



THÈSE

En vue de l'obtention du

DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE

Délivré par :

Université Toulouse III Paul Sabatier (UT3 Paul Sabatier)

Présentée et soutenue par

SABRINA ZFOUNI

le 24 Septembre 2012

Titre :

**Aide à la conception de workflows personnalisés :
application à la prise en charge à domicile**

ED MITT : Domaine STIC-Réseaux, Télécoms, Systèmes et Architecture

Unité de recherche :

IRIT – UMR 5505

Jury :

Michel SCHNEIDER	Pr, Université de Clermont-Ferrand	Rapporteur
Christophe MERLO	MCF, Université de Bordeaux	Rapporteur
Rémi BASTIDE	Pr, Centre universitaire J-F Chompollion, Castres	Directeur de thèse
Hervé PINGAUD	Pr, Centre universitaire J-F Chompollion, Castres	Co-Directeur de thèse
Elyes LAMINE	MCF, Centre universitaire J-F Chompollion, Castres	Examineur, invité

REMERCIEMENTS

Cette thèse s'est déroulée à l'université de Champollion dans les locaux d'ISIS et à l'Ecole des Mines d'Albi-Carmaux. Elle a été proposée dans le cadre du projet région PASPORD. Elle a été cofinancée par la région Midi-Pyrénées, le CUFR Jean-François Champollion et le Syndicat Mixte de l'Enseignement Supérieur Sud du Tarn. Que ces institutions et établissements trouvent dans ce travail le témoignage de ma reconnaissance.

Je remercie bien évidemment mes directeurs de thèse les professeurs Rémi BASTIDE et Hervé PINGAUD pour m'avoir donné l'occasion de mener à bien cette thèse et pour leurs conseils pertinents.

Je remercie également mon encadrant de proximité, Elyes LAMINE, dont je ne peux minimiser les nombreux conseils et l'implication dans la finalisation de la thèse. Pour cela je lui serai reconnaissante.

J'adresse également mes remerciements à Michel SCHNEIDER, professeur émérite à l'Université de Clermont-Ferrand et Christophe MERLO, Maître de conférence HDR à l'Université de Bordeaux, d'avoir accepté d'étudier mes travaux et d'en être les rapporteurs. Je tiens à les remercier pour l'intérêt et l'attention qu'ils ont accordés à cette thèse.

Je n'oublie pas d'adresser mes remerciements à mes collègues et membres des équipes de recherche ERISIS (Equipe de Recherche en Informatique et Systèmes d'Information pour la Santé) et GIND (Génie Industriel) avec qui j'ai eu l'opportunité et le plaisir de travailler. Avec un remerciement particulier à mes compagnons du RU pour leur présence et pour avoir rendu mes années de thèse plus agréables.

Je tiens à remercier particulièrement Abdel-Rahman TAWIL pour son initiation à l'ingénierie des ontologies et Salma ARBAOUI pour la relecture de certaines parties de ma thèse et pour leurs conseils. Sans oublier de remercier Mireille DELGENES pour sa relecture minutieuse et constructive de cette thèse.

Je tiens également à remercier les amis que j'ai pu me faire tout au long de cette thèse et bien avant, ici en France, mais aussi en Algérie, pour leurs encouragements et leur soutien.

Mes remerciements les plus profonds et ma reconnaissance éternelle vont aux membres de ma famille. À mes parents, mes frères et sœurs, pour m'avoir supportée et soutenue tout au long de mes études et surtout sans qui je n'aurais jamais entamé un travail de thèse. Je remercie également mon mari pour m'avoir épaulée, encouragée et supportée à la fin de la thèse et sans qui je n'aurais pu finaliser cette thèse. Je dédie ce travail à mes neveux, ma nièce, ma belle-famille et au reste de ma famille.

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE	1
1. Contexte de la thèse.....	1
2. Problématique et objectifs	2
3. Contributions	3
4. Organisation du document	4
<hr/>	
PREMIERE PARTIE: <u>P</u>RISE EN CHARGE <u>A</u> <u>D</u>OMICILE DE PATIENTS DEPENDANTS (PAD)	
<hr/>	
CHAPITRE I. LA PAD : CONTEXTE ET LIMITES	8
I.1. Prise en charge à domicile de patients dépendants (PAD)	8
I.1.1. Motivations de la PAD	9
I.1.2. Objectifs de la PAD	12
I.2. Différents modes de la PAD	12
I.2.1. HAD (Hospitalisation à Domicile)	13
I.2.2. SSIAD (Service de Soins Infirmier A Domicile).....	13
I.2.3. MAD (Maintien à domicile).....	13
I.3. Défis de la PAD	14
I.3.1. Problématique de coordination des soins dans la PAD	14
I.3.2. Problématique de la continuité des soins dans la PAD	15
Synthèse du chapitre.....	16
CHAPITRE II. LA PAD : SPECIFICITES ET TIC	17
II.1. Analyse de la prise en charge à domicile	17
II.1.1. Modélisation de la PAD.....	17
II.1.2. Caractérisation du processus de PAD et de son environnement.....	24
II.2. Les Technologies d'Information et de Communication dans la PAD.....	28
II.2.1. La place des TIC dans la PAD.....	29
II.2.2. Apport des TIC dans la PAD	34

