votre nom utilisateur » et clique sur le bouton « ok ».

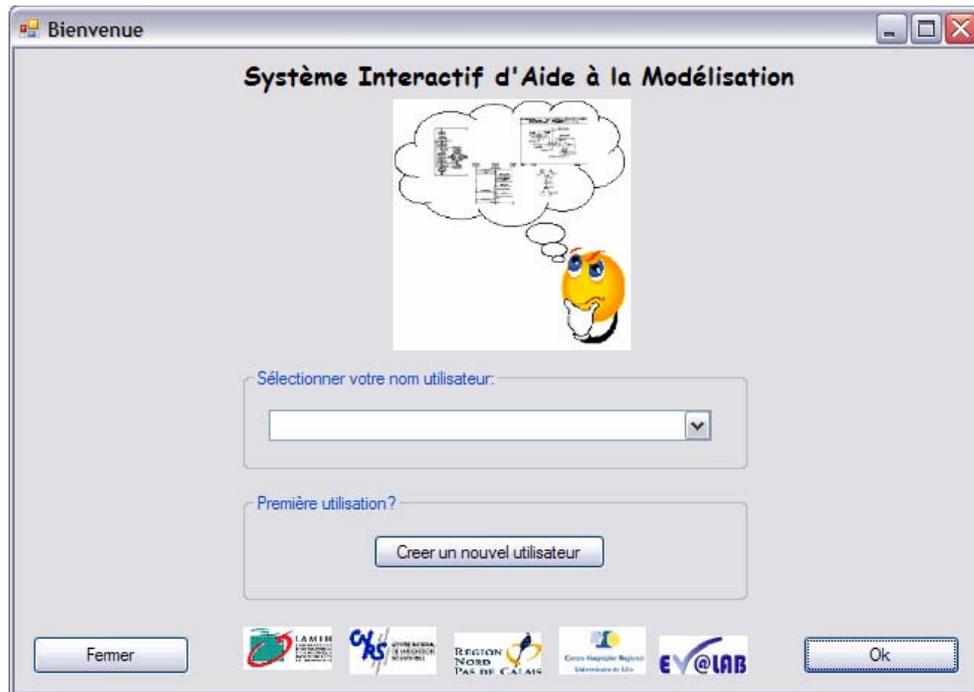


Figure IV.13. Page d'accueil du système d'aide à la modélisation.



Figure IV.14. Fenêtre pour la création d'un nouvel utilisateur.

Suite à son identification, l'utilisateur accède à la page « projet » (Figure IV.15). Cette page affiche une liste de projets créés par l'utilisateur. Pour créer un projet, l'utilisateur clique sur le bouton « créer un nouveau projet » (affichage de la fenêtre « nouveau projet », Figure IV.15), saisit le nom du nouveau projet et clique sur le bouton « ok ». Le nom du projet s'affiche dans la liste. L'utilisateur sélectionne un nom de projet et clique sur le bouton « créer un nouveau modèle » (affichage du même type de fenêtre que la fenêtre « nouveau projet »). Ensuite il saisit le nom du nouveau modèle et clique sur le bouton « ok ». Cela le

mène à l'identification du contexte de la modélisation décrit ci-après. Nous avons vu qu'il est possible de consulter l'historique d'un projet et d'associer des modèles entre eux. Cet historique est présenté sous forme de tableau reprenant le nom du projet sélectionné, le nom des modèles associés, « l'activité du projet concernée », le « type d'information à transmettre » sélectionnés et la solution de modélisation choisie pour la modélisation. Enfin, pour associer des modèles entre eux (fenêtre « association de modèles » sur la Figure IV.16), l'utilisateur sélectionne le modèle auquel il veut ajouter une association, clique sur le bouton « ajouter une association », sélectionne le modèle à associer et clique sur le bouton « ok ». Le nom du modèle associé apparaît dans la colonne « modèle associé » du tableau.

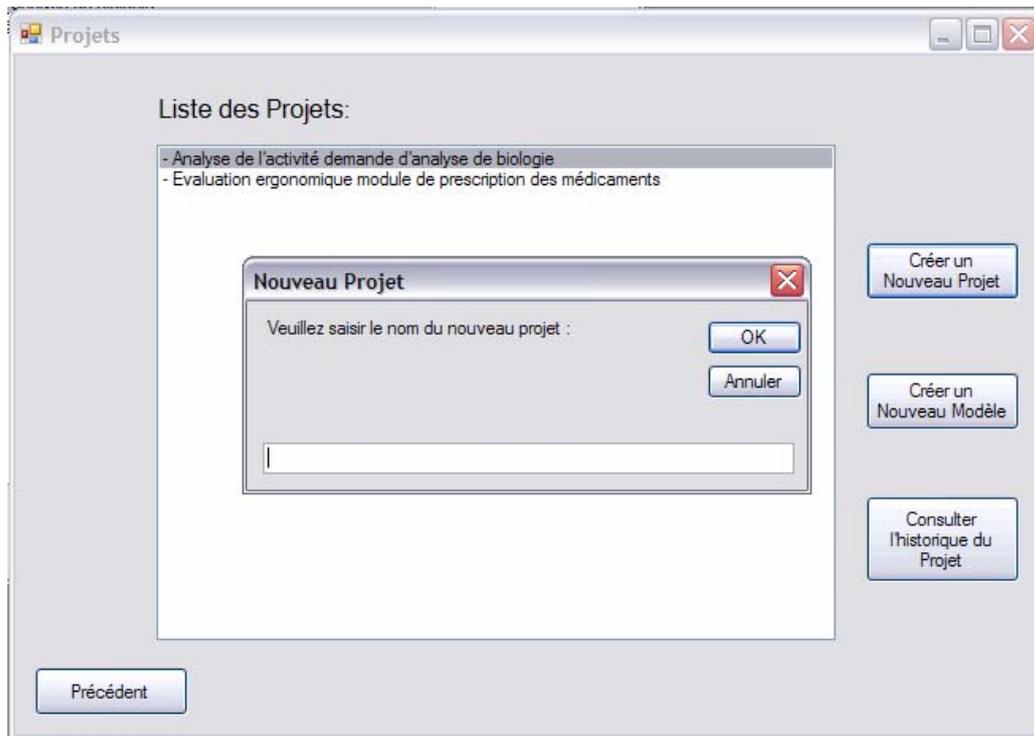


Figure IV.15. Page pour l'identification d'un projet.

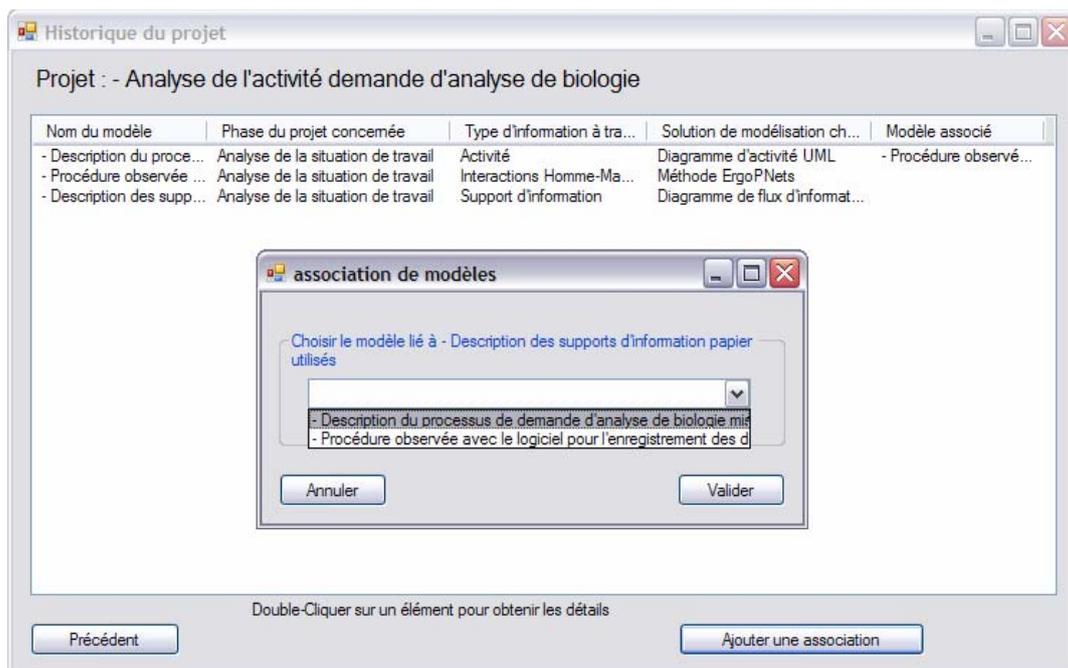


Figure IV.16. Page pour la consultation de l'historique d'un projet.

IV.4.2.2 Interfaces homme-machine pour l'identification du contexte de la modélisation

Pour l'identification du contexte de la modélisation, deux pages ont été prévues : une page pour l'identification de l'activité du projet concerné (Figure IV.17) et une page pour l'identification du type d'information à transmettre (Figure IV.18). Chaque choix est présenté sous forme de bouton. Lorsque le bouton est sélectionné, il change de couleur et une note explicative s'affiche en bas de la page (zone « description »). Quand l'utilisateur a sélectionné « l'activité du projet concernée », il clique sur le bouton « suivant » pour passer au choix du « type d'information à transmettre ». Il clique à nouveau sur le bouton « suivant » pour passer à l'étape « évaluation des solutions de modélisation ».

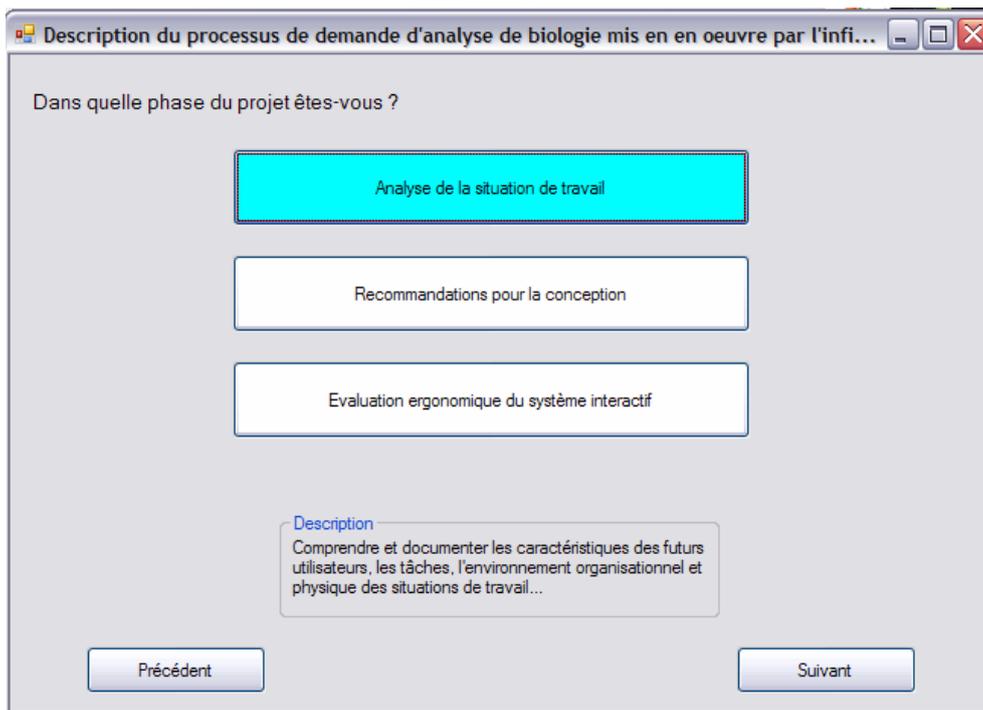


Figure IV.17. Page pour le choix de l'activité du projet concernée.

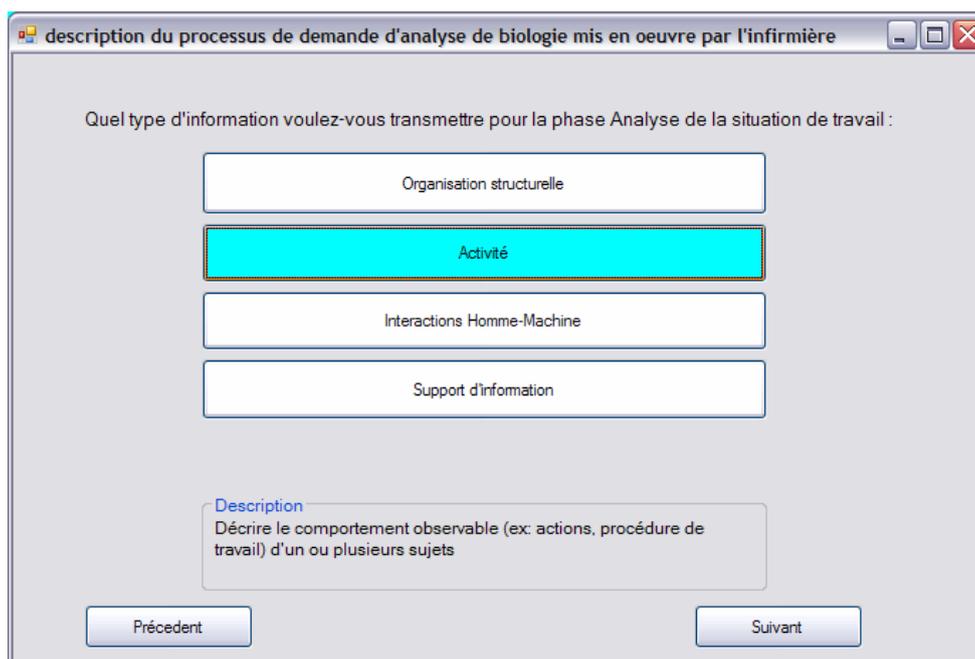


Figure IV.18. Page pour le choix du type d'information à transmettre.

IV.4.2.3 Interfaces homme-machine pour l'évaluation des solutions de modélisation

La page prévue pour l'évaluation des solutions de modélisation (Figure IV.19), permet de visualiser (sous forme d'onglets) les différentes solutions proposées par le système. Cette page propose pour chacune des solutions, une description de ses caractéristiques, c'est-à-dire les différents aspects de modélisation pris en compte par la technique, à gauche de l'interface homme-machine et un aperçu graphique à droite.

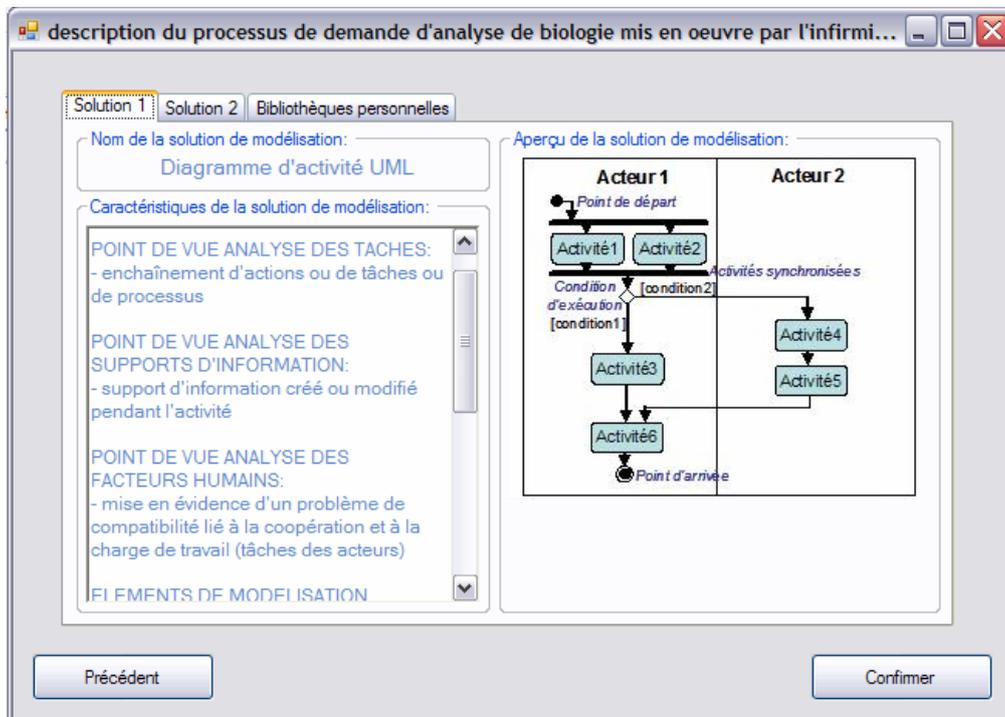


Figure IV.19. Page pour l'évaluation des solutions de modélisation.

Pour déterminer les caractéristiques, nous avons étudié un ensemble de techniques du GL et de l'IHM (cf. chapitre III) et défini une liste. Ensuite, pour vérifier la cohérence de cette liste, nous avons utilisé la technique du tri de cartes (cf. chapitre 1 pour la présentation de cette technique) [Bisseret *et al.*, 1999, Rugg et Mc George, 1997]. Cette technique a permis, d'une part de vérifier la compréhension des termes employés pour désigner chaque caractéristique, et d'autre part former des catégories de caractéristiques pour permettre à l'utilisateur de voir plus facilement sur l'interface homme-machine, ce qui l'intéresse dans la solution proposée.

a) Méthodologie mise en place pour le tri de cartes

L'objectif du tri de cartes était de savoir si des intervenants de projets (futurs utilisateurs du système d'aide) comprenaient les caractéristiques déterminées et comment ils pouvaient les structurer. Le but final est d'aider à reproduire la logique naturelle du futur utilisateur au sein du système d'aide à la modélisation.

Sujets

Deux groupes de participants ont été prévus pour les tests. Ils représentent les futurs utilisateurs du système d'aide à la modélisation :

- Un groupe d'ergonomes faisant partie du laboratoire d'ergonomie (EVALAB) et ayant l'habitude de travailler au sein de projets de conception ou de ré-ingénierie de systèmes interactifs complexes et avec différents partenaires (informaticiens,

utilisateurs finaux...). Durant leur activité, ces ergonomes sont amenés à traduire leurs données pour les transmettre aux autres partenaires de projets.

- Un groupe d'informaticiens, chercheurs en Génie Logiciel et Interaction Homme-Machine (LAMIH, Valenciennes) connaissant bien les projets de conception ou de ré-ingénierie de système interactif et les méthodes et modèles du Génie Logiciel et de l'Interaction Homme-Machine.

Procédure

Suite à l'étude d'un ensemble de techniques du GL et de l'IHM, nous avons défini une liste de caractéristiques et ensuite réalisé des cartes représentant chacune une caractéristique. 41 caractéristiques ont été représentées (Figure IV.20).

Un seul acteur	Caractéristiques des actions/tâches /processus	Support d'information créé ou modifié pendant l'activité	Lien avec un autre modèle	Caractéristiques de l'action de l'utilisateur avec le logiciel
Coopération entre acteurs	Condition d'exécution d'une action/tâche /processus	Support d'information nécessaire pour exécuter une action /tâche/processus	État initial	Explication textuelle du problème ergonomique ou de la recommandation
Rôle des acteurs	Actions/tâches/ processus simultanés	Contenu d'un support d'information	Action de l'utilisateur avec le logiciel	Degré de gravité du problème ergonomique
Enchaînement d'actions/tâches /processus	Actions/tâches/ processus ordonnés	Composant organisationnel d'une situation de travail	Résultat d'une action de l'utilisateur avec le logiciel	Localisation du problème ergonomique ou de la recommandation
État initial	Actions/tâches/processus synchronisés	Composant organisationnel d'un logiciel	Lien entre les actions de l'utilisateur avec le logiciel	Décomposition d'actions/tâches/ processus
Plusieurs acteurs	Lien de dépendance entre actions/tâches/ processus	Composant graphique du logiciel	Matériel nécessaire pour exécuter une action/tâche/ processus	Caractéristique du résultat de l'action de l'utilisateur avec le logiciel
Mise en évidence d'un problème de compatibilité lié à la charge de travail	Lien de dépendance entre composants (organisationnel du logiciel/organisationnel de la situation de travail/ graphique du logiciel)	Lien de dépendance entre composants (organisationnel du logiciel/organisationnel de la situation de travail/ graphique du logiciel)	Lien de dépendance entre cas d'utilisation du logiciel	Cas d'utilisation du logiciel
Mise en évidence d'un problème de compatibilité lié à la coopération	Catégorisation du problème ergonomique (critère ergonomique)	Comportement des données du logiciel	Données du logiciel	Lien avec les activités en parallèle de l'utilisateur du logiciel

Figure IV.20. Ensemble des items proposés pour l'évaluation des solutions de modélisation.

La méthode du tri de cartes consiste à présenter aux sujets l'ensemble ci-dessus sous forme de cartes papier et de leur demander de les organiser par groupes et éventuellement de nommer les groupes qu'ils ont formés. Ainsi, pour chaque sujet, on obtient une liste de groupes comprenant des items. Les tests permettent également de repérer les items non explicites (dans ce cas l'expérimentateur demande au sujet ce qu'il a compris et peut éventuellement lui donner une explication) et s'il semble manquer des items (dans ce cas, le sujet a la possibilité d'en ajouter en utilisant des cartes vierges mises à sa disposition). Pendant toute la durée des tests, le sujet est amené à penser tout haut afin de prendre note de toutes les remarques importantes qui pourraient aider à concevoir le système d'aide. Les remarques peuvent portées sur les items non explicites, les items manquants... Les listes formées par les sujets sont également notées sur papier à la fin de chaque test lorsque le sujet est sûr de ses groupes.

La Figure IV.21 présente le déroulement d'un test. Elle comprend trois parties :

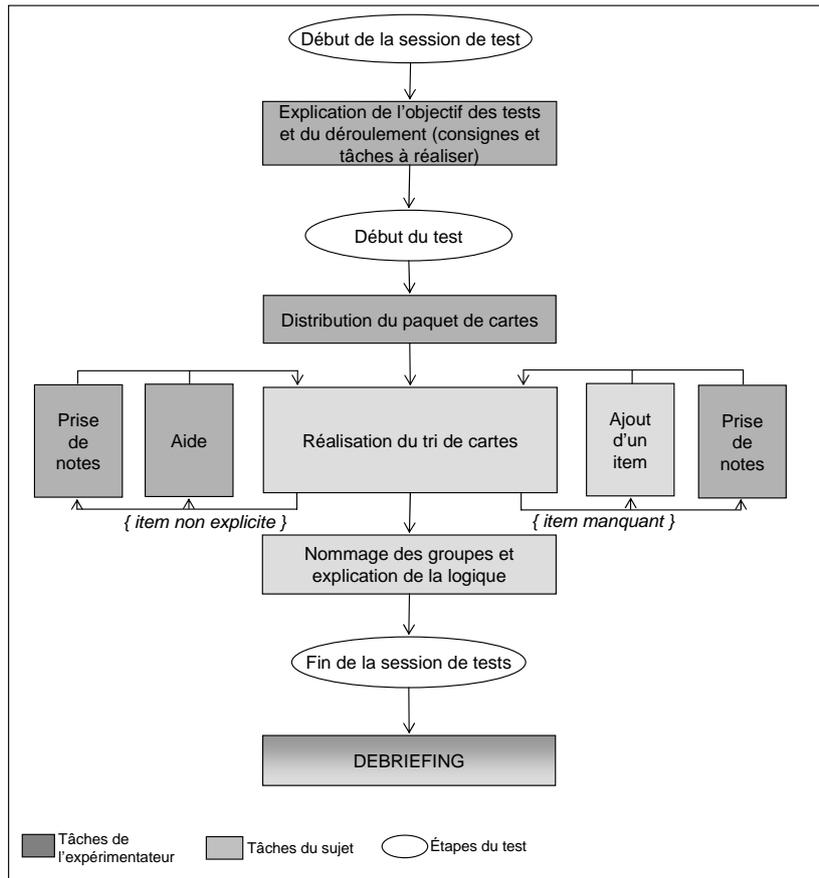


Figure IV.21. Déroulement de la session de tests.

1. Le début de la session correspond à l'explication de l'objectif du test et le déroulement de la session (la même consigne étant donnée à chaque sujet et au début de chaque test, Figure IV.22).
2. Le début du test commence par la distribution du paquet de cartes (trié de manière aléatoire) correspondant aux items pour l'identification du contexte de la modélisation. Ensuite, le sujet réalise son tri. En parallèle, l'expérimentateur peut aider le sujet et prendre des notes lorsqu'il y a un item non explicite ou lorsque le sujet ajoute un item qui lui semble manquant. Enfin, le sujet nomme ces groupes et explique sa logique pendant que l'expérimentateur prend des notes.
3. Enfin, la fin de la session peut amener à un debriefing permettant au sujet d'évoquer toutes sortes de remarques sur le test.

Consigne utilisateur :

« J'ai déterminé un ensemble d'informations utilisées dans les projets de conception de systèmes interactifs. Mon but est d'utiliser ces informations pour concevoir un système interactif destiné à des informaticiens et des ergonomes.
 Ces informations représentent un ensemble de caractéristiques permettant de dire ce qu'un modèle du GL et de l'IHM peut prendre en compte (ex: le diagramme d'activité UML peut modéliser plusieurs acteurs, l'enchaînement des activités...).
 La consigne est selon votre point de vue d'informaticien ou d'ergonome et selon votre logique de classer les cartes sous forme de tas. Si vous ne comprenez pas un mot, n'hésitez pas à me demander la signification (ce test me sert également à savoir si les mots employés sont explicites). Enfin, si vous pensez qu'il manque une information, des cartes vierges sont à votre disposition. Lorsque vous aurez fini, je vous demanderai les raisons de votre classement et d'attribuer un nom à chacun de vos tas. »

Figure IV.22. Consigne utilisateur (fournie oralement) pour la mise en œuvre du tri de cartes.

b) Résultats

Analyse des données

L'analyse des données du tri de cartes est effectuée *a posteriori*. Elle consiste à repérer quels groupes ressortent de toutes les sessions confondues. L'application choisie pour traiter les données est *CardSword* (logiciel gratuit disponible sur cardsword.sourceforge.net/). Il permet de représenter sous forme graphique les groupes qui ressortent de l'analyse.

L'analyse permettra de comparer si les groupes sont différents en fonction des deux catégories de sujets interrogés (ergonomes et chercheurs) et de comparer les groupes obtenus avec ceux du tri initial vu par le concepteur du système d'aide à la modélisation. L'analyse permettra également de faire ressortir les termes non explicites et manquants.

Données initiales :

Nous avons défini une classification initiale à partir de l'étude des techniques de GL et de l'IHM et selon notre point de vue. L'utilisation de la méthode du tri de cartes a permis de vérifier si cette première classification correspond à celle obtenue lors des tests.

Les groupes sont présentés en Figure IV.23.

<p>Point de vue modélisation des acteurs :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un seul acteur, • Plusieurs acteurs, • Coopération entre acteurs, • Rôle des acteurs. <p>Point de vue modélisation de la dynamique de la situation de travail :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Etat initial, • Etat final, • Enchaînement d'actions ou de tâches ou de processus, • Caractéristiques d'actions ou de tâches ou de processus, • Condition d'exécution des actions, ou des tâches ou des processus, • Actions ou tâches ou processus simultanés, • Actions ou tâches ou processus ordonnés, • Actions ou tâches ou processus synchronisés, • Lien de dépendance entre actions ou tâches ou processus, • Comportement des données du logiciel, • Données du logiciel. <p>Point de vue modélisation des supports à l'activité :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Support d'information créé ou modifié pendant l'activité, • Contenu d'un support d'information, • Support d'information nécessaire pour exécuter une action ou une tâche ou un processus, • Matériel nécessaire pour exécuter une action ou une tâche ou un processus. <p>Point de vue modélisation statique de la situation de travail et du logiciel :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Composant organisationnel d'une situation de travail, • Composant organisationnel d'un logiciel, • Composant graphique du logiciel, • Décomposition d'actions ou de tâches ou de processus, • Lien de dépendance entre composants, • Relation entre cas d'utilisation, • Lien de composition entre composants, • Lien de dépendance entre cas d'utilisation du logiciel, • Cas d'utilisation du logiciel. <p>Point de vue modélisation des interactions homme-machine :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lien avec les activités en parallèle de l'utilisateur du logiciel, • Action de l'utilisateur avec le logiciel, • Résultat d'une action de l'utilisateur avec le logiciel, • Lien entre les actions de l'utilisateur avec le logiciel, • Caractéristique de l'action de l'utilisateur avec le logiciel, • Caractéristique du résultat de l'action de l'utilisateur avec le logiciel. <p>Point de vue modélisation évaluation ergonomique du logiciel :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Catégorisation du problème ergonomique (critère ergonomique), • Localisation du problème ergonomique ou de la recommandation, • Degré de gravité du problème ergonomique, • Explication textuelle du problème ergonomique ou de la recommandation. <p>Point de vue modélisation évaluation compatibilité du logiciel :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mise en évidence d'un problème de compatibilité lié à la charge de travail, • Mise en évidence d'un problème de compatibilité lié à la coopération. <p>Lien avec un autre modèle</p>

Figure IV.23. Classification initiale (réalisée par le concepteur du système d'aide).

Cette catégorisation initiale montre l'organisation des caractéristiques selon notre point de vue. Nous avons nous-même utilisé la méthode du tri de cartes et l'application *CardSwort* pour représenter de manière graphique nos regroupements (Figure IV.24) dans le but de pouvoir les comparer avec ceux obtenus suite aux tests.

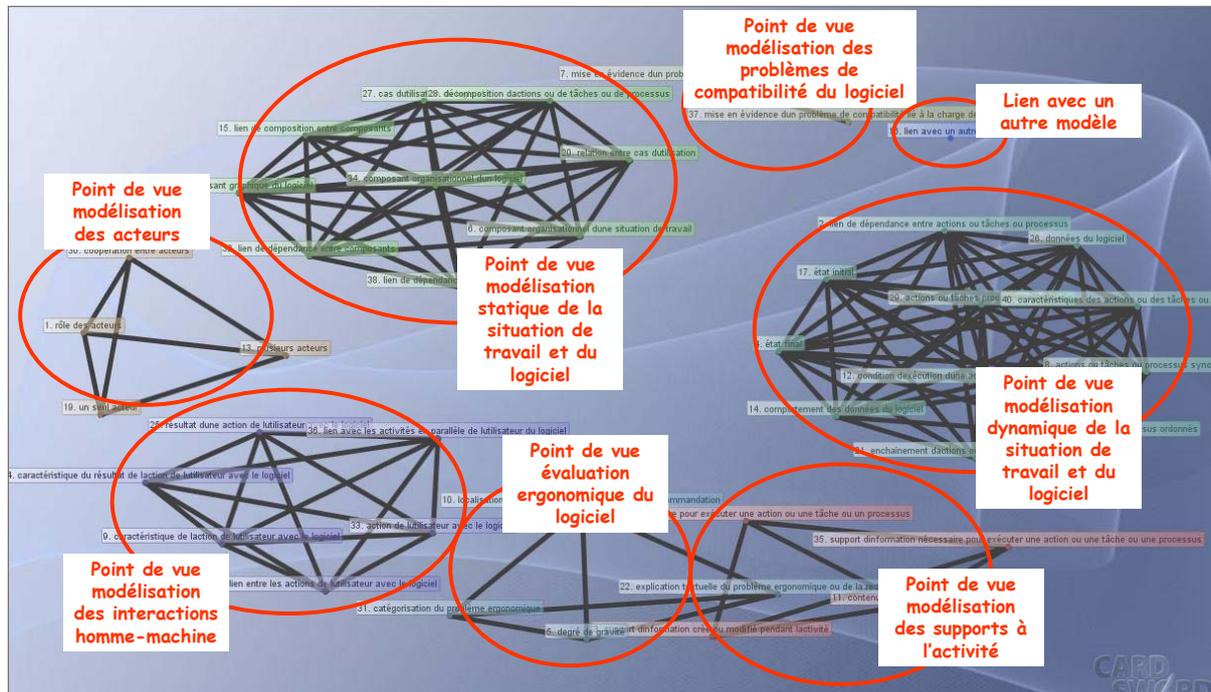


Figure IV.24. Résultat du tri de cartes pour la catégorisation initiale.

Données obtenues :

Dix sujets (4 ergonomes et 6 informaticiens) ont été sollicités pour ces tests. Chaque sujet s'est basé sur ses connaissances, son expérience et son activité professionnelle pour réaliser les tris de cartes.

Les résultats obtenus ne sont pas évidents. Ceci peut s'expliquer par le fait qu'il y avait beaucoup de cartes et que les items figurant dans ce tri sont issus des méthodes et modèles du GL et de l'IHM que les ergonomes ne connaissent pour la plupart pas. Cependant, quelques groupes sont ressortis et les items non explicites ont pu être mis en évidence.

La Figure IV.25 montre les résultats obtenus pour le groupe d'ergonomes. Un groupe bien distinct ainsi qu'un groupe constitué d'un seul item ressortent :

1. Evaluation ergonomique
2. Lien avec un autre modèle

Quatre autres groupes peuvent être distingués (items reliés par de gros traits épais, signifiant l'association dans 100% des cas) :

1. Acteurs
2. Interactions avec le logiciel
3. Analyse des tâches
4. Groupe constitué des items état initial et état final

Cependant on peut distinguer deux groupes moins évidents (les items ont été reliés dans 50% des cas), l'un relié au groupe interactions avec le logiciel, l'autre relié au groupe analyse des tâches (groupe entouré en pointillés sur la Figure IV.25).

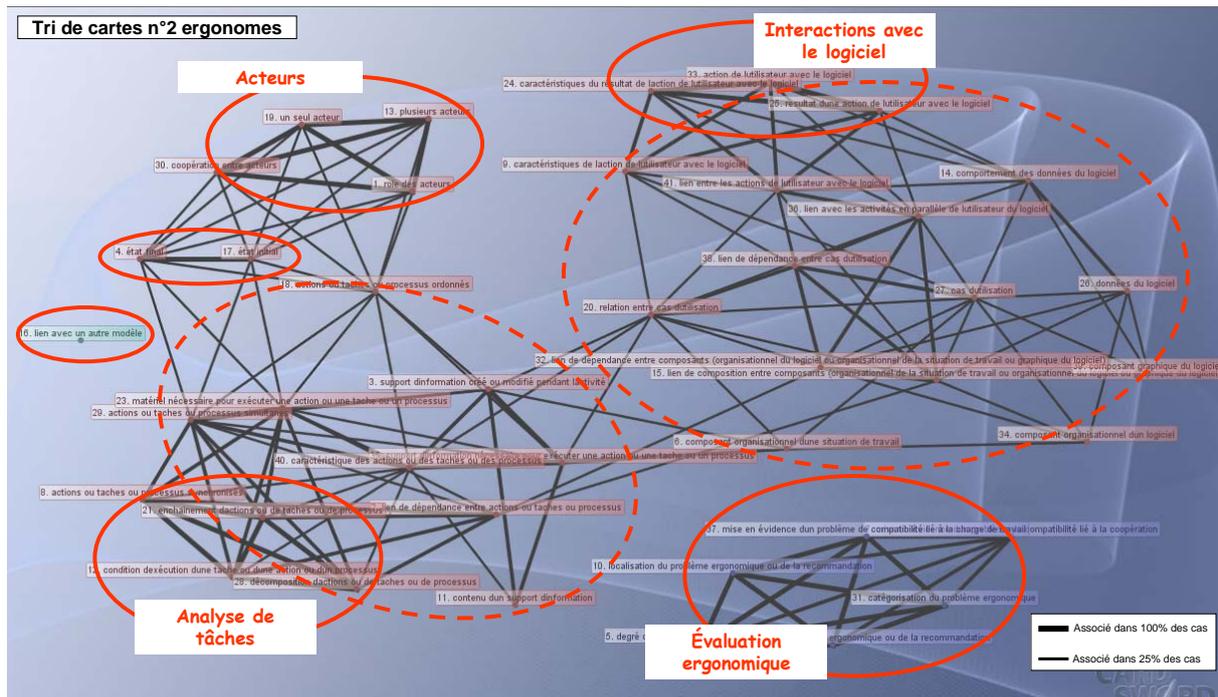


Figure IV.25. Résultat du tri de cartes pour le groupe des ergonomes.

La Figure IV.26 montre les résultats obtenus pour le groupe des informaticiens. Dix groupes peuvent être distingués (items reliés par de gros traits, signifiant l'association dans 100% des cas) :

1. Problème ergonomique
2. Interactions avec le logiciel
3. Analyse des tâches
4. Acteurs
5. Groupe constitué des items état initial et état final
6. Groupe constitué des items données du logiciel et comportement des données du logiciel
7. Groupe constitué des items contenu d'un support d'information et support d'information créé ou modifié pendant l'activité
8. Groupe constitué des items support d'information nécessaire pour exécuter une action ou une tâche ou un processus et matériel nécessaire pour exécuter une action ou une tâche ou un processus
9. Cas d'utilisation : cas d'utilisation du logiciel, relation entre cas d'utilisation, lien de dépendance entre cas d'utilisation
10. Composants : lien de dépendance entre composants, composant organisationnel du logiciel, lien de composition entre composants, composant organisationnel d'une situation de travail, composant graphique du logiciel

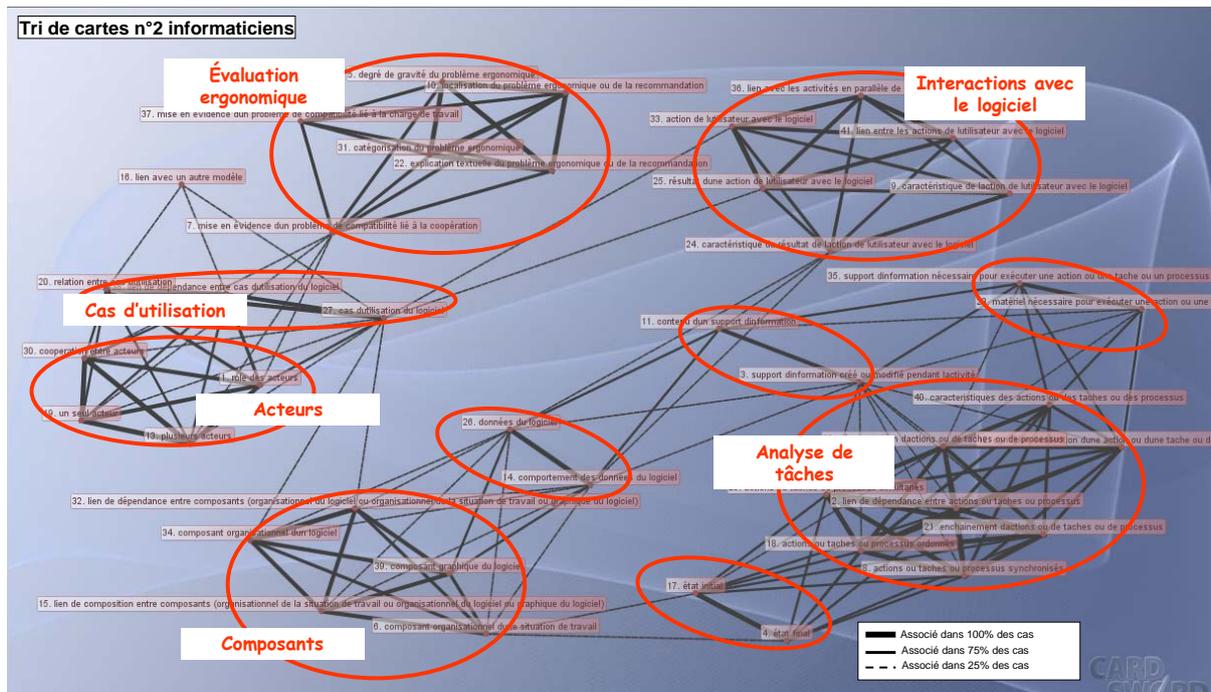


Figure IV.26. Résultat du tri de cartes pour le groupe des chercheurs en informatique.

Concernant les items non explicites, plusieurs items non pas été compris par les sujets. Les items les plus souvent cités sont : état initial, état final, composant, cas d'utilisation (que pour les ergonomes). Soit ces termes n'étaient pas assez précis, soit ils étaient ambigus et pouvaient suggérer plusieurs significations.

En conclusion, ce tri a été jugé difficile par tous les sujets. Cependant, il a révélé trois points importants :

- Des groupes communs ont été obtenus pour les deux groupes de sujets (ex : évaluation ergonomique, interactions avec le logiciel, analyse de tâches) dont certains figurent dans le tri initial.
- Quelques items non explicites ont été mis en évidence.
- Différents niveaux au sein des items ont été distingués : un niveau « aspects d'analyse » pris en compte par les solutions de modélisation (ex : analyse de tâche, analyse du logiciel...) et niveau « élément spécifique de modélisation » pris en compte par les solutions de modélisation (plusieurs acteurs, actions en parallèle...). Ce point est apparu lors de remarques de plusieurs sujets et peut se justifier également sur les graphiques (Figure IV.25 et Figure IV.26) par le nommage des groupes montrant ces deux niveaux (ex : analyse de tâches ou évaluation ergonomique et acteurs ou composants...).

Suite à ces résultats une nouvelle classification a été réalisée (voir paragraphe suivant).

Nouvelle classification adoptée pour la conception des interfaces

Une nouvelle catégorisation commune a été réalisée (Figure IV.27). Cette catégorisation reprend les deux niveaux mis en évidence lors des résultats du tri de cartes : aspect d'analyse et élément de modélisation spécifique. Le niveau aspect d'analyse comprend six catégories et le niveau élément de modélisation spécifique constitue une septième catégorie. Elle se présente de la manière suivante :

<p>Analyse des facteurs humains :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Description des problèmes ergonomiques et de leurs recommandations • Mise en évidence d'un problème de compatibilité lié à la charge de travail • Mise en évidence d'un problème de compatibilité lié à la coopération <p>Analyse des tâches :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Enchaînement d'actions ou de tâches ou de processus • Décomposition d'actions ou de tâches ou de processus <p>Analyse des interactions homme-machine :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Enchaînement des actions de l'utilisateur et résultats d'actions de l'utilisateur avec le logiciel • Décomposition hiérarchique et logique des tâches <p>Analyse des supports d'information :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Support d'information créé ou modifié pendant l'activité • Informations nécessaires en entrée d'une action ou d'une tâche ou d'un processus • Informations obtenues en sortie d'une action ou d'une tâche ou d'un processus • Contenu d'un support d'information • Matériel nécessaire pour exécuter une action ou tâche ou processus <p>Analyse de l'organisation de travail :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Organisation structurelle d'une situation de travail <p>Analyse du logiciel :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Organisation fonctionnelle d'un logiciel • Organisation graphique du logiciel • Comportement du logiciel d'un point de vue utilisateur • Comportement du logiciel d'un point de vue état des données • Comportement du logiciel d'un point de vue exécution des fonctions • Description des données des données d'un point de vue statique <p>Eléments de modélisation :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Groupe d'actions de l'utilisateur • Type de l'action de l'utilisateur • Activités en parallèle de l'utilisation du logiciel • Type du résultat de l'action de l'utilisateur • Degré de gravité du problème ergonomique • Localisation du problème ergonomique et de la recommandation • Explication textuelle du problème ergonomique et de la recommandation • Catégorisation du problème ergonomique (critère ergonomique) • Type des actions ou des tâches ou des processus • Condition d'exécution des actions ou des tâches ou des processus • Actions ou tâches ou processus simultanés • Actions ou tâches ou processus ordonnés • Actions ou tâches ou processus synchronisés • Plusieurs acteurs • Un seul acteur • Coopération entre acteurs • Rôle des acteurs • État initial • État final • Lien de composition • Lien de dépendance • Relation d'inclusion (caractère obligatoire) • Relation d'extension (caractère conditionnel) • Lien avec un autre modèle

Figure IV.27. Classification finale (obtenue suite aux tests).