II.2.3. Le projet PASPORD.....	34
Synthèse du chapitre.....	35

ETAT DE L'ART

CHAPITRE III. LES WORKFLOWS ET LA SANTE	38
III.1. Gestion de processus métiers BPM.....	38
III.1.1. Le concept de processus	39
III.1.2. Modélisation de processus.....	40
III.1.3. Cycle de vie du BPM.....	41
III.2. La technologie des workflows.....	43
III.2.1. Origine	43
III.2.2. Terminologie associée au paradigme de workflow.....	44
III.2.3. Classification des systèmes de workflow	47
III.2.4. Architecture de workflow de référence WfMC.....	49
III.2.5. Fonctionnement d'un processus de workflow	50
III.2.6. Langages dédiés aux workflows.....	51
III.3. Limitations des workflows.....	53
III.4. Classification des approches de workflow agile.....	55
III.5. Les workflows dans le domaine de la santé	58
III.5.1. Caractérisation des workflows dans le domaine de la santé	58
III.5.2. Les workflows existant dans le domaine de la santé	59
Synthèse du chapitre.....	61
CHAPITRE IV. INGENIERIE ONTOLOGIQUE ET ONTOLOGIE POUR LA SANTE	63
IV.1. Moyens de représentation des connaissances.....	63
IV.1.1. Terminologie.....	63
IV.2. Définitions du concept d'ontologie	65
IV.2.1. Composantes de l'ontologie.....	66
IV.2.2. Type d'ontologies	68
IV.2.3. Langages de conception d'ontologies.....	71
IV.3. Conception d'ontologies	73

IV.3.1. Principes de construction d'une ontologie	73
IV.3.2. Méthodes et méthodologies de conception d'une ontologie.....	73
IV.4. Ontologies du domaine de la santé	74
IV.4.1. Ontologies médicales.....	75
IV.4.2. Ontologies pour la PAD	78
Synthèse du chapitre.....	82

**METHODE D'AIDE A LA CONCEPTION DE WORKFLOWS PERSONNALISES : FONDEMENT ET
REALISATION**

CHAPITRE V. PRESENTATION DE L'APPROCHE PROPOSEE.....	85
V.1. Cas d'étude (fil rouge)	85
V.2. Concepts de la PAD	86
V.3. Perspectives de modélisation d'un processus de soins.....	88
V.4. Approche proposée pour la conception de workflows personnalisés.....	89
V.4.1. L'approche par rapport aux processus de la PAD.....	90
V.4.2. L'approche par rapport à l'architecture de référence des workflows.....	91
V.4.3. Fondement de l'approche.....	92
V.4.4. Processus de développement de l'approche proposée	93
V.4.5. Scenario d'utilisation.....	95
Synthèse du chapitre.....	96
CHAPITRE VI. LES ONTOLOGIES UTILISEES DANS L'APPROCHE PROPOSEE.....	97
VI.1. Méthodologie de conception de HCO.....	97
VI.1.1. Etape 1 : Spécification.....	98
VI.1.2. Etape 2 : Conceptualisation	101
VI.1.3. Etape 4 : Implémentation	108
VI.2. OntoBPMN.....	111
Synthèse du chapitre.....	111
CHAPITRE VII. IMPLEMENTATION ET EXPERIMENTATION DE L'APPROCHE PROPOSEE	113
VII.1. Mise en œuvre de la conception d'un processus personnalisé	113
VII.1.1. Les étapes de transformation	113

VII.1.2. Extraction de connaissance.....	117
VII.2. Architecture logicielle	118
VII.3. Traitement du cas d'étude	121
VII.3.1. Instanciation du cas d'étude dans HCBPMNO	121
VII.3.2. Extraction de connaissances du cas d'étude	123
VII.3.3. Construction du processus de soins de Mme Joëlle	124
Synthèse du chapitre.....	126
CONCLUSION GENERALE.....	127
BIBLIOGRAPHIE.....	130
ANNEXE A BPMN	140
ANNEXE B OUTILS DE GESTION DE WORKFLOW	143
ANNEXE C APPROCHE GUIDEE PAR LES MODELES	145
ANNEXE D AGILITE.....	148
ABREVIATION	151
RESUME.....	153

Liste des figures

Figure 1. Représentation des relations considérées dans ce travail	3
Figure 2. Organisation de la thèse.....	6
Figure 3. Pyramide des âges entre 2005 et 2030 en France	10
Figure 4. Coût moyen journalier de fonctionnement d'une place d'HAD et d'un lit de SSR selon le profil médical du patient (Afrite <i>et al.</i> 2007).....	11
Figure 5. Parcours de soins d'un patient dans différents établissements de soins à domicile	16
Figure 6. Une typologie des acteurs intervenant chez un patient de la PAD	18
Figure 7. Données contenues dans le cahier de liaison.....	21
Figure 8. Chaîne de processus de prise en charge de patients à domicile	22
Figure 9. Cartographie de processus de la PAD selon la FNEHAD (FNEHAD, 2009)	24
Figure 10. Synoptique du projet PASPORD	35
Figure 11. Méta modèle de processus.....	39
Figure 12. Cycle de vie BPM	42
Figure 13. Les systèmes de gestion de workflow dans une perspective historique	43
Figure 14. Les relations entre les terminologies basiques du workflow (WfMC, 1999)	47
Figure 15. Classification système de workflow	47
Figure 16. Architecture de référence du workflow selon le WfMC	49
Figure 17. Fonctionnement système de gestion de workflow (inspirée de WfMC, 1999)...	50
Figure 18. Classification des approches de workflow agile	58
Figure 19. Exemple des composants d'une ontologie	66
Figure 20. L'héritage dans une ontologie.....	67
Figure 21. Exemple des propriétés dans une ontologie	67
Figure 22. Classification d'ontologies en fonction du spectre sémantique (Lassila et McGuinness, 2001).....	68
Figure 23. Synthèse des différentes classifications des ontologies	70
Figure 24. La pyramide des langages d'ontologies basés Web (Corcho <i>et al.</i> 2003).....	72
Figure 25. Les principales classes et relations de CPO.....	79
Figure 26. Les principales classes et relations de APO	80
Figure 27. Les principales classes et relations d'OntoPAD (Khalfi, 2009).....	81
Figure 28. Les principales classes et relations de HTTPPO (Lasierra, 2010).	81
Figure 29. Les principales classes et relations de l'ontologie de (Paganelli et Giuli, 2007).	82
Figure 30. Processus de soins : perspective plan de soins	89
Figure 31. L'approche par rapport à la cartographie des processus de la PAD	91
Figure 32. L'approche dans l'architecture de référence des workflows	91

Figure 33. Composition d'une intervention.....	92
Figure 34. Idée générale de l'approche proposée	93
Figure 35. Vue d'ensemble du processus de développement de l'approche proposée et des outils utilisés.....	95
Figure 36. Diagramme de séquence pour l'application proposée	95
Figure 37 Document de spécifications de besoins HCO	101
Figure 38. Profil patient	104
Figure 39 HCO : vue haut niveau	108
Figure 40. Protégé4.1 environnement de développement de HCO	109
Figure 41 Vue Hiérarchique de l'ontologie HCO	110
Figure 42. OntoBPMN vue haut niveau.....	111
Figure 43. Vue d'ensemble du processus de développement de l'approche proposée et des outils utilisés.....	113
Figure 44. Principales étapes de notre approche	114
Figure 45. Vue haut niveau de HCBPMNO.....	116
Figure 46 Architecture logicielle de l'approche	119
Figure 47. Profil de Mme Joelle	122
Figure 48. Extrait du fichier BPMN généré.....	125
Figure 49 Processus de soins généré pour Mme Joëlle	126
Figure 50 Éléments d'un modèle BPMN	140
Figure 51. Types de tâches BPMN	141
Figure 52. Evènement BPMN	141
Figure 53. Branchement BPMN	142
Figure 54. Comparaison des systèmes de syntaxe abstraite.....	146
Figure 55. Architecture d'un système de transformation basé sur la méta-modélisation	147

Liste des tableaux

Tableau 1. Evolution de 2005 à 2010 du développement de l'activité HAD.....	9
Tableau 2. Projets de modélisation des processus	25
Tableau 3. Processus collaboratif versus processus de la PAD	26
Tableau 4. Nature des changements au sein d'un processus de PAD	27
Tableau 5. Projets de workflow dans la santé	62
Tableau 6. Synthèse des méthodes de conceptions d'ontologies	76
Tableau 7. Glossaire de termes HCO.....	103
Tableau 8. Glossaire de relation	105
Tableau 9. Glossaire d'attributs.....	106
Tableau 10. Glossaire des instances	107
Tableau 11. Glossaire d'axiomes	107
Tableau 12. Mapping entre HCO et OntoBPMN	115
Tableau 13. Mapping OWL/ BPMN.....	117
Tableau 14. Connaissance générale existants dans la base de connaissance	122
Tableau 15. Eléments de base pour le processus de la PAD de Mme Joëlle	123
Tableau 16. Plan de soins de Mme Joëlle	124
Tableau 17. Comparaison entre outils de gestion de workflow	144
Tableau 18. Définition de l'agilité	149

INTRODUCTION GENERALE

1. Contexte de la thèse

Les statistiques démographiques concernant le vieillissement de la population en France et en Europe sont éloquentes. L'espérance de vie des français avoisine les 80 ans (78 ans pour les hommes et 84 ans pour les femmes). La France compte désormais 14 millions de personnes de plus de 60 ans, soit 21% de la population. Les personnes âgées de plus de 75 ans représentent déjà 8,6% de la population, et ils seront près du double dans dix ans.

L'augmentation de l'espérance de vie conduit à un accroissement plus que proportionnel des personnes dites «fragiles», pouvant souffrir de maladies chroniques, qui sont peu autonomes et qui ont besoin d'assistance, avec pour conséquence directe l'augmentation des frais de prise en charge et d'hospitalisation. L'Etat et les assurances maladies, autant que certains assurés eux-mêmes, sont sensibilisés par une telle conjoncture. La mise en place d'une logistique d'accompagnement efficace de ces personnes devient ainsi une nécessité. Dans ce contexte, de nombreux acteurs économiques, publics et privés, cherchent des solutions pour conserver la qualité du système de santé à moindre coût. Une des pistes les plus explorées pour l'avenir est le transfert de certains soins de l'hôpital vers le domicile (MAD : Maintien A Domicile, HAD : Hospitalisation A Domicile et SSIAD : Service de Soins Infirmier A Domicile). En effet, aussi bien sur le plan social (assurer une certaine autonomie aux personnes âgées, respecter leurs volontés de se faire soigner chez elles et près de leurs familles, etc.) que sur le plan financier (les frais élevés d'hospitalisation, de séjour en maisons spécialisées, etc.), cette piste présente un intérêt certain.