Les différentes catégories de caractéristiques déterminées sont : « analyse des facteurs humains », « analyse des tâches », « analyse des IHM », « analyse des supports d'informations », « analyse de l'organisation » et une catégorie « éléments de modélisation ». Par exemple, le diagramme d'activité UML peut être associé à la catégorie « analyse des tâches » car il possède la caractéristique « enchaînement logique des étapes d'une activité ». Il remplit également la catégorie « analyse des supports d'informations » car il possède la caractéristique « support d'information créé ou modifié pendant l'activité ». Enfin, la catégorie « éléments de modélisation » regroupe des éléments génériques que l'on trouve dans différents techniques de modélisation (ex : plusieurs acteurs, état initial...).

En conclusion, cette catégorie a donc été utilisée pour créer l'interface « évaluation des solutions de modélisation ». Pour cela, pour chaque solution de modélisation proposée, nous avons sélectionné les caractéristiques correspondant à cette solution et nous les avons

affichées (sous forme de liste) selon les catégories déterminées lors du tri de cartes (à gauche de l'interface sur la Figure IV.19).

Enfin, pour choisir la solution de modélisation qui lui convient, l'utilisateur sélectionne l'onglet correspondant à son choix et clique sur le bouton « confirmer ».

Une page récapitulant toutes les informations choisies s'affiche (Figure IV.28) L'utilisateur vérifie ses choix, clique sur le bouton « valider » pour passer à la modélisation ou peut modifier ses choix et revenir en arrière à l'aide du bouton « précédent ».

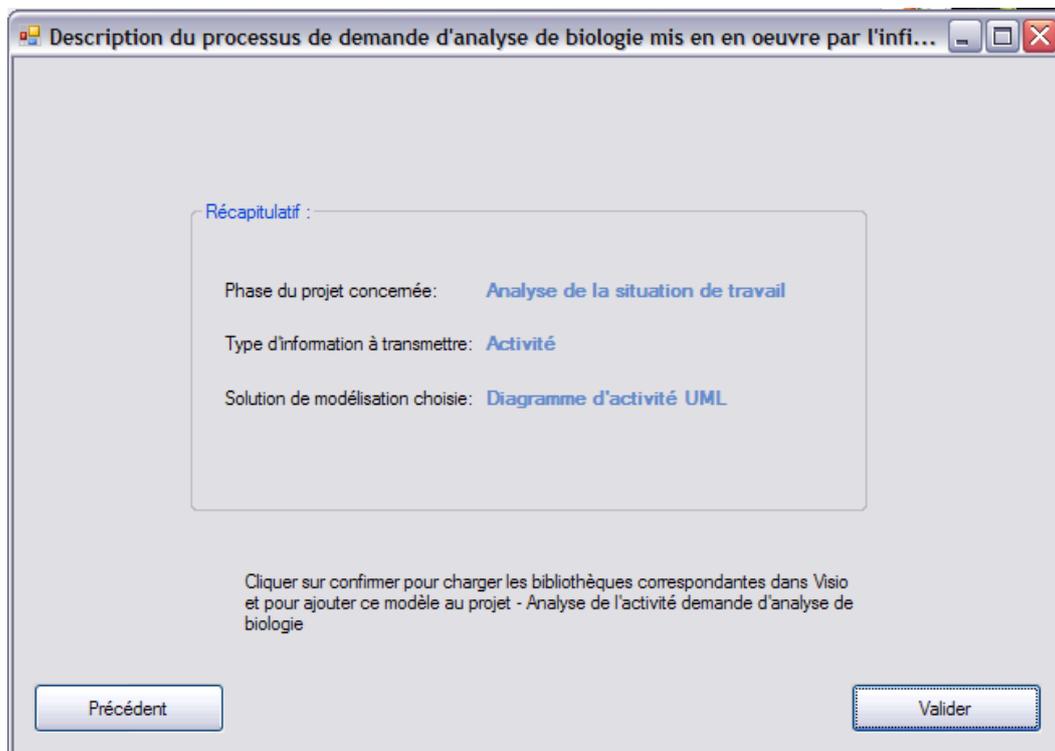


Figure IV.28. Page pour la confirmation de la solution choisie.

IV.4.2.4 Interface homme-machine pour la modélisation

Pour la création des modèles, nous avons exploité le logiciel de dessins techniques Visio ©. La Figure IV.29 présente une copie d'écran du logiciel présentant un exemple de modélisation à l'aide d'une bibliothèque d'éléments graphiques spécialement créée pour notre système.

A gauche de la page-écran figure la bibliothèque d'éléments graphiques correspondant à la solution de modélisation choisie. Pour chaque élément graphique, une info bulle a été ajoutée pour décrire la fonction de l'élément graphique. A droite de la page, figure le plan de travail. L'utilisateur glisse et dépose les éléments graphiques pour réaliser le modèle.

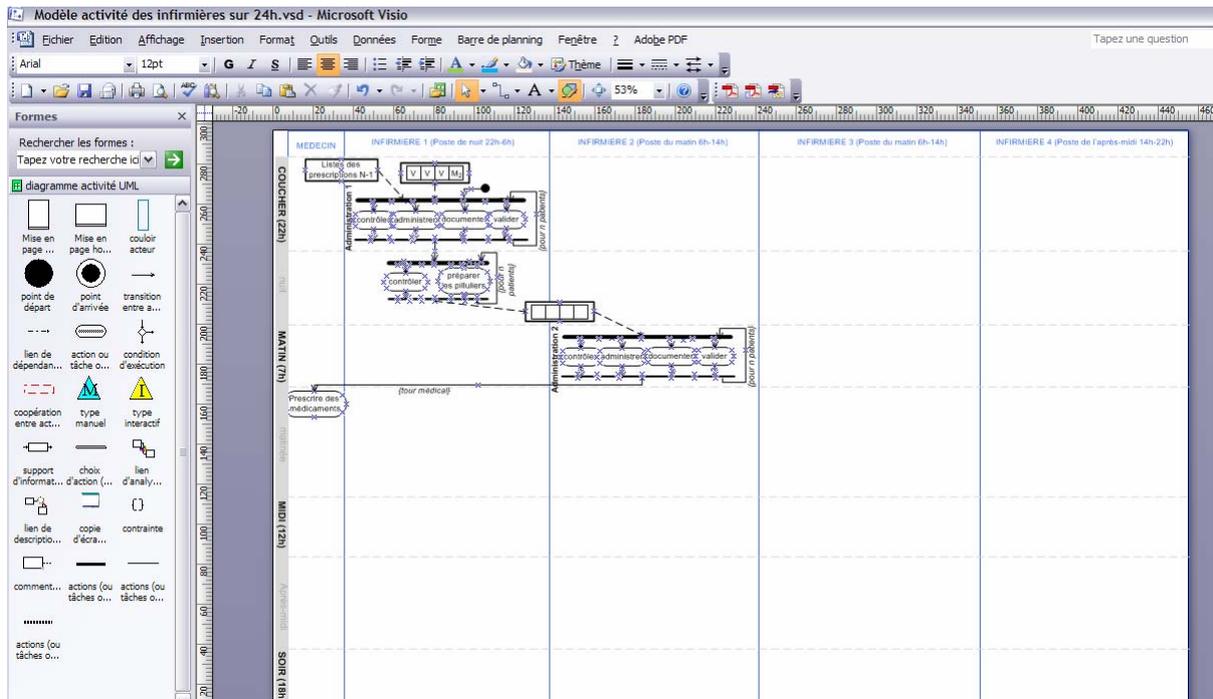


Figure IV.29. Contexte prévu pour la modélisation dans le cadre de notre approche.

Des bibliothèques d'éléments graphiques ont été créées spécifiquement pour le système d'aide à la modélisation. Des éléments ont été simplifiés ou ajoutés (des exemples sont présentés ci-dessous).

Le Tableau IV.2. Eléments graphiques créés pour la solution de modélisation « diagramme d'activité UML » présente un exemple de bibliothèque d'éléments graphiques créée pour la solution de modélisation « diagramme d'activité UML » et adaptée au profil ergonomique.

Il montre les éléments initiaux, les éléments adaptés ou ajoutés par rapport aux besoins issus de notre cadre d'étude. Par exemple, l'élément « travée » d'UML a été adapté en « couloir acteur ». Il garde la même utilisation, c'est-à-dire la mise en évidence des responsabilités des acteurs mais est utilisé dans le cadre de description des activités issues de l'observation de situation de travail.

L'élément « état-action » d'UML a été adapté en « action/tâche/processus ». L'utilisation des termes action, tâche et processus prend en compte le fait que le niveau de description des étapes peut être différent au sein des activités d'une situation de travail. L'élément « type d'action/tâche/processus » a été ajouté pour mettre en évidence les étapes interactives ou manuelles.

L'élément « choix d'exécution entre actions/tâches/processus » a été ajouté pour représenter l'exécution d'une action/tâche/processus ou d'une autre action/tâche/processus (ex : lorsque le médecin a décidé des prescriptions pour un patient, soit le médecin saisit lui-même les prescriptions, soit l'infirmière saisit les prescriptions sous la dictée du médecin. Ensuite le médecin signe la feuille de traitement).

Tableau IV.2. Eléments graphiques créés pour la solution de modélisation « diagramme d'activité UML ».

Représentations graphiques	Description initiale	Description adaptée pour le système d'aide à la modélisation
	Travée : montrer les différentes responsabilités au sein d'un mécanisme ou d'une organisation	Couloir acteur : montrer les différentes responsabilités des acteurs au sein d'une activité d'une situation de travail
	État-action : montrer une étape dans l'exécution d'un algorithme ou d'un workflow	Action/tâche/processus : montrer les étapes sous forme d'actions/tâches/processus dans l'exécution de l'activité
	État initial : montrer le premier état actif	Point de départ : montrer le point de départ d'une activité
	État final : montrer une condition de fin	Point d'arrivée : montrer la fin d'une activité
	Transition : montrer les connexions entre deux états	Transition : montrer les connexions entre deux actions/tâches/processus
	Décision : montrer une décision avec des transitions composites et un point de jonction	Condition d'exécution : montrer une condition d'exécution d'une action/tâche/processus
		Type d'action/tâche/processus : montrer les actions/tâches/processus de type interactif (homme-machine) ou manuel (homme)
	Objet : objets utilisés ou modifiés par des actions	Support d'information utilisé ou modifié : montrer les supports d'information utilisé ou modifié pendant l'activité
	Synchronisation : synchronisation de flots de contrôle parallèle	Actions/tâches/processus en parallèle : montrer l'exécution d'actions/tâches/processus en parallèle dans un ordre quelconque
	Synchronisation : fusion de flots de contrôle parallèle regroupés	Synchronisation d'actions/tâches/processus : montrer que l'exécution d'un groupe d'actions/tâches/processus est obligatoire pour passer à l'étape suivante
		Séquence d'actions/tâches/processus : montrer l'exécution d'actions/tâches/processus en parallèle dans un ordre précis
		Choix d'exécution d'actions/tâches/processus : montrer le OU dans l'exécution d'un groupe d'actions/tâches/processus
		Lien de description : montrer un lien de description dans un autre modèle

IV.5 ÉVALUATION DU SYSTÈME D'AIDE À LA MODÉLISATION

L'évaluation du système d'aide à la modélisation avait pour objectif : d'évaluer l'utilisabilité du système et d'évaluer la compréhension, la pertinence et l'exhaustivité des bibliothèques d'éléments graphiques mises en place pour la modélisation dans le logiciel de dessins Visio®. Évaluer l'utilisabilité du système d'aide à la modélisation consistait à (1) tester l'efficacité : le produit permet-il aux utilisateurs d'atteindre le résultat prévu ?, (2) tester l'efficience : est-ce que l'utilisateur peut atteindre le résultat avec facilité ?, (3) tester la satisfaction : évaluation subjective de la satisfaction perçue par l'utilisateur.

Évaluer la compréhension, la pertinence et l'exhaustivité des bibliothèques d'éléments graphiques Visio consistait à tester les bibliothèques que nous avons créées spécifiquement pour l'exploitation des techniques de modélisation du GL et de l'IHM dans le cadre de notre approche, par des intervenants de projet qui n'ont pas l'habitude de les utiliser dans leurs activités.

L'expérimentation a été réalisée auprès d'un groupe d'ergonomes et portait sur l'évaluation de deux scénarios : l'utilisation du système d'aide à la modélisation pour un cas d'application donné et la création d'un modèle à l'aide d'une solution de modélisation choisie par l'utilisateur (solution de modélisation affichée sous forme de bibliothèques d'éléments graphiques au sein du logiciel Visio pour la création du modèle).

IV.5.1 Méthodologie

IV.5.1.1 Sujets

Un groupe de sept ergonomes a participé à l'évaluation. Ces ergonomes font partie du laboratoire d'ergonomie (Evalab) et ont l'habitude de travailler au sein de projets de développement de système interactif dans le cadre d'organisation complexe et avec différents partenaires (informaticiens, utilisateurs finaux...). Durant leur activité, ces ergonomes sont amenés à représenter leurs données pour les transmettre aux autres partenaires de projets.

IV.5.1.2 Matériel

Pour réaliser les tests, le contexte d'utilisation était le suivant (Figure IV.30) :

- **PC portable** : cette situation permet de garder le même contexte d'expérimentation pour chaque sujet et de réaliser les tests à n'importe quel endroit.
- **Logiciel de capture d'écran** : deux logiciels de capture d'écran ont été utilisés. Le premier logiciel était *CamStudio*. Ce logiciel (téléchargeable gratuitement sur <http://camstudio.org/>) permet d'enregistrer les interactions homme-machine des sujets avec l'application testée. Il a été installé sur le PC portable servant pour l'expérimentation et était démarré à chaque début de test. L'inconvénient du premier logiciel était la taille conséquente des fichiers obtenus et les bugs dus à son instabilité. Nous avons donc utilisé un deuxième logiciel, *AllCapture* (Figure IV.31). En haut de la copie d'écran figure l'espace d'analyse de la vidéo et en bas la vidéo analysée. L'espace d'analyse propose différents types d'information sur la vidéo tels que le temps de l'enregistrement, l'identification des instants où l'utilisateur interagit avec le système évalué (click de souris) ainsi que des instants où l'utilisateur parle. Ce logiciel (version d'évaluation) donnait des fichiers de taille raisonnable et proposait des informations intéressantes sur les vidéos.
- **Microphone** : un micro était branché sur le PC portable pour enregistrer les verbalisations des utilisateurs.
- **Dictaphone** : un dictaphone (placé à côté du PC portable) a également été utilisé par mesure de sécurité, pour l'enregistrement des verbalisations des utilisateurs.



Figure IV.30. Dispositif utilisé pour les tests.

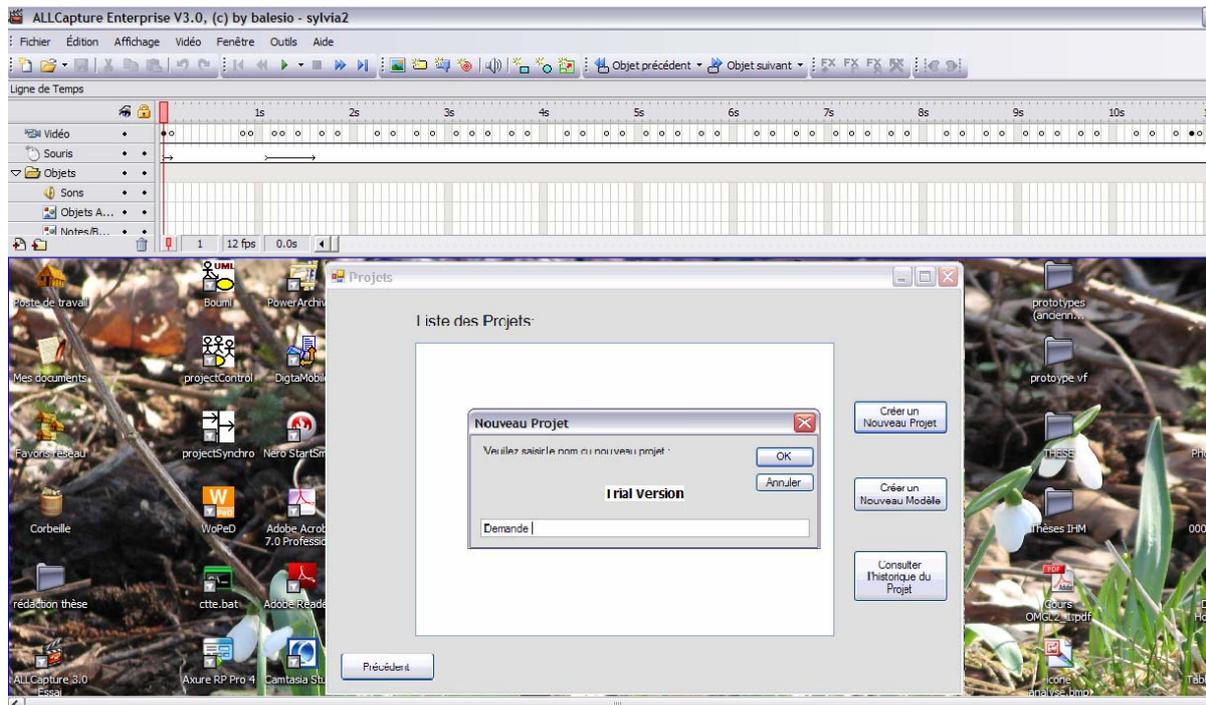


Figure IV.31. Extrait du logiciel Allcapture.

Les supports utilisés pour les tests étaient les suivants :

- **Consigne utilisateur** : document papier servant d'aide mémoire pour les consignes à transmettre à l'utilisateur. Ce document, utilisé par l'expérimentateur à chaque test, permet de transmettre exactement les mêmes consignes à chaque utilisateur (cf. annexe B.1).
- **Scénario d'utilisation** (basé sur un cas réel) : document papier pour les scénarios d'utilisation à réaliser par l'utilisateur. Ce document était fourni à l'utilisateur pour toute la durée du test. Il comprend les données nécessaires pour réaliser les tâches (cf. annexe B.2). Son principe est le suivant : une petite explication textuelle situe le contexte et le but de la modélisation. Cette première partie aide l'utilisateur à identifier le contexte de la modélisation avec le système d'aide. Ensuite un ensemble de données lui sont fournies pour construire le modèle, le but de cette seconde partie étant de tester la création du modèle à l'aide des bibliothèques d'éléments graphiques proposées.
- **Questionnaire** : questionnaire fourni à l'utilisateur. Il était rempli à la fin de chaque test et a permis de recueillir par écrit les remarques de l'utilisateur et son niveau de satisfaction (cf. annexe B.3).

IV.5.1.3 Procédure

La méthode consiste principalement à observer l'utilisateur en train de se servir de l'application. Un scénario d'utilisation (composé de tâches à réaliser) lui est proposé afin qu'il puisse manipuler le système. Ainsi, lors de la réalisation des tâches, l'utilisateur doit se débrouiller tout seul sauf en cas de blocage de ce dernier et pour l'utilisation de quelques fonctions de base du logiciel Visio (ex : changer la mise en page du modèle, enregistrer le modèle, insérer du texte). L'utilisateur est invité à penser tout haut. Les verbalisations et interactions sont enregistrées.

La Figure IV.32 présente le déroulement de l'évaluation en détail. Il commence par la mise en place des participants et du matériel. Ensuite l'expérimentateur procède à l'explication du but du système d'aide à la modélisation et des objectifs du test, et ensuite à l'explication du déroulement du test (consignes et tâche à réaliser). Le sujet réalise sa tâche. En parallèle, ce dernier peut consulter le document mis à sa disposition où figurent des éléments d'aide. Lorsque le sujet est bloqué, l'expérimentateur peut lui apporter de l'aide lors de la réalisation de la tâche. Ensuite, le sujet répond au questionnaire. L'évaluation est terminée et un éventuel debriefing permettant de recueillir des remarques de l'utilisateur sur le déroulement de l'évaluation peut avoir lieu. Enfin, pour recueillir les données, les verbalisations et les interactions homme-machine sont enregistrées durant tout le test.

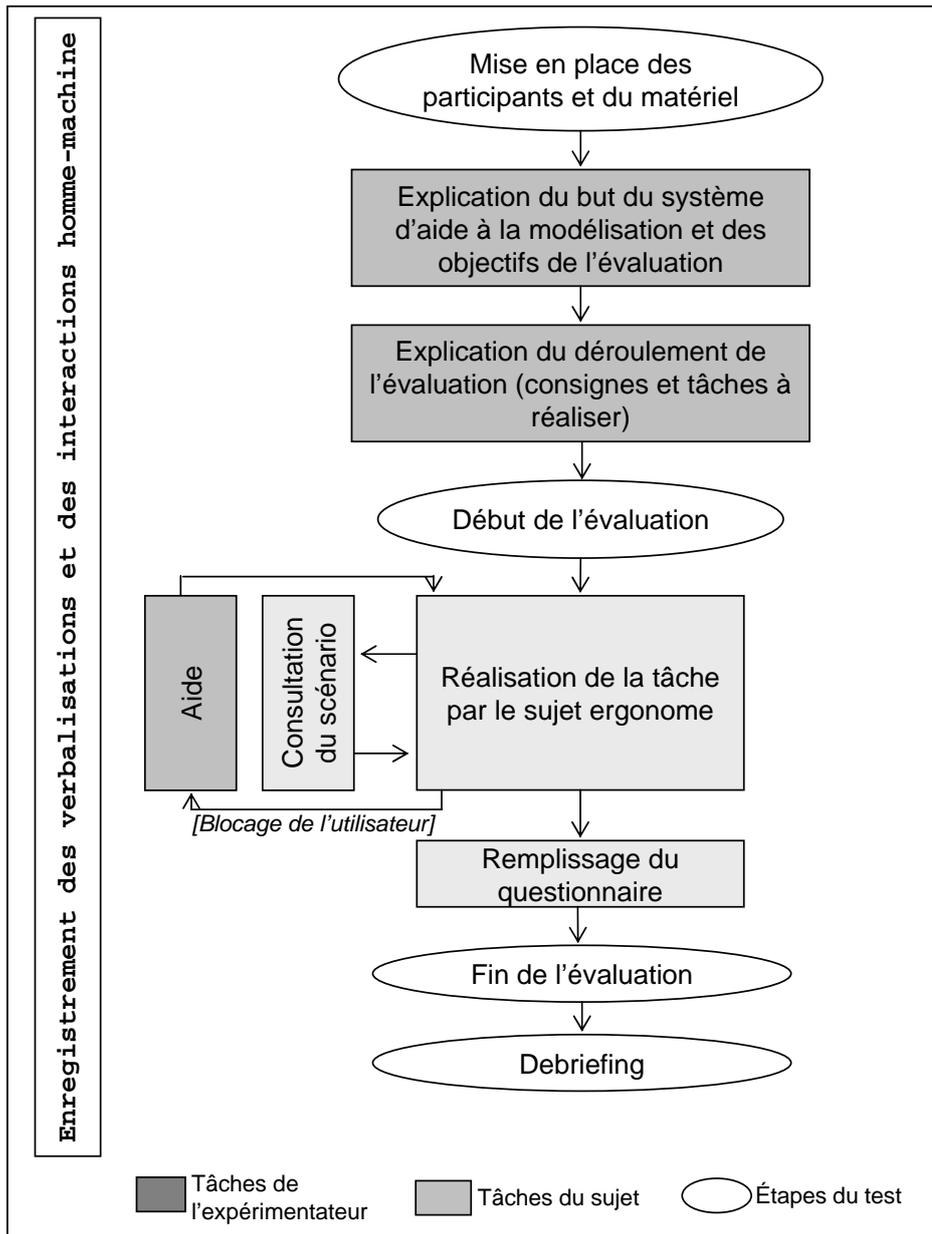


Figure IV.32. Description du déroulement d'un test.

IV.5.2 Résultats

Les données récoltées durant les tests, à l'aide des questionnaires et des enregistrements des verbalisations et des interactions homme-machine sont les suivants :

- les actions utilisateurs lors de la manipulation du système d'aide à la modélisation ;
- les actions utilisateurs lors de la manipulation des bibliothèques d'éléments graphiques ;
- les remarques (écrites et orales) mettant en avant les points positifs et négatifs du système d'aide à la modélisation et des bibliothèques d'éléments graphiques ;
- le taux de satisfaction des utilisateurs concernant l'utilisation du système d'aide à la modélisation et des bibliothèques d'éléments graphiques proposées ;
- les modèles réalisés par les ergonomes, obtenus lors de la deuxième étape du test (création du modèle).

Nous avons présenté les résultats obtenus en trois parties. Une première partie concerne l'utilisation du système d'aide à la modélisation. Une deuxième partie concerne l'utilisation des bibliothèques d'éléments graphiques. Enfin, une troisième partie présente une analyse de la satisfaction des utilisateurs pour l'utilisation du système d'aide et l'utilisation des bibliothèques d'éléments graphiques.

IV.5.2.1 Analyse des résultats concernant l'utilisation du système d'aide à la modélisation

Afin d'analyser les actions des utilisateurs pour la réalisation du scénario proposé et d'identifier les problèmes rencontrés, nous avons réalisé un tableau recensant toutes les étapes du scénario et identifiant la réussite ou non des étapes à l'aide de trois critères (Tableau IV.3) : « réussi seul », « réussi avec aide », « blocage ». Le critère « réussi seul » correspond à la réalisation sans aucune difficulté ni aide de l'expérimentateur. Le critère « réussi avec aide » signifie que l'utilisateur a rencontré des difficultés de compréhension lors de la réalisation de l'étape et que des explications de la part de l'expérimentateur ont été apportées. Enfin, le critère « blocage » signifie que l'utilisateur n'a pas pu réaliser l'étape à cause d'un problème de l'application. Les sujets ont été désignés par sujet 1, sujet 2, jusque sujet 7. À chaque réalisation d'étape, l'identifiant du sujet (sujet 1, sujet 2...) est indiqué dans la colonne « réussi seul », « réussi avec aide » ou « blocage ». La dernière colonne du tableau indique un ensemble de remarques émises par les sujets ou observées par l'expérimentateur, lors de la réalisation de l'étape. Les résultats obtenus sont présentés en Figure IV.33. Ce graphique montre pour chaque étape du scénario, le pourcentage de réussite des étapes selon les critères « seul » ou « avec aide ».

On constate que les étapes ayant posé le plus de problèmes sont : « créer un nouveau modèle » et « identifier le type d'information à transmettre ». Pour l'étape « créer un nouveau modèle », le problème identifié est un problème de guidage dans la procédure à réaliser. 4 sujets sur 7 ont soit double-cliqué sur le nom du projet, soit cliqué sur le bouton « historique du projet » ou soit cliqué directement sur le bouton « créer un nouveau modèle » au lieu de d'abord cliquer sur le nom du projet et ensuite cliquer sur le bouton « créer un nouveau modèle ». Pour l'étape « identifier le type d'information à transmettre », le problème identifié est un problème de compréhension des termes proposés. Par exemple, les termes « activité » et « interaction homme-machine » étaient proposés. En voyant ces deux termes, certains sujets voulaient choisir les deux. Or le système d'aide à la modélisation propose des significations précises pour chacun des termes. Le terme « activité » signifie une description globale de l'activité avec les différentes tâches à réaliser, y compris les tâches interactives mais à un niveau général. Tandis que le terme « interaction homme-machine » signifie une description détaillée des actions de l'utilisateur avec un système interactif.

Un blocage s'est produit. Un sujet voulait changer son choix de solution de modélisation alors qu'il avait commencé la création du modèle. Il voulait donc retourner dans le système d'aide et supprimer le modèle de la liste. Le système d'aide ne prenant pas encore en compte cette possibilité, le sujet s'est donc trouvé bloqué. Ce blocage ne figure pas sur le graphique car cette étape ne faisait pas partie du scénario initial.

L'étape « choisir une solution de modélisation » a été réalisée sans difficulté mais a suscité quelques remarques, notamment au niveau de la présentation des caractéristiques des solutions de modélisation proposées et de la mise en évidence des différences entre les solutions de modélisation proposées. Concernant le premier point, certains sujets ont trouvé la lecture des caractéristiques trop longue ainsi que quelques termes difficiles à comprendre (ex : actions/tâches/processus synchronisés). Concernant le deuxième point, les sujets ont suggéré une présentation plus explicite des différences entre les solutions de modélisation proposées (ex : sur une même page).

Enfin, les étapes « créer un nouvel utilisateur », « s'identifier », « créer un nouveau projet », « identifier l'activité du projet concernée » et « confirmer le choix » n'ont pas posé de problèmes aux utilisateurs.

Tableau IV.3. Reports des résultats pour l'analyse des interactions homme-machine concernant l'utilisation du système d'aide à la modélisation.

	Réussi seul	Réussi avec aide	Blocage	Remarques
1. Créer un nouvel utilisateur	Sujet 1 Sujet 2 Sujet 3 Sujet 4	Sujet 5 Sujet 6 Sujet 7		
2. S'identifier	Sujet 1 Sujet 3 Sujet 4	Sujet 5 Sujet 6 Sujet 7	Sujet 2 (1)	(1) Pas d'indication sur l'interface
3. Créer un nouveau projet	Sujet 1 Sujet 2 Sujet 3 Sujet 4	Sujet 5 Sujet 6 Sujet 7		
4. Créer un nouveau modèle	Sujet 4 Sujet 5 Sujet 7	Sujet 1 (1) Sujet 2 (2) Sujet 3 (1) Sujet 6 (3)		(1) a double-cliqué sur le nom du projet (2) a cliqué sur « historique » (3) n'a pas pensé à cliquer sur le nom du projet
5. Identifier l'activité du projet concernée	Sujet 1 Sujet 2 Sujet 3 Sujet 4	Sujet 5 Sujet 6 Sujet 7		
6. Identifier le type d'information à transmettre	Sujet 3	Sujet 1 (1) Sujet 2 (2) Sujet 4 (1) Sujet 5 (2) Sujet 6 (2) Sujet 7 (2)		(1) voulait sélectionner plusieurs choix (2) ambiguïté des termes
7. Choisir une solution de modélisation	Sujet 3 Sujet 4 Sujet 5 (2) Sujet 2 (3) (2) Sujet 6 (4)	Sujet 1 (1) (2) Sujet 7 (1) (4)		(1) difficulté à voir la différence entre les deux solutions (2) trop long à lire, améliorer la présentation des caractéristiques (3) Caractéristiques mal représentées dans l'aperçu (4) ambiguïté de certains termes
8. Confirmer le choix	Sujet 1 Sujet 2 Sujet 3 Sujet 4	Sujet 5 Sujet 6 Sujet 7		

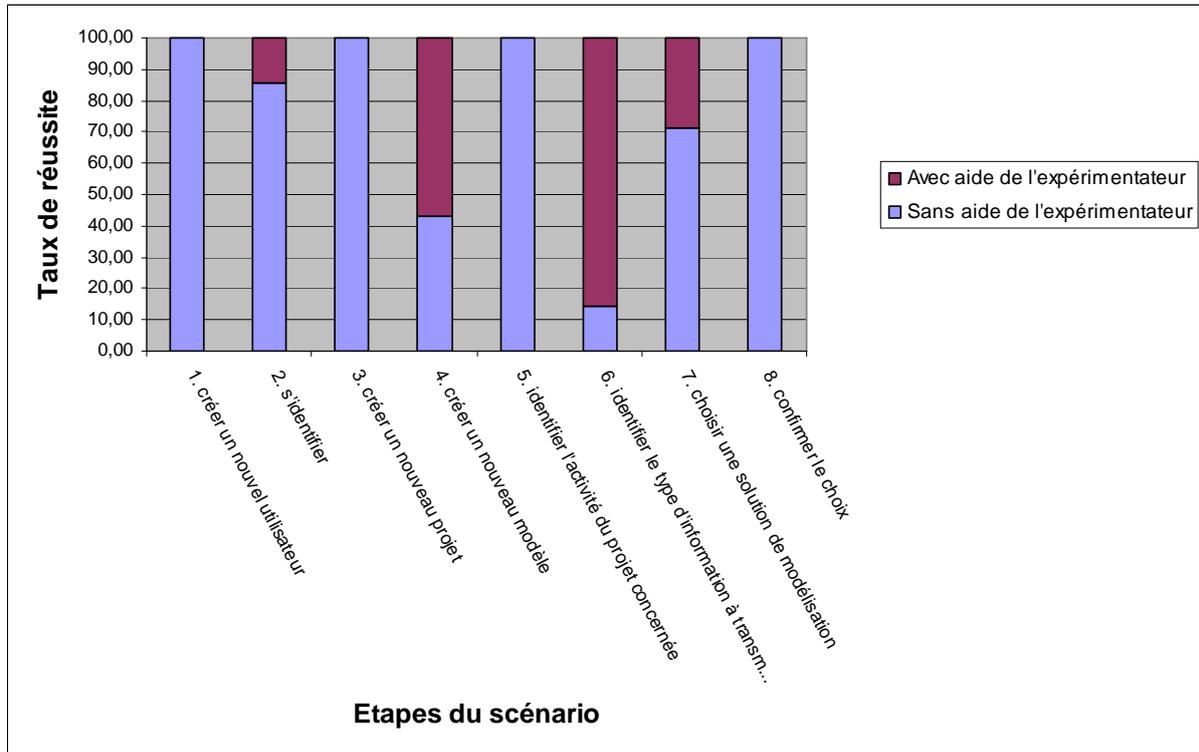


Figure IV.33. Analyse des interactions homme-machine concernant l'utilisation du système d'aide à la modélisation.

Pour compléter notre analyse, nous avons recensé dans le Tableau IV.4 des commentaires verbaux et écrits des utilisateurs sur l'utilisation du système d'aide à la modélisation dans sa globalité. Il montre les points importants retenus par les utilisateurs.

Tableau IV.4. Commentaires des sujets sur le système d'aide à la modélisation.

Avantages du système d'aide à la modélisation	Inconvénients du système d'aide à la modélisation
<ul style="list-style-type: none"> • « C'est assez facile au niveau de l'utilisation » • « Ca me donne une idée de ce que l'on peut obtenir à la fin » (aperçu proposé lors de l'évaluation des solutions de modélisation) • « Je pense pas que dans la majorité de mes lectures, ça sera les types de modèles en informatique. Du coup, si ça permet de découvrir des modèles plus adaptés, c'est intéressant » • « Le guidage dans le choix d'une multitude de modèles en fonction de ce que je désire mettre en évidence » • « Ca explique les avantages des modèles » (caractéristiques des solutions de modélisation) • « Ca donne des idées pour la représentation des données » (exploitation des techniques de modélisation du GL et de l'IHM) 	<ul style="list-style-type: none"> • « Les termes est parfois ambiguë » (identification du type d'information à transmettre) • « On doit réaliser la modélisation pour savoir si on a réussi à obtenir le résultat voulu » • « Parfois trop d'informations » (lecture des caractéristiques des solutions de modélisation) • « Ca fait beaucoup à lire » (lecture des caractéristiques des solutions de modélisation)

La première colonne met en avant les points positifs et la deuxième colonne les points négatifs. Concernant les points positifs, on constate que le système répond aux attentes des ergonomes. Les commentaires montrent que le système les aide dans la représentation de leurs données en leur proposant différentes solutions possibles (ex : « le guidage dans le choix d'une multitude de modèles en fonction de ce que je désire mettre en évidence »...).

Concernant les inconvénients, on constate que les difficultés rencontrées et retenues par les utilisateurs se situent au niveau de l'ambiguïté de certains termes employés au sein du système et une présentation parfois trop lourde des caractéristiques des solutions de modélisation (ex : « parfois trop d'information »). Une remarque a également été faite sur le fait qu'il fallait procéder à la modélisation pour se rendre compte du résultat positif ou négatif (réponse aux attentes ou pas de l'ergonome).

IV.5.2.2 Analyse des résultats concernant l'utilisation des bibliothèques d'éléments graphiques

L'utilisation des bibliothèques d'éléments graphiques correspondaient à la seconde étape de notre test « la modélisation ». Le scénario proposé prévoyait deux solutions de modélisation possibles suite à l'identification des besoins pour la modélisation (tâche 1 du test) : le diagramme d'activité UML et l'actigramme SADT. Six ergonomes ont choisi le diagramme d'activité UML et un ergonome a choisi le modèle actigramme de SADT. Nous avons choisi de montrer les résultats pour l'utilisation de la bibliothèque d'éléments graphiques correspondant au diagramme d'activité UML. Pour cerner les problèmes rencontrés par les utilisateurs, nous avons procédé de la même manière que pour l'analyse des interactions pour l'utilisation du système d'aide à la modélisation. Un tableau reprenant chaque élément graphique proposé par la bibliothèque « diagramme d'activité UML » ainsi que sa signification et indiquant l'analyse des interactions des utilisateurs selon les trois critères : « utilisation seul », « utilisation avec aide » et « pas utilisé », a été réalisé (Tableau IV.5). Les résultats obtenus sont présentés dans la Figure IV.34. Ce graphique montre les taux d'utilisation pour chaque élément graphique en précisant le type d'utilisation (seul, avec aide ou pas utilisé).

On constate que plusieurs éléments ont été utilisés par tous les sujets sans aide de l'expérimentateur (ex : couloir acteur, action/tâche/processus, point de départ, point d'arrivée). D'autres éléments ont été utilisés par une majorité de sujets dont peu ont sollicité de l'aide (ex : type interactif, type manuel). Un élément a été utilisé par tous les sujets, dont la moitié a eu besoin d'explications de l'expérimentateur. La compréhension du terme « transition » n'a pas été évidente pour tous. Les sujets n'ont pas compris par ce terme qu'il s'agissait de l'élément permettant de relier les actions/tâches/processus entre eux. On constate également que plusieurs éléments ont nécessité des explications de l'expérimentateur dans pratiquement tous les cas d'utilisation (ex : actions/tâches/processus en parallèle, séquentielles, synchronisés, supports d'information créé ou modifié). Les explications fournies ne concernaient pas la compréhension des termes et donc la signification de l'élément mais sa manière de l'utiliser dans le modèle. Par exemple, pour l'élément « support d'information créé ou modifié », des explications sur le placement de l'élément et des flèches ont été données.

Tableau IV.5. Reports des résultats pour l'analyse des interactions homme-machine concernant l'utilisation de la bibliothèque d'éléments graphiques « diagramme d'activité UML ».

Éléments graphiques	Signification de l'élément	Utilisation seul	Utilisation avec aide	Remarques
Mise en page	Contient une zone de description du modèle où l'utilisateur peut insérer du texte			Pas utilisé
Couloir acteur	Montre la distribution des actions/ tâches/ processus par acteur	Sujet 1 Sujet 2 Sujet 3	Sujet 4 Sujet 5 Sujet 6	
Action/ tâche/ processus	Représente les étapes dans l'exécution d'une procédure	Sujet 1 Sujet 2 Sujet 3	Sujet 4 Sujet 5 Sujet 6	
Transition	Relie les actions/ tâches/ processus entre eux	Sujet 3 Sujet 5 Sujet 6	Sujet 1 Sujet 2 Sujet 4	
Point de départ	Indique le début d'une procédure	Sujet 1 Sujet 2 Sujet 3	Sujet 4 Sujet 5 Sujet 6	
Point d'arrivée	Indique la fin d'une procédure	Sujet 1 Sujet 2 Sujet 3	Sujet 4 Sujet 5 Sujet 6	
Condition d'exécution	Représente l'exécution d'action/ tâche/ processus sous certaines conditions	Sujet 2	Sujet 3 (1)	(1) Besoin d'explication pour le formalisme
Actions/ tâche/ processus en parallèle	Indique qu'une séquence d'actions/ tâches/ processus est exécutée dans un ordre quelconque		Sujet 2 (1) Sujet 4 (1)	(1) Besoin d'explication pour la compréhension et le formalisme
Actions/ tâche/ processus synchronisés	Indique qu'une séquence d'actions/ tâches/ processus doit être terminée pour passer à une action/ tâche/ processus ou séquence suivant(e)		Sujet 2 (1) Sujet 3 (1) Sujet 4 (1) Sujet 5 (1) Sujet 6 (1)	(1) Besoin d'explication pour la compréhension et l'utilisation
Actions/ tâche/ processus séquentiels	Indique qu'une séquence d'actions/ tâches/ processus est exécutée dans un ordre précis		Sujet 3 (1) Sujet 2 (1) Sujet 5 (1) Sujet 6 (1) (2)	(1) Besoin d'explication pour l'utilisation (2) Représentation itération d'une séquence (jusqu'à ce qu'il n'y a plus de patient)
Choix d'actions/ tâches/ processus	Indique le choix (ou) entre plusieurs actions/ tâches/ processus			Pas utilisé
Support d'information créé ou modifié	Représente des objets créés ou modifiés ou utilisés par des actions/ tâches/ processus	Sujet 4	Sujet 1 (1) (2) Sujet 2 (1) Sujet 3 (1) Sujet 5 (1) Sujet 6 (1)	(1) Besoin d'explication pour l'utilisation (2) Représentation itération (un support pour chaque patient)
Type interactif	Indique si une action/ tâche/ processus est exécutée par un acteur à l'aide d'un système interactif	Sujet 1 Sujet 2 Sujet 4 Sujet 6	Sujet 3	
Type manuel	Indique si une action/ tâche/ processus est exécutée par un acteur seul	Sujet 1 Sujet 2 Sujet 4	Sujet 3	
Coopération entre acteurs	Indique lorsque deux acteurs coopèrent au sein de la procédure			Pas utilisé
Commentaire	Insérer des notes dans le modèle	Sujet 4		
Lien de description entre modèles	Indique qu'une partie du modèle est décrite dans un autre modèle (de manière abstraite ou détaillée)		Sujet 3 (1)	(1) Besoin d'explication pour la compréhension

Par ailleurs, dans le tableau (Tableau IV.6) recensant l'ensemble des commentaires des utilisateurs sur l'utilisation de la bibliothèque, présenté ci-après, plusieurs utilisateurs ont suggéré d'ajouter des petits aperçus graphiques pour chaque élément. Enfin, plusieurs éléments n'ont pas été utilisés ou peu (ex : mise en page, choix d'actions/ tâches/ processus,

coopération entre acteurs, commentaire, lien de description entre modèle) car ils ont été inutiles ou peu utiles pour le modèle demandé.