Faisant écho à cette volonté de développement, de nombreux projets cherchent à améliorer le fonctionnement de ces nouvelles organisations et infrastructures (MAD, HAD et SSIAD) capables d'assurer la prise en charge à domicile des personnes en perte d'autonomie. La plupart de ces projets innove en proposant l'usage de capteurs et de technologies de l'information et de la communication appropriées dans le cadre d'un habitat intelligent pour la santé ou encore en proposant l'adaptation d'une telle solution à des cas pathologiques à priori plus réceptifs à cette forme de progrès.

Aujourd'hui, le rôle essentiel que jouent les TIC dans l'amélioration des conditions de la PAD (Prise en charge A Domicile de patients dépendants) aussi bien pour les usagers que les professionnels, est indéniable. Néanmoins, des problèmes de continuité et de coordination des soins demeurent et persistent. Ces problèmes de continuité et de coordination de soins ont déjà été soulignés par la circulaire MIN/DHOS/DSS-CNAMTS n° 2002/610 du 19 décembre 2002, ainsi que plusieurs travaux (Arundel *et al.* 2001) (Woodward *et al.* 2001) (Bricon-Souf, 2005). D'après notre enquête sur le terrain de la PAD, ces limites sont toujours d'actualité.

Nos travaux de recherche s'inscrivent dans le projet de recherche PASPORD, soutenu par la région Midi-Pyrénées et qui vise à mieux maîtriser le processus de la PAD. Le but de notre travail est d'aider à l'amélioration de la coordination et la continuité des soins de la PAD.

2. Problématique et objectifs

Le problème auquel nous nous intéressons est celui de la coordination et de la continuité des soins dans la PAD. Ce problème est lié en particulier au manque de communication inter-organisationnelle et la sous-utilisation des technologies modernes d'information et de communication, ce qui se traduit par un défaut de continuité et de cohérence dans l'organisation de soins du patient. Le traitement de ce problème passe forcément par une étude et une caractérisation des processus qui régissent la PAD.

Le résultat de notre étude révèle les caractéristiques spécifiques des processus de réalisation de soin, de suivi et de coordination de soins de la PAD : un processus personnalisé pour chaque patient, collaboratif évoluant dans un environnement très dynamique et incertain avec une forte contrainte temporelle.

De ce fait, l'amélioration de la coordination dans la PAD, nous amène à traiter plusieurs verrous potentiels :

- la dématérialisation et l'automatisation des échanges
- les mécanismes de pilotage et de suivi des activités distribuées et coopératives
- la gestion de la diversification de masse des projets thérapeutiques et des profils usagers

La technologie des workflows semble très appropriée pour le traitement de ces verrous. Cependant les caractéristiques des processus de la PAD rendent cette tâche particulièrement complexe.

Afin de diminuer la complexité de cette tâche, nous avons considéré les relations présentées dans la Figure 1 Figure 1. Cette dernière montre que les processus de la PAD

peuvent être modélisés par le langage de modélisation des processus comme le langage standard BPMN (Business Process Modeling Notation). Ce processus représenté dans ce langage standard est interprétable et exécutable par la plupart des systèmes de gestion de workflow.

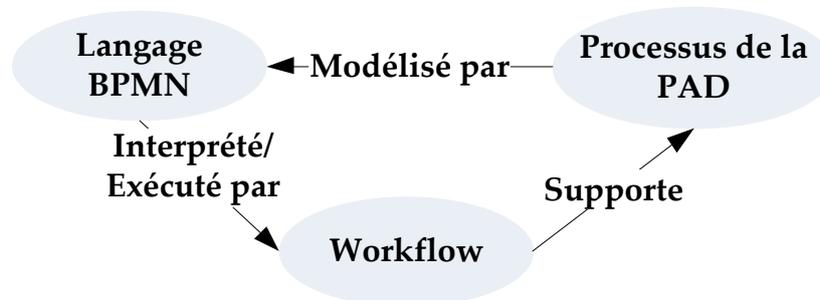


Figure 1. Représentation des relations considérées dans ce travail

Notre objectif, dans cette thèse, est alors de fournir des moyens méthodologiques et techniques permettant la conception d'un processus BPMN personnalisé pour chaque patient de la PAD. Le défi à relever consiste à proposer une approche permettant de générer un processus de soins à partir du profil du patient pris en charge à domicile, qui peut souffrir de multiples pathologies et dont l'état de santé, l'entourage et l'environnement peuvent évoluer fréquemment.

3. Contributions

- Les contributions principales présentées dans ce mémoire, s'articulent autour de trois points :
- la modélisation du domaine de la prise en charge de patients dépendants à domicile selon différents points de vue : organisationnel, informationnel et fonctionnel. Nous avons donné beaucoup d'attention à la modélisation et à l'analyse des processus de la PAD, ce qui nous a permis de dégager les caractéristiques des processus de la PAD et d'identifier les principaux verrous à relever dans cette thèse.
- la conception et le développement d'une ontologie du domaine de la PAD appelée HCO (Home Care Ontology). Bien qu'il existe dans la littérature des ontologies dans le domaine de la santé, peu sont relatives au domaine de la PAD. De plus, celles qui portent sur le domaine de la PAD ne répondent pas à toutes nos exigences. L'ontologie HCO formalise les principaux concepts liés à la coordination de soins dans la PAD. Cette ontologie sera interrogée lors de la conception personnalisée du workflow.

- la proposition d'une approche qui permet la génération d'un processus personnalisé adapté au cas de chaque patient. Cette approche s'inscrit dans une approche d'ingénierie dirigée par les modèles, et préconise l'utilisation d'ontologies du domaine de la PAD dans un processus de transformations qui aboutit à la conception d'un processus BPMN personnalisé pour chaque patient de la PAD.

4. Organisation du document

Ce mémoire est structuré en trois parties. La première partie est consacrée à la présentation du domaine de la prise en charge à domicile de patients dépendants (PAD). La deuxième partie présente l'état de l'art sur les deux technologies fondamentales de notre travail (workflow et ontologies) que nous proposons de coupler afin d'aider à l'amélioration de la PAD. La troisième partie de ce mémoire est destinée à la description, à la conception et au développement de notre approche. La Figure 2 synthétise cette organisation. Nous clôturons ce mémoire par une conclusion du travail effectué durant cette thèse et par la présentation des perspectives envisagées pour sa poursuite.

➤ **Partie I :** cette partie est consacrée à la présentation de notre domaine d'application qui est le domaine de la PAD. Dans un premier temps, nous présentons les origines de la PAD, son développement et ses défis, notamment le problème de coordination et de continuité des soins. Dans un second temps, nous analysons ce domaine et pointons les caractéristiques de ses processus, pour finir par un tour d'horizon des projets (de recherche, industriels et commercialisés) existants dans le domaine, afin de souligner l'apport de l'usage des TIC dans la PAD, en améliorant les échanges et le partage d'information. Nous pointons en particulier le fait que, malgré tout cet engouement, les carences en coordination et continuité de soins dans la PAD persistent, d'où la nécessité de proposer une solution pour traiter ces carences. Pour ceci, la technologie des workflows semble appropriée.

➤ **Partie II :** cette partie du mémoire dresse un état de l'art sur les deux technologies clés de cette thèse : les workflows et les ontologies. Cette partie est divisée en deux sous-parties principales. La première est consacrée à la présentation du paradigme de workflow. Le but de cette sous-partie est de montrer le rôle essentiel que peut jouer un workflow dans l'amélioration de la PAD. Elle pointe particulièrement les limites des workflows compte tenu des caractéristiques particulières des processus de la PAD. La deuxième sous-partie est consacrée à la

présentation du concept d'ontologie. Nous avons mis l'accent sur les méthodes de développement des ontologies et sur les ontologies existantes dans le domaine de la PAD. Finalement, nous avons abordé les projets de recherche sur le couplage des concepts de workflow et d'ontologie afin de situer notre travail.

➤ **Partie III** : cette partie présente l'essentiel de notre contribution. Elle s'articule autour de quatre points principaux qui sont :

- le positionnement de notre contribution dans son contexte. Ce premier point décrit les objectifs et les principes de l'approche proposée pour la conception de processus personnalisés pour la PAD.
- le développement d'une ontologie du domaine de la PAD : l'ontologie HCO.
- la mise en œuvre conceptuelle et technique de l'approche proposée.
- l'application de l'approche proposée sur un cas d'étude qui prouve le bon fonctionnement de l'approche.