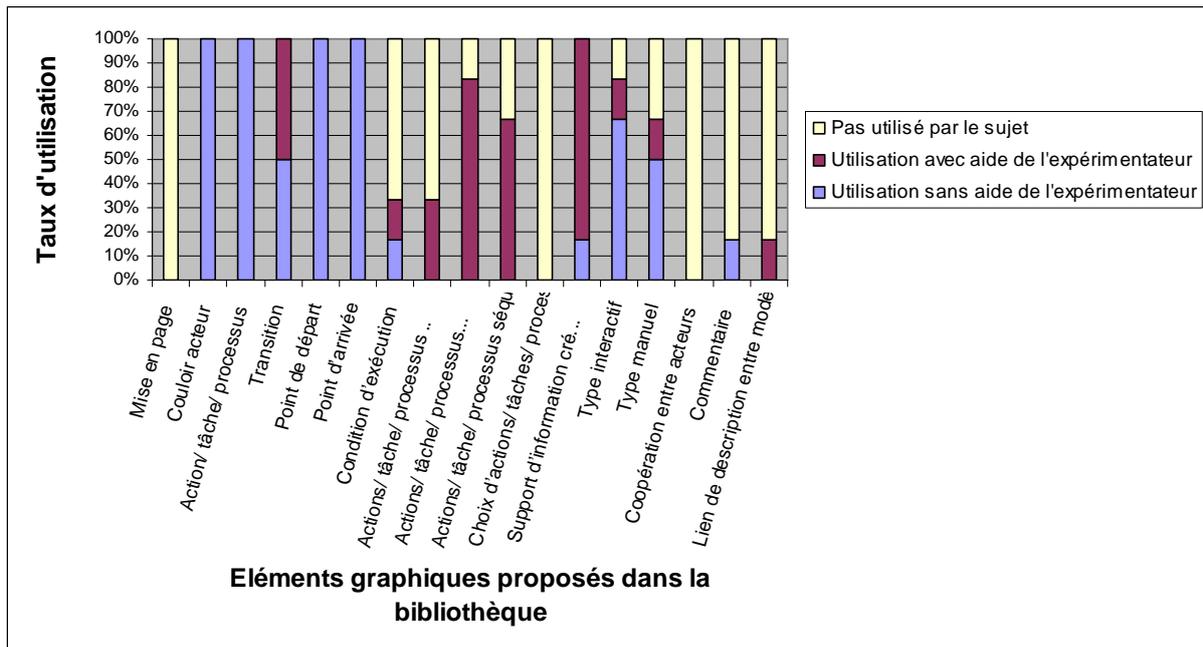


Figure IV.34. Analyse des interactions pour l'utilisation de la bibliothèque d'éléments graphiques correspondant au diagramme d'activité UML.

Pour compléter l'analyse sur l'utilisation des bibliothèques, le Tableau IV.6 recense les points positifs et négatifs évoqués par les utilisateurs pendant les tests. Les utilisateurs ont donc trouvé plus de possibilités par rapport à leurs solutions habituelles (ex : « permet de représenter beaucoup de liens »). Les ergonomes interrogés ont tendance à adapter à leur convenance des modèles existants. Les bibliothèques permettent d'utiliser des éléments définis et d'obtenir des modèles homogènes (ex : « pratique : on a toutes les formes, nos graphes sont homogènes »). Concernant les points négatifs, des améliorations sont à envisager pour guider les utilisateurs lors de l'utilisation de certains éléments (ex : « il manque des petits aperçus pour les éléments graphiques Visio »). Des utilisateurs voudraient pouvoir représenter des actions itératives (ex : « manque un élément pour représenter des actions itératives, comme des boucles »). Enfin, des problèmes dans la compréhension de certaines icônes ont été évoqués (ex : « les termes associés aux éléments de la bibliothèque ne sont pas toujours compris »).

Enfin, chaque ergonome a réalisé un modèle à l'aide d'un scénario proposé et selon son choix de solution de modélisation. Six modèles ont été réalisés à l'aide du diagramme d'activité UML et un modèle à l'aide de l'actigramme SADT. La tâche de création du modèle a pris beaucoup de temps aux utilisateurs car ils devaient comprendre le scénario et l'utilisation des éléments graphiques proposés. Cependant, tous les utilisateurs ont accompli la totalité de la tâche et ont proposé un modèle complet selon leur interprétation des données. Pendant la création, les ergonomes n'avaient pas de contraintes pour la représentation des données. Les erreurs d'utilisation des éléments graphiques ont permis d'observer les différentes interprétations des ergonomes. A la fin du test la bonne utilisation leurs était fournie.

Tableau IV.6. Commentaires des sujets sur la bibliothèque d'éléments graphiques.

Avantages de la bibliothèque d'éléments graphiques	Inconvénients de la bibliothèque d'éléments graphiques
<ul style="list-style-type: none"> « Ca permet de représenter beaucoup de liens (conditions, parallèle, séquentiel) » 	<ul style="list-style-type: none"> « Il manque des petits aperçus pour les éléments graphiques Visio » « Compréhension difficile de certaines icônes » « Les termes associés aux éléments de la bibliothèque ne sont pas toujours compris » « Il manque un élément pour représenter des actions itératives, comme des boucles » « Il manque un exemple d'agencement entre les différents éléments de la bibliothèque »

La Figure IV.35 présente un exemple de modèle réalisé par un ergonome suite au test. Il montre la réalisation d'un modèle complet avec cependant, quelques utilisations incorrectes d'éléments graphiques. Par exemple, pour l'élément « état-action », le sujet a utilisé soit des formes nominales (ex : prise de connaissance des prescriptions) ou soit des verbes conjugués (ex : imprime la feuille) pour décrire les actions plutôt que des verbes à l'infinitif. Des erreurs de flèches ont également été commises (ex : utilisation de flèches en pointillées pour relier deux état-action). Afin d'éviter ces erreurs d'utilisation, nous avons envisagé la conception d'un outil de vérification de la cohérence des modèles créé. Un premier prototype a été réalisé pour la vérification des éléments graphiques de la méthode *ErgoPNETs* (cf. chapitre V). Nous envisageons par la suite d'intégrer la vérification des autres types de modèles.

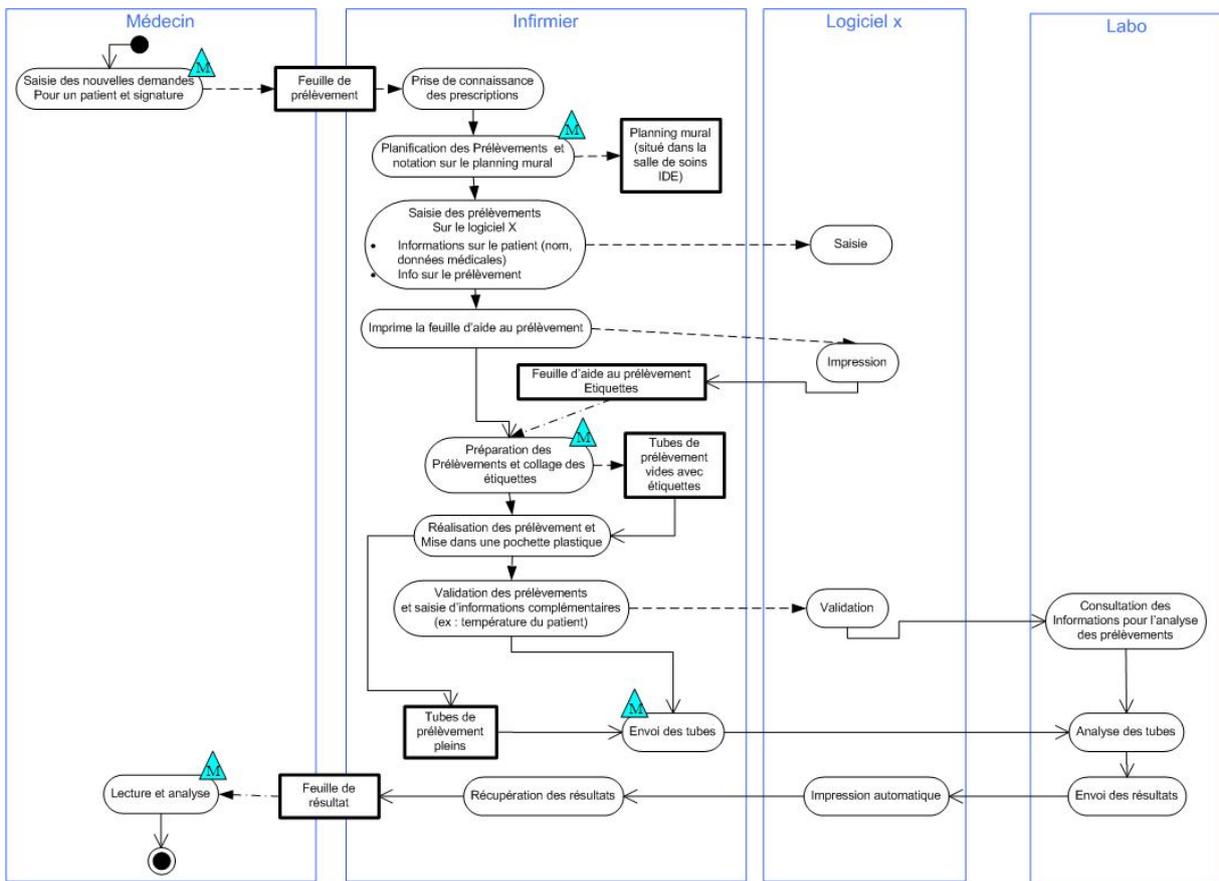


Figure IV.35. Exemple de modèle créé par un ergonome suite au test.

IV.5.2.3 Analyse du taux de satisfaction des utilisateurs

Le taux de satisfaction des sujets a été mesuré pour l'utilisation du système d'aide à la modélisation (étape 1 du test) et l'utilisation des bibliothèques d'éléments graphiques (étape 2 du test). Pour cela, les sujets devaient situer leur niveau de satisfaction sur une échelle de 0 (pas du tout satisfait) à 10 (très satisfait). Les résultats obtenus sont une moyenne de 7,38 pour l'utilisation du système d'aide à la modélisation et une moyenne de 6,01 pour l'utilisation des bibliothèques d'éléments graphiques (Figure IV.36). Les résultats montrent des avis plutôt positifs de la part des sujets. Cependant, le taux de satisfaction concernant l'utilisation des bibliothèques d'éléments graphiques, est légèrement inférieur car il s'agissait d'une première utilisation de ce genre de modèle par les ergonomes. Les sujets devaient s'approprier les différents éléments, ce qui leur a pris un certain temps. Concernant l'utilisation du système d'aide, les sujets ont été globalement satisfaits. Cependant, quelques remarques d'améliorations ont été suggérées (cf. le Tableau IV.4 et le Tableau IV.6).

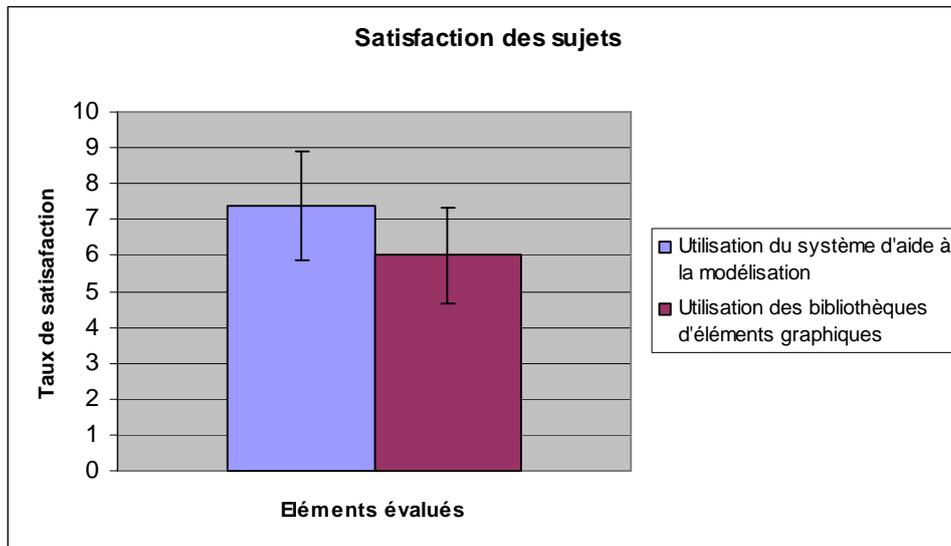


Figure IV.36. Résultats obtenus concernant la satisfaction des sujets.

Il était demandé également aux sujets, s'ils seraient prêts à utiliser le système d'aide à la modélisation ainsi que les bibliothèques d'éléments graphiques qu'ils ont manipulées, au sein de leur activité de travail. Pour cela, les sujets devaient répondre par *oui* ou *non* et justifier librement leur réponse. Tous les sujets interrogés ont répondu *oui*, que ce soit pour le système d'aide à la modélisation et les bibliothèques d'éléments graphiques. Les justifications sont recensées dans le Tableau IV.7. Ce tableau comprend une première colonne présentant les justifications pour l'utilisation du système d'aide à la modélisation et une deuxième colonne présentant les justifications pour l'utilisation de la bibliothèque d'éléments graphiques utilisées par le sujet lors du test.

Tableau IV.7. Synthèse des justifications données par les sujets pour la question « Seriez-vous prêt à utiliser le système d'aide à la modélisation/cette bibliothèque dans votre activité ? ».

Justification pour l'utilisation du système d'aide à la modélisation	Justification pour l'utilisation des bibliothèques d'éléments graphiques
<ul style="list-style-type: none"> • « Le choix d'un modèle par rapport à un autre me semble pour le moment difficile et je trouve donc intéressant de disposer du système d'aide » • « Quand on n'arrive pas à modéliser une activité avec un modèle qu'on utilise habituellement : il peut servir à chercher des alternatives » • « Pour diversifier mes modélisations et utiliser des modélisations connues par les informaticiens » • « Utiliser de véritables « modèles » plutôt que d'adapter mes propres schématisations me semble intéressant afin de faciliter la communication entre ergonome et informaticien » 	<ul style="list-style-type: none"> • « Ça aide à représenter une activité, ça guide et ça permet d'adapter la bibliothèque à des besoins particuliers, ça donne une base flexible » • « Pour réaliser plus rapidement des modèles plus normalisés que ceux que j'utilise actuellement » • « Les éléments proposés sont suffisants pour décrire une activité de manière générale, l'utilisation est assez facile » • « Pratique : on a toutes les formes, nos graphes sont homogènes (d'un projet à l'autre), donne des idées »

IV.6 CONCLUSION DU CHAPITRE

Nous avons proposé dans ce chapitre, un système interactif d'aide à la modélisation pour aider les intervenants de projet (actuellement prise en compte des profils ergonome et informaticien) à choisir une solution de modélisation adaptée à leurs besoins. Ce système propose l'exploitation des techniques de modélisation du GL et de l'IHM comme solution de modélisation commune pour représenter les données des intervenants de projet.

Pour aider à la représentation des données au sein des projets, le système d'aide à la modélisation se base sur un processus d'aide à la décision dont le problème à résoudre est la représentation des données relatives aux projets. Il propose un fonctionnement par étape pour guider l'utilisateur à choisir une solution de modélisation : une étape d'identification du contexte de la modélisation et une étape d'évaluation des solutions de modélisation proposées. Une fonction de modélisation est également proposée via l'utilisation de bibliothèques d'éléments graphiques au sein du logiciel Visio.

Les modèles obtenus à l'aide du système servent à alimenter l'espace d'échange commun proposé dans le modèle pour la phase d'analyse des besoins et améliorer l'échange des données entre les intervenants de projet.

Nous avons vu également dans cette partie que l'évaluation du système d'aide à la modélisation ainsi que des bibliothèques d'éléments graphiques créées pour la fonction modélisation, auprès d'un groupe d'ergonomes, a conduit à des résultats encourageants et nous a permis d'identifier les améliorations possibles à envisager.

La dernière partie de ce mémoire propose une nouvelle méthode aidant à la représentation des données issues des évaluations ergonomiques de systèmes complexes, qui est intégrée au sein du système d'aide à la modélisation.

PARTIE 3 (2^{ème} contribution)

***ErgoPNets* POUR L'AIDE A LA REPRESENTATION
DES DONNEES ISSUES DES EVALUATIONS
ERGONOMIQUES DE SYSTEMES INTERACTIFS
COMPLEXES**

V PROPOSITION DE LA METHODE *ErgoPNets*

V.1	Introduction	164
V.2	L'évaluation des systèmes interactifs complexes, cas des projets de développement en milieu hospitalier	164
V.3	Présentation de la méthode <i>ErgoPNets</i>.....	168
V.3.1	Concepts de base de la méthode <i>ErgoPNets</i>	168
V.3.2	Processus de mise en œuvre de la méthode <i>ErgoPNets</i>	169
V.3.3	Éléments de modélisation mis en place pour créer les supports <i>ErgoPNets</i>	170
V.3.4	Conclusion.....	173
V.4	Outils supportant la méthode <i>ErgoPNets</i>	173
V.4.1	Outil pour la création des supports <i>ErgoPNets</i>	173
V.4.2	Outil pour la vérification des supports <i>ErgoPNets</i>	174
V.4.3	Conclusion.....	178
V.5	Conclusion du chapitre	178

V.1 INTRODUCTION

Nous avons vu dans la deuxième partie de ce mémoire, la présentation de notre première contribution visant à améliorer la collaboration entre intervenants de projet. Pour cela, nous avons proposé un système d'aide à la modélisation basé sur l'exploitation de techniques de modélisation du GL et de l'IHM pour proposer des solutions de modélisation communes pour la création de supports de travail entre intervenants de projet.

Dans cette partie, nous nous intéressons aux problèmes de représentation des données rencontrés par les ergonomes et décrits dans le chapitre 2 et plus particulièrement à l'évaluation ergonomique de systèmes interactifs complexes. En effet, certains domaines dits « complexes » ou « critiques » présentent des enjeux de sécurité considérables (rappelons que dans le cadre de cette thèse, nous nous sommes intéressés à celui de la santé). Dans certains domaines, les problèmes liés aux systèmes informatiques peuvent avoir des conséquences dramatiques telles que des morts ou des blessés graves ou des conséquences graves pour l'environnement. A ce jour, de nombreux accidents graves et même parfois mortels dus à une mauvaise conception des systèmes informatiques sont à déplorer [Horsky *et al.*, 2005 ; Leveson and Turner, 1993 ; Taylor, 2007 ; Musick, 2006 ; Nuseibeh, 1997 ; Reason, 1990]. C'est pourquoi, il est primordial de garantir un bon fonctionnement des applications venant supporter ces types d'activités critiques. Nous avons vu qu'il existe des méthodes dites « formelles » pour la spécification, la conception et la vérification de systèmes critiques de manière rigoureuse. Nous en avons présenté quelques exemples dans le premier chapitre de ce mémoire (ex : méthode B, méthode Z). Bien que ces techniques aient évolué et que certaines essaient d'intégrer dans la mesure du possible les facteurs humains dans la conception, elles restent basées sur des logiques mathématiques et restent utilisables surtout par des experts en méthodes formelles ou par des informaticiens formés à ce sujet (de telles méthodes n'étant pas enseignées dans toutes les formations en informatique).

Par conséquent, les ergonomes, de plus en plus sollicités dans les projets de développement de systèmes interactifs complexes, manquent de formalismes pour transmettre leurs données dans le cas où des problèmes complexes détectés lors d'évaluations ergonomiques, sont délicats à expliquer. C'est dans ce contexte que nous avons mis en place une nouvelle méthode pour aider à la description des problèmes ergonomiques et des recommandations correspondantes et pouvant être intégrée à notre système d'aide à la modélisation.

Ce chapitre présente tout d'abord, un état de l'art sur l'évaluation ergonomique au sein des projets de développement. Elle met en avant une étude de cas issue de notre cadre d'étude et des exemples de problèmes rencontrés. Ensuite une deuxième partie expose les concepts choisis pour la méthode *ErgoPNETs* et leur mise en place. Enfin, une dernière partie montre l'outil supportant la méthode.

V.2 L'ÉVALUATION DES SYSTEMES INTERACTIFS COMPLEXES, CAS DES PROJETS DE DEVELOPPEMENT EN MILIEU HOSPITALIER

Nous avons vu dans la présentation de notre cadre d'étude (chapitre 1 de ce mémoire) que les ergonomes sont amenés à réaliser des évaluations ergonomiques d'applications supportant le circuit du médicament en milieu hospitalier (à partir d'applications existantes, de prototypes ou de maquettes statiques). Ces évaluations consistent à détecter des problèmes ergonomiques et proposer des recommandations pour aider à la conception ou à la ré-ingénierie. Pour appuyer leurs recommandations et justifier leurs résultats, ils peuvent également procéder à des analyses de l'activité ou utiliser leur expérience accumulée durant les projets précédents.

Nous exposons dans cette partie, le but de notre seconde contribution en nous basant sur l'étude de l'activité d'évaluation ergonomique de systèmes interactifs complexes réalisée par les ergonomes du laboratoire Evalab.

La Figure V.1 montre un exemple de la méthodologie utilisée par l'équipe d'ergonomes du laboratoire Evalab, pour évaluer un système interactif supportant le circuit du médicament en milieu hospitalier. Plusieurs méthodes ergonomiques sont utilisées pour récolter les données : inspection ergonomique, analyse de l'activité et tests utilisateurs (rappelons que le principe de ces méthodes a été expliqué dans le chapitre 1). Ensuite, chaque méthode ergonomique est mise en œuvre, soit en examinant l'interface, soit en observant les utilisateurs. Les résultats obtenus peuvent être des problèmes liés à la présentation de l'interface, c'est-à-dire à l'organisation des objets graphiques du système interactif, des problèmes liés à des situations d'utilisation qui ont été anticipées par les ergonomes, des problèmes liés à des situations d'utilisation qui ont été observées par les ergonomes et enfin les résultats peuvent contenir des propositions de recommandations pour les problèmes détectés.

Méthode pour la récolte des données	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Inspection ergonomique</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Analyse de l'activité</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Tests utilisateurs</div> </div>			
Mise en œuvre	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Examen de l'interface</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">Observation de l'utilisateur</div> </div>			
Types de données obtenues	Problèmes liés à la présentation de l'interface	Problèmes de situation d'utilisation (anticipée par l'ergonome)	Problèmes de situation d'utilisation (réelle observée par l'ergonome)	Recommandations
Méthodes de représentation	Description textuelle	Critères ergonomiques	Copies d'écran	Maquettes

Figure V.1. Exemple de méthodologie utilisée pour l'évaluation ergonomique.

Pour représenter ces résultats, nous avons vu dans le chapitre 1, des exemples de formalismes sous forme de tableau. Ces tableaux sont basés essentiellement sur une description textuelle des problèmes détectés, des conséquences et des recommandations proposées et sur l'utilisation des critères ergonomiques (par exemple ceux présentés au chapitre I). Ces derniers permettent une classification des problèmes selon différentes dimensions ergonomiques. Enfin, des copies d'écran et des maquettes peuvent être intégrées pour illustrer les problèmes et les recommandations, quand cela est jugé nécessaire. La Figure V.2 montre le formalisme typique pour la description de problèmes et de recommandations, utilisé par le laboratoire Evalab. Le tableau comprend une colonne « critère » indiquant le critère ergonomique correspondant au problème détecté, une colonne « description du problème » contenant une explication textuelle du problème, une colonne « conséquence » indiquant les risques éventuels du problème, une colonne « recommandations » contenant une explication textuelle de la proposition des ergonomes et une colonne « degré de gravité » indiquant le niveau de gravité du problème pouvant aller du moins grave (une étoile) à plus grave, voir

bloquant (trois étoiles). Enfin, une zone indique l'intégration éventuelle d'une copie d'écran annotée de l'application évaluée et/ou d'une maquette illustrant la recommandation.

Critère	Description du problème	Conséquence	Recommandation	Degré de gravité
<i>Intitulé du critère</i>	<i>Description textuelle du problème</i>	<i>Description textuelle de la conséquence</i>	<i>Description textuelle de la recommandation</i>	<i>Indication à l'aide d'étoile:</i> * : problème léger ** : problème moyen *** : problème bloquant
 Copies d'écran annotées et/ou Maquettes annotées				

Figure V.2. Formalisme utilisé pour décrire un problème ergonomique et sa recommandation.

La Figure V.3 montre un autre type d'exemple de support utilisé lors d'évaluations (sans lien avec celui de la santé mais avec celui de la supervision). Il est composé de deux parties : l'une concerne l'analyste et l'autre le concepteur. Dans un premier temps, l'analyste décrit textuellement une remarque ou proposition lors de l'évaluation du système. Dans un second temps, le concepteur prend connaissance de la remarque ou proposition et remplit un tableau concernant la prise en compte de celle-ci. Ce tableau informe de la manière dont va être traitée la remarque ou proposition.

Partie 1 (analyste): Date: 2 Juin, 2004 Remarques ou propositions d'amélioration : Quand la situation est à nouveau normal, il serait utile d'arrêter l'affichage des plans d'actions.				
Partie 2 (concepteur): Date:				
	Modifications en cours	à faire	à envisager	Non considéré
Complète				
Partielle				
Commentaires:				

Figure V.3. Exemple de format de description de remarques ou propositions suggérées durant l'évaluation d'un système interactif (extrait de [Kolski et Gambiez, 1990]).

Ce genre de description est simple à lire mais peut poser des problèmes de compréhension et d'interprétation. Le fait de décrire textuellement le problème détecté ainsi que la recommandation peut engendrer les problèmes suivants : l'explication peut être ambiguë et

sous-entend plusieurs problèmes possibles, le concepteur doit relire plusieurs fois pour comprendre le problème, le concepteur a mal interprété le problème, l'explication de la recommandation ne donne pas de solution précise, le problème et/ou sa solution ne sont pas positionnés par rapport à la dynamique du système global. La Figure V.4 montre les conséquences possibles de l'utilisation du texte comme moyen de description des problèmes et recommandations lors des tâches effectuées pendant l'évaluation. Une fois l'évaluation réalisée par les ergonomes, à l'aide de leurs propres techniques, ils doivent décrire leurs résultats (problèmes détectés). Ensuite, ils mettent en place des recommandations qu'ils peuvent illustrer à l'aide de maquettes. Les documents sont ensuite transmis aux concepteurs (sous forme de rapport) pour être analysés. Cependant, le texte utilisé pour décrire les problèmes ergonomiques et recommandations peut poser des problèmes de compréhension et d'interprétation pour les concepteurs et développeurs (des exemples de supports utilisés sont présentés ci-après). Par conséquent, les modifications à apporter au système interactif, peuvent être erronées, ce qui implique que le système ne correspond pas aux attentes.

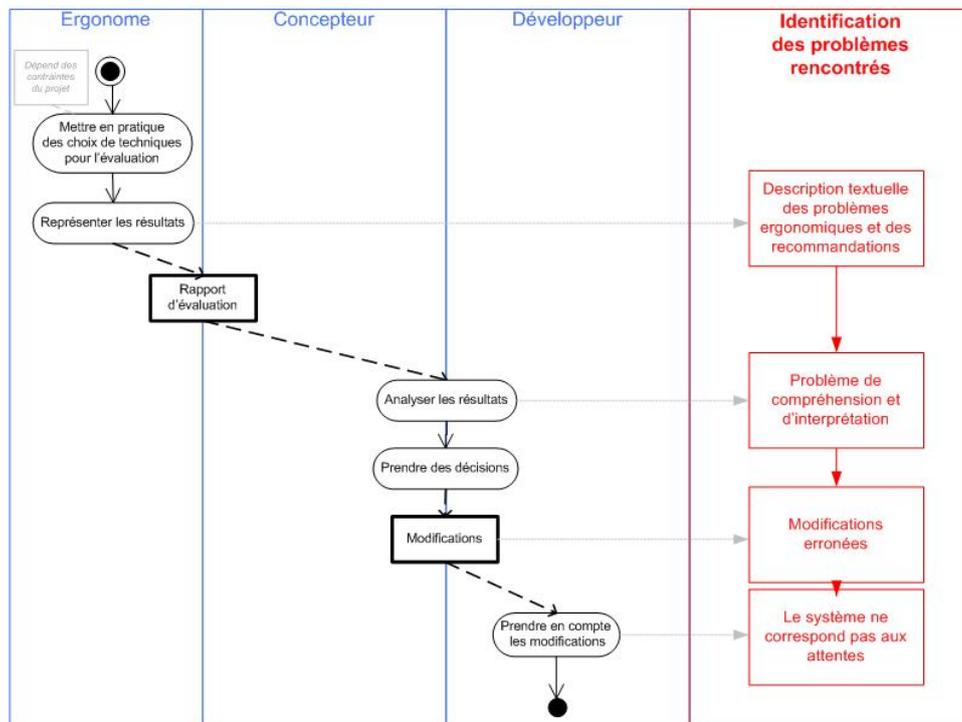


Figure V.4. Mise en évidence des conséquences de l'utilisation du langage naturel lors des évaluations ergonomiques.

De plus, les problèmes de situation d'utilisation (encadrés en pointillés rouge sur la Figure V.1) sont complexes à expliquer. En effet, ils touchent l'activité des utilisateurs et le fonctionnement prévu par le système interactif. Les procédures réalisées par les utilisateurs avec le système interactif, vont dépendre du contexte dans lequel il se trouve. Ces procédures prévues peuvent donc être adaptées, détournées ou non utilisées par l'utilisateur car le système interactif ne prend pas en compte les paramètres importants des situations de travail. Les ergonomes doivent donc expliquer toutes ces caractéristiques aux informaticiens pour qu'ils comprennent l'impact des problèmes détectés sur l'activité des utilisateurs et prévoir les erreurs, ce qui n'est pas toujours évident avec l'utilisation du langage naturel.

Nous avons donc mis en place une méthode pour tenter de pallier ces problèmes de compréhension, d'interprétation [Bernonville *et al.*, 2006a ; 2006b]. Elle permet de décrire, de manière graphique, les procédures posant problème et propose une localisation précise des problèmes détectés et des recommandations proposées, directement sur la description de

procédures du système interactif analysé. Elle permet également la description concrète d'une recommandation. Cette méthode, intitulée *ErgoPNets* est présentée dans la partie suivante.

V.3 PRESENTATION DE LA METHODE *ErgoPNets*

La méthode *ErgoPNets*¹⁶ associe un formalisme graphique (les réseaux de Petri) pour aider à la représentation des situations d'utilisation et des recommandations ainsi que l'utilisation de critères ergonomiques pour aider à identifier les types de problèmes détectés (dans cette méthode, il s'agit de ceux présenté au chapitre 1).

La figure V.5 montre l'intégration de la méthode *ErgoPNets* au sein de la méthodologie existante présentée précédemment (encadrée en pointillés verts sur la figure). L'intérêt est donc d'apporter un formalisme graphique pour aider à mieux représenter les problèmes liés aux situations d'utilisation et les recommandations.

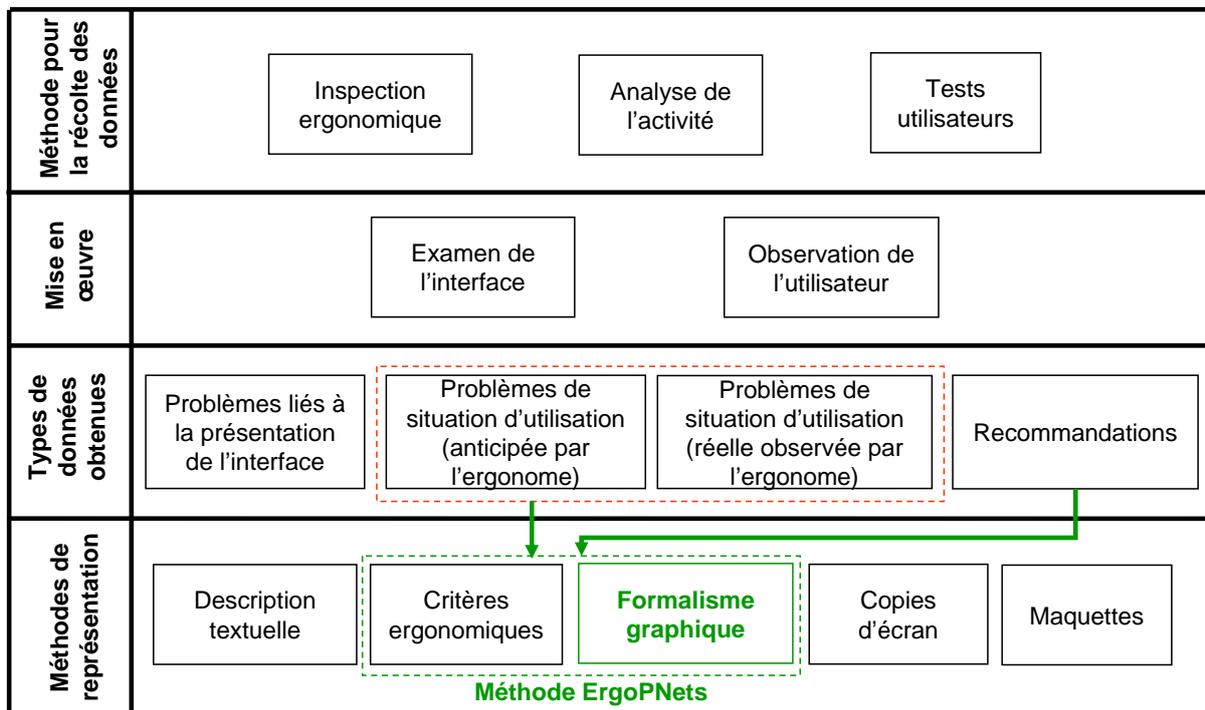


Figure V.5. Intégration de la méthode *ErgoPNets* au sein de la méthodologie présentée en Figure V.1.

Les sections ci-dessous présentent tout d'abord, les deux concepts de base de la méthode *ErgoPNets* et leurs intérêts. Ensuite le processus de mise en œuvre de la méthode ainsi que les différents éléments de modélisation mis en place pour créer les supports *ErgoPNets* sont décrits.

V.3.1 Concepts de base de la méthode *ErgoPNets*

La méthode *ErgoPNets* se base sur l'utilisation du formalisme des réseaux de Petri. Leurs principes de base ont été décrits dans le premier chapitre de ce mémoire. Nous avons vu qu'ils étaient utilisés dans de nombreux domaines et notamment en IHM. Pour notre part, nous avons choisi de les utiliser car ils permettent de représenter graphiquement la description de la

¹⁶ L'intitulé « ErgoPNets » provient du terme ergonomie, faisant référence à l'utilisation des critères ergonomiques et du terme Petri Nets faisant référence à l'utilisation des réseaux de Petri. Ce nom montre donc la combinaison des deux au sein de la méthode.

dynamique de la tâche. L'aspect graphique permet d'améliorer la compréhension des problèmes et donc l'interprétation de ceux-ci par les concepteurs. Ils peuvent mieux se rendre compte de l'intérêt de certaines modifications à apporter au système interactif et par conséquent, obtenir un système final reflétant au mieux la situation de travail des utilisateurs. Dans notre contexte, les réseaux de Petri ont été adaptés afin d'être utilisables et compréhensibles par tous les intervenants impliqués dans les projets et notamment par les ergonomes qui seront amenés à les utiliser. Nous nous sommes également intéressés aux réseaux de Petri pour leurs aspects formels rendus possible par la vérification de propriétés. Dans la méthode *ErgoPnets*, les réseaux de Petri permettent donc de modéliser les procédures des systèmes interactifs sous forme d'actions de l'utilisateur et de résultat d'actions et également de décrire les recommandations données par les ergonomes. En effet, la description concrète des recommandations apporte une solution possible claire, aidant le mieux les développeurs pour la conception ou la ré-ingénierie des interfaces homme-machine [Hornbaek et Frokjaer, 2005], plutôt que qu'une description textuelle vague qui n'apporte pas vraiment de piste pour les concepteurs.

L'originalité de la méthode *ErgoPnets* est de combiner l'utilisation des réseaux de Petri avec des critères ergonomiques. Il existe différentes classifications de critères ergonomiques ; celle choisie pour la méthode *ErgoPNets* est celle présentée au chapitre 1, qui est largement répandue dans le domaine de l'ergonomie francophone et reconnue aussi au sein de la communauté francophone en Interaction Homme-Machine (il est tout de même important de souligner que d'autres classifications peuvent être utilisées au sein de la méthode *ErgoPNets*). Les critères ont été créés en particulier dans le but d'aider les évaluateurs à détecter les problèmes lors d'évaluations ergonomiques. Ils représentent également les dimensions ergonomiques majeures selon lesquelles un logiciel interactif peut être spécifié ou évalué. Nous les utilisons donc pour catégoriser les problèmes détectés à l'aide d'autres méthodes, telles que les l'analyse de l'activité ou les tests utilisateurs. En effet, ces critères ont été conçus de manière à pouvoir être utilisés, aussi bien par des spécialistes que par des non spécialistes des facteurs humains [Bastien et Scapin, 1993]. Nous verrons plus loin dans cette partie, l'utilisation sous forme graphique de ces critères ergonomiques dans la méthode *ErgoPNets*.

V.3.2 Processus de mise en œuvre de la méthode *ErgoPnets*

Le processus de mise en œuvre de la méthode *ErgoPNets* se présente comme illustré en Figure V.6. Tout d'abord, pour la récolte des données, deux procédés sont possibles : soit les problèmes détectés proviennent de l'évaluation ergonomique d'un système interactif, soit ils proviennent de l'observation d'utilisateurs manipulant le système interactif. Dans les deux cas, un ensemble de problèmes liés aux situations d'utilisation est obtenu. Ensuite, pour chaque problème, l'ergonome va :

1. définir le contexte, c'est-à-dire le logiciel analysé (on peut y intégrer une référence précise renvoyant à un rapport où est décrite la page concernée) et définir l'objectif rempli par la procédure qu'il va décrire dans la partie gauche du support *ErgoPNets* en donnant des précisions sur le contexte.
2. décrire une procédure anticipée ou observée correspondant à l'objectif de l'étape 1. Une procédure anticipée est une situation d'utilisation envisagée par l'ergonome faisant référence à une situation de travail spécifique. Une procédure observée relate une situation de travail observée sur le terrain par l'ergonome. Dans cette étape, il s'agit de décrire la procédure à l'aide des réseaux de Petri adaptés, en indiquant les actions de l'utilisateur ainsi que les résultats des actions de l'utilisateur sur le système interactif.

3. identifier et expliquer le ou les problèmes ergonomiques détecté(s). Cette étape permet de localiser le ou les problème(s) ergonomique(s) sur la procédure décrite à l'étape 2 et de donner quelques explications textuelles pour être le plus complet possible. Les critères ergonomiques sont également utilisés lors de cette étape pour aider à l'identification du problème (voir paragraphe suivant pour l'utilisation des critères).
4. décrire la procédure intégrant les recommandations proposées par les ergonomes, pouvant être illustrée par des maquettes. Cette étape est réalisée également à l'aide des réseaux de Petri adaptés, elle peut montrer une procédure complètement différente de celle décrite à l'étape 2 ou seulement montrer quelques changements.
5. identifier et expliquer la ou les recommandation(s). Comme l'étape 3, elle permet de localiser la ou les recommandation(s) ergonomique(s) sur la procédure décrite à l'étape 4 et donner quelques explications textuelles pour être le plus complet possible.

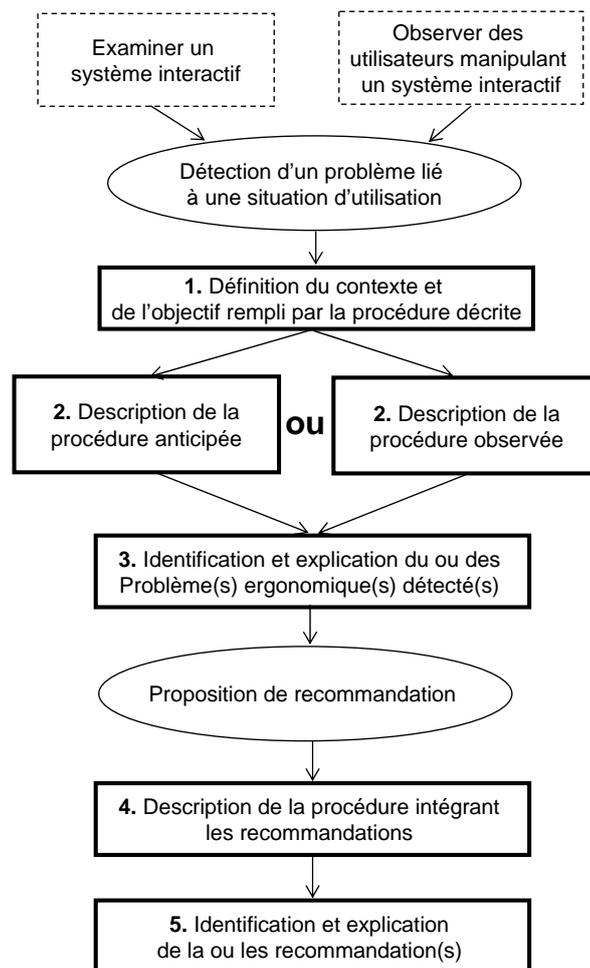


Figure V.6. Les différentes étapes de la méthode ErgoPNets.

V.3.3 Éléments de modélisation mis en place pour créer les supports *ErgoPNets*

Les étapes deux et quatre de la Figure V.6 sont issues d'une adaptation des réseaux de Petri. Les transitions (représentées par des petits rectangles) correspondent aux actions effectuées par l'utilisateur. Elles permettent de passer d'une place à une autre. Les places ou états (représentés par des petits cercles) correspondent aux résultats des actions effectuées par l'utilisateur ou le système. Les places et les transitions sont reliées par des arcs (représentés par des flèches) Chaque place et chaque transition est décrite sous forme de texte. Il est possible d'utiliser des mots-clés tels que "ET", "PUIS" et "OU" pour décrire un groupe

d’actions. Ces mots-clés ont des significations différentes. Par exemple, l’utilisation du mot “et” montre qu’il n’y pas d’ordre dans les actions du groupe ; par contre l’utilisation du mot-clé “puis” montre qu’il y a un ordre dans les actions du groupe.

Les étapes trois et cinq de la Figure V.6 consistent à identifier sur les procédures décrites, l’ensemble des places et transitions correspondant aux problèmes détectés ou aux recommandations proposées (représenté par un rectangle en pointillés rouge ou vert). L’étape trois comprend également l’utilisation des critères ergonomiques où chaque critère est représenté par une icône (Tableau V.1) et une explication textuelle décrivant le problème.

Tableau V.1. Liste des icônes représentant les critères ergonomiques, utilisées dans la méthode ErgoPNets.

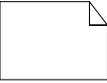
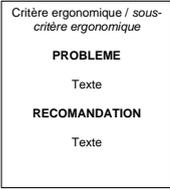
Critères ergonomiques	icônes	Justification des icônes
Guidage		Image des panneaux d’indication de direction pour guider les personnes
Charge de travail		Image du cerveau permettant à l’humain de travailler
Contrôle explicite		Image des boutons de télécommande (marche avant et arrière) permettant un contrôle explicite du magnétoscope
Adaptabilité		Image de la ceinture de pantalon adaptable à la taille des personnes
Gestion des erreurs		Image du panneau danger pour prédire les éventuels dangers
Homogénéité		Groupe de Formes non homogène
Signifiante des codes		Point d’interrogation signifiant l’incompréhension
Compatibilité		Image des pièces d’un puzzle pouvant être assemblée

L’étape cinq utilise également une icône (“R” pour recommandation) pour indiquer que l’ensemble des places et transitions localisées sur la procédure de droite correspond à une recommandation. La zone de texte qui décrit le problème et la recommandation correspondante est située entre les deux procédures et comprend le nom du critère ergonomique caractérisant le problème et éventuellement le nom du sous critère. Cette zone est reliée aux icônes par un trait simple noir. Il est possible également de montrer la correspondance entre les deux procédures à l’aide de traits en pointillés gris. Cet élément permet de mettre en évidence les changements dans les procédures.

Le détail de la procédure peut être adapté en fonction des situations. Par exemple, certaines actions peuvent être simplifiées dans la procédure car il n'est pas nécessaire de les décrire en détail pour comprendre le problème ergonomique (représenté par un astérisque à placer à côté de l'action simplifiée: *). Cependant, ces actions simplifiées doivent figurer dans la procédure pour qu'elle soit complète et que la logique soit respectée. Pour représenter l'action obligatoire dans la procédure, le mot "obligatoire" entre accolades peut être ajouté en face de l'action correspondante. Enfin, il est possible d'ajouter des commentaires sur n'importe quel élément du modèle (représenté par un rectangle avec un coin corné).

Tous les éléments graphiques utilisés dans la méthode *ErgoPNets* sont présentés dans le Tableau V.2 ainsi qu'une représentation typique d'un support *ErgoPNets* en Figure V.7.

Tableau V.2. *Éléments graphiques utilisés dans la méthode ErgoPNets.*

Éléments graphiques	Signification
	Place (résultat d'une action de l'utilisateur)
	Transition (action de l'utilisateur)
	Arc (lien entre une place et une transition)
	Cadre d'identification (identification du problème (rouge) et de la recommandation (vert))
	Correspondance entre les procédures
	Icône indiquant une recommandation (à placer près d'un cadre d'identification vert)
	Élément indiquant que la description de l'action est simplifiée
{obligatoire}	Élément indiquant une action obligatoire dans la procédure
ET OU PUIS	Mots-clé permettant de représenter un lien particulier entre deux actions ET = pas d'ordre à respecter pour l'exécution des actions PUIS = ordre à respecter pour l'exécution des deux actions OR = choix entre deux actions
	Lien (association d'une icône à une zone d'explication textuelle)
	Notes ou commentaire sur un élément du modèle
	Zone d'explication du problème et de la recommandation

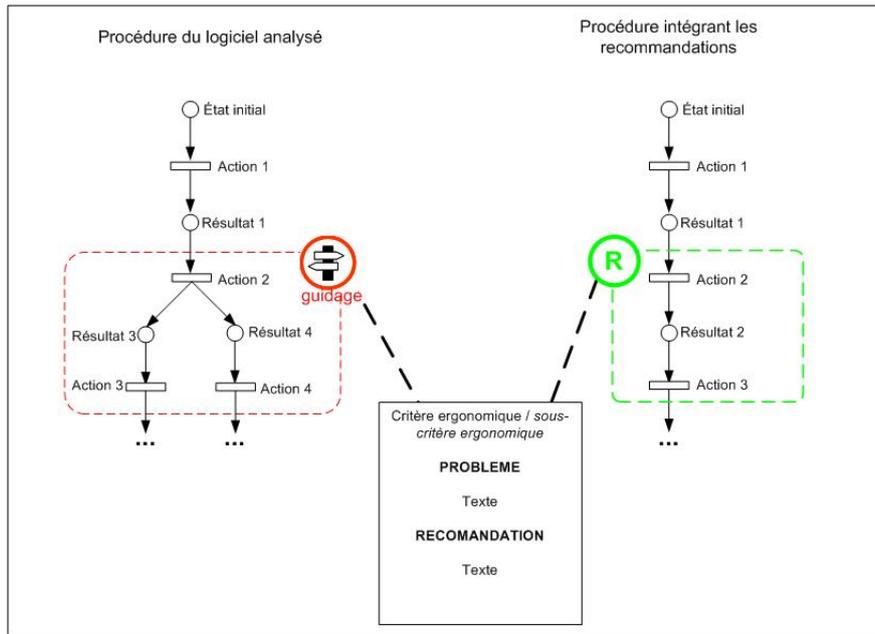


Figure V.7. Représentation typique d'un support ErgoPNets.

V.3.4 Conclusion

Nous venons de voir la présentation des principes de la méthode *ErgoPNets* qui permet de représenter les problèmes ergonomiques complexes détectés lors des évaluations ergonomiques, c'est-à-dire liés aux situations d'utilisation d'applications difficilement explicables avec le langage naturel ainsi que les recommandations correspondantes. La méthode combine une utilisation adaptée des réseaux de Petri pour la description de la dynamique des applications évaluées et l'utilisation de critères ergonomiques pour l'identification des types de problèmes détectés, directement sur la procédure décrite. La section suivante présente deux types d'outils supportant la méthode. Un premier outil permet la création des supports *ErgoPNets* et un deuxième outil permet leur vérification.

V.4 OUTILS SUPPORTANT LA METHODE *ErgoPNets*

La méthode *ErgoPNets* fait partie des solutions de modélisation proposées dans le système d'aide à la modélisation. Elle suit donc son principe pour la création du support et utilise le logiciel Visio ©. Nous avons également envisagé la vérification des modèles créés en concevant un petit outil prenant en compte dans un premier temps, la vérification de règles liées au formalisme.

V.4.1 Outil pour la création des supports *ErgoPNets*

Une bibliothèque d'éléments graphiques Visio © a été créée pour la méthode *ErgoPNets*. Elle contient les éléments graphiques présentés dans le Tableau V.1 et le Tableau V.2 de la partie précédente. Ces éléments ont été pensés de manière à ce qu'ils soient pertinents et facilement utilisables pour les ergonomes et les concepteurs informatiques. La Figure V.8 montre une copie d'écran du logiciel Visio avec un exemple de création de modèle à l'aide de la méthode *ErgoPNets*. A gauche de la figure, se trouve la bibliothèque d'éléments graphique *ErgoPNets* et sur le reste de la figure se trouve le plan de travail avec le modèle en cours de création.

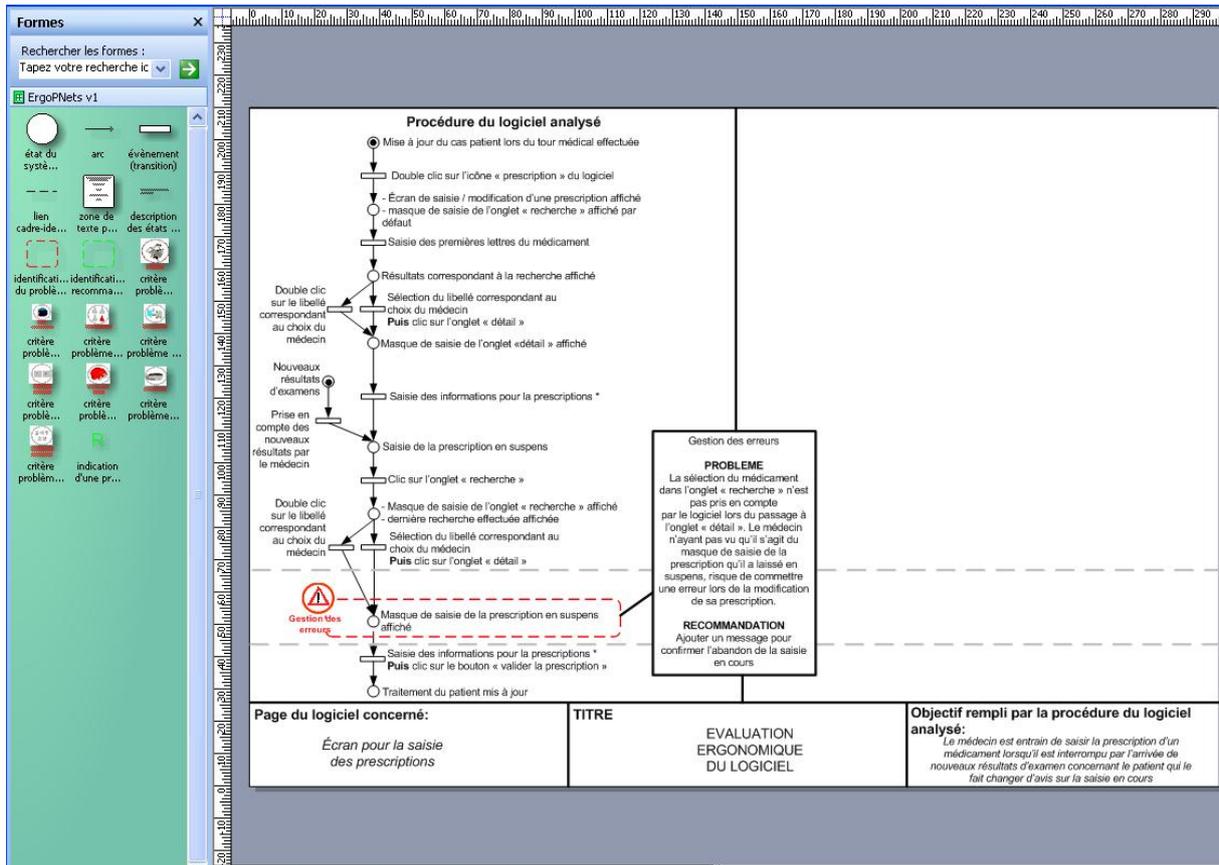


Figure V.8. Exemple de modélisation avec la méthode ErgoPNets (extrait du logiciel VISIO).

V.4.2 Outil pour la vérification des supports ErgoPNets

Les réseaux de Petri sont basés sur des règles de formalisation devant être respectées, pour assurer une cohérence du modèle réalisé. De plus, les ergonomes n'ont pas l'habitude d'utiliser les réseaux de Petri dans leur activité. Il est donc nécessaire de les guider dans la création des modèles. Pour cela, un premier prototype permettant de vérifier certaines règles propres à la méthode *ErgoPNets* a été conçu à l'aide de l'environnement .NET et du langage de programmation Visual Basic. La Figure V.9 montre le modèle des tâches prévues par l'outil de vérification (réalisé à l'aide de CTTE). Lorsque l'utilisateur lance l'outil, le système détecte si un modèle visio est ouvert. Dans ce cas, le système procède à la vérification automatique du modèle. Lorsqu'il a terminé, il affiche à l'écran une fenêtre avec la liste des erreurs détectées et les éléments erronés en rouge sur le modèle (voir Figure V.10). Dans le cas où il n'y a pas de modèle visio ouvert, le système affiche la fenêtre de dialogue classique pour ouvrir un fichier Visio ©. Lorsque le fichier est ouvert, la même procédure de vérification est lancée.

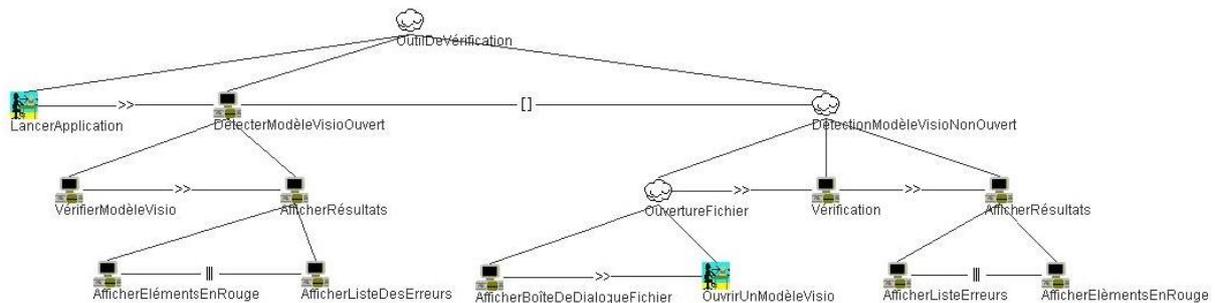


Figure V.9. Modèle de tâches de l'outil de vérification de modèles.

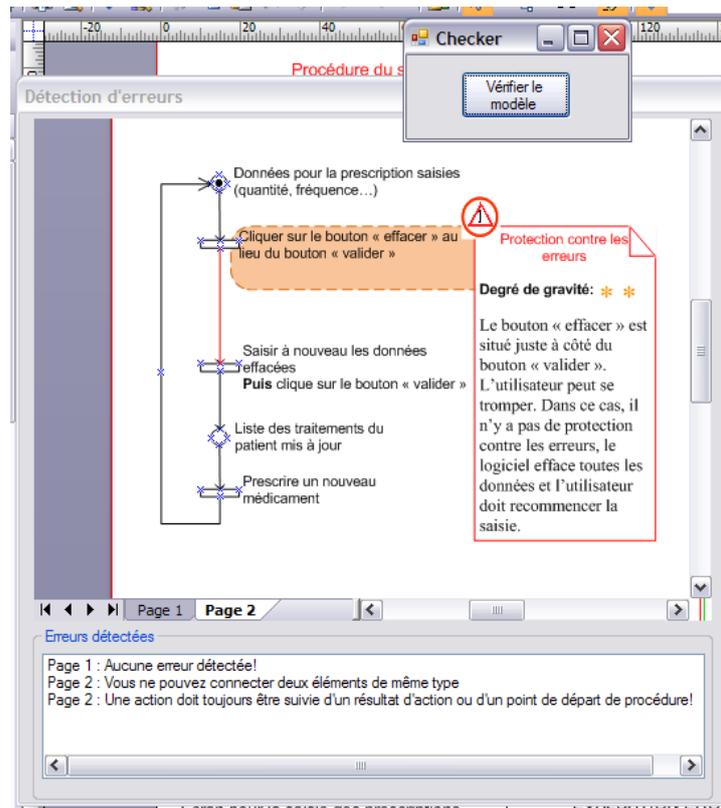


Figure V.10. Copie d'écran de l'outil de vérification de modèles.
(Cas où l'intervenant de projet a connecté deux transitions ensemble)

V.4.2.1 Présentation des objets Visio utilisés pour l'implémentation de l'outil

Pour la vérification des règles, le système se base sur l'exploitation des objets Visio. En effet, Visio distingue différents objets sur lesquels il est possible d'agir.

- L'objet *Application* : il représente une instance du logiciel Visio. Il permet entre autres d'ouvrir Visio de manière visible. Dans notre application, l'instance de cet objet nous sert à capter une instance de Visio déjà ouverte, via l'instruction "GetObject", et ainsi récupérer le ou les fichiers en cours de traitement par l'utilisateur.
- L'objet *Documents* : il s'agit d'une collection d'objets Document. L'intérêt de faire appel à celui-ci est que Visio permet d'ouvrir plusieurs fichiers en même temps. L'objet *Application* donne donc accès à sa propriété publique « Documents » qui est un objet *Documents*.
- L'objet *Document* : il représente un fichier (.vsd) ou gabarit (.vss) Visio. L'extrait de code ci-dessous (Figure V.11) permet d'ouvrir Visio avec pour document actif, un fichier choisi par l'utilisateur, et de récupérer ce dernier dans un objet *Document* (ici, la variable « file »).

```

OpenFileDialog1.Title = "Fichier à tester"
OpenFileDialog1.InitialDirectory = "C:\\"
OpenFileDialog1.ShowDialog()
If Not (OpenFileDialog1.FileName.Equals(""))
    appli = New Visio.Application
    files = appli.Documents
    files.Add(OpenFileDialog1.FileName)
    file = files.Item(1)

```

Figure V.11. Extrait de code Visio permettant de récupérer un fichier choisi par un utilisateur dans un objet Document.

- L'objet *Pages*: cet objet correspond à une collection d'objets *Page*, qui nous allons décrire ci-après.
- L'objet *Page* : un dessin Visio est en fait contenu dans une page. Il en est de même pour la relation entre les objets Visio. Ainsi, pour accéder au dessin dans un fichier ne contenant qu'une page, il est nécessaire de faire appel au premier élément de la propriété *Pages* (qui retourne un objet *Pages*) de l'objet *Document*.
- L'objet *Shapes*: cet objet correspond à une collection d'objets *Shape*, qui est décrit ci-après.
- L'objet *Shape* : cet objet correspond à une instance de forme contenue dans une page. En effet, l'objet *Page* contient la propriété *Shapes* (retournant un objet *Shapes*) qui contient toutes les formes d'une page de dessin. Toute forme n'est pas forcément générée ni visible par l'utilisateur.
- L'objet *Master* : on peut dire que cet objet représente un "type" de forme. Dans le logiciel Visio, toute forme contenue dans un dessin est instance d'un élément de la boîte de formes (gabarit). L'objet *Master* peut être considéré comme étant cet élément, et l'objet *Shape* en est l'instance. Si un objet *Shape* a une propriété *Master* (*Shape.Master*) non nulle, on sait qu'il s'agit alors d'un objet *Shape* visible et disponible dans un gabarit existant sur la machine de l'utilisateur (Figure V.12).

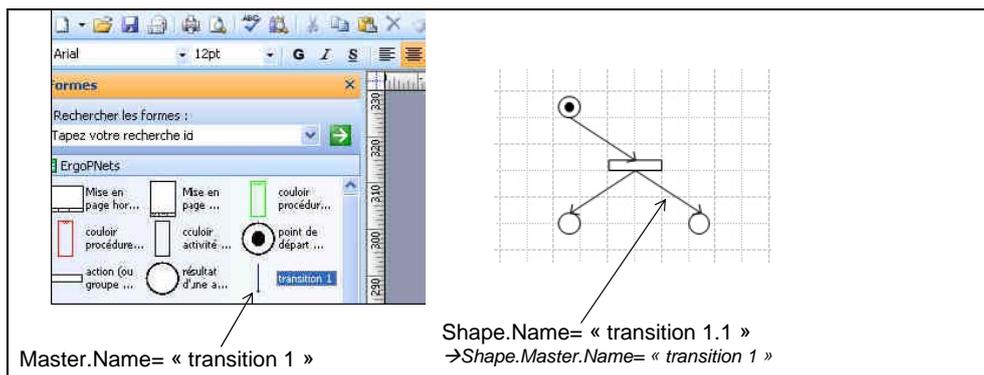


Figure V.12. Fonctionnement de l'objet Master.

- L'objet *Connect* : cet objet représente un point de connexion entre objets Shape.
- L'objet *Connects* : son fonctionnement est décrit ci-dessous (Figure V.13).

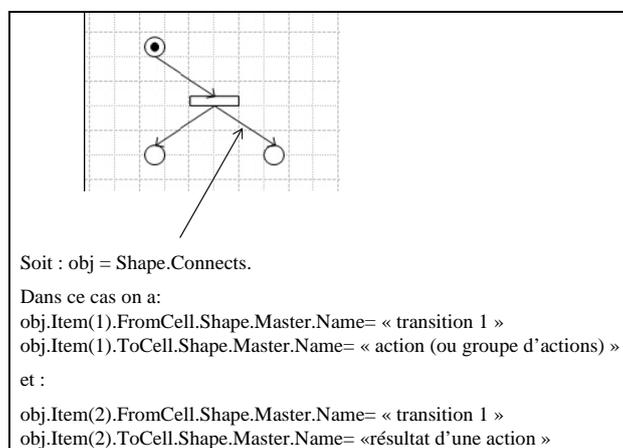


Figure V.13. Fonctionnement de l'objet Connects.

En faisant appel à la propriété *Connects* (qui retourne un objet *Connects*) d'une instance de *Shape* représentant un lien (par exemple, une flèche), on connaîtra l'élément connecté à la base et/ou à l'extrémité du lien. Un objet *Connects*, comme illustré ci-dessus, stocke l'objet *Shape* père (*Connects.item(1)*) et le *Shape* fils (*Connects.item(2)*) de la connexion. Dans le besoin de détecter par programmation, le sens d'une flèche, cet objet est donc particulièrement utile.

- L'objet *Cell* : cet objet permet de connaître ou de définir plusieurs propriétés d'une instance d'objet *Shape*, auquel il est directement lié. Il permet notamment d'en gérer l'opacité, ou encore d'en gérer la couleur, si l'élément graphique associé à ce *Shape* est vectoriel. Tout ceci se fait en modifiant la formule associée à la cellule correspondante.
- L'objet *Windows* : cet objet représente une collection d'objet *Window*, décrit ci-dessous.
- L'objet *Window* : cet objet représente, comme son nom l'indique, une fenêtre. Les différentes fenêtres ouvertes visibles d'une instance de *Visio* correspondent chacune à un objet *Window*, que l'on peut retrouver dans la propriété *Windows* (retournant un objet *Windows*) de l'objet *Application* concerné. Il faut cependant savoir que tout élément de la propriété *Windows* de l'objet *Application* peut également être un élément invisible, et qu'un objet *Window* contient lui même une propriété *Windows*. Ainsi il faut considérer une arborescence et non pas une simple structure, si l'on veut traiter certaines fenêtres d'une instance de *Visio*.

V.4.2.2 Principes de conception mis en œuvre pour implémenter la vérification des modèles

Une bibliothèque *Visio* composée de « shapes » a donc été créée pour l'utilisation de la méthode *ErgoPNETs*. Dans un premier temps, nous nous sommes intéressés à l'ensemble des « shapes » *ErgoPNETs* suivants :

- **Le point de départ de la procédure** : c'est une place contenant un jeton. Un modèle *ErgoPNETs* doit contenir au minimum une occurrence de ce type de « shape » et ce dernier ne peut être précédé que par une action (Figure V.14).



Figure V.14. Shape « point de départ »

- **L'action de l'utilisateur avec le système** : c'est un « shape » qui permet de modéliser une action de l'utilisateur avec le système. Elle doit toujours être précédée d'un point de départ de procédure ou d'un résultat d'action (Figure V.15).

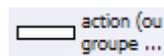


Figure V.15. Shape « action de l'utilisateur ».

- **Le résultat d'une action** : c'est un « shape » qui représente le résultat obtenu suite à une action sur le système. Il doit toujours, par conséquent, être précédé par une action et être suivi par une autre action. Le résultat d'action peut également servir de résultat final représentant la fin du déroulement de la procédure (Figure V.16).

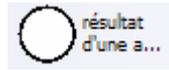


Figure V.16. Shape « résultat de l'action utilisateur ».

- **La transition** : c'est le « shape » utilisé pour relier différents types de « shape » comme le point de départ d'une procédure, l'action et le résultat d'action. Lorsque l'on dit qu'une action est suivie par un résultat d'action, cela signifie qu'une action est reliée à un résultat d'action par une transition. Il existe plusieurs types de transition dans le modèle *ErgoPNets* (Figure V.17).

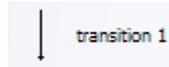


Figure V.17. Shape « transition ».

Actuellement, les règles automatiquement vérifiées par cet outil sont des règles de base à respecter pour la création des procédures. Trois règles ont été prises en compte pour l'instant :

1. un point de départ de procédure doit toujours être suivi d'une action ;
2. une action doit toujours être suivie d'un résultat d'action ou d'un point de départ de procédure ;
3. un résultat d'action doit toujours être suivi d'une action.

Ces trois règles impliquent que deux éléments de même type ne peuvent être connectés. L'ensemble de ces règles est géré par la fonction *CheckConnection()* qui vérifie l'ensemble des connexions et leurs différents types de relation.

Dans le cas où l'une des règles de connexion n'a pas été respectée (exemple : un point de départ de procédure est connecté à un résultat d'action) le programme fait appel à la fonction *ColorierTansition()* qui marque l'erreur en la coloriant et en ajoutant l'erreur à la liste des erreurs (cf. Gestion des erreurs). Un système de gestion des erreurs a été mis en place afin d'indiquer à l'utilisateur la nature de son erreur. Lorsqu'une erreur est rencontrée par le programme, elle est ajoutée à une liste (*ErrorList*). A la fin du programme, un appel est fait à la fonction *RapportErreurs()* qui affiche l'ensemble des erreurs que le programme a rencontré. Actuellement, il s'agit d'une première version prenant en compte uniquement des règles de formalismes.

Une de nos perspectives consiste à prendre en compte la vérification des propriétés propres aux réseaux de Petri (cf. chapitre 7 de conclusion et perspectives).

V.4.3 Conclusion

L'outil de vérification que nous venons de présenter permet de vérifier la cohérence des modèles *ErgoPNets* créés par l'intervenant de projet à l'aide d'une bibliothèque d'éléments graphiques Visio. Il a été conçu comme une petite interface collaborant avec le logiciel Visio. Pour l'instant, cet outil s'intéresse aux règles de construction de base des réseaux de Petri. Nous envisageons d'intégrer la vérification des propriétés par la suite (cf. chapitre 7 de ce mémoire).

V.5 CONCLUSION DU CHAPITRE

Dans le cadre de systèmes critiques à concevoir, la communication des problèmes ergonomiques ainsi que des recommandations correspondantes découlant de celles-ci peut

être d'une importance capitale. En effet, dans un tel contexte, les enjeux de sécurité sont considérables. Il est donc nécessaire de fournir des supports complets et moins libres d'interprétation par les concepteurs qui sont amenés à prendre des décisions concernant les éventuelles modifications à apporter à l'application en cours de conception ou de ré-ingénierie. Nous avons donc proposé la méthode *ErgoPNets* afin de pallier ces difficultés de communication.

La combinaison des réseaux de Pétri et des critères ergonomiques permet de prendre en compte deux aspects important : (1) la description des procédures anticipées ou observées par les ergonomes et (2) les résultats de l'évaluation des IHM sous l'angle des recommandations à prendre en compte.

Actuellement, un outil supportant la méthode *ErgoPNets* existe sous la forme d'une bibliothèque d'éléments graphiques Visio©. Un premier prototype permettant de vérifier la cohérence des modèles créés à partir de la bibliothèque Visio, a également été mis en place. Nous envisageons d'aller plus loin dans la création de cet outil, notamment en prenant en compte la vérification des propriétés des réseaux de Petri (cf chapitre 7). Nous souhaitons également intégrer dans ce même outil la vérification des autres solutions de modélisation proposées dans le système d'aide à la modélisation.

A ce jour, plusieurs applications de la méthode *ErgoPNets* ont été réalisées dans le cadre de projet. Une évaluation de la méthode *ErgoPNets* a également été faite auprès d'experts et a permis de recueillir un ensemble de résultats encourageants. Ces deux sujets font l'objet du chapitre suivant.

VI EVALUATION ET MISE EN ŒUVRE DE LA METHODE *ERGOPNETS*

VI.1	Introduction	182
VI.2	Evaluation de la méthode <i>ErgoPNets</i>	182
VI.2.1	Méthodologie	182
VI.2.2	Résultats	186
VI.2.3	Conclusion.....	189
VI.3	Exemples d'application issus de cas réels de projets de développement de systèmes interactifs destinés au milieu hospitalier	189
VI.3.1	Cas relatif à la validation des prescriptions saisies par le médecin.....	190
VI.3.2	Cas relatif à un changement de prescription en cours de saisie suite à l'arrivée de nouveaux résultats d'analyse pour un patient	193
VI.3.3	Cas de problèmes ergonomiques détectés lors d'une analyse de l'activité.....	196
VI.3.4	Conclusion.....	198
VI.4	Conclusion du chapitre	198

VI.1 INTRODUCTION

Ce chapitre présente dans un premier temps, l'évaluation mise en place pour tester la méthode *ErgoPNets* auprès de deux groupes de sujets : informaticiens en entreprise et chercheurs en GL et IHM, ainsi que les résultats obtenus. L'évaluation mise en place a permis de comparer la compréhension de problèmes ergonomiques et de recommandations avec la méthode *ErgoPNets* d'une part et un formalisme basé essentiellement sur le langage naturel d'autre part. Elle nous a permis également de recueillir l'avis des sujets sur sa pertinence.

Ensuite, trois exemples d'application de la méthode *ErgoPNets*, issus de projets réels de développement de systèmes interactifs destinés au milieu hospitalier, sont présentés. Les deux premiers exemples sont liés directement à notre cadre d'étude, le circuit du médicament en milieu hospitalier. Ils montrent la description de problèmes ergonomiques et de recommandations, issus d'évaluations ergonomiques de deux logiciels différents supportant le circuit du médicament. Ils montrent qu'une description, autre qu'avec le texte qui peut s'avérer ambiguë, peut aider les concepteurs à anticiper les erreurs de conception. Un troisième exemple montre un autre contexte d'utilisation de la méthode *ErgoPNets* ; il s'agit de la description de problèmes ergonomiques détectés lors d'une analyse de l'activité. Le contexte du projet était de réaliser un état des lieux d'une situation de travail réelle dans laquelle des acteurs utilisent un logiciel pour la gestion des congés.

VI.2 EVALUATION DE LA METHODE *ErgoPNets*

L'évaluation de la méthode a été menée auprès d'informaticiens et plus particulièrement de personnes issues du monde de l'entreprise et de la recherche universitaire. L'expérimentation consistait à lire un premier ensemble de trois supports réalisés à l'aide de la méthode *ErgoPNets* et un deuxième ensemble de trois supports réalisés à l'aide d'une description sous forme de tableau.

Dans un premier temps, le but était de tester la compréhension des problèmes et recommandations avec la méthode *ErgoPNets* d'une part et avec une description sous forme de tableau basée sur l'utilisation du langage naturel d'autre part, sur un ensemble d'exemples représentatifs de plusieurs types d'erreurs et issus d'une évaluation ergonomique d'un logiciel. Ensuite nous avons pu comparer les résultats obtenus. Enfin, l'objectif de cette évaluation était également de recueillir l'avis des sujets sur la méthode *ErgoPNets* afin de procéder à d'éventuelles améliorations.

VI.2.1 Méthodologie

VI.2.1.1 Sujets

Deux groupes de sujets ont été testés : (1) 6 concepteurs / développeurs intégrés dans des projets de conception de logiciels interactifs en entreprise, d'une moyenne d'âge de 35 ans et ayant au minimum 5 ans d'expérience et (2) 6 chercheurs universitaires, spécialistes du Génie Logiciel et de l'Interaction Homme-Machine, d'une moyenne d'âge de 30 ans et ayant au minimum 2 ans d'expérience. Le premier groupe représente des personnes de terrain ayant l'habitude de travailler avec des ergonomes et donc d'exploiter les recommandations liées aux problèmes ergonomiques fournis par ces derniers. Le deuxième groupe représente des personnes ayant un niveau de connaissance élevé sur les méthodes et modèles du Génie Logiciel et de l'Interaction Homme-Machine.

Les deux groupes ont testé la compréhension des problèmes et recommandations décrits à l'aide de la méthode *ErgoPNets* et à l'aide de tableaux. Les deux groupes ont permis

également de recueillir des informations selon deux points de vue différents : celui des utilisateurs potentiels de la méthode *ErgoPNets* et celui des spécialistes des méthodes et modèles.

VI.2.1.2 Matériel

Trois types de matériel ont été fournis aux sujets : des consignes, des questionnaires et des supports de lecture. Ils sont décrits successivement ci-dessous :

Consignes utilisateur (explications et consignes fournies à chaque sujet) (cf. Annexe C.1) :

- Une première explication a été donnée au sujet au début du protocole pour expliquer le but de la méthode *ErgoPNets* et l'objectif du test.
- Une deuxième explication a été donnée au sujet pour expliquer les notions importantes à savoir telles que les principes de la méthode *ErgoPNets* et des tableaux basés sur l'utilisation du langage naturel où deux exemples de supports ont été présentés, le contexte d'où sont issus les supports utilisés pour l'évaluation.
- Une troisième explication a été donnée au sujet pour expliquer le déroulement du test.
- Tout au long du test des explications sur le logiciel utilisé pouvaient éventuellement être données car le sujet ne connaissait pas forcément ce type de logiciel (le logiciel proposé était un logiciel de prescription thérapeutique utilisé en milieu hospitalier)

Questionnaires :

- Un premier questionnaire a été proposé pour identifier le profil de chaque sujet et situer les connaissances du sujet sur les réseaux de Petri et les critères ergonomiques utilisés dans la méthode *ErgoPNets* (cf. Annexe C.2).
- Des minis questionnaires (Figure VI.1) ont été proposés pour évaluer chaque support lu par le sujet. Ils ont permis de recueillir des données sur la compréhension des problèmes décrits avec le formalisme proposé (méthode *ErgoPNets* ou tableau).
- Un questionnaire d'évaluation global a été proposé pour recueillir l'avis général du sujet essentiellement sur la méthode *ErgoPNets* (difficultés rencontrées, manque dans la description des problèmes et recommandations, satisfaction du sujet) (cf. Annexe C.3).

Evaluation du support 1 :	
La modélisation du problème est-elle :	

Complicquée	Très claire
La modélisation de la recommandation est-elle :	

Complicquée	Très claire

Figure VI.1. Extrait du mini questionnaire pour l'évaluation de chaque support lu par le sujet.

Supports utilisés :

Douze supports (2 séries de 6 supports) ont été prévus pour l'expérimentation. Ces supports traitent de 6 problèmes ergonomiques potentiellement critiques, associés à des recommandations visant à les résoudre. Les types de problèmes traités sont décrits dans le Tableau VI.1 (ex : Guidage/ incitation, gestion des erreurs/ qualité des messages d'erreur...).

Ils proviennent d'une évaluation ergonomique réelle d'un logiciel de type circuit du médicament existant utilisé en milieu hospitalier, cette évaluation ayant été réalisée par une équipe d'ergonomes. L'expérimentation n'a pas été centrée sur l'exhaustivité des critères ergonomiques ; en effet, le choix des problèmes a été ciblé sur des problèmes typiques où les procédures prévues par le logiciel sont mises en cause.

Tableau VI.1. Organisation des supports au sein du protocole expérimental.

Problèmes traités	Supports ErgoPNets	Supports Tableau
 1. Guidage/incitation	GROUPE 1	GROUPE 2
 2. Gestion des erreurs/ qualité des messages d'erreurs		
 3. Gestion des erreurs/ protection contre les erreurs		
 4. Adaptabilité/flexibilité	GROUPE 2	GROUPE 1
 5. Gestion des erreurs/ protection contre les erreurs		
 6. Guidage/incitation		

Deux groupes constitués chacun de trois concepteurs et trois chercheurs ont été formés pour l'évaluation. On peut remarquer que dans le Tableau VI.1, le premier groupe a été interrogé sur les problèmes 1, 2 et 3 décrits avec la méthode ErgoPNets (exemple de support présenté en Figure VI.2) et sur les problèmes 4, 5 et 6 décrits avec les tableaux (exemple de support présenté en Figure VI.3). Tandis que le deuxième groupe de sujets a été interrogé sur les problèmes 1, 2 et 3 décrits avec les tableaux et les problèmes 4, 5 et 6 décrits avec la méthode ErgoPNets. Cette mise en place a permis de faciliter la comparaison des problèmes et leurs recommandations auprès de sujets différents.

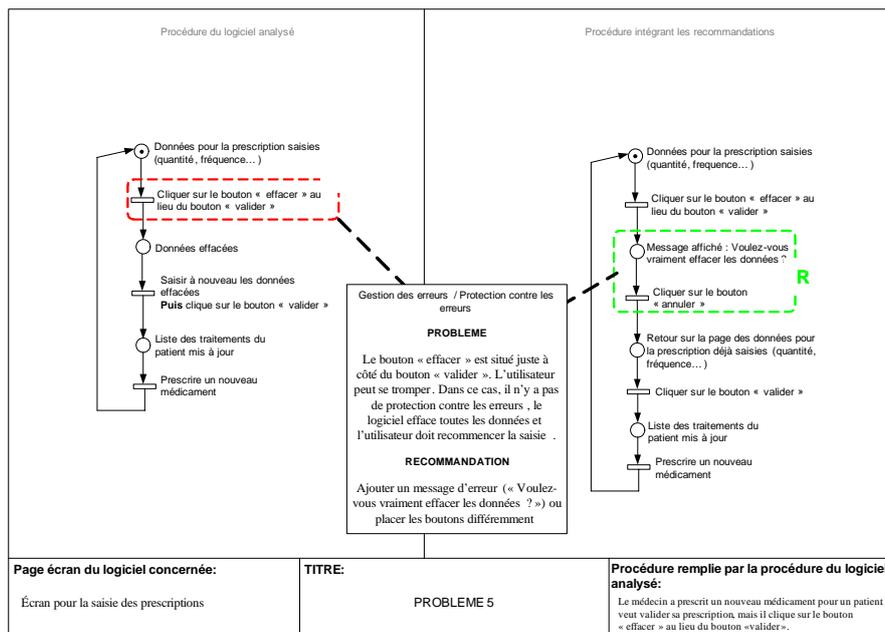


Figure VI.2. Exemple de support pour l'expérimentation, réalisé à l'aide de la méthode ErgoPNets.

Critère	Description du problème	Conséquences	Recommandations	Degrés de gravité
protection contre les erreurs	La touche « effacer » est très proche de la touche « valider », si on coche 3 mm à côté on est obligé de tout resaisir, d'autant plus qu'il n'y a pas de protection contre les erreurs	Perte de temps	Mettre un message de protection contre les erreurs (« voulez-vous vraiment effacer ? ») ou éloigner les deux icônes	☆☆

Figure VI.3. Exemple de support pour l'expérimentation, réalisé à l'aide du tableau et décrivant le même problème et la même recommandation que le support de la Figure VI.2.

VI.2.1.3 Procédure

La Figure VI.4 est une représentation schématique du déroulement du test.

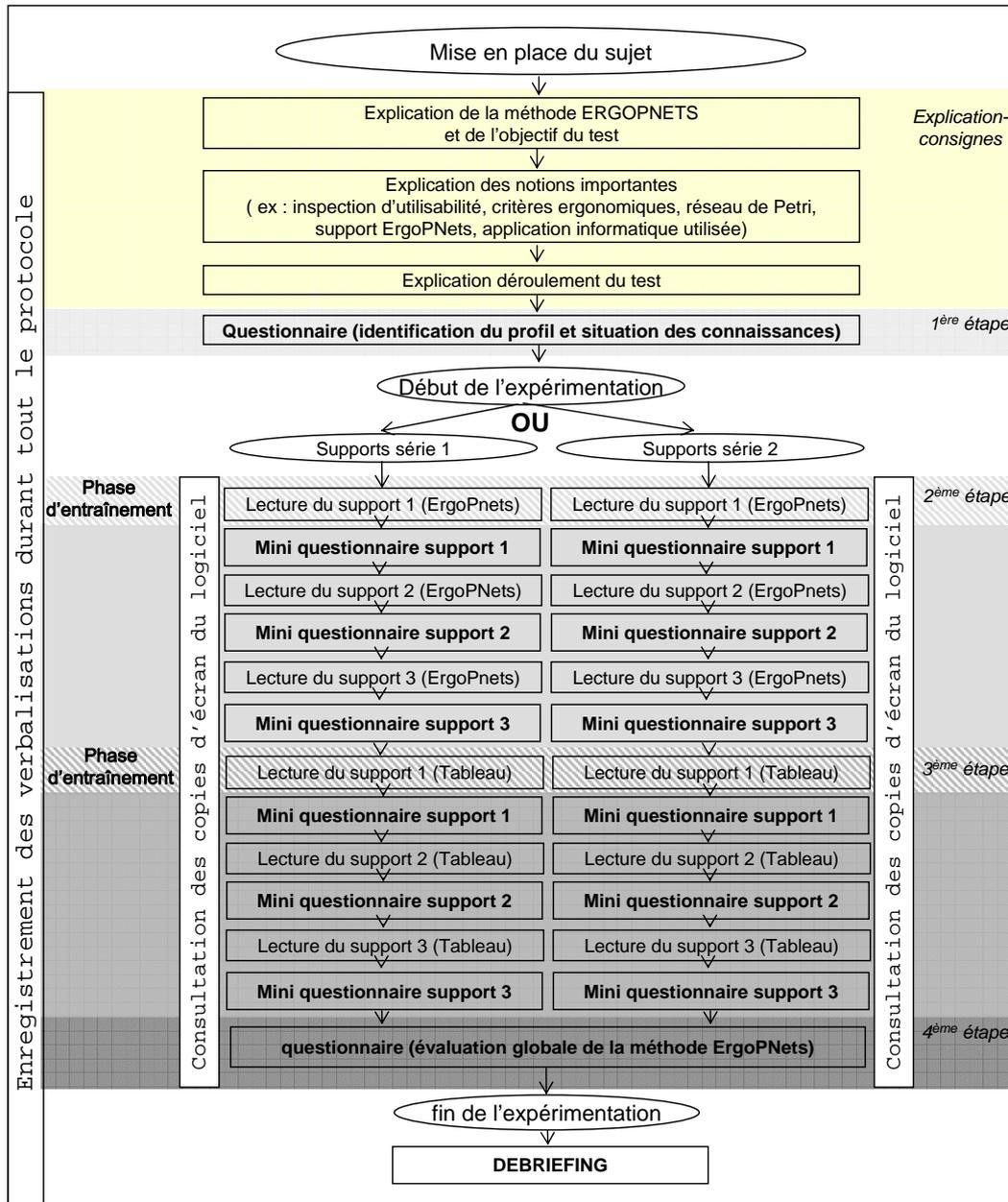


Figure VI.4. Représentation du déroulement de l'évaluation.

Il distingue les étapes clé du protocole comme la mise en place du sujet, le début de l'expérimentation, la lecture des supports série 1, la lecture des supports série 2 et la fin de l'expérimentation. Notons que pour la lecture des supports, soit le sujet interrogé avait à lire la série 1, soit la série 2 (indiqué par le « OU » sur la Figure VI.4). Il comprend également les

différentes étapes du protocole dont les explications et les consignes, un éventuel débriefing à la fin de l'expérimentation pour recueillir les remarques du sujet sur le protocole et enfin les tâches réalisées pour chaque sujet telles que :

1. remplir le premier questionnaire (identification du profil, connaissance des réseaux de Petri et critères ergonomiques)
2. lire les 6 supports (3 avec la méthode *ErgoPNets* et 3 avec les tableaux) décrivant 6 problèmes ergonomiques différents et leurs recommandations
3. remplir les minis questionnaires pour chacun des 6 supports lus (recueil des données sur la compréhension du problème et de la recommandation associée)
4. remplir le questionnaire d'évaluation globale (recueil de l'avis général du sujet sur la méthode *ErgoPNets*)

Enfin, le schéma indique des informations sur la méthodologie employée durant le test comme la consultation en parallèle et si nécessaire des copies d'écran du logiciel analysé, l'enregistrement en parallèle des verbalisations durant tout le protocole pour recueillir les commentaires des sujets, les phases d'entraînement qui permettent au sujet de bien se familiariser avec les formalismes utilisés (pour le premier support de chaque série, le sujet pouvait poser des questions).

VI.2.2 Résultats

VI.2.2.1 Confrontation des résultats obtenus pour la compréhension des problèmes et des recommandations avec la méthode *ErgoPNets* et avec le formalisme de type « tableau »

Pour obtenir les résultats présentés ci-dessous, les sujets devaient situer leur niveau de compréhension concernant d'une part la modélisation du problème proposée, et d'autre part la modélisation de la recommandation proposée. Pour cela, il fallait cocher pour chaque support lu, sur une échelle de 0 (compliquée) à 10 (très claire), le niveau de compréhension. Ensuite le report des mesures a été organisé de manière à pouvoir comparer la compréhension des 6 problèmes et leurs recommandations avec la méthode *ErgoPNets* et avec les tableaux.

Globalement les résultats montrent que les problèmes ont été mieux compris avec *ErgoPNets* (les moyennes obtenues avec la méthode *ErgoPNets* sont supérieures à celles obtenues avec les tableaux) sauf pour les problèmes 4 et 6 (Figure VI.5) :

- En effet, pour le problème 4, il s'agissait d'un ordre de saisie imposé par le logiciel qui ne correspondait pas aux habitudes de travail du médecin. Les sujets ont jugé majoritairement qu'une explication textuelle suffisait pour expliquer le problème et qu'il n'était pas nécessaire de décrire l'ordre de saisie posant problème, avec la méthode *ErgoPNets*.
- Pour le problème 6, il était question d'un problème de saisie. Un champ figurant sur une page écran, incitait l'utilisateur à la saisie alors que le logiciel ne le permettait pas. Par conséquent, pour les mêmes raisons que le problème 4, les sujets ont jugé majoritairement qu'une explication textuelle était suffisante pour décrire le problème.