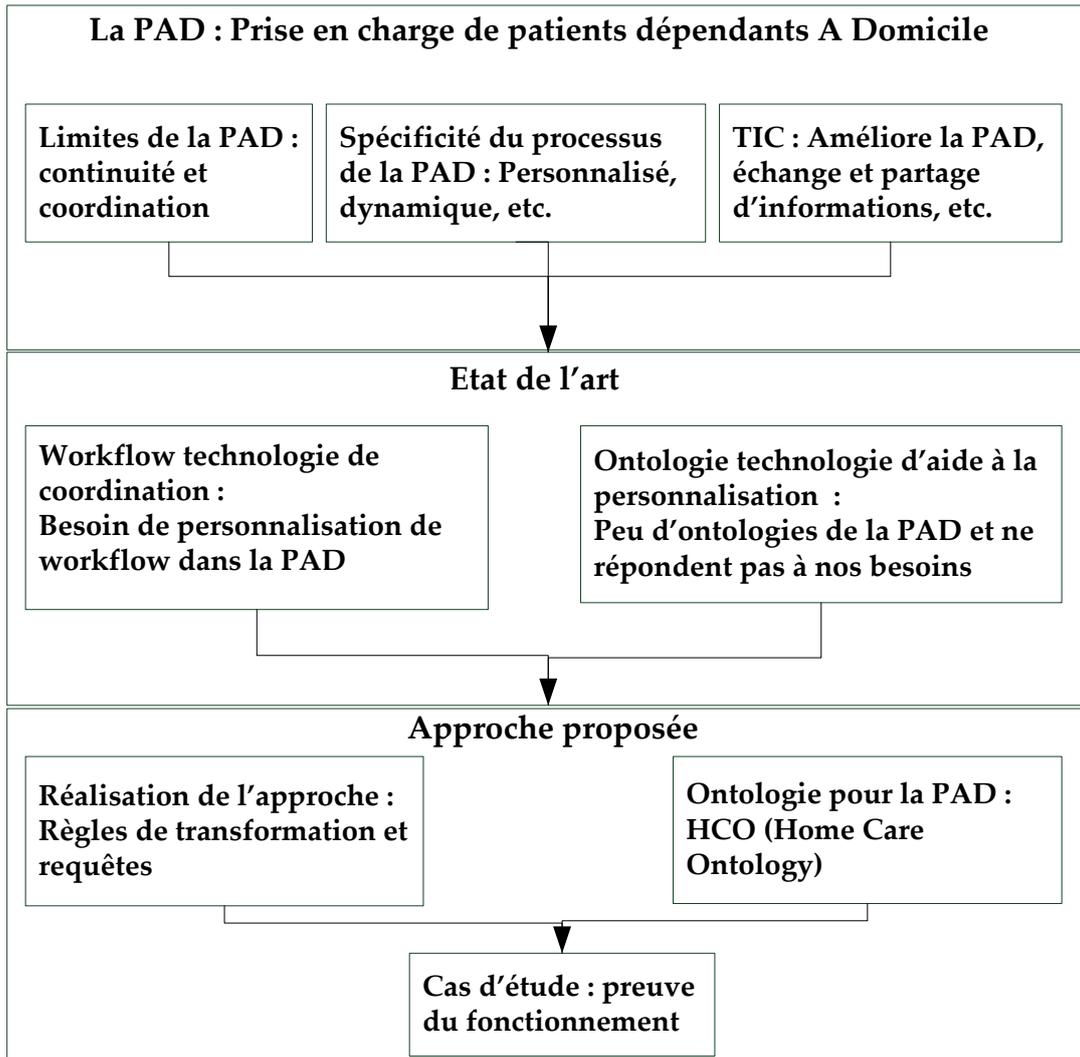


Figure 2. Organisation de la thèse

PREMIERE PARTIE

PRISE EN CHARGE A DOMICILE DE PATIENTS DEPENDANTS (PAD)

Chapitre I. LA PAD : CONTEXTE ET LIMITES

Ce premier chapitre est consacré à la prise en charge à domicile de patients dépendants (PAD). La PAD recouvre en pratique des modes de prise en charge très différents, du plus médicalisé au simple maintien à domicile, et nous les analyserons en détails ci-après. Ces dernières années la PAD connaît une croissance importante, poussée principalement par des enjeux politiques, économiques et par la volonté des patients de se faire soigner chez eux. Cette évolution se traduit par la multiplication des modes de prise en charge à domicile, mais également par une innovation constante en termes de nouveaux services, applications informatique et projets industriels ou de recherche, dans le but d'améliorer la PAD.

La section suivante décrit les motivations et les objectifs du développement de la PAD. Les différents modes de la PAD et ses principaux défis et limites y sont également détaillés.

I.1. Prise en charge à domicile de patients dépendants (PAD)

La PAD constitue une alternative à l'hospitalisation ou au placement dans un institut spécialisé pour une personne dépendante. La PAD nécessite l'intervention d'acteurs des différents domaines médicaux, paramédicaux, sociaux, familiaux et environnementaux au domicile des personnes dépendantes. Ces dernières années, la pratique de la PAD a connu un développement accru. En effet, comme il a été souligné dans le rapport de la FNEHAD (FNEHAD, 2009), entre 2005 et 2010 il y a eu une augmentation de plus de 137% du nombre d'établissements de la PAD et une augmentation de près de 180% du nombre de patients admis en PAD.

Afin d'étudier la PAD, nous avons mené une enquête de terrain auprès d'acteurs compétents en la matière : Service de Soins Infirmier A Domicile (SSIAD), Hospitalisation A Domicile (HAD) et Centre Local d'Information et de Coordination (CLIC), durant laquelle nous avons interviewé des intervenants qui exercent différents métiers dans la PAD (infirmiers coordinateurs, aides-soignants, médecins, etc.) et des personnes prises en charge à domicile. Nous avons également suivi ces professionnels de la PAD dans leur travail quotidien. Ces observations nous ont offert une vue de terrain sur la prise en charge à domicile. En nous basant sur cette expérience et sur l'abondante littérature concernant ce

domaine (Chahed-Jebalia, 2008), (FNEHAD, 2009), (Ben Bachouch *et al.* 2009) et (Redjem *et al.* 2011) nous présentons ces structures de la PAD ainsi que leurs motivations et objectifs.