L'évaluation a montré également que les résultats obtenus ne sont pas évidents. En effet, les réponses des sujets sont partagées (écarts types importants sur le graphique). Par exemple, pour le problème 3 décrit avec la méthode *ErgoPNets*, les réponses s'échelonnent entre 0 et 9,8. Deux sujets sur six ont répondu entre 0 et 5 (entre compliquée et moyennement claire) et quatre sujets sur six ont répondu entre 5 et 10 (entre moyennement claire et très claire).

Concernant le problème 3 décrit avec les tableaux, les réponses s'échelonnent entre 2 et 7,3. Quatre sujets sur six ont répondu entre 0 et 5 (entre compliquée et moyennement claire) et deux sujets sur six ont répondu entre 5 et 10 (entre moyennement claire et très claire). Le problème 3 a donc été jugé plus clair avec la méthode *ErgoPNets* mais les écarts entre les réponses des sujets montrent que ces résultats ne font pas l'unanimité auprès des sujets interrogés.

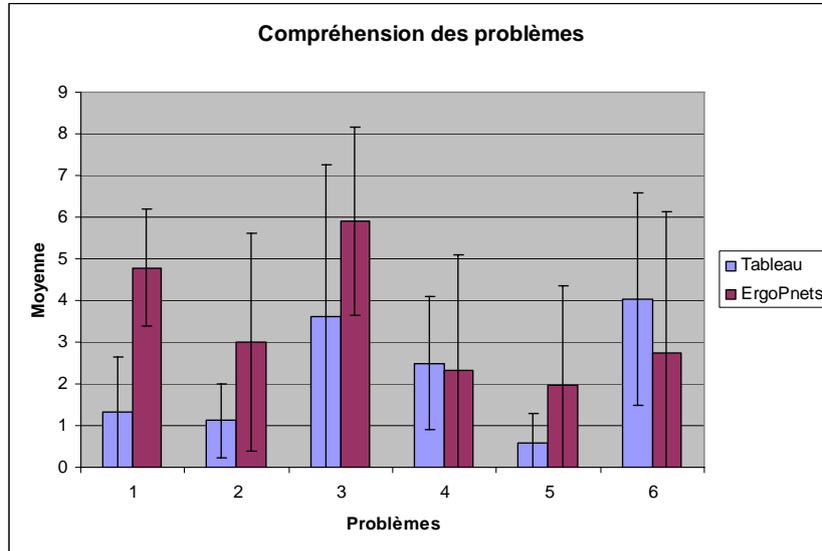


Figure VI.5. Résultats obtenus pour les problèmes 1 à 6..

Les résultats concernant les recommandations sont similaires à ceux concernant les problèmes. Globalement les recommandations ont été mieux comprises avec la méthode *ErgoPNets* (les moyennes obtenues avec la méthode *ErgoPNets* sont inférieures à celles obtenues par les tableaux) sauf pour la recommandation 4 (Figure VI.6). Les écarts types sont importants et montrent à nouveau que les résultats ne sont pas évidents et donc que les avis sont partagés. Les sujets ont apprécié la description complète des recommandations car souvent les recommandations proposées par les ergonomes sont vagues et libres d'interprétation. Cependant, on remarque que pour la recommandation n°4, plusieurs sujets s'accordent à dire qu'une simple description textuelle aurait pu suffire.

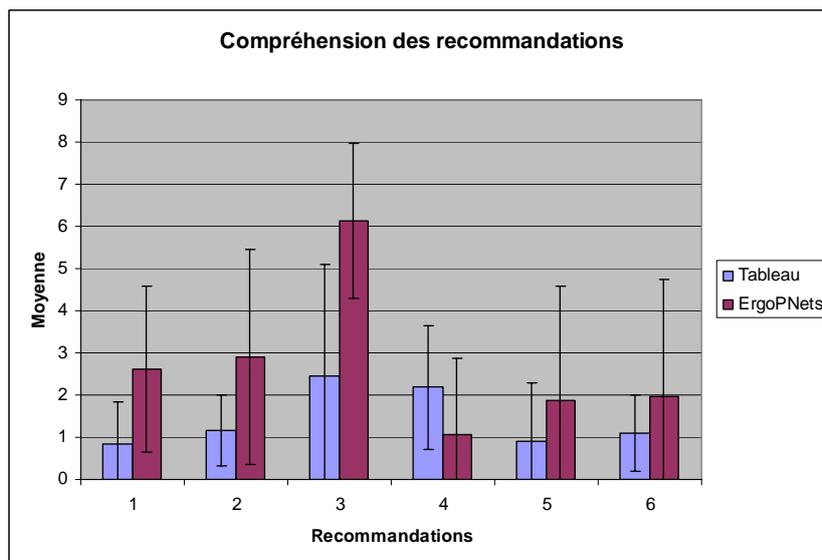


Figure VI.6. Résultats obtenus pour les recommandations 1 à 6.

En conclusion, les résultats sont encourageants mais des améliorations peuvent être envisagées afin d’obtenir des résultats plus évidents. Le test a permis de confirmer que la méthode ErgoPNets est plus efficace pour la description de certains types de problème, notamment pour ceux liés aux situations d’utilisation des applications et non pour ceux dits de « surface » (ex : intitulé d’un bouton). La partie suivante complète ces résultats en fournissant une synthèse des commentaires des sujets à propos de la méthode ErgoPNets (satisfaction, manques...).

VI.2.2.2 Synthèse des résultats du questionnaire global et des verbalisations enregistrées pendant les tests

Le questionnaire global et les verbalisations enregistrées pendant les tests ont permis de recueillir l’avis des sujets sur la méthode ErgoPNets. Le questionnaire comportait des questions sur les difficultés rencontrées, les manques de la méthode, la satisfaction des sujets et plus particulièrement pour les concepteurs/développeurs, sur l’utilité possible de la méthode dans leur activité.

Le Tableau VI.2 recense l’ensemble de commentaires recueillis pendant les tests. Ces commentaires ont été triés selon (1) une catégorie relative aux points positifs et intérêts de la méthode (ex : représentation exhaustive et évidente des problèmes et recommandation) et (2) une catégorie concernant les points négatifs et inconvénients de la méthode (ex : ne convient pas pour tout ce qui est visuel).

Tableau VI.2. Synthèse des réponses au questionnaire global et des verbalisations enregistrées (lorsque plusieurs sujets ont émis la même idée, la synthèse de l’idée est indiquée sans guillemets, sinon la phrase du sujet est indiquée telle quelle).

(I=Informaticien, S=Spécialiste du GL et de l’IHM)

Sujets concernés	Points positifs et avantages de la méthode ErgoPNets	Sujets concernés	Points négatifs et inconvénients de la méthode ErgoPNets
I2, I6, I7	Représentation exhaustive et évidente des procédures du logiciel	I5, I6	« L’utilisation de la méthode demande une gymnastique de l’esprit »
I2, I7	La méthode permet une comparaison entre la procédure avec le problème et la procédure avec la recommandation	S3, I2	Des cas simples peuvent être alourdis
S1	« Le fait de décrire les procédures montre un résultat cohérent et unique pour tout le monde »	S1, I7	Certains supports sont chargés
I2	« Ce type de méthode est moins soumis à interprétation »	I6, I7, S6	Certains supports sont long à lire
I5, S1	Cette méthode permet de clarifier les choses	I7, S1	Les supports peuvent être compliqués quand il y a plusieurs solutions possibles pour les recommandations
I6	« Je trouve ça facile car on voit un enchaînement logique des actions »	S3	« Par contre la méthode ne convient pas pour tout ce qui est seulement visuel »
I2, I5	Le support est suffisant pour que les développeurs se débrouillent tout seul	I4	« Là j’ai compris le problème ergonomique seulement après avoir lu la recommandation »
S3	« ErgoPNets est fait pour tout ce qui interactif »		
I4	« Rien de tel que des schémas comme ça pour expliquer les choses »		
I4	« On voit bien les différentes étapes, c’est mieux qu’une description textuelle où il y a trop de blabla »		
I5, I7	La description permet de voir ce qu’un changement entraîne dans la procédure, ça argumente la modification		

Concernant la satisfaction, les sujets devaient situer leur niveau de satisfaction sur une échelle de 0 (pas du tout satisfait) à 10 (très satisfait). La moyenne obtenue est de 8,1 pour les concepteurs/développeurs, avec un écart type de 1,60 et la moyenne est de 7,8 pour les chercheurs du GL et de l'IHM, avec un écart type de 1,80 (Figure VI.7). Ces résultats montrent un avis plutôt positif des sujets pour la méthode *ErgoPNets*. De plus, à la question « La méthode *ErgoPNets* pourrait-elle vous être utile dans votre activité ? », 5 concepteurs/développeurs sur 6 ont répondu oui.

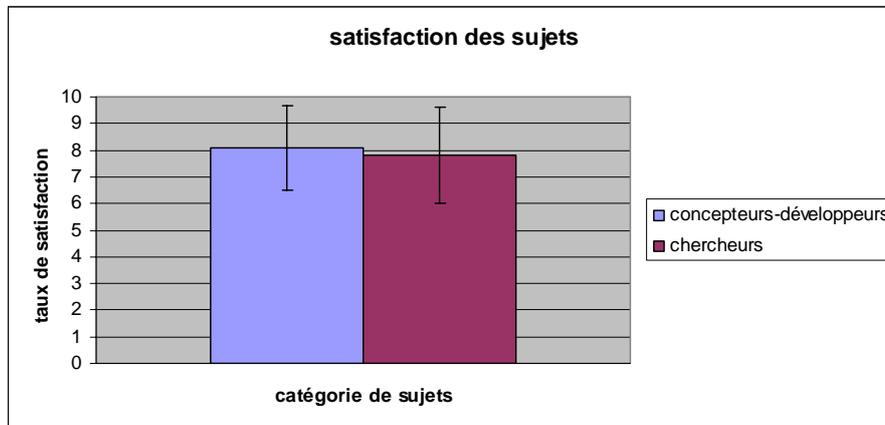


Figure VI.7. Résultats obtenus pour la satisfaction des sujets.

VI.2.3 Conclusion

Nous venons de présenter l'évaluation mise en place pour tester la méthode *ErgoPNets*. Cette évaluation avait pour objectif de tester la compréhension de problèmes ergonomiques et de recommandations à l'aide de la méthode d'une part et à l'aide d'un formalisme basé sur l'utilisation du langage naturel, dans le but de confronter les résultats et d'analyser l'apport de la méthode *ErgoPNets*.

Les données recueillies ont montré des résultats encourageants et des avis positifs de la part des sujets. Par ailleurs, l'évaluation a permis de mettre en évidence un ensemble de points à améliorer (ex : l'intégration du degré de gravité). Toutes ces remarques ont été prises en compte et une nouvelle version de la bibliothèque d'éléments graphiques de la méthode *ErgoPNets* a été élaborée (cf. annexe C4).

La section suivante présente des exemples de supports *ErgoPNets* issus de projets de développement de systèmes interactifs complexes destinés au milieu hospitalier.

VI.3 EXEMPLES D'APPLICATION ISSUS DE CAS REELS DE PROJETS DE DEVELOPPEMENT DE SYSTEMES INTERACTIFS DESTINES AU MILIEU HOSPITALIER

Les exemples d'application présentés dans cette partie, montrent deux contextes différents. Le premier contexte concerne l'évaluation ergonomique de deux logiciels de type CPOE. Deux exemples de supports sont présentés, illustrant des cas de procédures prévues par les logiciels peuvent avoir des conséquences graves sur la sécurité des personnes (dans notre cas il s'agit des patients de l'hôpital). Tandis que le deuxième contexte concerne l'analyse d'une situation de travail intégrant l'utilisation d'un logiciel existant de type administratif. L'exemple de support présenté s'intéresse aux aspects organisationnels d'une activité et montre le cas d'une procédure prévue par un logiciel pour supporter une activité spécifique où des problèmes de charge de travail ont été détectés.

VI.3.1 Cas relatif à la validation des prescriptions saisies par le médecin

VI.3.1.1 Contexte

Le contexte du projet était la conception d'un nouveau système interactif supportant l'activité de prescription du médecin en milieu hospitalier. Afin d'assurer l'utilisabilité du produit final, des évaluations itératives de l'utilisabilité ont été réalisées sur une première maquette. Un ensemble de résultats ont été décrits à l'aide de la méthode ErgoPNets. L'exemple ci-dessous présente un de ces résultats.

La Figure VI.8 montre une copie d'écran annotée concernant la saisie des prescriptions par le médecin. Cette page est divisée en différentes zones, chacune représente les étapes à réaliser pour la prescription de médicaments :

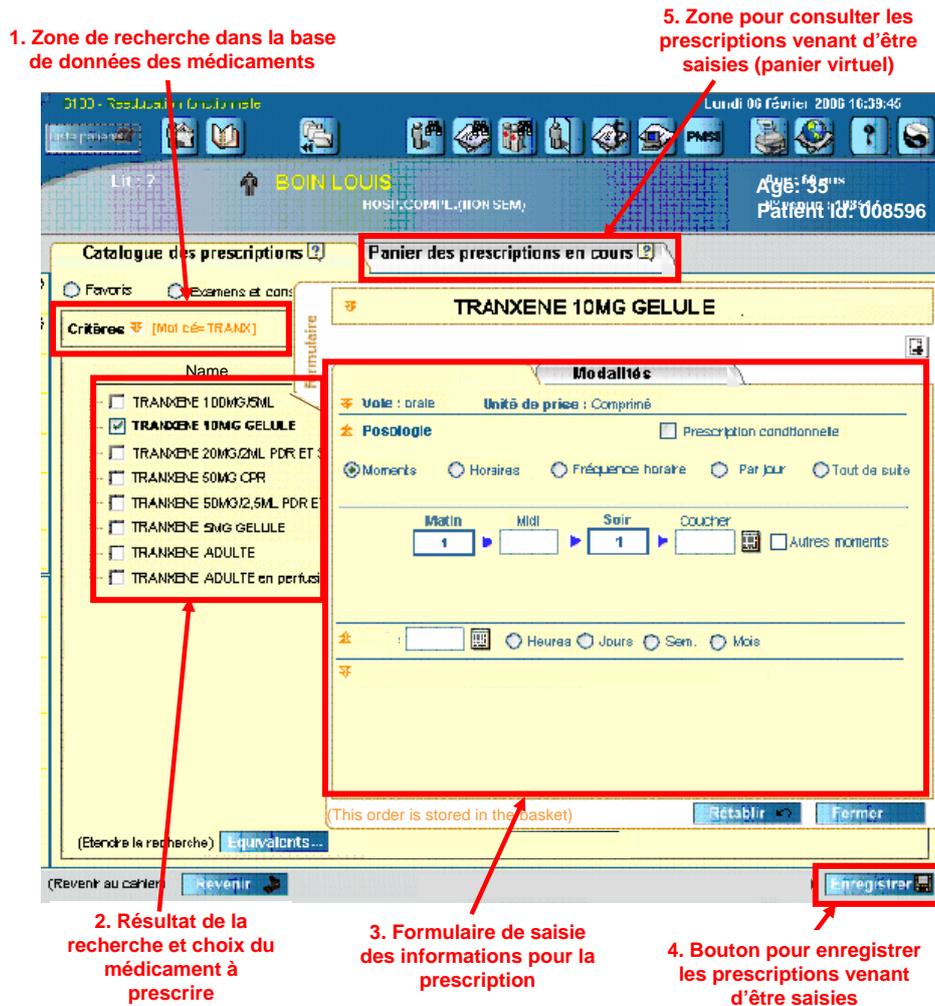


Figure VI.8. Extrait du logiciel analysé (écran pour la saisie des prescriptions).

1. La zone 1 : le médicament que souhaite prescrire le médecin est recherché dans la base de données de la pharmacie de l'hôpital (dans la Figure VI.8, la zone de recherche est pliée car la recherche a déjà été saisie par le médecin).
2. La zone 2 affiche les résultats de recherche, accompagnés chacun d'une case à cocher servant à indiquer le médicament choisi par le médecin.
3. La zone 3 est destinée à la saisie de la posologie du médicament choisi (voie, quantité, fréquence...).

4. La zone 4 permet l'enregistrement des nouvelles prescriptions à l'aide du bouton "enregistrer".
5. Le système de prescription est conçu suivant le principe de « panier ». Chaque prescription d'un médecin saisie dans la même session est ajoutée et sauvegardée automatiquement dans un panier virtuel. Le médecin peut cliquer sur l'onglet « panier des prescriptions en cours » (zone 5 sur la figure) pour afficher la liste des nouvelles prescriptions saisies pendant la session et confirmer l'enregistrement de celles-ci.

Lors de l'évaluation ergonomique du logiciel, les ergonomes ont détecté un problème de « protection contre les erreurs ». Afin de réduire le nombre de clics, les concepteurs ont prévu une sauvegarde automatique des nouvelles prescriptions dans un panier virtuel. Ce concept permet au médecin de saisir les prescriptions sans forcément les vérifier, à moins de cliquer sur l'onglet « panier des prescriptions en cours ». Dans le cas où le médecin les vérifie, il clique sur le bouton « confirmer » pour valider sa saisie. Cette action enregistre les nouvelles prescriptions stockées temporairement dans le panier virtuel et met à jour la liste complète des traitements courants du patient. On constate que cette procédure n'encourage pas le médecin à vérifier les informations qu'il vient de saisir, le médecin doit penser à cliquer sur le bouton « panier des prescriptions en cours », ce qu'il ne fait pas forcément. Ce problème peut être critique dans le cas où le médecin n'a pas vérifié les prescriptions qu'il vient de saisir et qu'une erreur de saisie a été commise. La validation des prescriptions est prise en compte sans qu'il s'en aperçoive.

Pour résoudre ce problème, les ergonomes recommandent d'afficher systématiquement « le panier des prescriptions en cours » contenant les nouvelles prescriptions lorsque le médecin clique sur le bouton « enregistrer ». Ce bouton permettrait d'afficher le panier des nouvelles prescriptions, de les vérifier systématiquement (et effectuer les éventuelles corrections) et de les valider en cliquant sur le bouton « confirmer » afin que la liste des traitements courants du patient soit mise à jour (anciennes et nouvelles).

VI.3.1.2 Modélisation

La Figure VI.9 montre la description du problème et de la recommandation présentée précédemment, à l'aide de la méthode *ErgoPNETs*. À gauche de la figure, la procédure anticipée de l'ergonome concernant la prescription de médicaments par le médecin, est décrite ainsi que le problème correspondant à « la visualisation des prescriptions » (cadre en pointillées rouge). Ce problème est identifié à l'aide de l'icône « gestion des erreurs ». À droite de la figure, la procédure intégrant la recommandation est décrite, ainsi que la localisation de cette recommandation sur la procédure (cadre en pointillées vert et icône vert « R »). Une place et deux transitions ont été ajoutées dans cette procédure. Elles représentent l'affichage du panier virtuel avant l'enregistrement final des prescriptions. Ce changement est mis en évidence dans la procédure à l'aide des lignes en pointillées grises qui montrent la correspondance entre les deux procédures. Au milieu de la figure, une zone d'explication décrit le type de problème suivant les critères ergonomiques ainsi que le problème et la recommandation sous forme de texte.

VI.3.1.3 Apports

Dans cet exemple, le support *ErgoPNETs* a permis de décrire un problème ergonomique lié à une situation d'utilisation importante pour la prescription de médicaments (vérification de la saisie des prescriptions avant leurs enregistrements définitifs) et de proposer une recommandation concrète pour pallier ce problème. Les concepteurs ont donc pu comprendre ce problème important à l'aide de la description synthétique et non ambiguë de la procédure

(procédure minimale) illustrant la situation d'utilisation de l'application posant problème et de la localisation précise du problème sur la procédure ainsi que son identification à l'aide des critères ergonomiques.

Par ailleurs, dans le cas de problème lié à la procédure, les maquettes fournies peuvent être inefficaces. Par exemple, dans notre cas, la recommandation proposée par les ergonomes n'inclut pas de changement de la maquette proposée par les concepteurs. Il s'agit juste d'un changement dans la procédure. Par conséquent, la description de la recommandation située à côté de celle du problème, montre d'emblée les changements apportés dans la procédure.

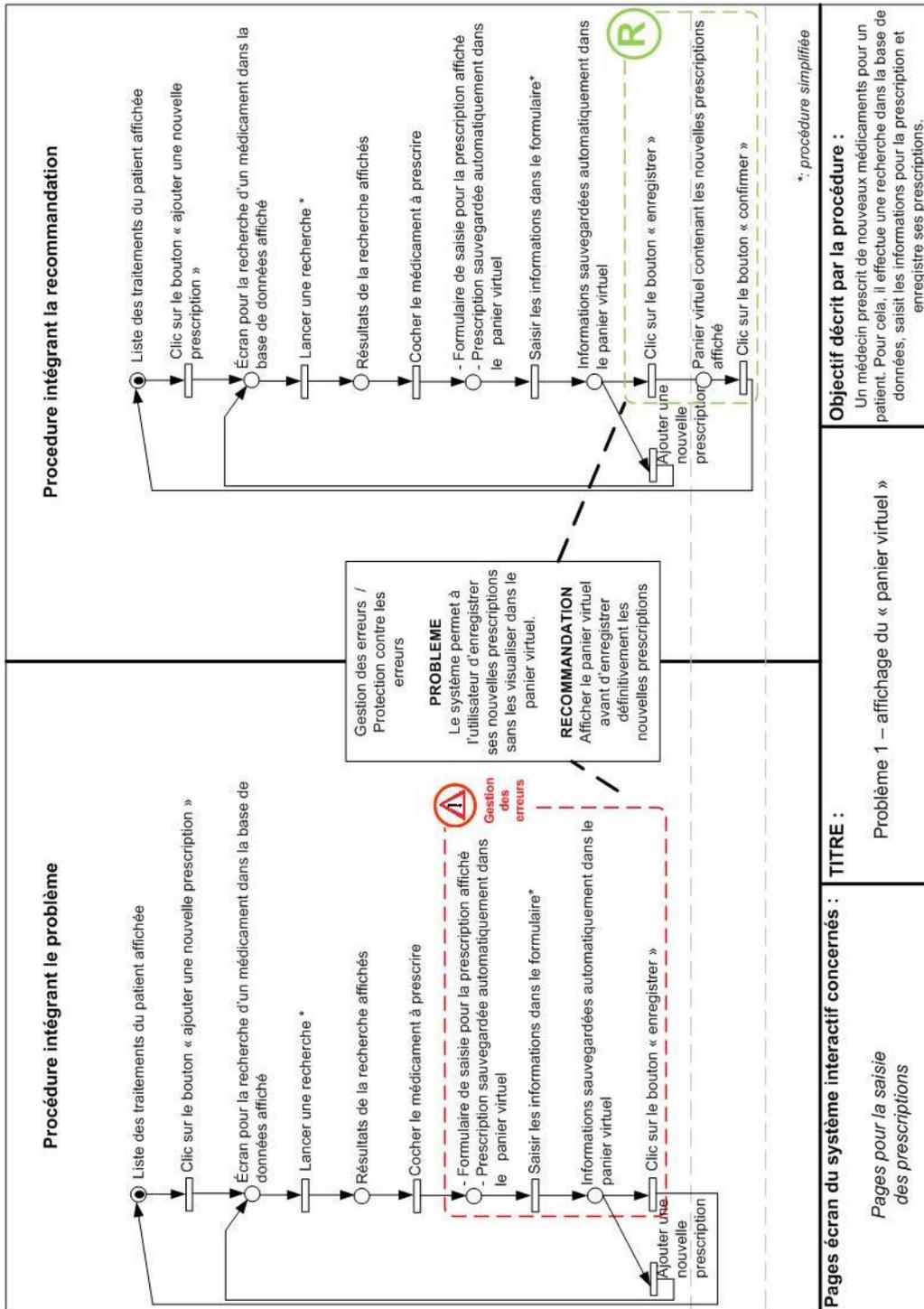


Figure VI.9. Support créé à l'aide de la méthode ErgoPNets (premier exemple d'application).

VI.3.2 Cas relatif à un changement de prescription en cours de saisie suite à l'arrivée de nouveaux résultats d'analyse pour un patient

VI.3.2.1 Contexte

Le contexte du projet était la ré-ingénierie d'un logiciel supportant l'activité de prescription en milieu hospitalier. Une évaluation ergonomique a été réalisée sur le logiciel existant. Un ensemble de résultats ont été décrits à l'aide de la méthode ErgoPNets. L'exemple ci-dessous présente un de ces résultats.

La Figure VI.10, la Figure VI.11 et la Figure VI.12 sont des copies d'écran d'un autre logiciel de type CPOE destiné également à la prescription de médicament en milieu hospitalier par le médecin. Cet exemple traite du cas de l'arrivée de nouveaux résultats d'examens pour un patient pendant la saisie d'une prescription par le médecin avec son logiciel.

Figure VI.10. Extrait du logiciel analysé (écran pour la saisie des prescriptions) : première étape de la procédure.

Figure VI.11. Extrait du logiciel analysé (écran pour la saisie des prescriptions) : deuxième étape de la procédure.

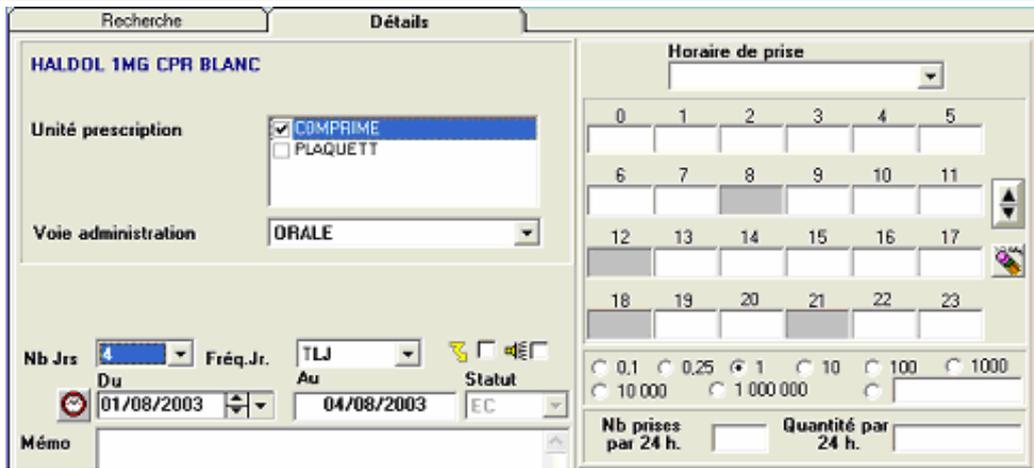


Figure VI.12 Extrait du logiciel analysé (écran pour la saisie des prescriptions) : troisième étape de la procédure.

Les copies d'écran illustrent les différentes étapes de ce cas particulier en s'appuyant sur l'exemple de la prescription de comprimés d'Haldol pour un patient :

1. le médecin est en train de saisir les informations pour la prescription de l'Haldol 1mg lorsque de nouveaux résultats arrivent, il décide alors de modifier le dosage du traitement.
2. Il clique sur l'onglet de recherche, puis clique sur le libellé de l'Haldol 20mg et enfin clique sur l'onglet « détail » afin de saisir sa nouvelle prescription.
3. L'Haldol 20mg n'a pas été pris en compte.

Pendant l'évaluation ergonomique, les ergonomes ont détecté le problème suivant : le passage entre la recherche d'un médicament et la saisie de la prescription correspondante peut être source d'erreur. La sélection du médicament dans l'onglet « recherche » n'est pas prise en compte dans le cas où le médecin a déjà une saisie en cours dans l'onglet « détail ». De plus, le médecin n'est pas incité à regarder le libellé du médicament et n'a donc pas vu qu'il s'agit toujours de l'Haldol 10mg. Il continue sa prescription en pensant donner de l'Haldol 20mg. Cette erreur de dosage peut avoir des conséquences graves sur l'état de santé du patient. Pour éviter ce problème, les ergonomes recommandent d'ajouter un message de confirmation lorsque l'utilisateur double-clique sur le libellé du médicament ou lorsqu'il sélectionne le libellé et clique sur l'onglet « détail », pour confirmer l'abandon de la saisie en cours et saisir la nouvelle prescription.

VI.3.2.2 Modélisation

La figure VI.13 montre le support réalisé à partir de la méthode *ErgoPNets*. Il décrit la procédure du médecin dans le cas particulier de l'arrivée de nouveaux résultats d'examen pour un patient lors de la saisie d'une prescription du médecin avec son logiciel de prescription (à gauche sur la), ainsi que la localisation du problème (cadre en pointillés rouge) et l'identification du problème (critère ergonomique « gestion des erreurs ») concernant le passage entre la recherche d'un médicament et la saisie.

Il montre également la procédure intégrant la recommandation des ergonomes concernant l'ajout du message de confirmation (à droite sur la), ainsi que sa localisation (cadre en pointillés vert) et son identification (icône verte « R »). Ce changement est également mis en évidence dans la procédure, à l'aide des lignes en pointillés grises qui montre la correspondance entre les deux procédures. Enfin, entre les deux procédures, une zone de texte explique le problème et la recommandation.

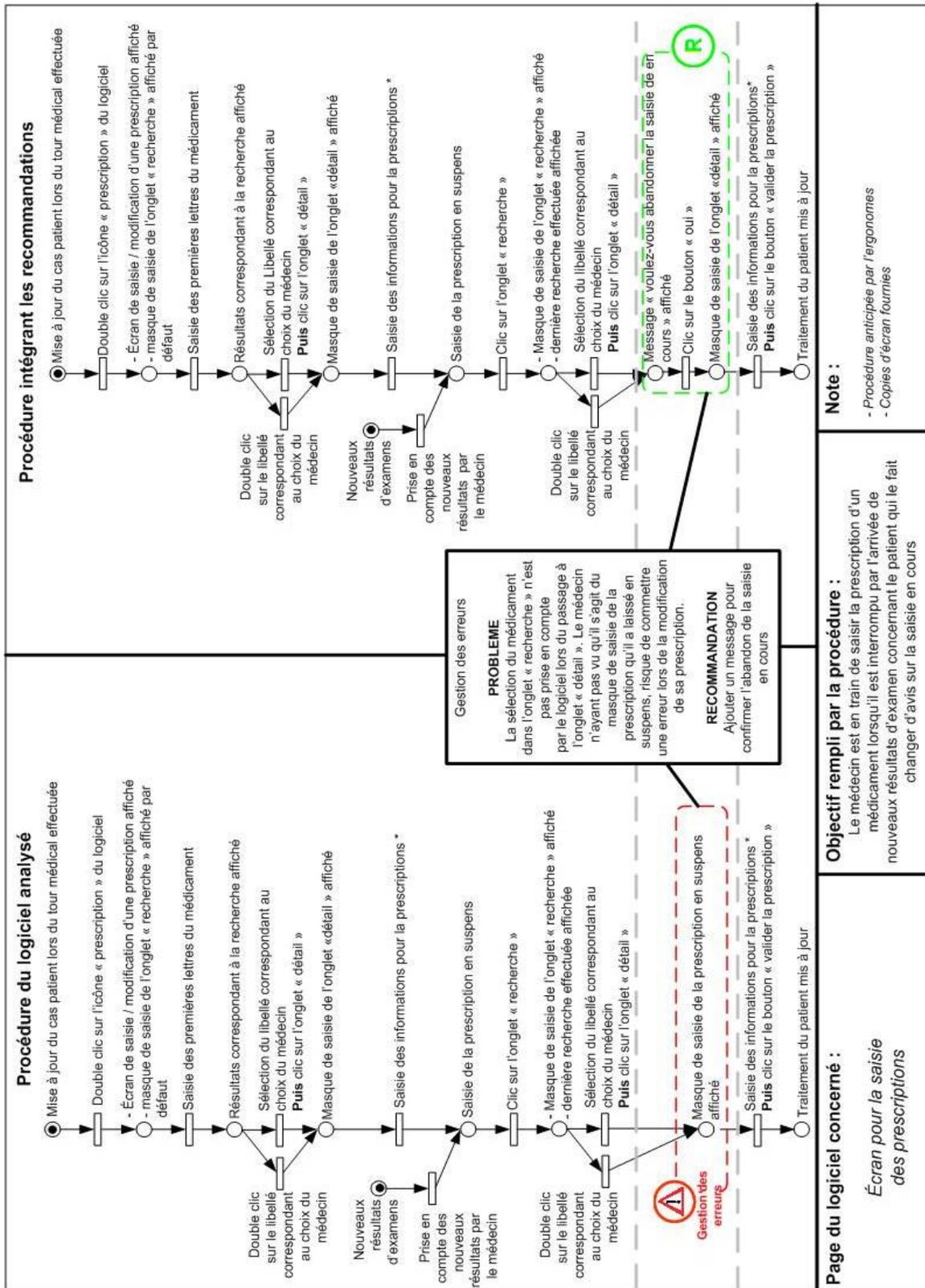


Figure VI.13. Support créé à l'aide de la méthode ErgoPNets (deuxième exemple d'application).

VI.3.2.3 Apports

Tout comme le premier exemple, ce support ErgoPNets a permis de décrire un problème ergonomique lié à une situation d'utilisation particulière (interruption de la procédure de

saisie d'une prescription par un évènement extérieur) et une recommandation concrète pour pallier ce problème. Le concepteur a pu prendre connaissance d'une situation de travail particulière qu'ils n'avaient pas forcément envisagé, à l'aide de la procédure décrite de manière synthétique et non ambiguë et de la localisation du problème directement sur la procédure.

Pour la recommandation proposée, le support *ErgoPNets* montre clairement les changements de procédures proposés. Une maquette illustrant la recommandation n'est donc pas utile ici.

VI.3.3 Cas de problèmes ergonomiques détectés lors d'une analyse de l'activité

VI.3.3.1 Contexte

Le contexte du projet était une analyse de l'activité d'une situation de travail informatisée. Les ergonomes devaient rendre compte aux utilisateurs finaux et aux responsables du système d'information, de la situation actuelle concernant l'utilisation d'un logiciel de type administratif et faire un état des lieux des éventuels problèmes. Le but était d'aider à prendre des décisions quant à la ré-ingénierie éventuelle du logiciel.

Les ergonomes ont donc observé et filmé sur le terrain un utilisateur en train de réaliser une tâche à l'aide du logiciel. Cette tâche consistait à modifier une date de congés pour un personnel soignant. Pour cela, toute une procédure de saisie est prévue par le logiciel. L'analyse de la tâche a permis d'identifier un ensemble de problèmes ergonomiques. La procédure observée ainsi que les problèmes ergonomiques ont été décrits à l'aide de la méthode *ErgoPNets*.

VI.3.3.2 Modélisation

La Figure VI.14 présente le support *ErgoPNets* créé. Il décrit la procédure de l'utilisateur observée sur le terrain par les ergonomes (et non une situation d'utilisation anticipée par les ergonomes), pour une tâche spécifique (à gauche, sur la Figure VI.14) et met en évidence trois problèmes observés (encadrés en pointillées rouge sur la Figure VI.14). Ces problèmes ont tous les trois été identifiés à l'aide du critère « charge de travail ».

La proposition de recommandations n'était pas un des objectifs du projet dans ce cas-ci. C'est pourquoi, aucune procédure décrivant des propositions de recommandations ne figure sur le support *ErgoPNets*.

VI.3.3.3 Apports

Ce troisième exemple de support a permis de décrire une situation d'utilisation observée sur le terrain par les ergonomes. La différence avec les deux autres est que celui-ci a servi pour représenter des résultats issus d'une analyse de l'activité. Tandis que les deux autres sont issus d'évaluations ergonomiques et décrivent des situations d'utilisation anticipées par les ergonomes.

Les responsables du système d'information ainsi que les représentants utilisateur ont pu se rendre compte de la situation de travail actuelle et cibler les problèmes à considérer, à l'aide du support. Ils ont trouvé ce support intéressant car il montre de manière graphique toute la procédure réalisée par un utilisateur avec la description de toutes les actions. Enfin il a pu être utilisé comme support de communication entre les responsables du système d'information et les concepteurs de l'application pour prendre des décisions quant à la mise en place d'une éventuelle ré-ingénierie du logiciel existant en collaboration avec les concepteurs.

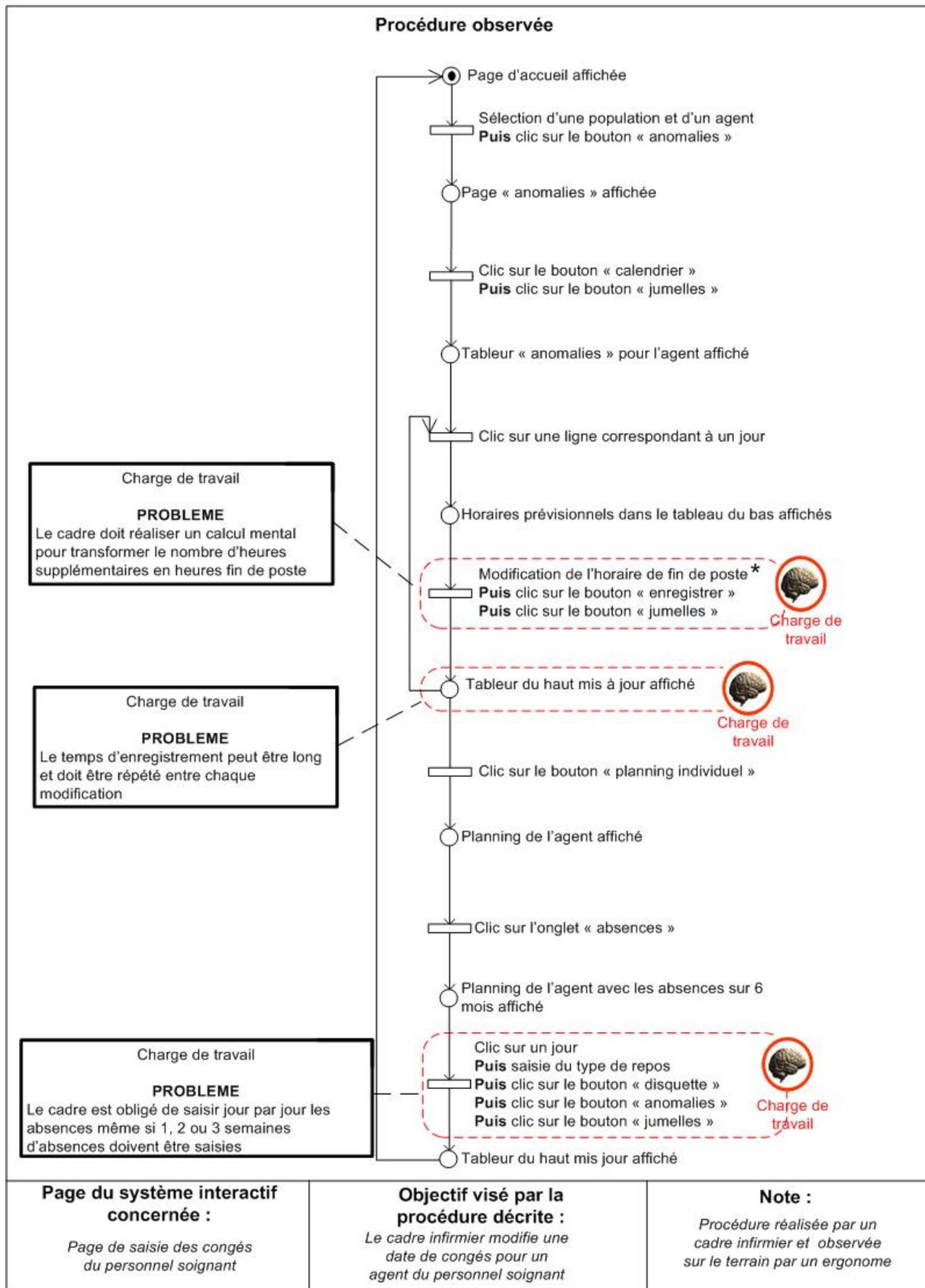


Figure VI.14. Support réalisé à l'aide de la méthode ErgoPNets (troisième exemple d'application).

VI.3.4 Conclusion

En conclusion, nous venons de voir trois exemples d'application de la méthode ErgoPNets issus de cas concrets de projets de développement. Les deux premiers exemples ont montré le cas de problèmes ergonomiques détectés lors d'évaluations ergonomiques d'applications de type CPOE et l'anticipation de situations d'utilisation par les ergonomes pouvant engendrer des conséquences graves pour la santé des patients dans certaines situations, sources potentielles d'erreurs humaines. Ces exemples montrent que dans de telles situations, il est important de bien argumenter les modifications éventuelles de l'application analysée en décrivant de manière synthétique et non ambiguë les procédures posant problèmes et en proposant des recommandations claires. Une simple description textuelle peut avoir moins d'impact ou n'être comprise que partiellement par les informaticiens. Par conséquent, les modifications ne peuvent ne pas être prises en compte lors de la conception ou la ré-ingénierie, ce qui peut avoir des conséquences.

Le troisième exemple a montré le cas d'une analyse de l'activité et la description de résultats d'observations des ergonomes. A travers cet exemple, on constate que la méthode ErgoPNets offre également un moyen de modélisation pour l'analyse des situations de travail complexes et aider les ergonomes à prendre en compte la notion d'interactions homme-machine dans leur représentation.

VI.4 CONCLUSION DU CHAPITRE

L'évaluation mise en place pour tester la méthode ErgoPNets avait pour objectif de tester la compréhension de problèmes ergonomiques et de recommandations décrits avec la méthode ErgoPNets et avec un formalisme de type « tableau » basé sur le texte. Le but était d'analyser l'apport de la méthode ErgoPNets par rapport à une description textuelle. Nous avons vu que les résultats obtenus ont été plutôt encourageant. De plus, le fait d'avoir pu tester la méthode auprès d'un groupe d'informaticiens et de chercheurs, a permis de recueillir des données concernant sa pertinence et d'apporter d'éventuelles améliorations.

Dans ce chapitre, nous avons présenté également plusieurs exemples d'applications de la méthode ErgoPNets qui ont été réalisés en collaboration avec une équipe d'ergonomes et dans le cadre de projets réels. Deux utilisations possibles ont été montrées :

1. le cas de développement de logiciels complexes de type CPOE où les enjeux de sécurité sont considérables et où il est donc important d'anticiper les erreurs d'utilisation
2. le cas d'une analyse de situation de travail complexes où l'ergonome est amené à faire un état des lieux des éventuels problèmes observés lors de situations d'utilisation d'applications.

En conclusion, la méthode ErgoPNets apporte une nouvelle solution de modélisation aux ergonomes, pour décrire à un niveau précis les dialogues homme-machine anticipés ou observés sur le terrain. Elle permet de fournir une description claire des problèmes ergonomiques complexes liés aux situations d'utilisation ainsi que de recommandations concrètes aux concepteurs qu'ils pourront exploiter pour la conception ou la ré-ingénierie des applications. Enfin, les supports ErgoPNets peuvent servir de supports de communication entre différents intervenants de projet, par exemple entre ergonomes et concepteurs pour discuter des résultats d'une évaluation ergonomiques et aider à prendre des décisions quant à d'éventuelles modifications ou entre ergonomes, responsables de systèmes d'information et représentants utilisateur pour rendre compte d'une situation de travail

VII CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES DE RECHERCHE

VII.1 Conclusion.....	200
VII.2 Perspectives de recherche	202
VII.2.1 Perspectives de recherche concernant le système d'aide à la modélisation	202
VII.2.2 Perspectives de recherche concernant la méthode ErgoPNets	205

VII.1 CONCLUSION

Dans ce mémoire, nous nous sommes intéressés aux situations de travail complexes et plus particulièrement à l'informatisation de celles-ci. Nous avons constaté qu'il existe à ce jour des difficultés au sein des projets de développement de systèmes interactifs supportant ce type de situation. Ces difficultés sont dues à une collaboration encore insuffisante entre les intervenants de projet ainsi qu'aux limites des méthodes et modèles existants. Nous avons présenté dans ce mémoire deux contributions tentant d'y apporter des solutions.

Dans la première partie de ce mémoire, nous avons présenté le cadre de notre étude ainsi que notre problématique.

Le premier chapitre a décrit les caractéristiques rendant une situation de travail complexe telles que les processus dynamiques, le travail collaboratif et distribué, les organisations multiples pour une même situation de travail. Nous avons ensuite exposé des difficultés rencontrées au sein des projets visant l'informatisation de celles-ci.

L'étude d'un cas réel d'informatisation d'une situation de travail complexe nous a permis de comprendre concrètement les organisations de projet impliquant la participation de différents types d'intervenants de projet, notamment ergonomes et concepteurs. Nous avons étudié les méthodes et formalismes qu'ils utilisent pour produire et représenter leurs données. Enfin, ces observations nous ont permis d'identifier un ensemble de difficultés rencontrées par les intervenants de projet, liées à la collaboration entre eux (dans ce mémoire nous nous sommes focalisés sur la collaboration ergonomes-concepteur) et à la représentation des données issues de l'analyse des situations de travail complexes.

Afin de compléter notre étude sur l'informatisation des situations de travail complexes, nous avons réalisé dans le chapitre 2, un état de l'art des approches, méthodes et modèles du GL et de l'IHM pour la mise en œuvre des projets de développement. Nous avons remarqué qu'il en existe un ensemble tentant de prendre en compte la notion de facteur humain, importante dans notre contexte. Cependant, nous avons identifié certaines limites au travers d'une étude comparative pour les aspects de collaboration entre intervenants de projet (ex : considération insuffisante des ergonomes au sein des approches, méthodes et modèles), pour la prise en compte des facteurs organisationnels des situations de travail complexes au sein de la conception des systèmes interactifs (à ce jour, la plupart des techniques de modélisation existantes orientée « facteurs humains » ne prennent en compte que la modélisation des tâches utilisateurs) et pour l'aide à la représentation des données (actuellement les approches proposées considèrent l'aide aux choix méthodologiques et non l'aide à la modélisation des données). Enfin, suite à cela, nous avons déterminé trois types de besoins à considérer tels que (1) l'aide à la *représentation des données pour l'analyse des situations de travail complexes*, (2) la *généricité*, (3) l'*intégration explicite des ergonomes*.

Dans la deuxième partie, nous avons décrit notre première contribution. Il s'agit d'un système d'aide à la modélisation basé sur les techniques de modélisation du GL et de l'IHM et visant la création de supports de travail communs entre les intervenants de projet (dans ce mémoire, nous nous sommes intéressés aux profils ergonomes et informaticiens).

Pour cela, nous avons commencé par présenter dans le chapitre 3, les différents concepts de base de notre approche. Nous avons revisité un processus pour la phase d'analyse des besoins et intégré la notion de modélisation et d'espace d'échange commun. Pour alimenter cet espace d'échange commun, nous avons proposé l'exploitation des techniques de modélisation du GL et de l'IHM comme solutions de modélisation commune pour la création de supports de

travail communs entre les intervenants de projet. Enfin, nous avons décrit plusieurs exemples d'application illustrant des supports de travail communs tirés de notre cadre d'étude, le développement de systèmes interactifs supportant le circuit du médicament en milieu hospitalier.

Dans le chapitre 4, nous avons présenté une première version du système d'aide à la modélisation. Il a pour objectif de guider les intervenants de projet relativement au choix d'une (ou plusieurs) solution(s) de modélisation (parmi un ensemble de techniques du GL et de l'IHM) adaptée(s) à leurs besoins afin d'aboutir à un support de travail commun.

Nous avons choisi de baser notre système sur le principe des systèmes interactifs d'aide à décision. Ainsi, nous avons défini un processus de décision dans le but d'extraire les informations importantes pour résoudre le problème de représentation des données au sein des projets. Ensuite, les besoins fonctionnels à intégrer à notre système, ont été identifiés en fonction de ce processus. De ce processus, nous en avons spécifié les besoins fonctionnels de notre système d'aide à la modélisation ainsi que les interfaces homme-machine du premier prototype. Nous avons également géré une fonctionnalité de modélisation en créant des bibliothèques d'éléments graphiques au sein d'un logiciel de dessins techniques existants (Visio ©). Enfin, nous avons procédé à une évaluation de ce premier prototype et des bibliothèques d'éléments graphiques créées pour la modélisation, auprès d'un groupe d'ergonomes.

Dans la troisième partie de ce mémoire, nous avons exposé notre seconde contribution, c'est-à-dire une nouvelle méthode aidant à la représentation des données issues des évaluations ergonomiques de systèmes interactifs complexes (cette solution de modélisation est intégrée au système d'aide à la modélisation).

Dans le chapitre 5, nous avons décrit les difficultés rencontrées pour la description des problèmes ergonomiques et des recommandations dues au fait de l'utilisation du langage naturel qui peut engendrer des problèmes de compréhension et d'interprétation. Nous avons constaté qu'il était important dans ce contexte complexe, de décrire de manière plus rigoureuse les problèmes détectés et les recommandations afin d'éviter ou d'anticiper les erreurs d'utilisation.

Ensuite, nous avons présenté notre nouvelle méthode, intitulée *ErgoPNets*, combinant les réseaux de Petri et les critères ergonomiques (ceux présentés au chapitre 1). Cette méthode apporte une description graphique de la dynamique des systèmes posant problème et permet de localiser et d'identifier sur les procédures décrites, les problèmes. Concernant les recommandations, elle permet de décrire de manière concrète une proposition et d'identifier clairement les changements sur la procédure. La mise en œuvre de la méthode *ErgoPNets* est possible grâce à la création d'une bibliothèque d'éléments graphiques conçue pour notre système (exploitation du logiciel de dessins techniques Visio). Un premier prototype d'un outil permettant la vérification des réseaux de Petri a également été réalisé.

Enfin, dans le chapitre 6, nous avons décrit l'évaluation mise en place pour le test de la méthode *ErgoPNets* auprès d'un groupe d'informaticiens et de chercheurs en GL et IHM. Nous avons terminé par la description de plusieurs exemples d'application de cette méthode, tirés de notre cadre d'étude.

En conclusion, nous avons pu constater que nos deux contributions ont apporté de premières solutions aux problèmes rencontrés au sein des projets auxquels nous nous sommes intéressés. Les techniques de modélisation du GL et de l'IHM ont permis de proposer de nouvelles solutions de modélisation pour décrire les données des ergonomes selon différentes facettes (ex : organisation distribuée, procédures réalisées par les utilisateurs avec les applications informatiques). Ces supports ont permis de mettre en évidence des résultats importants à

considérer lors des projets de conception et de ré-ingénierie (ex : mise en évidence des changements organisationnels, justification des problèmes détectés). Ils ont servi de supports d'échange avec les concepteurs, les responsables des systèmes d'information, les représentants utilisateurs et utilisateurs finaux pour rendre compte des situations observées ou anticipées et aider à prendre des décisions. A ce jour, nous avons testé le cas de supports réalisés par les ergonomes, transmis aux intervenants cités plus haut. Le cas des supports des supports réalisés par les concepteurs n'a pas encore été testé et fait partie d'une de nos perspectives qui sont décrites dans la partie suivante.

VII.2 PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Plusieurs perspectives de recherche ont été envisagées ; dont certaines sont en cours et d'autres sont envisagées à terme. Les sections suivantes distinguent les perspectives concernant le système d'aide à la modélisation et de celles concernant la méthode *ErgoPNets*.

VII.2.1 Perspectives de recherche concernant le système d'aide à la modélisation

Une de nos premières perspectives à court terme est de procéder à une évaluation complémentaire du système d'aide à la modélisation auprès d'informaticiens, afin de recueillir les opinions de ces derniers et vérifier les apports de notre système.

Il est évident que les techniques de modélisation du GL et de l'IHM ne sont pas utilisées habituellement au sein des domaines de travail de tous les intervenants de projet. Il est donc important de bien guider l'utilisateur du système d'aide à la modélisation pour qu'il sache utiliser les solutions de modélisation et réaliser des modèles cohérents sans que cela lui prenne trop de temps. Nous avons présenté dans ce mémoire, une première solution via la création d'un outil de vérification syntaxique des modèles. Dans le cadre des perspectives à court terme, un des objectifs est de prendre en compte d'autres modèles que celui de la méthode *ErgoPNets* au sein de l'outil de vérification. Nous envisageons également de perfectionner le guidage en intégrant des aides et des exemples explicatifs sous forme interactive (ex : le fait de pointer sur un élément de modélisation pourrait afficher une description sous forme d'infobulle ou activer une animation montrant la bonne utilisation).

Par ailleurs, une autre perspective serait d'améliorer la création des modèles en automatisant l'utilisation de bibliothèques d'éléments graphiques. Par exemple, pour la méthode *ErgoPNets*, il s'agit de créer des réseaux de Petri en glissant-déposant les éléments graphiques et en saisissant les intitulés des actions utilisateur et résultats d'action. Afin, de gagner du temps lors de la création, nous proposons d'afficher une fenêtre de saisie lorsque chaque élément est glissé-déposé sur le plan de travail. Un exemple de fenêtre de saisie est présentée en Figure VII.1. Cet exemple concerne l'élément graphique pour l'identification d'un problème ergonomique sur la procédure. Il montre l'élément graphique concerné, la fenêtre à afficher et le résultat obtenu après validation. La figure indique également les valeurs possibles des champs de sélection de la fenêtre.

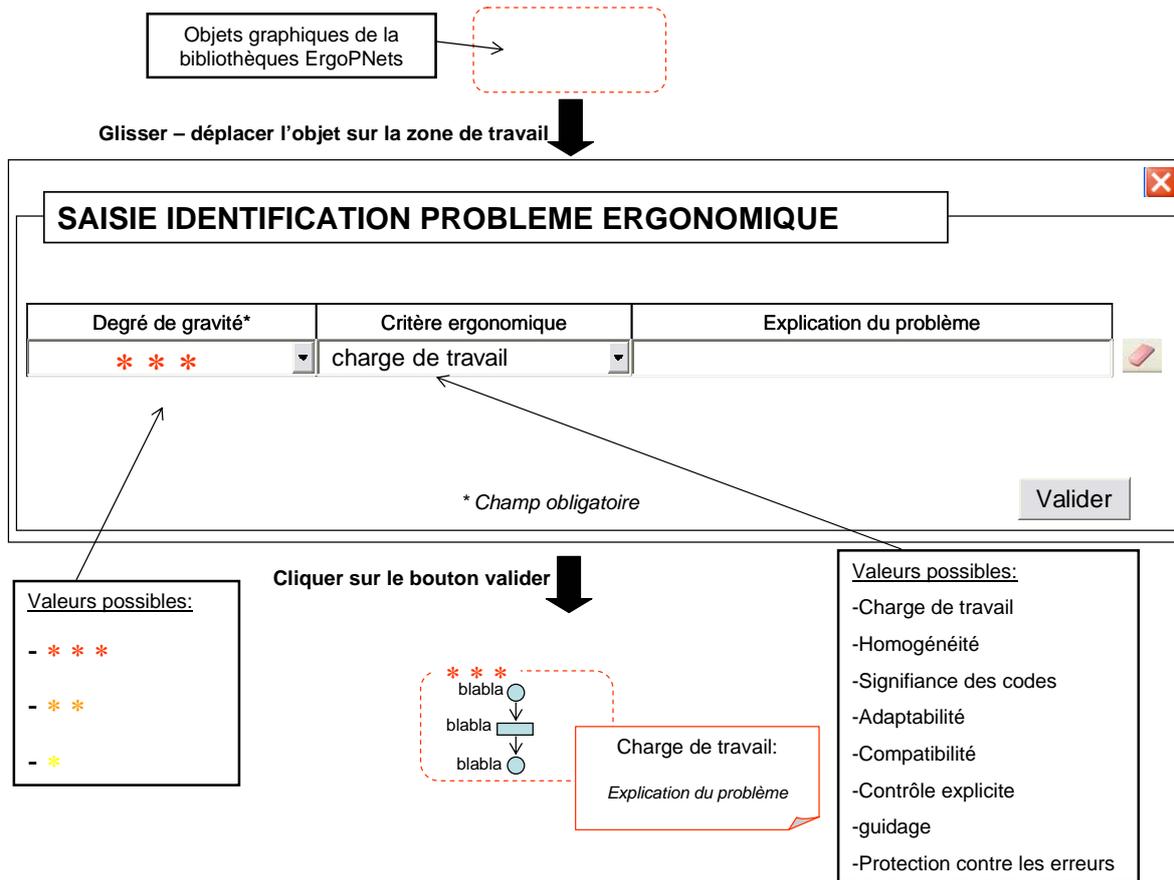


Figure VII.1. Exemple de maquette illustrant la saisie automatique pour un élément de la méthode ErgoPNets.

Actuellement, nous exploitons le logiciel de dessins techniques Visio pour gérer la modélisation. Cependant, différents outils existent déjà, soutenant divers méthodes et modèles que nous avons présentés dans ce mémoire, tels que CTT (supporté par CTTE) ou K-MAD (supporté par K-MADe). Nous envisageons à moyen terme de guider les utilisateurs du système d'aide vers ces outils logiciels.

Une des possibilités de notre système d'aide serait de pouvoir confronter des modèles créés et de pouvoir en tirer une analyse. Actuellement, nous avons prévu cette possibilité dans les choix lors de l'identification du contexte de la modélisation par « problème de compatibilité » (cf. § IV.3.1.3) et dans la visualisation de l'historique des projets où l'on peut lier deux modèles entre eux. Nous proposons d'aller plus loin en proposant à moyen terme, d'ajouter une saisie automatique pour mettre en évidence des liens d'analyse entre deux modèles lors de la modélisation (par exemple, montrer une différence des rôles des acteurs, de charge de travail entre deux organisations décrites dans deux modèles différents). Ainsi on peut voir sur la maquette visible en Figure VII.2 que lorsque l'élément graphique « lien d'analyse » est glissé-déposé sur le plan de travail, une fenêtre de saisie automatique s'affiche. Cette fenêtre propose d'identifier le type de problème, le modèle lié et une saisie libre des commentaires.

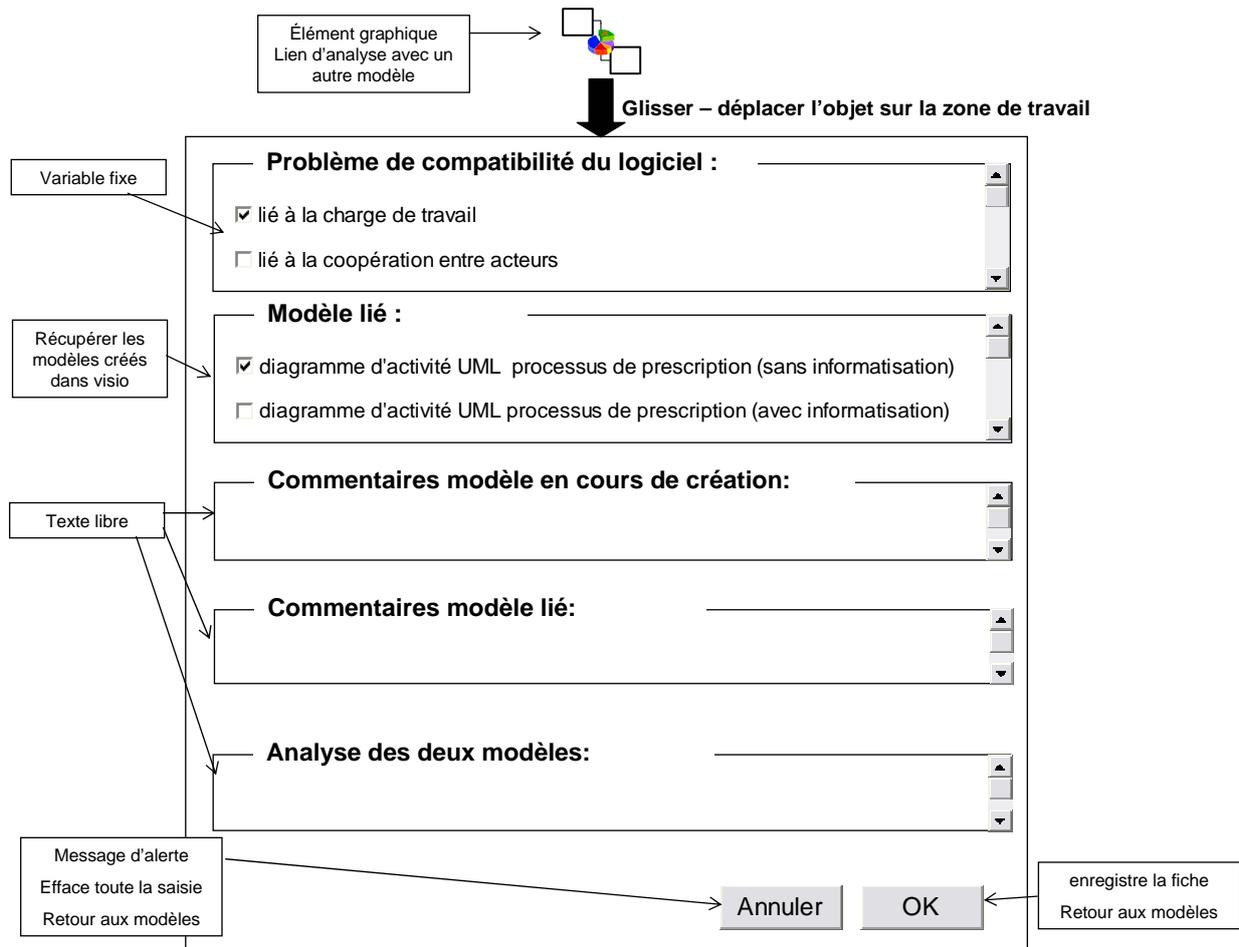


Figure VII.2. Exemple de maquette illustrant la saisie automatique pour l'élément « lien d'analyse » entre deux modèles.

Dans l'état actuel de la recherche, le système d'aide à la modélisation ne considère que les profils « ergonomiste » et « informaticien ». Une de nos perspectives à long terme, est de prendre en compte d'autres types d'intervenants. Par exemple, le directeur de projet peut avoir des besoins en modélisation concernant la gestion administrative des projets. Il serait également intéressant d'étudier plus en détail les rôles « ergonomiste » et « informaticien » et notamment de distinguer des profils plus précis tels que chef de projet informatique, analyste fonctionnel, développeur, ingénieur d'intégration qui peuvent avoir des besoins en modélisation différents mais également le profil « expert métier » pour la modélisation des processus métier...

Dans le même état d'esprit que les systèmes de supervision, une autre perspective à long terme serait de proposer une visualisation sur un même écran (si sa taille le permet, ou plusieurs écrans ou sur une table interactive) de plusieurs modèles pour pouvoir favoriser les échanges de points de vue et les discussions entre les intervenants de projet. Ainsi, on pourrait avoir différentes vues d'un système informatique ou d'une situation de travail. Par exemple, une première vue présenterait les différentes situations de travail d'un service, une deuxième présenterait le processus distribué d'une de ces situations de travail et une troisième vue présenterait une procédure d'utilisation d'une application informatique soutenant une activité du processus. Cette visualisation pourrait aider par exemple, des concepteurs à se représenter la situation de travail à informatiser et aider à prendre en compte les points importants.

Enfin, une dernière perspective à long terme serait de créer un système d'aide à la modélisation commun, au cœur de l'organisation d'un projet, qui en plus d'aider à la représentation des données, proposerait une aide à l'échange des données afin d'améliorer la

collaboration entre intervenants. Ainsi, lorsqu'un intervenant de projet aurait besoin de données pour comprendre par exemple le point de vue d'un autre intervenant de projet ou lorsqu'un intervenant souhaiterait faire valider une de ses représentations auprès d'un autre intervenant de projet, ce système proposerait un processus d'échange et une fonction permettant de gérer des retours sur les supports échangés. Cette possibilité faciliterait les échanges à distance entre les intervenants et apporterait une solution au problème des échanges de données incomplets entre ergonomes et informaticiens. Il faudrait donc, tout d'abord s'intéresser à ces deux profils et ensuite généraliser ce principe d'échange avec d'autres profils. Un travail de fond reste à mener à ce sujet.

VII.2.2 Perspectives de recherche concernant la méthode ErgoPNets

Plusieurs perspectives concernent la méthode ErgoPNets.

Tout comme pour le système d'aide à la modélisation, une évaluation complémentaire de la méthode est à envisager à court terme. En effet, au fur et à mesure de son élaboration, la méthode a évolué. Des améliorations ont été effectuées. Il est donc important de tester ces évolutions auprès d'ergonomes et d'informaticiens.

Concernant la création des modèles ErgoPNets, nous avons présenté dans la section précédente, l'un de nos objectifs à court terme concernant l'automatisation des bibliothèques d'éléments graphiques, notamment pour la méthode ErgoPNets.

Actuellement, un premier prototype permettant la vérification des réseaux de Petri a été proposé (cf. § V.4.2). Ce premier prototype prend en compte quelques règles de base à respecter pour créer un réseau de Petri cohérent. Nous proposons de prendre en compte la vérification des propriétés des réseaux de Petri tel que réseau borné, vivacité d'un réseau, réversibilité d'un réseau, réseau sans blocage [Diaz, 2001]. En effet, le test de ces propriétés va permettre de s'assurer du caractère formel des réseaux de Petri réalisés par l'utilisateur d'ErgoPNets et lever toutes les éventuelles incohérences. Cependant, la vérification devra se faire de manière transparente et retourner des résultats compréhensibles et pertinents sur les incohérences détectées.

BIBLIOGRAPHIE

- [**Abed, 1990**] Abed M., Contribution à la modélisation de la tâche par des outils de spécification exploitant les mouvements oculaires : application à la conception et l'évaluation des interfaces homme-machine, Thèse de doctorat en automatique humaine, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, 1990.
- [**Abed et al., 1991**] Abed M., Bernard J. M., Angué J. C., Task analysis and modelisation by using SADT and Petri Networks, Proceedings of Tenth European Annual Conference on Human Decision Making and Manual Control, Liège, Belgique, Novembre, 1991.
- [**Abed et al., 1992**] Abed M., Bernard J. M., Angué J. C., Method for comparing task model and activity model, Proceedings of the 11th European annual conference Human Decision Making and Manual Control, Valenciennes, 1992.
- [**Abed, 2001**] Abed M., Méthodes et Modèles formels et semi-formels de conception et évaluation des systèmes homme-machine, Mémoire d'HDR, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, 2001.
- [**Abrial, 1996**] Abrial J. R., The B Book, Assigning Programs to Meanings, Cambridge University Press, Cambridge, 1996.
- [**Adam, 2000**] Adam E., Modèle d'organisation multi-agent pour l'aide au travail coopératif dans les processus d'entreprise application aux systèmes administratifs complexes. Mémoire de Doctorat, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, Valenciennes, janvier 2000.
- [**Adam et Kolski, 1999**] Adam E., Kolski C., Etude comparative de méthodes de GL utiles au développement de systèmes interactifs dans les processus administratifs complexes, Génie Logiciel, n°49, pp. 40-54, 1999.
- [**Alter, 1999**] Alter S., Information Systems: A management perspective, 3^{ème} édition, Addison-Wesley, 1999.
- [**Ammenwerth et al., 2006**] Ammenwerth E., Talmon J., Ash J.S., Bates D.W., Beuscart-Zephir M.C., Duhamel A., Elkin P.L., Gardner R.M., Geissbuhler A., Impact of CPOE on mortality rates—contradictory findings, important messages, Methods Inf Med 2006, vol. 45, pp. 586-93, 2006.
- [**Andre, 2000**] Andre T. S., Determining the Effectiveness of the Usability Problem Inspector: A Theory-Based Model and Tool for Finding Usability Problems, Ph.D. Thesis, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, United States, 2000.
- [**Annett et Ducan, 1967**] Annett J., Ducan K. D., Task analysis and training design, Occupational psychology, vol. 41, pp. 211-221.
- [**Ash et al., 2004**] Ash J. S., Berg M., Coiera E., Some unintended consequences of information technology in health care: the nature of patient care information system-related errors, Journal of the American Medical Informatics Association, vol. 11, n°2, pp.104-12, 2004.
- [**Baber et Stanton, 1996**] Baber C., Stanton N. A., Observation as a technique for usability evaluation, In Jordan, P., W., Thomas B. (Eds.), Usability Evaluation in Industry, Taylor and Francis, London, pp. 85-94, 1996.
- [**Bacciano et al., 2005**] Bacciano T., Bellino C., Colombi T., Mesure de l'utilisabilité des interfaces, Hermès, Paris, 2005.

- [Balasubramanian *et al.*, 1999] Balasubramanian P., Nochur K., Henderson J. C., Millie Kwan, M., Managing process knowledge for decision support, *Decision Support Systems*, vol. 27, n°1-2, pp. 145-162, 1999.
- [Barthet, 1988] Barthet M. F., *Logiciels Interactifs et Ergonomie*, Edition Dunod, Paris, 1988.
- [Barthet et Tarby, 1996] Barthet M. F., Tarby J. C., The DIANE+ method, In *Proceedings of DSV-IS'96/CADUI'96*, Namur, 1996.
- [Baron et Girard, 2004] Baron M., Girard P., SUIDT: Safe User Interface Design Tool (Demo), *Proceedings of the International conference on intelligent user interfaces Computer Aided Design of User Interface*, pp. 350-351, ACM Press, 2004.
- [Baron *et al.*, 2006] Baron M., Lucquiaud V., Autard D., Scapin D. L., K-MADe : un environnement pour le noyau du modèle de description de l'activité, *Proceedings of the 18th French-speaking conference on Human-computer interaction*, Montreal, Canada, April, 2006.
- [Bastide *et al.*, 2002] Bastide R., Navarre D., Palanque P., A model-based tool for interactive prototyping of highly interactive applications, In *CHI '02 extended abstracts on Human factors in computer systems*, pp. 516-517, ACM Press, 2002.
- [Bastide *et al.*, 2003] Bastide R., Navarre D., Palanque P., A tool-supported design framework for safety critical interactive systems, *Interacting With Computers*, vol. 15, pp. 309-328, 2003.
- [Bastien et Scapin, 1992] Bastien J. M. C., Scapin D. L., A Validation of Ergonomic Criteria for the Evaluation of Human-Computer Interfaces, *International Journal of Human-Computer Interaction*, vol. 4, 1992.
- [Bastien et Scapin, 1993] Bastien J. M. C., Scapin D. L., Ergonomic Criteria for the Evaluation of Human-Computer Interfaces, *Rapport technique INRIA*, n°156, 1993.
- [Bastien et Scapin, 1995] Bastien J. M. C., Scapin D. L., Evaluating a User Interface with Ergonomic Criteria. *International Journal of Human-Computer Interaction*, vol. 7, pp.105-121, 1995.
- [Bastien et Scapin, 1999] Bastien J. M. C., Scapin D. L., Leulier C., The ergonomic criteria and the ISO/DIS9241-10 dialogue principles: a pilot comparison in an evaluation task, *Interacting With Computers*, vol. 11, pp. 299-322, 1999.
- [Bates *et al.*, 1999] Bates D. W., Teich J. M., Lee J., Seger D., Kuperman G.J., Ma'Luf, Boyle D., Leape L., The impact of Computerized Physician Order Entry on medication error prevention, *Journal of the American Medical Informatics Association*, vol. 6, n°4, pp. 313-321, 1999.
- [Bates *et al.*, 2003] Bates D. W., Evans R. S., Murff H., Stetson P. D., Pizziferri L., Hripcsak G., Detecting Adverse Drug Events using Information Technology, *Journal of the American Medical Informatics Association*, vol. 10, n°2, pp.115-28, 2003.
- [Beck, 2002] Beck K., *eXtreme Programming - La référence*, CampusPress, 2002.
- [Benckroum et Weill-Fassina, 2000] Benckroum T. H., Weill-Fassina A., *Le travail collectif : Perspectives actuelles en ergonomie*, Octarès, Toulouse, 2000.
- [Bernonville *et al.*, 2005] Bernonville S., Kolski C., Beuscart-Zéphir M., Intégration de modèles du Génie Logiciel et de l'Interaction Homme-Machine en vue de l'amélioration de

processus de prescription thérapeutique, Journées Francophones d'Informatique Médicale, Lille, mai, 2005.

- [**Bernonville et al., 2006**] Bernonville S., Leroy N., Kolski C., Beuscart-Zéphir M. C., Explicit combination between Petri Nets and ergonomic criteria: basic principles of the ErgoPNets method, Proceedings of the 25th European Annual Conference on Human Decision-Making and Manual Control (EAM), September, Valenciennes, 2006.
- [**Bernonville et al., 2006**] Bernonville S., Leroy N., Kolski C., Beuscart-Zéphir M., Association des réseaux de Petri et des critères d'ergonomie des logiciels pour la modélisation et la réingénierie de systèmes interactifs, cas de la prescription thérapeutique en milieu hospitalier. ErgoIA 2006, "L'humain comme facteur de performance des systèmes complexes" (Biarritz, France, 11-13 Octobre 2006), ESTIA & ESTIA.Innovation, Biarritz, pp. 55-62, octobre, 2006.
- [**Bernonville et al., 2008**] Bernonville S., Kolski C., Leroy N., Beuscart-Zéphir M., Integrating the SE and HCI models in the human factors engineering cycle for re-engineering Computerized Physician Order Entry systems for medications: basic principles illustrated by a case study. International Journal of Medical Informatics, accepté le 28 avril 2008.
- [**Bernonville et Beuscart-Zéphir, 2008**] Bernonville S., Beuscart-Zéphir M., Mise en oeuvre d'un système d'aide aux choix des méthodes et modèles du GL et de l'IHM dans le cadre de projets visant l'informatisation de processus complexes en milieu hospitalier. Proceedings of IHM 2008, 20ème Conférence de l'Association Francophone d'Interaction Homme-Machine (Metz, France, 3-5 septembre 2008), International Conference Proceedings Series, ACM Press, Metz, pp. 151-158, septembre, 2008.
- [**Beuscart-Zéphir et al., 2004**] Beuscart-Zéphir M.C., Pelayo S., Guerlinger S., Anceaux F., Kulik J.F., Meaux J.J., Degoulet P., Computerized "Physician" Order Entry (CPOE): missing the "N", standing for Nurse, Actes ITHC2004, Portland, Etats-Unis, Septembre 2004.
- [**Beuscart-Zéphir et al., 2007**] Beuscart-Zéphir M.C., Elkin P., Pelayo S., Beuscart R., The Human Factors Engineering approach to biomedical informatics projects: state of the art, results, benefits and challenges, Methods of Information in Medicine, IMIA Yearbook of Medical Informatics special issue, pp. 159-177, 2007.
- [**Bisseret et al., 1999**] Bisseret A., Sebillotte S., Falzon P., Techniques pratiques pour l'étude des activités expertes, Octares édition, 1999.
- [**Boehm, 1981**] Boehm B., Software Engineering Economics, Prentice Hall, Englewoods Cliffs N.J., 1981.
- [**Boehm, 1988**] Boehm B., A spiral model of software development and enhancement, IEEE Computer, vol. 15, n° 5, pp. 61-72, 1988.
- [**Boivie et al., 2006**] Boivie I., Gulliksen J., Göranssen B., The lonesome cowboy: a study of the usability designer role in systems development, Interacting With Computers, vol.18, pp. 601-634, 2006.
- [**Borne et al., 1993**] Borne P., Dauphin-Tanguy G., Richard J. P., Rotella F., Zambettakis I., Analyse et régulation des processus industriels, Tome 1, Régulation continue, Collection Méthodes et pratiques de l'ingénieur, TechNip, 1993
- [**Bostrom, 1989**] Bostrom R. P., Successful applications of communications techniques to improve the systems development process, Information and management, vol. 15, n° 5, pp. 279-295, 1989.

- [Bowen, 1993]** Bowen J., Formal methods in safety-critical standards, Proceedings of Software Engineering Standards Symposium (SESS'93), Brighton, UK, IEEE Computer Society Press, pp. 168-177, 1993.
- [Bowen et Stavridou, 1993]** Bowen J., Stavridou V., Safety-critical systems, formal methods and standards, Software Engineering Journal, vol. 8, n°4, pp. 189-209, 1993.
- [Bowers et Benford, 1991]** Bowers J., Benford S., (Eds.), Studies in Computer Supported Cooperative Work, North Holland, Amsterdam, 1991.
- [Bradford, 1994]** Bradford J. S., Evaluating High-level Design, In Nielsen J., Mack R. L. (Eds.), Usability inspection method, John Willey & son, pp. 235-254, 1994.
- [Browne et Rogich, 2001]** Browne G., Rogich M., An empirical investigation of user requirements elicitation: comparing the effectiveness of prompting techniques, Journal of Management Information Systems, vol. 17, n°4, pp. 223-249, 2001.
- [Browne et Ramesh, 2002]** Browne G., Ramesh V., Improving information requirements determination: a cognitive perspective, Information and management, vol. 39, pp. 625-645, 2002.
- [Buchacker, 1999]** Buchacker, K., Combining Fault Trees and Petri-Nets to Model Safety-critical Systems, In A. Tentner (Ed.): High Performance Computing 1999, The Society for Computer Simulation International, pp. 439-444, 1999.
- [Burns et Hajdukiewicz, 2004]** Burns C., Hajdukiewicz J., Ecological Interface Design, CRC Press, 2004.
- [Checroum, 1992]** Checroum A., Comprendre et utiliser les SIAD. Masson, Paris, 1992.
- [Chesney et Gallagher, 2003]** Chesney I., Gallagher S., Communication and coordination practices in software engineering projects, Information and Software Technology, n° 46, pp. 473-489, 2003.
- [Cockton et al., 2003]** Cockton G., Lavery D., Woolrych A., Inspection-based evaluations, In Jacko J. A., Sears A. (Eds.), Handbook of Task Analysis for Human-Computer Interaction, Lawrence Erlbaum Associates, London, pp. 1118-1138, 2003.
- [Coutaz, 1987]** Coutaz J., PAC, an implementation model for the user interface, Proceedings of the IFIP TC 13 Human-Computer Interaction (INTERACT'87), pp. 431-436, North-Holland, 1987.
- [De Keyser, 1988]** De Keyser V., De la contingence à la complexité : l'évolution des idées dans l'étude des processus continus, Le Travail Humain, tome 51, n° 1, pp. 1-18, 1988.
- [Diaper et Stanton, 2004]** Diaper D., Stanton N. A., (Eds.), The handbook of task analysis for human-computer interaction, Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, 2004.
- [Diaz, 2001]** Diaz M., les réseaux de Petri, Hermès, 2001.
- [Drouin et al., 2001]** Drouin A., Valentin A., Vanderdonckt J., Les apports de l'ergonomie à l'analyse et à la conception de systèmes d'information, Dans Kolski C., Analyse et conception de l'IHM, Hermès, pp. 51-83, 2001.
- [Dubois et al., 1999]** Dubois E., Nigay L., Troccaz J., Chavanon O., Carrat L., Classification Space for Augmented Surgery, an Augmented Reality Case Study, In Sasse A., Johnson C., (Eds.), Proceedings of Interact'99, Edimburgh, pp. 353-359, 1999.
- [Dubois et al., 2003]** Dubois E., Gray P.D., Nigay, L., ASUR++: a Design Notation for Mobile Mixed Systems. Interacting With Computers, vol. 15, pp. 497-520, 2003.

- [Dumas et Charbonnel, 1990]** Dumas P., Charbonnel G., La méthode OSSAD : pour maîtriser les technologies de l'information, Les Editions d'organisation, Paris, 1990.
- [Dupuy-Chessa et Rieu, 2007]** Dupuy-Chessa S., Rieu D., Vers une méthode de conception de systèmes mixtes, principes et mise en œuvre, In Interaction homme-machine dans le développement des SI-Ingénierie des systèmes d'information-RSTI série ISI, vol. 12, n°6, Hermès-Lavoisier, pp. 39-66, 2007.
- [Evalab, 2006]** Evalab, Ergonomic evaluation of the XXX software, Rapport de projet, Laboratoire EVALAB, Lille, 2006.
- [Fekete et Girard, 2001]** Fekete J. D., Girard P., Environnements de développement de systèmes interactifs, In Environnements évolués et évaluation de l'IHM, Interaction homme machine pour les Systèmes d'Information, volume 2, Kolski C. (Ed.), Editions Hermes, Paris, Mai, 2001.
- [Ezzedine et Kolski, 2005]** Ezzedine H., Kolski C., Modelling of cognitive activity during normal and abnormal situations using Object Petri Nets, application to a supervision system, Cognitive, Technology and Work, vol. 7, pp. 167-181, 2005.
- [Favre et al., 2006]**, Favre G., Estublier J., Blay-Fornarino M., L'ingénierie dirigée par les modèles, au delà du MDA, Hermès, Paris, 2006.
- [Gaillard et al., 1995]** Gaillard I., Marais F., Leroux M., Conception d'aides au travail : le cas du contrôle aérien, Proceedings of IHM'95, Toulouse, 1995.
- [Giannini et al., 2002]** Giannini F., Monti M., Biondi D., Bonfatti F., Monari P. D., A modeling tool for the management of product data in a co-design environment, Computer-Aided Design, vol. 34, n° 12, pp. 1063–1073, 2002.
- [Gibson, 1979]** Gibson J., The ecological approach to visual perception, Houghton Mifflin, Boston, 1979.
- [Girard et al., 2005]** Girard P., Baron M., Jambon F., Using formal methods in safety-critical interactive system design: from architecture-based approaches to tool-based development, In Proceedings of HCII, Las Vegas, USA, 2005.
- [Goldberg et Robson, 1981]** Goldberg A., Robson D., The Smalltalk-80 system, Byte Magazine, vol. 6, n°8, pp.36-48, 1981
- [Gomes et al., 2001]** Gomes L., Barros J.P., Coasta A., Man-machine interface for real-time telecontrol based on Petri nets specification, In Bahill T., Wand F.Y. (Eds.), IEEE SMC 2001 Conference Proceedings (e-Systems, e-Man and e-Cybernetics), Arizona, USA: IEEE Press, pp. 1565-1570, 2001.
- [Gorry et Scott Morton, 1971]** Gorry G. A., Scott Morton M. S., A framework for management information systems, Sloan Management Review, vol.13, n°1, pp. 50–70, 1971.
- [Granath et al., 1996]** Granath, J. A., Lindahl G.A., Rehal S., From Empowerment to Enablement. An evolution of new dimensions in participatory design. *Logistik und Arbeit*, vol. 8, n° 2, pp. 16-20, 1996.
- [Grebici et al., 2006]** Grebici K., Rieu D., Blanco E., Vers une meilleure collaboration des acteurs du processus de conception de produit, revue Ingénierie des systèmes d'information, vol. 11, n°3, pp. 95-125, 2006.
- [Grundy et Hosking, 2002]** Grundy J. C., Hosking J. G., Engineering Component-based, User-configurable collaborative editing systems, Software-Practice & Exp., vol. 32, Wiley, pp. 983-1013, 2002.

- [**Guiho et Hennebert, 1990**] Guiho G., Hennebert C., SACEM software validation, Proceedings of the 12th International Conference on Software Engineering, IEEE Computer Society Press, pp. 186-191, Mars, 1990.
- [**Gulliksen et al., 2005**] Gulliksen J., Boivie I., Göranssen B. Usability professional-current practices and future development, *Interacting With Computers*, vol. 18, pp. 568-600, 2005.
- [**Hartson et Hix, 1989**] Hartson H. R., Hix D., Toward empirically derived methodologies and tools for human-computer interface development, *International Journal of Man-Machine Studies*, vol. 31, pp. 477-494, 1989.
- [**Hassine et al., 2002**] Hassine, I., Rieu, D., Bousnaas, F., and Seghrouchni, O., Symphony : un modèle conceptuel de composants métier, In Cauvet C. (Ed.), *Connaissances métier en ingénierie des systèmes d'information*, Ingénierie des systèmes d'information, pp. 35-59, Hermès Science, Paris, 2002.
- [**Hickey et Davis, 2003**] Hickey A. M., Davis A. M., Requirements Elicitation and Elicitation Technique Selection: A Model for Two Knowledge-Intensive Software Development Processes, In Proceedings of the 36th Annual Hawaii international Conference on System Sciences (Hicss'03), Vol. 3, IEEE Computer Society, Washington, 2003.
- [**Hill, 1988**] Hill J. V., The development of high reliability software – RR&A's experience for safety critical systems, Second IEE/BCS conference, Software Engineering 88, Conference publication n°290, pp. 169-172, Juillet, 1988.
- [**Hirsch, 2002**] Hirsch M., Making RUP agile?, Conference on Object Oriented Programming Systems Languages and Applications, OOPSLA 2002, Seattle, 2002.
- [**Hoc, 1996**] Hoc J. M., Supervision et contrôle de processus, la cognition en situation dynamique, Presses universitaires de Grenoble, Grenoble, 1996.
- [**Hoc et al., 2004**] Hoc J. M., Amalberti R., Cellier J. M., Grosjean V., Adaptation et gestion des risques en situation dynamique, In J. M. Hoc & F. Darses (Eds.), *Psychologie ergonomique : tendances actuelles*, Presses Universitaires de France, Paris, pp. 15-48, 2004.
- [**Hornbaek et Frokjaer, 2005**] Hornbaek K., Frokjaer E, Comparing usability problems and redesign proposals as input to practical systems development, Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '05, Portland, pp. 391-400, 2005.
- [**Horsky et al., 2003**] Horsky J., Kaufman D. R., Patel V.L., The cognitive complexity of a provider order entry interface, AMIA Annual Symposium Proceedings 2003, pp. 294-8, 2003.
- [**Horsky et al., 2005**] Horsky J., Kuperman G. J., Patel V. L., Comprehensive analysis of medication dosing error related to CPOE, JAMIA, vol. 12, pp. 337-382, 2005.
- [**Huart et al., 2004**] Huart J., Kolski K., Sagar M., Evaluation of multimedia applications using inspection methods: the Cognitive Walkthrough case, *Interacting with Computers*, vol. 16, pp. 183-215, 2004.
- [**IOM, 2000**] Institute Of Medicine (IOM), Committee on Quality of Health Care in America, To Err is Human: Building a Safer Health System, National Academy Press, Washington DC, 2000.
- [**ISO 9241, 1998**] ISO 9241-11, Exigences ergonomiques pour travail de bureau avec terminaux à écrans de visualisation (TEV), Partie 11: lignes directrices relatives à l'utilisabilité, 1998.