I.1.1. Motivations de la PAD

Au 19^e siècle, il était pratique courante pour les médecins de se déplacer chez les patients pour les soigner. Pour des raisons économiques et de santé publique, la médecine s'est ensuite davantage localisée dans les centres hospitaliers. La première structure de prise en charge à domicile a vu le jour en 1945 à New York. Le Dr Bluestone de l'hôpital Montefiore a mené une expérimentation appelée "Home Care". A partir de 1950, certains établissements, en France, ont commencé à proposer des services d'Hospitalisation à Domicile (HAD). En parallèle, des lois ont été promulguées pour règlementer et codifier les activités des médecins libéraux, afin qu'elles soient remboursées par l'assurance maladie. Cependant, ce n'est qu'à partir des années 70 que des lois ont commencé à clarifier les modes de prise en charge à domicile et de les classer selon les services offerts et la nature des pathologies prises en charge. Ces dernières années, la PAD connaît un développement croissant, représenté par le tableau ci-dessous emprunté au document de la FNEHAD (FNEHAD, 2009).

Evolution du nombre d'établissements	+137,40%
Evolution du nombre de journées	+141,05%
Evolution du nombre de séjours complets	+124,39%
Evolution du nombre de patients	+178,79%
Evolution de la valorisation brute en €	+150,48%

Tableau 1. Evolution de 2005 à 2010 du développement de l'activité HAD

Plusieurs raisons motivent cet intérêt croissant à la PAD, dans les pays développés en général et en France particulièrement. Dans les paragraphes qui suivent, nous citons les principales raisons de cet engouement.

- **Des raisons démographiques :** les statistiques démographiques concernant le vieillissement de la population en France et en Europe sont éloquentes. D'après les prévisions de l'INSEE¹, de fin décembre 2011, l'espérance de vie des français avoisine les 80 ans (78 ans pour les hommes et 84 ans pour les femmes). Toujours selon ces prévisions, la France compte désormais 14 millions de personnes de plus de 60 ans, soit 21% de la population. Les personnes âgées de plus de 75 ans représentent déjà 8,6% de la population et ils seront près du double dans dix ans. L'augmentation de

¹<http://www.insee.fr/fr/default.asp>

l'espérance de vie conduit à un accroissement plus que proportionnel des personnes «fragiles», à savoir des personnes pouvant souffrir de maladies chroniques, qui sont peu autonomes et qui ont besoin d'assistance. La Figure 3² dont les données sont extraites du site de l'INSEE, montre une estimation sur cette forte croissance pour les personnes de plus de 60 ans. Leur nombre va presque doubler entre 2005 et 2030. Cette tendance se confirme dans les estimations effectuées pour 2040 où il est prévu que le nombre de personnes de plus de 60 ans double.

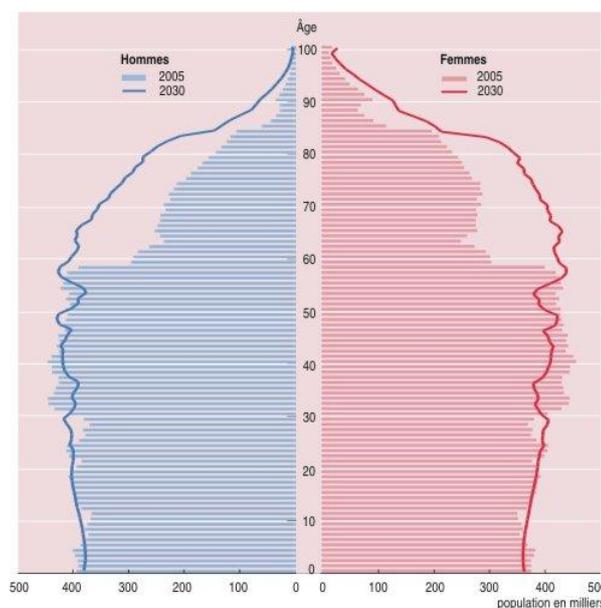


Figure 3. Pyramide des âges entre 2005 et 2030 en France³

- **Des raisons sociales :** une volonté croissante de la part des patients, de se faire soigner chez eux. En effet, d'après l'INSEE, 90% des personnes préfèrent se faire soigner chez elles, et d'après certaines études médicales (Dumitrescu *et al.* 2007), le soin à domicile a un impact positif sur le rétablissement de certains patients. Une autre raison sociale est l'engorgement que connaissent les hôpitaux ces dernières années (Raffy-Pihan, 1994).
- **Des raisons économiques :** les hospitalisations répétitives aussi bien que le placement en instituts spécialisés coûtent très cher pour l'Etat et les assurances maladies, autant que pour les assurés eux-mêmes. Bien qu'il n'existe pas beaucoup d'études sur les bénéfices économiques de la PAD par rapport à l'hospitalisation, la Figure 4⁴ (extraite de (Afrite *et al.* 2007)) montre clairement la différence de

²<http://www.insee.fr/fr/ffc/ipweb/ip1106/graphiques.html#graphique2>

coût moyen journalier qui peut exister entre un placement immédiat du patient dans un Service classique de Soins et de Réadaptation (SSR) et un service d'HAD.