- [**Jackson, 1983**] Jackson M., System Development, Prentice-Hall - Englewood Cliffs, NJ, Etats-Unis, 1983.
- [**Jacobson et al., 1999**] Jacobson I., Booch G., Rumbaugh J., Le processus Unifié de Développement logiciel, Editions Eyrolles, Paris, 1999.
- [**Jain et al., 2003**] Jain H., Vitharana P., Zahedi F., An assessment model for requirements identification in component-based software development, Data base for advances in information systems, vol. 34, n°4, pp. 48-62, 2003.
- [**Jambon et al., 2001**] Jambon F., Brun P., Aït-Ameur Y., Interactive System Safety and Usability enforced with the development process, Proceedings of the Engineering for Human-Computer Interaction (8th IFIP International conference, EHCI'01, Toronto, Canada, May, 2001), pp. 39-55, Springer, 2001.
- [**Jambon et al., 2001**] Jambon F., Brun P., Aït-Ameur Y., Spécification des systèmes interactifs, Dans Analyse et conception de l'IHM, pp. 175-206, Hermès, Paris, 2001.
- [**Jalient, 1994**] Jalient P., Génie Logiciel, les méthodes, A. Colin, Paris, 1994.
- [**Jiang et al., 2007**] Jiang L., Eberlein A., Behrouz H., A methodology for the selection of requirements engineering techniques, Requirements Engineering, Online first publication, available on http://www.springerlink.com/content/w06168ut3g6_23168/, Springer-Verlag, 2007.
- [**Johnson, 1994**] Johnson C., The formal analysis of human-computer interaction during accident investigations, In Cockton, G., Draper, S., Weir, G. (Eds.), People and Computers, IX, pp. 285-300, Cambridge Uni. Press, 1994.
- [**Jones, 1990**] Jones C. B., Systematic software development using VDM, 2nd edition, Prentice Hall International Series in Computer Science, 1990.
- [**Kadima, 2005**] Kadima H., MDA : conception orientée objet guidée par les modèles, Dunod, 2005.
- [**Kahn et Prail, 1993**] Kahn J., Prail A., Formal Usability Inspection, In Nielsen J., and Mack R.L. (Eds.), Usability inspection method, John Willey & son, New York, pp. 141-171, 1993.
- [**Karat, 1997**] Karat J., User-centered software evaluation methodologies, In Helander, M., Landauer T. K. (Eds), Handbook of Human-Computer Interaction, Elsevier, Amsterdam, pp. 689-704, 1997.
- [**Kaushal et Bates, 2002**] Kaushal R., Bates D.W., Information technology and medication safety: what is the benefit?, Qual Saf Health Care, vol. 11, pp. 261-265, 2002.
- [**Keller et Wendt, 2003**] Keller F., Wendt S., FMC: An Approach Towards Architecture-Centric System Development, Proceedings of 10th IEEE International Conference on Engineering of Computer-Based Systems (ECBS 2003), April, Huntsville, USA, 2003
- [**Knight et Kienzle, 1993**] Knight J. C., Kienzle D. M., Preliminary experience using Z to specify a safety-critical system, Seventh Z User Meeting, ZUM '92, Londres, Décembre, 1992.
- [**Koestler, 1969**] Koestler A., The Ghost in the machine, Arkana books, Londres, 1969.
- [**Kolski et Gambiez, 1990**] Kolski C., Gambiez F., Fiches d'évaluation ergonomique « statique » du module d'interface pour l'outil PREDEX. Research Report, LAIH/S2O convention, Valenciennes, 1990.
- [**Kolski, 1997**] Kolski C., Interfaces homme-machine, applications aux systèmes industriels complexes, Hermès, Paris, 1997.

- [**Kolski, 2001**] Kolski C. (Ed.), Analyse et conception de l'IHM, Interaction Homme-Machine pour les Systèmes d'Information, vol. 1, Hermès, Paris, 2001.
- [**Kontogiannis, 2003**] Kontogiannis T., A Petri Net-based approach for ergonomic task analysis and modeling with emphasis on adaptation to system changes, Safety Science, vol. 41, pp. 803-835, 2003.
- [**Koppel et al., 2005**] Koppel R., Metlay J. P., Cohen A., et al., Role of computerized physician order entry systems in facilitating medication errors, JAMA, vol. 293, pp. 1197-1203, 2005.
- [**Kvan, 2000**] Kvan T., Collaborative design: what is it?, Automation in Construction, vol. 9, n° 4, pp. 409-415, 2000.
- [**Landry et al., 1990**] Landry M., Pascot D., Ridjanovic D., Complexité, représentations et systèmes d'information, Technologies de l'information et société, vol. 2, n°2, 1990.
- [**Leplat, 1997**] Leplat J., Regards sur l'activité en situation de travail : contribution à la psychologie ergonomique, PUF, Paris, 1997.
- [**Lepreux et al., 2003**] Lepreux S., Abed M., Kolski, C., A human-centred methodology applied to decision support system design and evaluation in a railway network context, Cognition, Technology & Work, vol. 5, pp.248–271, 2003.
- [**Lepreux, 2005**] Lepreux S., Approche de Développement centré décideur et à l'aide de patrons de Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision, Application à l'investissement dans le domaine ferroviaire. Mémoire de Doctorat, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, Valenciennes, juin 2005.
- [**Leroy et al., 2002**] Leroy N., Pelayo S., Beuscart M. C., Risome, analyse de l'activité, Rapport interne, EVALAB, faculté de médecine, 2002.
- [**Leroy, 2004**] Leroy N., Analyse de l'utilisation des méthodes ergonomiques dans un projet d'informatique médical, rapport de DEA, Université René Descartes, Paris V, 2004.
- [**Leveson, 1993**] Leveson N. G., Turner C. S., An investigation of the Therac-25 accidents, Computer, vol. 26, pp. 18-41, 1993.
- [**Lewis et Wharton, 1997**] Lewis C., Wharton C., Cognitive Walkthroughs, In Helander M., Landauer T. K. (Eds.), Handbook of Human-Computer Interaction (2nd edition), Elsevier Science, Amsterdam, pp.717-732, 1997.
- [**Lim et Long, 1994**] Lim K.Y., Long J., The MUSE Method for Usability Engineering, Cambridge University Press, 1994.
- [**Lonchamp, 2003**] Lonchamp J., Le travail coopératif et ses technologies, Hermès, Paris, 2003.
- [**Lucquiaud, 2005**] Lucquiaud, V., Proposition d'un noyau et d'une structure pour les modèles de tâches orientés utilisateurs, Proceedings of the 17th French-speaking conference on Human-computer interaction, Toulouse, France, September, pp. 83-90, 2005.
- [**Mahatody et al., 2007**] Mahatody T. Sagar M., Kolski C., Cognitive Walkthrough pour l'évaluation des IHM : Synthèse des extensions et évolutions conceptuelles, méthodologiques et technologiques, Proceedings of IHM 2007, International Conferences PProceedings Series, ACM Press, Paris, pp. 143-150, Novembre 2007.
- [**Mahatody et al., 2007**] Mahatody T. Sagar M., Kolski C., Cognitive Walkthrough for HCI evaluation: basic concepts, evolutions and variants, research issues, Proceedings of EAM'07, Technical University of Denmark, Lyngby, juin 2007.

- [**Martin, 1991**] Martin J., Rapid Application Development, MacMillan, New York, 1991.
- [**Mayhew, 1999**] Mayhew D., The usability engineering lifecycle, Morgan Kaufmann Publishers, 1999.
- [**Mehra et al., 2004**] Mehra A., Grundy J., Hosking J., Supporting collaborative software design with a plug-in, Web Services-based Architecture, In Proceedings of the ICSE 2004 Workshop on Directions in Software Engineering Environments, Mai 2004, Edingurgh, Scotland, IEEE Press, 2004.
- [**Millot et Roussillon, 1991**] Millot P., Roussillon E., Man-machine cooperation in telerobotics: Problematics and methodologies, In Second Symposium on Robotics, Gif-sur-Yvette, 1991.
- [**Morley et al., 2007**] C. Morley, J. Hugues, B. Leblanc, O. Hugues, Processus métiers et S I. : évaluation, modélisation et mise en œuvre, Dunod, 2007.
- [**Moussa et al., 2002**] Moussa F., Riahi M., Kolski C., Moalla M., Interpreted Petri Nets used for human-machine dialogue specification, Integrated Computer-Aided Engineering, vol. 9, pp. 87-98, 2002.
- [**Musik, 2006**] Musick E., The 1992 London ambulance service computer aided dispatch system failure, MSOE, SE 3811, Formal Methods, Dr. Welch, 2006.
- [**Nanci et Espinasse, 2001**] Nanci D, Espinasse B., Ingénierie des systèmes d'information : MERISE, deuxième génération, Vuibert, Paris, 2001.
- [**Navarre, 2001**] Navarre D., Contribution à l'ingénierie en Interaction Homme-Machine-Une technique de description formelle et un environnement pour une modélisation et une exploitation synergiques des tâches et du système, Mémoire de doctorat, Université Toulouse 1, 2001.
- [**Nielsen, 1993**] Nielsen J., Usability Engineering, Academic Press, Boston, 1993.
- [**Nielsen et Mack, 1994**] Nielsen J., Mack R. L. (Eds.), Usability inspection methods, John Wiley & Sons, New York, 1994.
- [**Nielsen, 1994**] Nielsen J., Heuristic Evaluation. In Nielsen J., Mack R. L. (Eds.), Usability inspection method John Willey & son, pp. 25-62, 1994.
- [**Nielsen, 1996**] Nielsen J., Top Ten Mistakes in Web Design, téléchargé le 29 juillet 2004 à <http://www.useit.com/alertbox/9605.html>, 1996.
- [**Norman et Draper, 1986**] Norman D. A., Draper, S. W. (Eds.), User-Centered System Design: New Perspectives on Human-Computer Interaction. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, 1986.
- [**Nuseibeh, 1997**] Nuseibeh B., Ariane 5: Who Dunit?, IEEE Software, vol. 14, pp. 15-16, 1997.
- [**Ogden et Bernick, 1997**] Ogden C., Bernick P, Using Natural Language Interface, In Handbook of Human-Computer Interaction, M. Helander T.K. Landauer et P. Prabhu (Eds), Elsevier, Amsterdam, pp. 137-161, 1997.
- [**Ouertini et al., 2007**] Ouertini M. Z., Grebici K., Gzara L., Blanco E., Rieu D., DEPNET: a methodology for identifying and qualifying dependencies between engineering data, the future of product development, Springer Berlin Heidelberg, vol. 5, pp. 319-330, 2007.
- [**Pacaux-Lemoine, 1998**] Pacaux-Lemoine M. P., Coopération Hommes-Machines dans les procédés complexes : modèles techniques et cognitifs pour le contrôle de trafic aérien, Mémoire de Doctorat, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, Valenciennes, janvier, 1998.

- [Palanque, 1992]** Palanque P., Modélisation par objets coopératifs interactifs d'interfaces homme-machines dirigées par l'utilisateur. Thèse de Doctorat, Université de Toulouse 1, 1992.
- [Palanque et Bastide, 1997]** Palanque P., Bastide R., Synergistic modelling of tasks, system and users using formal specification techniques, *Interacting With Computers*, vol. 9, pp. 129-153, 1997.
- [Palanque *et al.*, 1997]** Palanque P., Farenc C., Bastide R., 1999, Embedding Ergonomic Rules As Generic Requirements in a Formal Development Process of Interactive Software, *Proceedings of Interact'99*, IOS Press, pp. 408-16, 1997.
- [Palanque *et al.*, 1997]** Palanque P., Bastide R., Paterno F., Formal specification as a tool for objective assessment of safety-critical interactive systems, *Interact'97 conference*, Sydney, Chapman et Hall., Juillet 1997.
- [Pascot et Bernadas, 1994]** Pascot D., Bernadas C., L'essence des méthodes : étude comparative de six méthodes de conception de systèmes d'information informatisés, actes du congrès INFORSID, Lille, Mai 1994.
- [Paterno, 1999]** Paterno F., Model-based design and evaluation of interactive application, Springer Verlag, Londres, 1999 (1ère édition).
- [Pelayo, 2007]** Pelayo S., D'une coopération verticale intégrative à une planification coopérative des actions: le cas de la gestion des prescriptions thérapeutiques hospitalières. Mémoire de Doctorat, Université de Lille 2, décembre 2007.
- [Perez-Medina *et al.*, 2008]** Perez-Medina J., Rieu D., Dupuy-Chessa S., Approche orientée services pour la gestion de modèles, In XXVIème Congrès INFORSID, Fontainebleau, Mai 2008.
- [Petri, 1962]** Petri C., Kommunikation mit Automaten, Ph. D. Dissertation, University of Bonn, Germany, 1962.
- [Pitts et Browne, 2004]** Pitts M., Browne G., Stopping behavior of systems analysts during information requirements elicitation, *Journal of management information systems*, vol. 21, n°1, pp 203-226, 2004.
- [Pomian *et al.*, 1997]** Pomian J.L., Pradère T., Gaillard I., Ingénierie et ergonomie, Cépaduès, Toulouse, 1997.
- [Reason, 1990]** Reason J., Human error, Cambridge University Press, 1990.
- [Ross, 1977]** Ross D.T, Structured analysis (SA): a language for communicating ideas, *IEEE Transactions on software engineering*, vol. 3, n°1, pp. 16-34, 1977.
- [Royce, 1970]** Royce W. W., Managing the development of large software systems, concepts and techniques, *Proceedings in WESCOM*, August, 1970.
- [Rubin, 1994]** Rubin J., Handbook of usability testing, John Wiley, New York, 1994.
- [Rugg et Mc George, 1997]** Rugg G., Mc George P., The sorting techniques: a tutorial paper on card sorts, picture sorts and item sorts, *Experts Systems*, vol. 14, n°2, pp. 80-93, 1997.
- [Sagar *et al.*, 2007]** Sagar M., Kolski C., Talon B., Warin B., Vers de nouvelles approches pédagogiques pour la formation des concepteurs de systèmes interactifs, *Workshop International : Logistique & Transport LT2007*, Sousse, Tunisie, novembre 2007.
- [Santell *et al.*, 2003]** Santell J. P., Hicks R., McMeekin J., Cousins D. D., Medication errors: experience of the United States Pharmacopeia (USP) MEDMARX reporting system, *Journal of Clinical Pharmacology*, vol. 43, n°7, pp. 760-767, 2003.

- [**Satzinger et al., 2003**] Satzinger E., Jackson E., Burd E., Simond E., Villeneuve E., Analyse et conception de systèmes d'information, Les éditions Reynald Goulet inc., 2003 (2ème édition).
- [**Scapin et Bastien, 2001**] Scapin D.L., Bastien J.M.C., Analyse des tâches et aide ergonomique à la conception: L'approche MAD*. In C. Kolski (Ed.) Analyse et Conception de l'IHM, Hermès Science Publications, Paris, pp. 85-116, 2001.
- [**Senach, 1990**] Senach B., Evaluation ergonomique des Interfaces Homme-Machine : une revue de la littérature, Rapport de l'INRIA n°1180, 1990.
- [**Shneiderman, 1992**] Shneiderman B., Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction (2nd edition), Addison-Wesley Publishing Company, Massachusetts, 1992.
- [**Smith et Mosier, 1986**] Smith S.L., Mosier J. N., Guidelines for designing user interface software, Rep. ESDTR-86-278, Mitre Corporation, Bedford, 1986.
- [**Smith et al., 2001**] Smith M. J., Koubek R. J., Salvendy G., Harris D., Usability evaluation and interface design: cognitive engineering, intelligent agents and virtual reality,1 (Human factors and ergonomics series), CRC press, 2001.
- [**Sommerville, 1992**] Sommerville I., Le Génie Logiciel, Addison-Wesley, 1992.
- [**Spivey, 1992**] Spivey J. M., The Z notation: a reference manual, 2nd édition, Prentice Hall International Series in Computer Science, 1992.
- [**Stewart et Shamdasani, 1990**] Stewart J. F., Shamdasani P. N., Focus Group: theory and practice, Londres, Sage, 1990.
- [**Strohmeier et Buchs, 1996**] Strohmeier A., Buchs D., Génie Logiciel : principes, méthodes et techniques, Presses polytechniques et universitaires romandes, 1996 (2ème édition).
- [**Tabary et Abed, 2002**] Tabary D., Abed M., A software environment task object oriented design (ETOOD), Journal of Systems and Software, vol. 60, pp. 129-140, 2002.
- [**Tardieu et al., 1985**] Tardieu H., Rochfeld A., Coletti R., Panet G., Vahee G., la Méthode Merise, tome 2 : Démarche et pratiques, éditions d'Organisation, Paris, 1985.
- [**Taylor, 2007**] Taylor J. R., The contribution of the design to accidents, Safety Sciences, vol. 45, pp. 61-73, 2007.
- [**Thayer et McGettrick, 1993**] Thayer R., McGettrick A., Software Engineering: a European Perspective, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos 1993.
- [**Tsumaki et Tamai, 2005**] Tsumaki T., Tamai T., A framework for matching RE techniques to project characteristics and situation changes, In first International workshop on situational RE processes, In conjunction with 13th IEEE International Requirements Engineering Conference, Paris, 2005.
- [**Valentin et al., 1993**] Valentin A., Vallery G., Luongsang R., L'évaluation ergonomique des logiciels : une démarche itérative de conception, Montrouge, édition ANACT, 1993.
- [**Vanderdonckt, 1999**] Vanderdonckt J., Development milestones towards a tool for working guidelines., Interacting With Computers, vol. 12, n°2, pp. 81-118, 1999.
- [**Vanderdonckt et Farenc, 2000**] Vanderdonckt J., Farenc C. (Eds.), Tools for working with guidelines, London, Springer-Verlag, 2000.
- [**Vicente et Rasmussen, 1992**] Vicente K. J., Rasmussen, J., Ecological Interface Design: Theoretical foundations. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, vol. 22, pp. 589-606, 1992.

- [Walker et al., 2002]** Walker M., Takayama L., Landay J., High-fidelity or low-fidelity, paper or computer? Choosing Attributes When Testing Web Prototypes, Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society, HFES 2002, pp. 661-665, 2002.
- [Wang et al., 2002]** Wang L., Weiming S., Xie H., Neelamkavil J., Pardasani A., Collaborative conceptual design: state of the art and future trends, Computer-Aided Design, n° 34, pp. 981-996, 2002.
- [Watson et Frolick, 1993]** Watson H. J., Frolick M. N., Determining information requirements for an EIS, MIS Quaterly, vol.17, pp. 255-269, 1993.
- [Yourdon, 1994]** Yourdon E., Software Reuse, Application Development Strategies, vol. 1, n° 6, pp. 28-33, 1994.

WEBOGRAPHIE

<http://afssaps.sante.fr/>

<http://evalab.univ-lille2.fr/fr/accueil.html>

www.rad.fr

www.extremeprogramming.org

<http://www.ambysoft.com/unifiedprocess/agileUP.html>

www.uml.org

<http://giove.isti.cnr.it/ctte.html>

<http://www-rocq.inria.fr/merlin/kmade/>

<http://www.bpms.info/>

www.bpmn.org

LISTE DES FIGURES

Figure I.1. Représentation d'une situation de travail.	20
Figure I.2. Exemple de processus dynamique, cas d'une centrale nucléaire (tiré de [Hoc, 1996]).	21
Figure I.3. Exemple d'organisation distribuée (tiré de [Lonchamp, 2003]).	23
Figure I.4. Exemples d'organisations multiples au sein d'un environnement de travail.	23
Figure I.5. Le circuit du médicament.	26
Figure I.6. Aide mémoire pour les entretiens individuels.	29
Figure I.7. Exemple de fiche d'analyse de document.	29
Figure I.8. Représentation simplifiée de l'organisation des intervenants de projets.....	31
Figure I.9. Représentation d'un processus observé selon le point de vue « ergonomiste ».....	33
Figure I.10. Exemple de reports de commentaires.....	34
Figure I.11. Exemple de résultats d'une analyse de traces.....	35
Figure I.12. Classification des critères et sous critères ergonomiques selon [Bastien et Scapin, 1993].....	37
Figure I.13. Exemple de fiche d'évaluation (issue de [Sagar et al., 2007]).	38
Figure I.14. Exemple d'un dispositif avec miroir sans tain.	39
Figure I.15. Exemple d'un dispositif portatif.....	39
Figure I.16. Exemple de commentaires recueillis lors de tests utilisateur.	41
Figure I.17. Représentation des étapes du tri de cartes.	42
Figure I.18. Exemple de formalisme utilisé par les ergonomes pour la description de la tâche d'un utilisateur.....	44
Figure I.19. Exemple de formalisme utilisé par les ergonomes pour la description de la distribution des tâches entre plusieurs acteurs (extrait d'un tableau issu d'un rapport de projet).	45
Figure I.20. Exemple de format de description des problèmes ergonomiques et recommandations utilisé par des ergonomes (extrait de [Evalab, 2006]).	46
Figure I.21. Autre exemple de format de description des problèmes ergonomiques et recommandations utilisé par des ergonomes (extrait de [Evalab, 2006]).	46
Figure I.22. Représentation du processus de développement observé point de vue « concepteur ».	48
Figure I.23. Extrait des spécifications fonctionnelles pour la fonction de prescription.....	50
Figure I.24. Extrait des spécifications des IHM pour la fonction de prescription.	50
Figure I.25. Extrait du document synthétisant les retours des concepteurs.	51
Figure I.26. Exemples de processus d'échange de documents dans le cadre d'une évaluation ergonomique.....	52
Figure II.1. Phases globales d'un cycle de développement (extrait de [Satzinger et al, 2003]).	56
Figure II.2. Modèle Cascade [Boehm, 1981].	57
Figure II.3. Exemples de Modèles enrichis sous l'angle de l'interaction homme-machine	58
Figure II.4. Cycle de développement pour l'ingénierie de l'utilisabilité (extrait de [Mayhew, 1999]).	59
Figure II.5. Cadre pour la gestion des facteurs humains dans les projets.	60
Figure II.6. Cycle de développement de l'Extrême Programming.	61
Figure II.7. Modèle en Y (Extrait de [Hassine, 2002]).	62
Figure II.8. Exemples de modélisation avec le langage UML.	64

Figure II.9. Les types de diagramme de la méthode SADT.....	64
Figure II.10. Les différentes étapes de la conception d'interface écologique [Burns et Hajdukiewicz, 2004].	69
Figure II.11. Exemple de modélisation d'un processus de type abstrait à l'aide de la notation BPMN	70
Figure II.12. Exemple de spécification à l'aide de la méthode B (issu de [Kolski, 2001]). ...	72
Figure II.13. Les différents types d'opérations proposés par les réseaux de Pétri.	73
Figure II.14. Exemple de franchissement d'une transition.	74
Figure II.15. Exemple de collaboration prévue par la méthode (tiré de [Dupuy-Chessa et al., 2007]).	76
Figure II.16. Les niveaux de service pour la gestion des modèles (Extrait de [Perez-Medina et al., 2008]).	77
Figure III.1. Décomposition d'un projet de développement de systèmes interactifs.	90
Figure III.2. Processus pour la détermination des besoins (extrait de Jain et al., 2003).	90
Figure III.3. Objectifs de notre démarche.	92
Figure III.4. Processus pour la phase d'analyse des besoins revisité.	92
Figure III.5. Définition de l'environnement de travail (extrait de [Burns et Hajdukiewicz 2004]).	93
Figure III.6. Fonctionnement de l'espace d'échange commun.	95
Figure III.7. Premier exemple illustrant l'utilisation de l'espace d'échange commun.	95
Figure III.8. Second exemple illustrant l'utilisation de l'espace d'échange commun.	96
Figure III.9. Exemples de supports échangés entre ergonomes et informaticiens	96
Figure III.10. Apports des modèles en tant que supports d'échange.	97
Figure III.11. Principe utilisé pour l'exploitation des techniques de modélisation du GL et de l'IHM.	99
Figure III.12. Décomposition du domaine d'activité de l'ergonome.	101
Figure III.13. Décomposition du domaine d'activité du concepteur.....	102
Figure III.14. Organisation entre la pharmacie centrale de l'hôpital et les services hospitaliers.	108
Figure III.15. Description du processus de prescription – administration - dispensation	110
Figure III.16. Organisation fonctionnelle du logiciel (focalisation sur les modules pour la prescription et la dispensation des médicaments).	112
Figure III.17. Description d'une situation de travail anticipée pour le processus de prescription-administration -dispensation (situation informatisée).	113
Figure III.18. Description du principe des perfusions.....	115
Figure IV.1. Processus de décision pour la résolution du problème « représentation des données ».....	120
Figure IV.2. Définition des besoins fonctionnels du système d'aide à la modélisation.	122
Figure IV.3. Diagramme de cas d'utilisation UML du système d'aide à la modélisation.	123
Figure IV.4. Diagramme conceptuel pour la création d'un modèle dans le système d'aide à la modélisation (diagramme de classes UML).....	124
Figure IV.5. Valeurs possibles pour le profil ergonome.	125
Figure IV.6. Valeurs possibles pour le profil « informaticien ».	125
Figure IV.7. Relations entre l'identification du contexte de la modélisation et les propositions de solutions de modélisation (profil ergonome).	126

Figure IV.8. Relations entre l'identification du contexte de la modélisation et les propositions de solutions de modélisation (profil informaticien).....	126
Figure IV.9. Diagramme état-transition UML du système d'aide à la modélisation.	130
Figure IV.10. Architecture du système d'aide à la modélisation.	131
Figure IV.11. Extrait de fichier XML pour la définition des variables du système d'aide....	133
Figure IV.12. Arborescence du fichier XML pour la gestion du choix de l'activité de projet concernée.	133
Figure IV.13. Page d'accueil du système d'aide à la modélisation.....	134
Figure IV.14. Fenêtre pour la création d'un nouvel utilisateur.	134
Figure IV.15. Page pour l'identification d'un projet.....	135
Figure IV.16. Page pour la consultation de l'historique d'un projet.....	135
Figure IV.17. Page pour le choix de l'activité du projet concernée.	136
Figure IV.18. Page pour le choix du type d'information à transmettre.	136
Figure IV.19. Page pour l'évaluation des solutions de modélisation.....	137
Figure IV.20. Ensemble des items proposés pour l'évaluation des solutions de modélisation.	138
Figure IV.21. Déroulement de la session de tests.	139
Figure IV.22. Consigne utilisateur (fournie oralement) pour la mise en œuvre du tri de cartes.	139
Figure IV.23. Classification initiale (réalisée par le concepteur du système d'aide).....	140
Figure IV.24. Résultat du tri de cartes pour la catégorisation initiale.....	141
Figure IV.25. Résultat du tri de cartes pour le groupe des ergonomes.	142
Figure IV.26. Résultat du tri de cartes pour le groupe des chercheurs en informatique.	143
Figure IV.27. Classification finale (obtenue suite aux tests).	144
Figure IV.28. Page pour la confirmation de la solution choisie.....	145
Figure IV.29. Contexte prévu pour la modélisation dans le cadre de notre approche.	146
Figure IV.30. Dispositif utilisé pour les tests.....	148
Figure IV.31. Extrait du logiciel Allcapture.	149
Figure IV.32. Description du déroulement d'un test.....	150
Figure IV.33. Analyse des interactions homme-machine concernant l'utilisation du système d'aide à la modélisation.	153
Figure IV.34. Analyse des interactions pour l'utilisation de la bibliothèque d'éléments graphiques correspondant au diagramme d'activité UML.	156
Figure IV.35. Exemple de modèle créé par un ergonome suite au test.....	157
Figure IV.36. Résultats obtenus concernant la satisfaction des sujets.	158
Figure V.1. Exemple de méthodologie utilisée pour l'évaluation ergonomique.	165
Figure V.2. Formalisme utilisé pour décrire un problème ergonomique et sa recommandation.	166
Figure V.3. Exemple de format de description de remarques ou propositions suggérées durant l'évaluation d'un système interactif (extrait de [Kolski et Gambiez, 1990]).....	166
Figure V.4. Mise en évidence des conséquences de l'utilisation du langage naturel lors des évaluations ergonomiques.	167
Figure V.5. Intégration de la méthode ErgoPNets au sein de la méthodologie présentée en Figure V.1.....	168
Figure V.6. Les différentes étapes de la méthode ErgoPNets.....	170
Figure V.7. Représentation typique d'un support ErgoPNets.....	173
Figure V.8. Exemple de modélisation avec la méthode ErgoPNets (extrait du logiciel VISIO).	174

Figure V.9. Modèle de tâches de l’outil de vérification de modèles.....	174
Figure V.10. Copie d’écran de l’outil de vérification de modèles.	175
Figure V.11. Extrait de code Visio permettant de récupérer un fichier choisi par un utilisateur dans un objet Document.....	175
Figure V.12. Fonctionnement de l’objet Master.	176
Figure V.13. Fonctionnement de l’objet Connects.	176
Figure V.14. Shape « point de départ ».....	177
Figure V.15. Shape « action de l’utilisateur ».....	177
Figure V.16. Shape « résultat de l’action utilisateur ».....	178
Figure V.17. Shape « transition ».....	178
Figure VI.1. Extrait du mini questionnaire pour l’évaluation de chaque support lu par le sujet.	183
Figure VI.2. Exemple de support pour l’expérimentation, réalisé à l’aide de la méthode ErgoPNets.	184
Figure VI.3. Exemple de support pour l’expérimentation, réalisé à l’aide du tableau et décrivant le même problème et la même recommandation que le support de la Figure VI.2.	185
Figure VI.4. Représentation du déroulement de l’évaluation.	185
Figure VI.5. Résultats obtenus pour les problèmes 1 à 6.....	187
Figure VI.6. Résultats obtenus pour les recommandations 1 à 6.	187
Figure VI.7. Résultats obtenus pour la satisfaction des sujets.	189
Figure VI.8. Extrait du logiciel analysé (écran pour la saisie des prescriptions).	190
Figure VI.9. Support créé à l’aide de la méthode ErgoPNets (premier exemple d’application).	192
Figure VI.10. Extrait du logiciel analysé (écran pour la saisie des prescriptions) : première étape de la procédure.	193
Figure VI.11. Extrait du logiciel analysé (écran pour la saisie des prescriptions) : deuxième étape de la procédure.	193
Figure VI.12. Extrait du logiciel analysé (écran pour la saisie des prescriptions) : troisième étape de la procédure.	194
Figure VI.13. Support créé à l’aide de la méthode ErgoPNets (deuxième exemple d’application).	195
Figure VI.14. Support réalisé à l’aide de la méthode ErgoPNets (troisième exemple d’application).	197
Figure VII.1. Exemple de maquette illustrant la saisie automatique pour un élément de la méthode ErgoPNets.	203
Figure VII.2. Exemple de maquette illustrant la saisie automatique pour l’élément « lien d’analyse » entre deux modèles.....	204

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1. Synthèse des formalismes utilisés par les ergonomes.....	43
Tableau I.2. Synthèse des méthodes de travail utilisées par les concepteurs.....	49
Tableau I.3. Synthèse de documents produits par les concepteurs.	49
Tableau II.1. Les différents éléments de modélisation de CTT.	67
Tableau II.2. Eléments graphiques constituant un réseau de Pétri.....	73
Tableau II.3. Critères d'analyse pour la mise en œuvre de l'étude comparative.	79
Tableau II.4. Résultat de l'étude comparative.....	83
Tableau III.1. Synthèse des techniques de modélisation sélectionnées.	103
Tableau III.2. Potentiel des techniques de modélisation du GL et de l'IHM par rapport aux besoins en modélisation des ergonomes.....	105
Tableau III.3. Potentiel des techniques de modélisation du GL et de l'IHM par rapport aux besoins en modélisation des concepteurs.....	106
Tableau IV.1. Analyse des solutions possibles pour la représentation des données (exemple de la rédaction du cahier des charges).....	121
Tableau IV.2. Eléments graphiques créés pour la solution de modélisation « diagramme d'activité UML ».	147
Tableau IV.3. Reports des résultats pour l'analyse des interactions homme-machine concernant l'utilisation du système d'aide à la modélisation.	152
Tableau IV.4. Commentaires des sujets sur le système d'aide à la modélisation.....	153
Tableau IV.5. Reports des résultats pour l'analyse des interactions homme-machine concernant l'utilisation de la bibliothèque d'éléments graphiques « diagramme d'activité UML ».	155
Tableau IV.6. Commentaires des sujets sur la bibliothèque d'éléments graphiques.	157
Tableau IV.7. Synthèse des justifications données par les sujets pour la question « Seriez-vous prêt à utiliser le système d'aide à la modélisation/cette bibliothèque dans votre activité ? ».	159
Tableau V.1. Liste des icônes représentant les critères ergonomiques, utilisées dans la méthode ErgoPNets.....	171
Tableau V.2. Eléments graphiques utilisés dans la méthode ErgoPNets.	172
Tableau VI.1. Organisation des supports au sein du protocole expérimental.....	184
Tableau VI.2. Synthèse des réponses au questionnaire global et des verbalisations enregistrées (lorsque plusieurs sujets ont émis la même idée, la synthèse de l'idée est indiquée sans guillemets, sinon la phrase du sujet est indiquée telle quelle).	188

ANNEXES

ANNEXES PARTIE 1 :

A.1 Résultats d'observation d'une organisation de projet de développement de systèmes interactifs grand public	217
---	-----

ANNEXES PARTIE 2 :

B.1 Consigne utilisateur pour l'évaluation du système d'aide à la modélisation	228
B.2 Scénario d'utilisation pour l'évaluation du système d'aide à la modélisation	229
B.3 Questionnaire pour l'évaluation du système d'aide à la modélisation	230

ANNEXES PARTIE 3 :

C.1 Consigne utilisateur pour l'évaluation de la méthode ErgoPNets	233
C.2 Questionnaire de pré évaluation (évaluation de la méthode ErgoPNets)	236
C.3 Questionnaire de post évaluation (évaluation de la méthode ErgoPNets)	237
C.4 Evolution de la bibliothèque d'éléments graphiques ErgoPNets	239

ANNEXES PARTIE 1 :
CONTEXTE DE L'ETUDE, PROBLEMATIQUE ET ETAT DE L'ART

A.1 Résultats d'observation d'une organisation de projet de développement de systèmes interactifs grand public

Annexe A1 Résultats d'observation d'une organisation de projet pour la conception de systèmes interactifs grand public

L'organisation de projet étudiée concerne un département de « recherche et développement » au sein d'une grande entreprise. Les types de projets développés dans ce département sont des services grand public pour véhicule, téléphone, application web (ex : service de paiement, navigation routière)... Cette étude complémentaire nous a permis d'élargir nos connaissances sur les projets de développement mais également d'identifier des similitudes ou de nouvelles données par rapport à notre cadre d'étude initial (domaine de la santé). Nous avons pu rencontrer un ensemble d'intervenants dont deux chefs de projet informatique, un développeur, deux concepteurs/testeurs, un graphiste, deux ergonomes et un responsable marketing et procédé à des entretiens individuels avec ces différentes personnes. Les entretiens ont été enregistrés avec l'accord des sujets et portaient sur les mêmes types de questions (utilisation de la même préparation que pour le cadre d'étude initial). Pour des raisons de confidentialité, aucune analyse de documents, ni aucune participation aux réunions n'a pu être envisagée. Cependant, les données enregistrées lors des entretiens ont été suffisantes pour comprendre cette organisation et réaliser une synthèse des données. Cette synthèse comprend une présentation des différents intervenants de projet et leurs rôles, une présentation de plusieurs déroulements des projets selon des points de vue différents, une présentation des méthodes de travail de chaque intervenant. Enfin, une dernière partie présente quelques problèmes rencontrés par les intervenants au sein des projets, qui ont été évoqués lors des entretiens.

Résultats

1. Les différents intervenants de projet et leurs rôles

Chaque intervenant rencontré a décrit son rôle et les différentes tâches qu'il a l'habitude de réaliser dans les divers projets auxquels il participe. Les intervenants de projet évoqués et leurs rôles ont été synthétisés comme suit :

- **le client** : il émet une demande, un besoin particulier (ex : une société de transport)
- **l'équipe marketing** : son rôle est d'élaborer des produits qui seront commercialisés. Pour cela, elle étudie les opportunités commerciales, la portabilité de la solution, elle définit le « business model » (ce qu'on va faire payer et combien), le « business plan » (plan des recettes et des dépenses), les « business requirements » (définition des besoins qui vont servir de données de départ pour la conception du système).
- **le chef de projet informatique** : son rôle est de gérer le projet (budget, ressources) et de coordonner l'équipe projet. Pour cela, il définit les besoins en ressources, distribue les tâches, prend les décisions (choix techniques, arbitrage entre les intervenants). Il présente également les résultats à la hiérarchie, archive les traces (courrier électronique, documents...), peut participer à la conception (proposition de maquettes, rédaction du cahier des charges, rédaction des spécifications fonctionnelles, rédaction des manuels utilisateur). Il a une vue sur toutes les informations échangées.
- **le concepteur/testeur** : son rôle est de spécifier et valider les IHM. Pour cela, il rédige le cahier des charges, définit et rédige les spécifications fonctionnelles, rédige les manuels utilisateur, définit et réalise des tests (lors d'une phase dite de qualification permettant de tester tous les scénarios possibles et de détecter toutes les incohérences dans les IHM), propose des maquettes.

- **l'équipe technique** : son rôle est de développer le système. Pour cela, elle définit l'architecture du système, rédige les spécifications techniques, développe le système (codage des modules, assemblage des modules) et déploie le système.
- **l'ergonome** : son rôle est d'évaluer les IHM, de proposer des recommandations et de préparer des tests utilisateurs ou des expérimentations (produit fini distribué à un panel d'utilisateurs finaux pour une utilisation dans la vie quotidienne). Pour cela, il propose des maquettes, rédige des rapports d'évaluation (résultats des tests, problèmes ergonomiques, recommandations, analyse quantitative), définit des scénarios et des questionnaires pour les tests, réalise des focus group.
- **le graphiste** : son rôle est de réaliser des éléments graphiques avancés (maquettes, logos...).
- **l'utilisateur final** : il participe aux focus group et aux tests.

La figure A1.1 synthétise les différents intervenants d'un projet (ainsi que leurs rôles principaux) pouvant participer à un projet. La participation de ces intervenants peut varier selon différents facteurs (ex : le type de projet, le coût, les ressources disponibles, les délais...). Il est possible également de faire appel à des intervenants extérieurs à l'entreprise (ex : une société de développement ayant des compétences spécifiques peut intervenir pour développer certains modules d'un système). La partie suivante présente différentes organisations de projets mettant en œuvre ces différents acteurs et leurs participations aux différentes étapes.

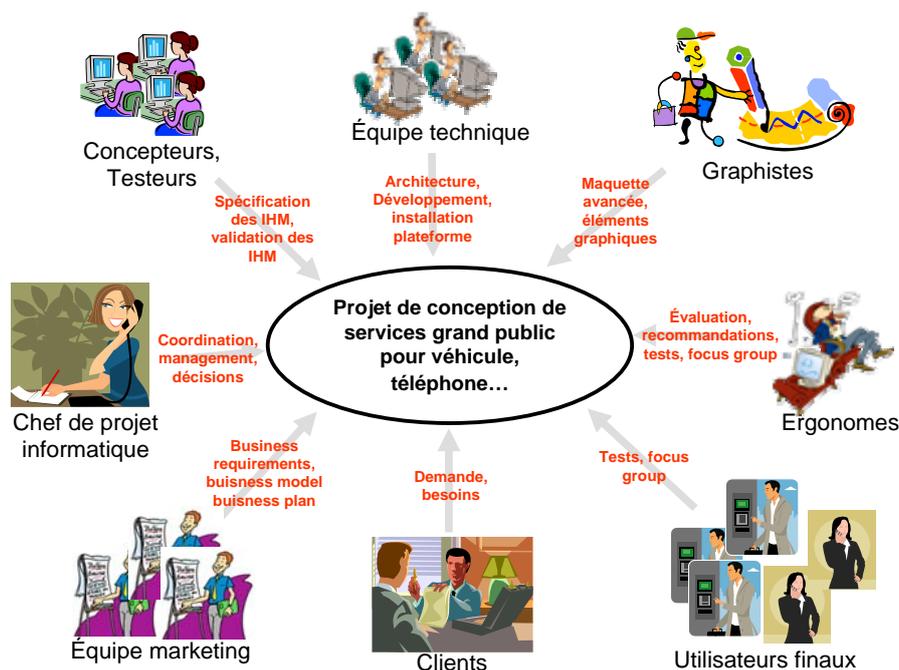


Figure A1.1. Représentation simplifiée des intervenants de projets et leurs rôles

2. Exemples de processus de développement

Le déroulement des projets dépend d'un certain nombre de facteurs tels que le coût, les ressources disponibles, le type de projet, les délais... C'est pourquoi il n'est pas possible de définir une organisation fixe. Chaque intervenant a donc expliqué selon son point de vue et ses habitudes de travail une représentation courante d'une organisation de projet auquel il a participé. Beaucoup d'étapes se retrouvent d'une représentation à une autre. Certains

intervenants n'ont pas décrit de processus complet mais ont évoqué des interventions précises pour certaines étapes du projet.

a) Point de vue « chef de projet »

Deux types de projets sont possibles, les projets de recherche, dits « par anticipation » et les projets opérationnels. Les projets de recherche correspondent à des propositions d'idées. Si une idée est jugée intéressante, l'étape suivante consiste à en montrer sa faisabilité. Pour ce type de projet, il n'y a pas forcément de besoins au départ mais plutôt des concepts, des innovations et la commercialisation n'est pas prévue tout de suite. Pour les projets opérationnels, les grandes étapes sont les suivantes : les besoins, les spécifications, le développement et les tests. Ce type de projet est plus rigoureux et débouche sur une commercialisation. Voici les différentes étapes d'un projet complet :

- 1- la définition du service (service de créativité, focus group)
- 2- le développement d'une maquette (en interne, sans l'intervention d'ergonomes ni d'utilisateurs finaux)
- 3- la spécification des IHM (ergonomie, définition de la navigation idéale)
- 4- le développement du service (faisant souvent appel à des prestataires externes)
- 5- les tests utilisateurs (préparés par les ergonomes et le service marketing)
- 6- la validation des IHM (détection des incohérences en définissant tous les scénarios possibles)
- 7- le développement du service (évolution en fonction des résultats)
- 8- le test itératif léger (validation par des ergonomes)
- 9- l'expérimentation d'usage (optionnelle, préparée par les ergonomes et l'équipe marketing)

b) Point de vue « concepteur/ testeurs »

Les concepteurs/testeurs rencontrés ont plutôt participé aux étapes dites de validation des IHM (ou qualification). Ils ont également participé à la rédaction des spécifications et des manuels utilisateur.

c) Point de vue « développeur »

Le développeur a évoqué le fait que l'organisation des projets est variable et que les cycles de développement sont plus ou moins suivis selon le temps et le type de projet. Il a décrit une organisation de projet de type opérationnel dont les étapes sont les suivantes :

- 1- les besoins marketing
- 2- la spécification fonctionnelle
- 3- la définition des IHM (description papier dans un premier temps, validation des ergonomes)
- 4- le développement (maquette avancée)
- 5- la validation des ergonomes (test sur plateforme)
- 6- les retours des ergonomes (par e-mail, par échanges directs)
- 7- le développement (modifications en fonction des résultats)

d) Point de vue « ergonomiste »

Les ergonomistes interrogés interviennent de façon ponctuelle ou complète dans les projets. Pour les interventions ponctuelles, il s'agit essentiellement d'évaluations ergonomiques de maquettes. Pour les projets complets, les ergonomistes interviennent pratiquement à toutes les étapes. Ce type de projet arrive rarement et a été qualifié de projet « idéal ». Il est décrit en figure A1.2 (les étapes où interviennent les ergonomistes sont indiquées par un fond rouge). Les étapes de ce type de projet ont été définies de la manière suivante :

- 1- **L'étape marketing** correspondant à la définition des besoins et des idées (c'est l'équipe marketing qui gère les premiers contacts avec le client).
- 2- **La définition de la demande** correspondant à la description des fonctions de base du service (collaboration avec l'équipe marketing)
- 3- **Les focus groups** correspondant aux rencontres avec des utilisateurs finaux pour déterminer les idées à garder ou à revoir (selon la méthode décrite dans le chapitre I).
- 4- **La spécification IHM** correspondant à la détermination des écrans, des enchaînements (collaboration possible avec des graphistes).
- 5- **Les spécifications techniques** correspondant aux échanges avec l'équipe de développement pour étudier la faisabilité par rapport à la spécification des interfaces prévues lors de l'étape précédente.
- 6- **Le développement** (1^{ère} phase) correspondant à la réalisation par les développeurs du premier prototype.
- 7- **La validation ergonomique** correspondant à l'évaluation ergonomique du prototype (collaboration avec les développeurs) ; en parallèle l'étape de qualification est réalisée par les concepteurs/testeurs pour vérifier la cohérence des interfaces par rapport au cahier des charges.
- 8- **Les tests** correspondant à la mise en place de tests auprès d'un groupe d'utilisateurs (collaboration avec l'équipe marketing pour préparer les tests) ; suite à cette étape des modifications du service et des réajustements des spécifications IHM sont effectués).
- 9- **Le développement** (2^{ème} phase) correspondant au développement d'une version stable du service.
- 10- **L'expérimentation** servant à établir un bilan de prise en main du produit fini en le confiant à un panel d'utilisateurs dans le cadre de leur vie quotidienne (cette étape est optionnelle).

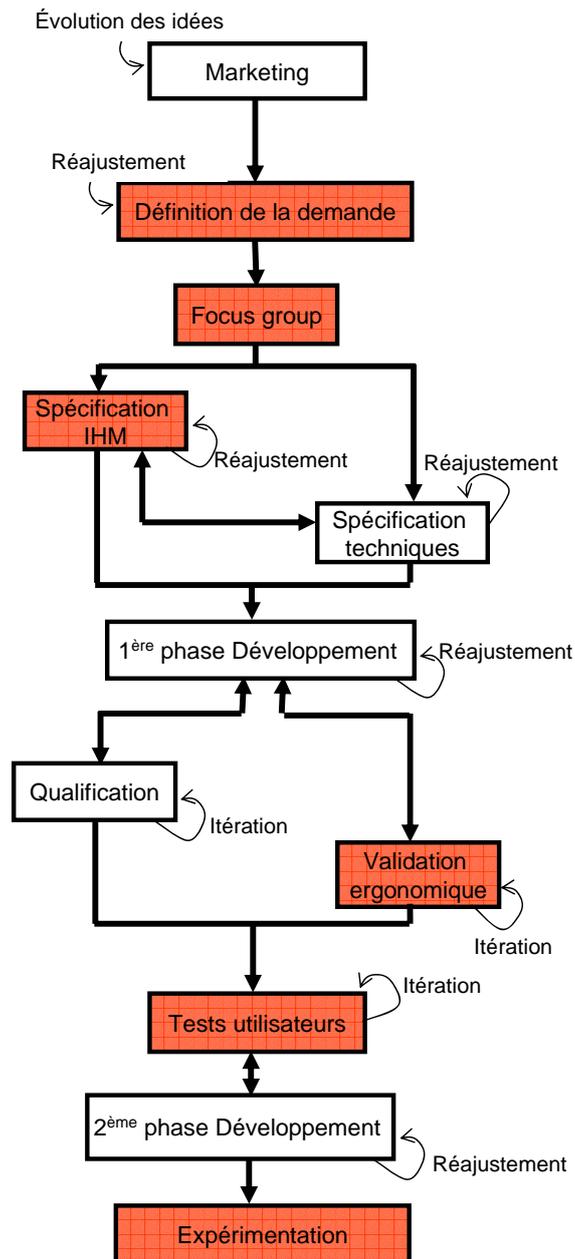


Figure A1.2. Exemple de processus de développement « idéal » montrant une intervention complète des ergonomes

3. Les méthodes de travail utilisées au sein des projets

Comme pour la partie précédente, nous avons synthétisé les méthodes de travail utilisées par chaque intervenant, évoquées pendant les entretiens.

Chaque intervenant a ses propres méthodes de travail en fonction des tâches qu'il a à réaliser et aussi en fonction des délais qu'il doit respecter. Ainsi, pour des projets de grande envergure, les échanges seront plus rigoureux. Tandis que pour des interventions ponctuelles et courantes, les échanges seront synthétisés et succincts.

a) Méthode de travail du chef de projet »

Le chef de projet peut participer aux différentes phases du projet quand il a du temps mais ses tâches principales sont plutôt administratives telles que la gestion du planning, du budget... Il

tient également à jour un tableau de bord (dit « dashboard) du projet indiquant l'état d'avancement. Il supervise toutes les tâches effectuées et passe beaucoup de temps à lire et répondre aux e-mails envoyés par les intervenants du projet. Il prend également les décisions en cas de conflits (ex : entre ergonomes et développeurs pour les modifications à apporter au système). Il participe également à beaucoup de réunions pour, par exemple présenter les résultats à sa hiérarchie.

b) Méthode de travail du concepteur/testeur

Le concepteur/ testeur réalise essentiellement la validation des IHM. Pour cela, il utilise un logiciel adapté pour modéliser les scénarios et les tester. Ensuite, des fiches problèmes sont générées en cas d'incohérences et sont transmises aux développeurs pour procéder aux éventuelles modifications. Un rapport de test est également réalisé indiquant toutes les exigences à tester. Il est envoyé aux autres intervenants de projet (ex : chef de projet pour vérifier qu'il ne manque rien). Pour rédiger le cahier des charges, les spécifications IHM et les manuels utilisateurs, le concepteur/testeur se sert de format prédéfini disponible via un site Intranet de l'entreprise.

c) Méthode de travail du développeur

Le développeur utilise certains diagrammes du langage de modélisation UML pour spécifier le système. Le diagramme de classe est réalisé dans pratiquement tous les projets, les diagrammes de séquence et d'états-transitions peuvent être également utilisés. Ces modélisations font partie des spécifications techniques mais ne sont pas exploitées directement pour le codage du système. Elles sont réalisées à partir des spécifications fonctionnelles du système.

Les premières maquettes reçues (par exemple par l'ergonome et le graphiste) sont analysées par le développeur qui décide des solutions techniques possibles. Parfois il arrive que les spécifications fonctionnelles soient remises en cause par le développeur.

Lorsqu'un prototype du système est terminé, le développeur le confie à l'ergonome pour une évaluation ergonomique. Dans ce cas, seule une URL menant à ce prototype est fournie à l'ergonome. Aucune explication ne lui est donnée sur le fonctionnement du système pour ne pas biaiser l'évaluation.

d) Méthode de travail de l'ergonome

L'ergonome peut réaliser une analyse des tâches utilisateur, c'est-à-dire imaginer la dynamique du futur système. Pour cela, il crée des sortes d'arbres hiérarchiques où les tâches sont décomposées et numérotées. Ce support n'est pas transmis aux autres intervenants, il sert à clarifier ce qu'il faut prendre en compte dans la réalisation des maquettes. Les ergonomes sont également amenés à réaliser des maquettes sans l'aide des graphistes. Pour cela, ils utilisent des logiciels de graphisme simples (ex : Visio, PowerPoint ©) et proposent des versions moins poussées que celles réalisées avec les graphistes. Pour les évaluations ergonomiques, ils peuvent décrire les problèmes détectés et les recommandations sous forme textuelle ou sous forme de copies d'écran annotées. Le plus souvent, les comptes-rendus sont synthétiques, succincts et envoyés par mail aux chefs de projet pour prendre les décisions quant aux modifications prioritaires ou superflues et aux développeurs pour procéder aux éventuelles modifications du système. Lors des réunions, des vidéos de tests peuvent être présentées. Ce moyen permet d'exposer les résultats de manière plus percutante. Le tableau A1.1 synthétise les formalismes utilisés par les ergonomes.

Formalismes utilisés	But d'utilisation	Destinataire
Arbre de tâches hiérarchique	Définition des tâches utilisateur	Non transmis, usage personnel
Maquettes graphiques statiques	Description d'idées de conception et de recommandations	<ul style="list-style-type: none"> • Développeurs • Graphistes • Équipe marketing
Diaporama	Description d'idées de conception et de recommandations	<ul style="list-style-type: none"> • Développeurs • Graphistes • Équipe marketing
Description textuelle	Description des résultats d'analyse ergonomique (problèmes ergonomiques et recommandations)	<ul style="list-style-type: none"> • Développeurs
Données quantitatives	Description des résultats des tests utilisateur	<ul style="list-style-type: none"> • Chef de projet • Développeurs • Équipe marketing • Concepteurs/testeurs
Vidéo	Résultats des tests utilisateur	<ul style="list-style-type: none"> • Chef de projet • Développeurs • Équipe marketing • Concepteurs/testeurs

Tableau A1.1. Formalismes utilisés par les ergonomes

4. Collaboration entre les intervenants de projet

Dans cette organisation les intervenants rencontrés se trouvent dans les mêmes locaux et travaillent ensemble ou non selon les besoins des projets. Cette situation simplifie les échanges d'informations. Ils se déplacent beaucoup d'un bureau à l'autre lorsque des problèmes d'incompréhension surviennent. Il arrive également que des intervenants extérieurs à l'entreprise participent aux projets. Dans ces deux cas, les intervenants communiquent énormément par mail ou téléphone pour transmettre les informations. Ils utilisent également des outils collaboratifs tels que *NetMeeting* ou *Coopnet* qui permettent de réaliser des visioconférences, d'échanger des documents en direct et de communiquer par messagerie instantanée.

Au sein de cette organisation, des collaborations spécifiques entre intervenants ont été identifiées. La figure A1.3 présente ces types de collaborations. Par exemple, le chef de projet échange des informations de type délais, contraintes à respecter, résultats avec les concepteurs, développeurs, ergonomes. L'ergonome et le graphiste collaborent pour définir des maquettes.

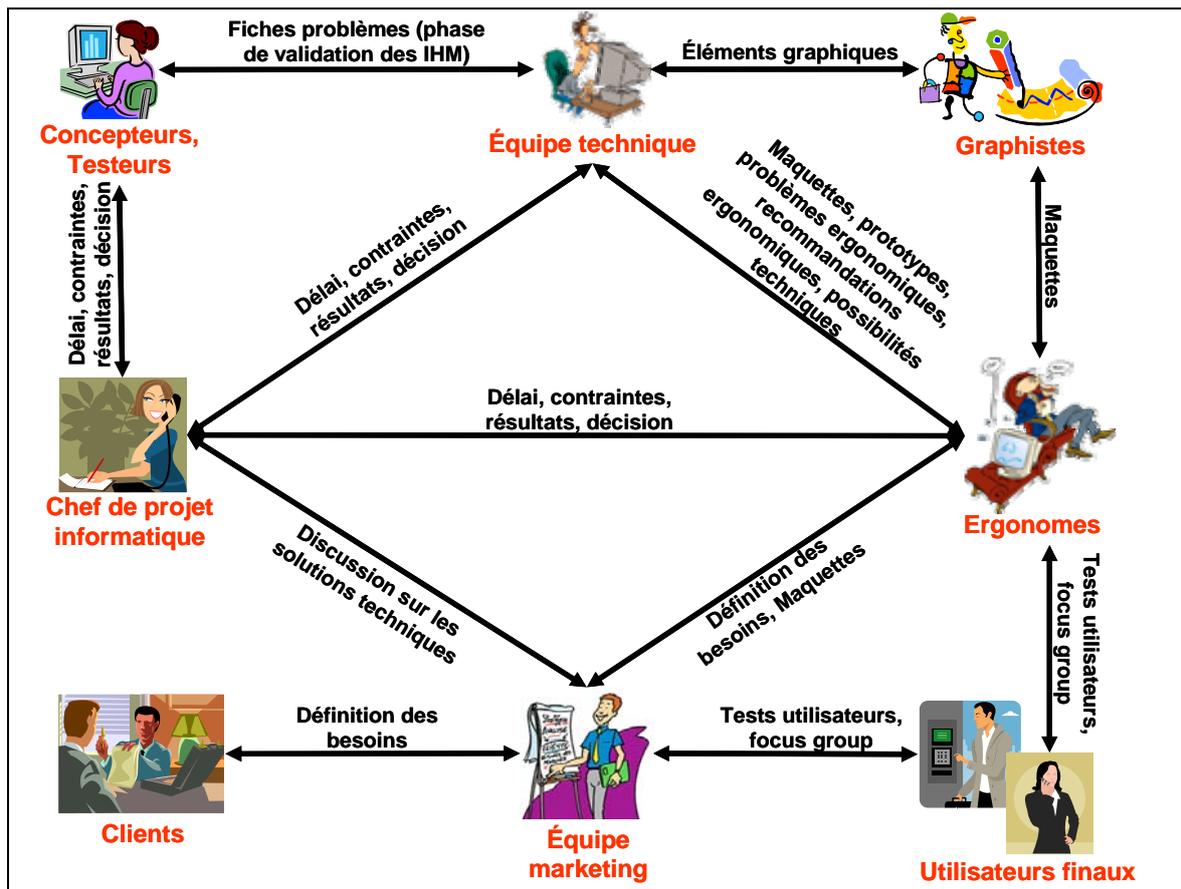


Figure A1.3. Collaboration entre les différents intervenants de projet

5. Problèmes rencontrés par les intervenants au sein des projets

Lors des entretiens, il était demandé aux intervenants d'évoquer les éventuels problèmes rencontrés durant les projets de développement (ex : limite des méthodes de travail utilisées, échange avec les autres intervenants). Plusieurs types de problèmes ont été évoqués :

1. **la transmission parfois insuffisante des informations.** Une ergonome a évoqué le fait que les informations reçues (par exemple du développeur), peuvent être insuffisantes pour l'évaluation de maquettes (ex : temps d'affichage des écrans).
2. **la multidisciplinarité des équipes de développement.** Les développeurs et les ergonomes proviennent de domaines différents et possèdent leurs méthodologies de travail et leurs propres vocabulaires. Par conséquent, les développeurs reconnaissent que leurs justifications techniques ne sont pas toujours évidentes pour les ergonomes. Le développeur interrogé a souligné cette multidisciplinarité : « *ils ne sont pas censés savoir, nous ce qu'on peut faire au niveau techno* ». Tandis qu'une ergonome interrogée évoque le fait qu'il peut y avoir des différences entre ce qui a été décidé et ce qui a été réalisé : « *sur le papier, les enchaînements d'écrans vont se faire d'une certaine façon et sur le site réel, ça va se faire d'une autre façon et ça des fois, ça peut surprendre* ».
3. **la représentation des informations transmises.** Nous avons vu que l'ergonome utilise beaucoup le texte, les maquettes annotées pour décrire les problèmes ergonomiques et leurs recommandations. Cependant, une ergonome a évoqué que l'interprétation des informations par le graphiste ou le développeur, peut amener à un résultat ne correspondant pas aux attentes des ergonomes : « *même si les*

spécifications c'est écrit noir sur blanc, y'a rien à faire, je suis toujours surprise du résultat ». Elles rencontrent également des difficultés pour expliquer leurs recommandations : « *c'est un gros problème de pouvoir dessiner les choses* », « *on a du mal à les faire avec les mots* »).

L'interprétation des spécifications papier par les développeurs extérieurs à l'entreprise sont souvent erronée. Un chef de projet a mis en évidence le fait que la représentation des données transmises à des personnes extérieurs peut parfois poser des problèmes : « *le besoin n'a pas toujours été pris en compte tel qu'on le voulait, on voyait bien qu'il y avait des interprétations de la spécification. Il y a peut être pas eu assez de phases. Il aurait fallu faire pratiquement une maquette d'ergonomie avec des enchaînements d'écrans. Le papier c'est toujours soumis à interprétation. Il faudrait presque faire une maquette d'ergonomie pour chaque écran de téléphone. On a cette description générique mais on en voit les limites. Si l'interprétation est mauvaise et qu'il y a des choses à modifier, c'est un coût supplémentaire* ».

4. **les contraintes de temps au sein des projets.** Dans l'organisation de projet étudiée ici, les ergonomes doivent s'adapter aux autres intervenants pour être efficace et que leurs remarques soient prises en compte. Les ergonomes *interrogées ont cité des exemples de méthodes employées pour transmettre leurs résultats aux autres intervenants de projet* : « *je m'adapte à leurs besoins. C'est au cas par cas, on adapte et suivant le temps aussi* », « *on simplifie au maximum. Souvent les gens n'ont pas le temps, ils veulent aller à l'essentiel, avoir une lecture super facile et la moins ambiguë possible. Les gens ne vont pas forcément lire mais feuilleter. Je fais des gros titres, des petits paragraphes. Il faut vraiment avoir des ruses pour être lu* ». Les contraintes de projet implique également un manque de temps pour se mettre à jour sur les nouvelles techniques (*ergonome interrogée* : « *tu fais plus comme à la fac ou en stage* »)
5. **l'intervention ponctuelle des ergonomes.** Dans ce cadre d'étude, les ergonomes arrivent souvent en milieu de projet. Il n'est donc pas évident de prendre en compte les recommandations qu'ils proposent aux développeurs car le développement des applications est dans ce contexte déjà bien avancé. Un chef de projet ainsi que les ergonomes interrogées ont mis en évidence quelques difficultés du aux interventions ponctuelles des ergonomes : « *tu ne modifies pas tout, tu prends ce qui t'arrange Y'a trop peu d'ergonomes par rapport au nombre de projets* » ; « *quand on est vraiment intégré dans le projet, les contacts sont plus faciles. Par contre quand on est ergonome pour une prestation, on ne l'a pas du tout le contact* ».

Conclusion

Dans l'organisation que nous avons étudiée, nous avons rencontré des intervenants de projet provenant d'une même équipe de développement. Nous avons vu que différents types de projets étaient mis en place et que l'organisation de ces projets pouvait varier selon les besoins (participation des intervenants, méthode utilisée). Nous avons vu que des ergonomes étaient intégrés au sein de cette équipe. Contrairement à notre cadre d'étude initial où l'intervention des ergonomes est importante pour le développement des systèmes interactifs complexes (prise en compte des facteurs humains, enjeu de sécurité), leurs interventions sont plutôt ponctuelles et concernent l'utilisabilité des applications. Cependant, nous avons constaté qu'il existait également plusieurs types de problèmes dont certains rejoignent ceux identifiés dans notre cadre d'étude tels que la transmission insuffisante des informations entre ergonomes et développeurs, la représentation des informations pouvant mener à des

problèmes de compréhension et d'interprétation erronés, la prise en compte difficile des données issues des analyses ergonomiques. Ainsi, cette étude nous a permis de constater que certains problèmes identifiés au sein de notre cadre d'étude initial étaient présents dans d'autres types d'organisation. Les solutions que nous proposons pour résoudre les problèmes de représentation des données et l'échange des données des intervenants de projet, pourront donc éventuellement être applicables à d'autres organisations de projet.

ANNEXES PARTIE 2 :
**PROPOSITION D'UN OUTIL D'AIDE A LA MODELISATION POUR
L'AMELIORATION DE LA REPRESENTATION DES DONNEES ET LA
COLLABORATION ENTRE INTERVENANTS DE PROJET**

- B.1** Consigne utilisateur pour l'évaluation du système d'aide à la modélisation
- B.2** Scénario d'utilisation pour l'évaluation du système d'aide à la modélisation
- B.3** Questionnaire pour l'évaluation du système d'aide à la modélisation

Annexe B.1 Consigne utilisateur pour l'évaluation du système d'aide à la modélisation

Cette consigne était donnée en début de test pour expliquer le déroulement chaque sujet :

« Vous allez essayer un système d'aide au choix de modèles destiné à aider les intervenants d'un projet de conception ou de ré-ingénierie de logiciel, à traduire leurs données pour les transmettre de manière pertinente et la moins ambiguë possible aux autres intervenants de projet.

Voici le déroulement de l'évaluation, sachant que je vous guiderai pas à pas tout au long des tests. Il y aura deux étapes :

- une première tâche consistera à identifier les besoins pour la modélisation à l'aide du système d'aide au choix de modèles, suite à la prise de connaissance des données nécessaires que je vais vous fournir.
- Une deuxième tâche consistera à créer un modèle à l'aide du logiciel Visio et d'une bibliothèque d'éléments graphiques qui vous sera proposée suite à l'identification du contexte de la modélisation lors de la première tâche. Comme pour la première tâche, je vous fournirai les données pour créer le modèle.
- Enfin, je vous demanderai de répondre à un petit questionnaire à la fin du test.

Tout au long du test, je vais vous demander de penser tout haut, de dire ce qui vous passe par la tête. Si vous avez des questions au cours de l'évaluation, je n'y répondrai peut-être pas tout de suite (sauf pour l'utilisation du logiciel Visio qui n'est pas évalué ici) car je cherche à connaître la réaction des gens quand ils n'ont personne à côté d'eux mais j'essaierai d'y répondre si vous le souhaitez à la fin.

Vous avez des questions ?

Nous allons pouvoir commencer la première tâche qui est la tâche d'identification du contexte de la modélisation.

Le contexte est le suivant :

Le CHRU souhaite améliorer le processus de travail actuellement réalisé par les infirmières pour mettre en œuvre les demandes d'analyse de biologie. Pour cela, il souhaite dans un premier temps faire un état de la situation actuelle. Il vous a donc sollicité pour réaliser une analyse de l'activité qui concernera dans un premier temps l'activité de l'infirmière pour la mise en œuvre des demandes d'analyse de biologie. Vous avez donc observé l'activité des infirmières dans un service de l'hôpital. Suite à cela, vous avez à votre disposition un ensemble de données concernant l'activité observée que vous souhaitez décrire pour les transmettre aux autres intervenants du projet (par exemple les responsables du système d'information pour les aider à prendre une décision concernant l'intégration d'un nouveau système).
LAISSER LIRE LE DOCUMENT PAGE 1

Vous êtes sur la page d'accueil du système d'aide aux choix des méthodes et modèles. Comme il s'agit d'une première utilisation, je vous demande donc dans un premier temps, de créer votre profil à l'aide du système d'aide à la modélisation de créer un nouveau projet, toujours à l'aide du système d'aide à la modélisation
(*ex projet : analyse de l'activité infirmière (analyse de biologie)*)
de créer un nouveau modèle
(*ex modèle : mise en œuvre des demandes d'analyse de biologie par l'infirmière*)
d'identifier selon vous le contexte de la modélisation à l'aide des données que je viens de vous présenter et qui se trouvent sur le document (page 1) située à côté du poste de travail.

Comme vous pouvez le constater le système d'aide à la modélisation vous a conduit à choisir une solution de modélisation pour décrire vos données. Nous arrivons donc à la deuxième tâche qui est la tâche de création du modèle.

Vous vous trouvez dans Visio, une bibliothèque d'éléments graphiques correspondant à votre choix se situe à gauche de la page. Vous devrez utiliser cette bibliothèque pour créer le modèle.

(*Fermer la fenêtre inutile*)

Comme je vous l'ai dit précédemment, ce n'est pas le logiciel Visio qui est évalué. C'est pourquoi je vais vous expliquer rapidement les fonctions dont vous aurez besoin (je vous propose d'essayer de faire les procédures en même temps que je vous donne les explications):

changer la mise en page du document de travail : aller dans le menu fichier, choisissez mise en page, sélectionner paysage ou portrait et cliquer sur ok

saisir du texte : sélectionner le dessin puis cliquer sur l'icône A ou cliquer sur l'icône A et cliquer sur le document pour saisir du texte libre

enregistrer le modèle : aller dans le menu fichier, choisissez enregistrer sous, sélectionner mes documents puis le dossier modèles créés, saisissez un nom pour le modèle en indiquant votre nom et cliquer sur ok

utiliser les éléments graphiques : glisser et déposer les éléments graphiques sur le document de travail

N'hésitez pas à poser des questions si vous avez des difficultés à utiliser le logiciel.

Le processus décrit est la mise en œuvre des demandes d'analyses de biologie par l'infirmière. Ce processus est décrit sous forme de texte sur le document (page 2). Il est décrit dans l'ordre.

LAISSER LIRE LE DOCUMENT PAGE 2.

(*Exemple...lecture de la première ligne du document page 2*)

Pour terminer, pouvez-vous remplir le questionnaire (page 3) situé à côté de vous. »

Annexe B.2 Scénario d'utilisation pour l'évaluation du système d'aide à la modélisation (document fourni au sujet)

Un document contenant les données suivantes pour l'identification des besoins en modélisation de l'utilisateur et pour la modélisation :

Données pour la tâche l'identification des besoins en modélisation de l'utilisateur :

Finalité du projet : améliorer le processus de travail actuellement réalisé par l'infirmière pour la mise en œuvre des demandes d'analyse de biologie

Travail de l'ergonome au sein du projet : Analyse de l'activité pour la mise en œuvre des demandes d'analyse de biologie par l'infirmière avec le logiciel existant

Données de l'ergonome disponibles : observation sur le terrain d'une infirmière

Tâches à réaliser par l'ergonome : décrire le processus de mise en œuvre des demandes d'analyse de biologie avec le logiciel existant

But de la tâche réalisée par l'ergonome : traduire les données et les transmettre aux autres intervenants du projet (ex : responsable du système d'information de l'hôpital) de manière pertinente et la moins ambiguë possible.

Données pour la modélisation :

Contexte : Analyse de l'activité de l'infirmière

Processus à modéliser : Mise en œuvre des demandes d'analyse de biologie par l'infirmier(e)

La mise en œuvre des prescriptions par l'infirmier(e) (avec le système informatique X) peut se traduire comme suit :

Tout d'abord, le médecin saisit des nouvelles demandes de prélèvements sur la feuille de traitement du patient (provenant du dossier de soins du patient). Lorsque le médecin a fini de saisir ses prescriptions, il doit signer la feuille de traitement du patient.

L'infirmier(e) prend connaissance des demandes à partir de la feuille de traitement du patient. Ensuite, elle planifie les prélèvements en notant sur le planning mural les nouveaux prélèvements (le planning mural est situé dans la salle de soins des infirmier(e)s). Elle saisit et enregistre ensuite les demandes de prélèvements à l'aide du logiciel X. Pour cela, elle saisit des informations sur le patient (ex : nom, données médicales...) et des informations sur les prélèvements à réaliser (ex : type de prélèvement...). Elle imprime la feuille d'aide aux prélèvements qui récapitule tous les prélèvements à réaliser ainsi que les étiquettes à coller sur les tubes qui renseigne le nom du patient et le type de prélèvement. Ces impressions (feuille et étiquettes) vont l'aider à la préparation des prélèvements.

Elle prépare donc les tubes et colle les étiquettes.

Elle fait le tour des chambres et réalise les prélèvements. Au fur et à mesure, elle range les tubes remplis dans des pochettes plastiques. Ces pochettes seront envoyées au laboratoire d'analyse.

Elle valide les prélèvements réalisés à l'aide du logiciel X. Elle peut éventuellement saisir des informations complémentaires (ex : pour certains prélèvements, l'infirmière doit prendre la température du patient. Elle va donc la préciser lors de la validation).

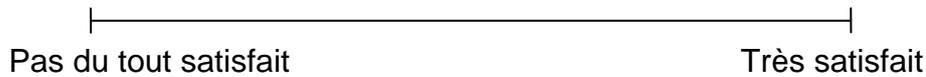
Enfin, elle envoie les pochettes plastiques au laboratoire.

Le laboratoire récupère les informations transmises par l'infirmière via le logiciel X. Il peut ainsi consulter les informations nécessaires pour l'analyse des prélèvements. Enfin, il enregistre les résultats et les transmet via le logiciel X.

Les résultats sont imprimés automatiquement dans le service hospitalier demandeur

Deuxième étape du test (création du modèle)

5. Etes-vous satisfait de la bibliothèque Visio proposée ? (mettre une croix selon le degré de satisfaction estimé)



6. Seriez-vous prêt à utiliser cette bibliothèque dans votre activité ?

- Oui Non

Expliquez pourquoi ?

7. Quels sont pour vous, les avantages de cette bibliothèque ?

8. Quels sont pour vous, les inconvénients de cette bibliothèque ?

Test en général

9. Avez-vous rencontré des difficultés lors de l'évaluation ?

- Oui Non

Si oui, lesquelles ?

MERCI POUR VOTRE PARTICIPATION

ANNEXES PARTIE 3 :
ErgoPNets POUR L' AIDE A LA REPRESENTATION DES DONNEES
ISSUES DES EVALUATIONS DES SYSTEMES INTERACTIFS
COMPLEXES

- C.1 Consigne utilisateur pour l'évaluation de la méthode *ErgoPNets*
- C.2 Questionnaire de pré évaluation (évaluation de la méthode *ErgoPNets*)
- C.3 Questionnaire de post évaluation (évaluation de la méthode *ErgoPNets*)
- C.4 Evolution de la bibliothèque d'éléments graphiques *ErgoPNets*

Annexe C.1 Consigne utilisateur pour l'évaluation de la méthode *ErgoPNets*

La consigne décrite ci-dessous était en début de test à chaque sujet :

« Contexte et objectif de l'expérimentation :

Est-ce que vous m'autorisez à enregistrer les verbalisations durant tout le protocole ?

Je suis en 2^e année de thèse informatique (spécialité GL). L'objectif de ma thèse est de proposer une approche multi-modèles intégrant les méthodes et modèles du GL et de l'IHM afin de créer des supports de travail communs entre les participants d'un projet de conception ou de ré-ingénierie de systèmes interactifs (concepteur, développeur, ergonomes, utilisateurs...)

La méthode *ErgoPNets* que nous allons voir est un exemple de méthode que j'ai mis au point permettant de créer des supports de travail communs.

Durant cette expérimentation, vous allez être amené à utiliser la méthode *ErgoPNets* et nous aider à l'évaluer.

La méthode *ErgoPNets* a pour objectif d'aider à la ré-ingénierie de logiciel interactif en proposant un support commun de travail entre les concepteurs-développeurs de logiciel et les ergonomes. La méthode combine les réseaux de Petri et les critères ergonomiques issus des travaux de Bastien et Scapin. Elle permet la modélisation des problèmes ergonomiques détectés que des recommandations proposées. Les supports réalisés pourront ensuite être proposés aux concepteurs et développeurs pour être analysés.

Cette étude a pour but d'évaluer l'utilisation de la méthode *ErgoPNets* (c'est-à-dire, la manipulation des éléments de modélisation proposés) et la pertinence de la méthode *ErgoPNets* (c'est-à-dire l'utilisation dans votre activité de travail).

Questionnaire de pré-évaluation :

Dans un premier temps, je vais vous demander de répondre au questionnaire de pré-évaluation pour situer votre fonction et votre niveau de connaissance sur les critères ergonomiques et les réseaux de Petri.

Allez-y...

Vous avez terminé ?

Je vais donc maintenant vous expliquer les notions importantes.

Critères ergonomique :

Dans un premier temps, la méthode *ErgoPNets* se constitue des critères ergonomiques issus des travaux de Bastien et Scapin. (Regarder sur le questionnaire si le sujet les connaît). Il s'agit d'une sorte de check-liste utilisée par exemple lors d'une inspection ergonomique pour catégoriser les problèmes ergonomiques détectés.

On compte 8 critères et 13 sous-critères. Voici un tableau les regroupant. Par exemple, le critère Guidage comprend 4 sous-critères : incitation, groupement/distinction entre items, feedback immédiat et lisibilité. Ce critère concerne l'ensemble des moyens mis en œuvre pour conseiller, orienter, informer et conduire l'utilisateur lors de ses interactions avec l'ordinateur (messages, alarmes, labels...).

Réseau de Petri :

Le deuxième élément qui constitue la méthode *ErgoPNets* est les réseaux de Petri.

Globalement, un réseau de Petri est constitué (1) de places qui représentent les états du système, les activités, (2) de jetons qui activent une place et (3) de transitions qui représentent les conditions et les événements. Trois modélisations sont possibles : les opérations simples (montrer exemple), les opérations en parallèle (montrer exemple) et les choix opérations (montrer exemple). Une règle importante : deux transitions ou deux places ne peuvent pas se suivre.

Support *ErgoPNets* :

Nous allons voir maintenant un exemple de supports *ErgoPNets*. Voici cet exemple.

Suite à n'importe quelle méthode d'évaluation ergonomique, des problèmes ergonomiques ont été détectés et des recommandations ont été proposées. La méthode *ErgoPNets* permet de décrire des problèmes ergonomiques et les recommandations correspondantes.

Nous allons voir les 5 étapes nécessaires à la création du support (montrer sur papier et entourer) :

- 1^{ère} étape : le rappel du contexte et la définition de l'objectif de l'utilisateur (lecture exemple)
- 2^{ème} étape : la description de la procédure prévue par le système informatique et correspondant à l'objectif
- 3^{ème} étape : l'identification du problème ergonomique détecté sur la procédure avec la localisation de l'ensemble des places et transitions correspondant au problème, l'utilisation du (ou des) critères ergonomiques représentés par des icônes (lecture exemple)
- 4^{ème} étape : la description de la procédure intégrant la ou les recommandations des ergonomes
- 5^{ème} étape : l'identification des recommandations sur la procédure avec la localisation de l'ensemble des places et transitions correspondant à la recommandation, l'utilisation de la même icône que l'étape 3 mais en vert, à laquelle on ajoute un R indiquant qu'il s'agit d'une recommandation, l'explication des solutions possible sous forme texte dans la même zone que l'explication du problème ergonomique (lecture exemple).

Cette diapositive synthétise tous les éléments de modélisation utilisés pour créer des supports *ErgoPNets*. Vous pourrez l'utiliser lors de l'expérimentation pour vous aider ainsi que l'exemple que je viens de vous présenter.

Logiciel utilisé :

Enfin, le logiciel que nous allons utiliser pour l'expérimentation est un logiciel médical utilisé par les médecins pour prescrire les médicaments. Vous le découvrirez au fur et à mesure des explications concernant les problèmes ergonomiques que je vous donnerai lors de l'expérimentation. Pour le contexte, on suppose qu'une équipe de conception-développement vous a confié un logiciel pour une évaluation ergonomique.

Donc voilà pour les notions importantes à savoir. Avez-vous des questions ?

Nous allons pouvoir passer à l'expérimentation.

Déroulement consignes :

Je vais vous demander de créer 3 supports *ErgoPNets* pour 3 problèmes ergonomiques différents et leurs recommandations. Pour créer ces supports, vous utiliserez papier et crayon (une feuille par support).

Nous allons procéder de la manière suivante :

Je vous explique le 1^{er} problème avec des copies d'écran du logiciel annotées. Vous modélisez le problème. Je vous explique la recommandation (Je vous donne les recommandations car il s'agit de tester la description des problèmes et recommandations avec *ErgoPNets* et non pas de tester votre capacité à proposer des recommandations). Vous modélisez la recommandation et vous répondez au mini questionnaire (vous le ferez après chaque création de support). Ensuite nous passerons au deuxième problème et ainsi de suite. Pour vous aider, vous pourrez utiliser les documents que je viens de vous présenter. Durant, le premier problème, je vous guiderai pour l'utilisation de la méthode *ErgoPNets*. Ensuite, je vous laisserai faire les 2 suivants seul. Je chronométrerai les temps de réalisation des supports. Surtout prenez le temps qu'il vous faut, votre vitesse n'est pas évaluée. A la fin des 3 supports, vous remplirez un questionnaire sur la méthode *ErgoPNets* en général. Dernière précision, si vous avez des questions sur le logiciel durant toute l'expérimentation, n'hésitez pas (ce n'est pas la compréhension du logiciel qui est évaluées ici).

Rappel contexte :

Avant de commencer, un petit rappel. Les 3 problèmes que je vais vous expliquer sont extraits d'un rapport réalisé par une équipe d'ergonomes du laboratoire Evalab. Ils ont été détectés durant l'inspection d'utilisabilité, réalisée après des analyses de l'activité dans plusieurs services hospitaliers. Des recommandations ont été proposées. L'objectif est de modéliser ces problèmes et recommandations avec *ErgoPnets* en créant des supports commun de travail dans le but d'être transmis ensuite aux concepteurs-développeurs pour être analysé.

Vous avez des questions ?

Vous pouvez commencer. »

Annexe C.2 Questionnaire de pré évaluation (évaluation de la méthode *ErgoPNets*)

Précisez votre fonction : (ex : ergonomiste, psychologue...)

Quel type d'interventions pratiquez-vous lors des projets? (ex : analyse des besoins, évaluation, tests utilisateurs, maquettage...)

Connaissez-vous les Réseaux de Pétri ?

|-----|
Pas du tout Beaucoup

Commentaires :

Connaissez-vous les critères ergonomiques ?

|-----|
Pas du tout Beaucoup

Commentaires :

Annexe C.4 Évolution de la bibliothèque d'éléments graphiques *ErgoPNets*

Les tests de la méthode *ErgoPNets* ainsi que son application sur des exemples concrets ont permis de mettre en avant les avantages de la méthode mais aussi ses points faibles. C'est pourquoi des pistes de réflexion ont été envisagées, notamment au sujet des besoins en modélisation couverts par la méthode et de son utilisabilité.

Lors des tests et des applications de la méthode, des manques et certains problèmes ont été mis en évidence (ex : il manquait des informations importantes à représenter, la présentation des informations posait problème). Ainsi après analyse des suggestions, de nouveaux éléments graphiques ont été mis en place pour améliorer la prise en compte des besoins en modélisation et la présentation des informations. Les nouveaux éléments sont les suivants (Figure C4.1) :

- les couloirs « procédure du système interactif analysée », « procédure intégrant la ou les recommandations » pour une meilleure distinction entre les deux procédures
- les repères « action non intentionnelle », « action détournée », « action répétée » pour caractériser les actions de l'utilisateur avec le logiciel.
- les activités en parallèle de l'utilisateur avec le couloir « activité en parallèle » pour distinguer les activités des procédures, les repères « activité manuelle », « activité interactive », « activité coopérative » pour caractériser les activités représentées. Par exemple, l'utilisateur peut être amené à consulter des documents papier ou demander des renseignements à une personne lors de l'utilisation de son logiciel. Dans ce cas, l'activité pourra être représentée en parallèle de la procédure avec le logiciel et être caractérisée par « manuelle » pour le premier exemple ou « coopérative » pour le deuxième exemple.
- L'identification des problèmes par un cadre en pointillées de la même couleur que le degré de gravité associé pour une meilleure visualisation du problème : rouge pour un problème grave, orange pour un problème moyennement grave et jaune pour un problème de faible gravité. L'identification de la recommandation se fait par un cadre en pointillées sur fond vert.
- Le degré de gravité des problèmes ergonomique avec « *** » en rouge pour un problème grave, « ** » en orange pour un problème moyen, « * » en jaune pour un problème de faible gravité. Cet élément a été évoqué à plusieurs reprises par les concepteurs-développeurs qui l'utilisent systématiquement dans leur activité. Cela leur permet d'avoir une idée sur les modifications prioritaires.
- Les zones de texte spécifiques pour la description textuelle des problèmes et recommandations. La description des problèmes et recommandation se fait maintenant séparément. Ainsi il y a une zone de texte pour chaque icône « critère ergonomique ». La zone de texte pour la description textuelle de la recommandation est représentée par un cadre vert.

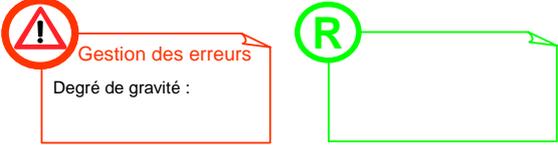
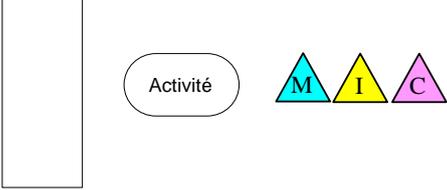
Éléments graphiques	Signification
	Cadre d'identification : identification d'un problème grave (cadre rouge), d'un problème moyennement grave (cadre orange), d'un problème faible (cadre jaune) et de la recommandation (cadre vert)
	Couloir pour distinguer la procédure du logiciel analysé et la procédure intégrant les recommandations
(s)	Élément indiquant que la description de l'action est simplifiée
	Éléments servant à caractériser une action de l'utilisateur (transition) NI= Non Intentionnel, R= Répété, D= Détourné
	Degré de gravité : problème grave (trois étoiles rouges), problème moyennement grave (deux étoiles oranges), problème faible (une étoile jaune)
	Zone d'explication du problème (zone de texte rouge, une zone de texte créée pour chacun des icônes représentant les critères ergonomiques) et de la recommandation (zone verte accompagnée de l'icône « R »)
	Éléments pour représenter les activités en parallèle de l'utilisateur - Couloir pour distinguer les activités en parallèle des procédures décrites - forme arrondie pour représenter chaque activité - élément servant à caractériser les activités en parallèle (M= Manuel, I= Interactive, C= Coopérative)

Figure C4.1. Nouveaux éléments graphiques de la méthode ErgoPNets

Exploitation des techniques de
modélisation du GL et de l'IHM pour la création de supports communs entre
intervenants de projet de développement de systèmes interactifs
et pour la modélisation des situations de travail complexes, application au circuit du médicament en milieu
hospitalier

Ces travaux s'intéressent aux projets de développement visant l'informatisation des situations de travail complexes où les facteurs humains et organisationnels ont un rôle important et où les enjeux de sécurité sont considérables. De tels projets impliquent la participation d'intervenants provenant de domaines différents tels que les utilisateurs, les représentants utilisateur, les responsables des systèmes d'information, les ergonomes, les concepteurs. Dans ce contexte, la prise en compte des facteurs humains et organisationnels reste encore insuffisante pour la conception des systèmes informatiques, du fait, d'une part des limites des méthodes et modèles proposés par le Génie Logiciel et l'Interaction Homme-Machine pour l'analyse des situations de travail complexes, et d'autre part des collaborations également insuffisantes entre les intervenants au cœur de la conception (ex : ergonomes et concepteurs).

Une approche basée sur l'exploitation des techniques de modélisation du GL et de l'IHM comme solutions de modélisation communes pour la création de supports de travail entre intervenants de projet, a été proposée.

Une solution de modélisation pour la représentation des problèmes ergonomiques complexes et des recommandations issus des inspections ergonomiques a également été proposée dans le cadre de la thèse. Il s'agit de la méthode ErgoPNets qui combine les réseaux de Petri et l'utilisation de critères ergonomiques.

Use of Software Engineering and Human-Computer Interaction modeling techniques to create common supports
between Interactive System development project partners and to support complex work situation modeling,
application case: ordering-dispensing-administration medication process in hospital

This thesis concerns development projects of complex interactive systems and particularly the collaboration between project partners. In complex work situation (where safety issues, risk of organisational changes are important), interactive system design or re-engineering projects involve the participation of different stakeholders from different domains, using different methods, models and vocabularies. This diversity engenders communication problems, particularly for the information transmitted between the stakeholders. When information is not complete and/or not relevant, they can be the cause of interactive applications not corresponding to the future users' needs.

An approach based on the use of Software Engineering and Human-Computer Interaction modeling techniques as common modeling solutions to create work supports between stakeholders is proposed.

A modeling solution to support the representation of complex ergonomic problems and recommendations issued from ergonomic inspection is also proposed; this method, called ErgoPNets, combines Petri Nets and ergonomic criteria.