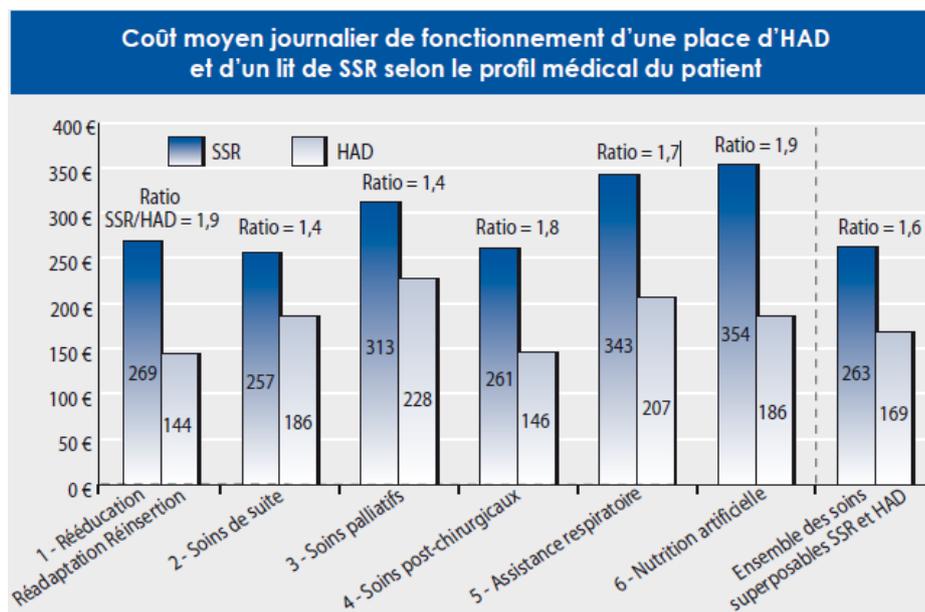


Figure 4. Coût moyen journalier de fonctionnement d'une place d'HAD et d'un lit de SSR selon le profil médical du patient (Afrite *et al.* 2007)

- **Des raisons politiques** : l'amélioration de la prise en charge des personnes âgées en particulier, et la prise en charge à domicile en général, est une priorité gouvernementale. Le président de la république a confirmé cette priorité, courant février 2011, lors du débat national sur la dépendance : « la personne âgée dépendante doit pouvoir rester le plus longtemps possible dans son environnement familial. Ce maintien à domicile doit être regardé comme une priorité absolue. ». Depuis la canicule de 2003 et ses conséquences dramatiques, il y a eu plusieurs projets, mesures et lois, pensées et adoptées dans ce but. Parmi lesquels :
 - le plan Borloo, sur le développement des services à la personne, proposé en 2005, et qui a connu un grand succès.
 - la loi HPST (Hôpital, Patients, Santé et Territoires) : adoptée fin juin 2009, qui met en place plusieurs dispositifs aidant à l'amélioration de la PAD. Elle renforce la place de la PAD, et en particulier celle de l'HAD dans le système de santé.
- **Des raisons technologiques** : aujourd'hui, dans le domaine de la santé, le développement des TIC (Technologies de l'Information et de la Communication) a atteint assez de maturité pour aider à l'amélioration des prises en charge à domicile (Picard et Souzy, 2007) (Rialle, 2007). D'ailleurs, nous pouvons trouver quelques

offres technologiques sur le marché destinées à favoriser la prise en charge à domicile, nous pouvons citer à titre d'exemple les solutions proposées par ARCAN⁴ d'aide à la coordination pour, entre autres, les HAD et les SSIAD.

I.1.2. Objectifs de la PAD

Les objectifs de la PAD découlent principalement des motifs de développement du secteur. En s'appuyant sur le rapport Lasbordes (Lasbordes, 2009) et le livre blanc de la FNEHAD (FNEHAD, 2009), les principaux objectifs de la PAD sont :

- garantir la sécurité des personnes dépendantes chez elles;
- assurer des soins de qualité, accessibles et coordonnés tout en maintenant les patients dans leur milieu de vie habituel et ceci afin de préserver l'autonomie de la personne et d'éviter la rupture des liens sociaux ;
- aider à la prise de décision des professionnels de santé, afin de prendre la meilleure des décisions en ayant accès à toutes les informations nécessaires;
- garantir la continuité des soins, notamment en gardant une trace des soins et des interventions chez la personne prise en charge à domicile;
- minimiser les coûts de soins en retardant raisonnablement l'entrée en résidence dans une maison spécialisée, et en évitant la multiplication des séjours en hôpital ou en raccourcissant ces derniers.

I.2. Différents modes de la PAD

Plusieurs établissements, structures et organismes offrent des services de soins à domicile. Les principales différences entre ces structures sont :

- le degré de technicité et de médicalisation des actes prodigués : certaines structures peuvent proposer des soins lourds tel que la réalisation de la dialyse à domicile, alors que d'autres structures se chargent d'aide aux tâches ménagères.
- la réglementation qui régit ces structures : certaines structures sont bien règlementées et disposent d'un véritable statut juridique alors que d'autres n'ont aucun statut juridique ou médical.
- le statut des structures : établissements publics ou privés à but lucratif ou non lucratif, ainsi que des personnels libéraux, en particulier des infirmières libérales.

⁴<http://www.arcan.fr/>

Les structures existantes sont réparties en trois modes de prise en charge. Les principaux modes de prises en charge à domicile sont : l'HAD (Hospitalisation à Domicile), le SSIAD (Service de Soins Infirmiers A Domicile) et le MAD (Maintien à Domicile). Ces trois modes sont présentés dans les sous-sections suivantes.

I.2.1. HAD (Hospitalisation à Domicile)

D'un point de vue juridique, l'HAD est un établissement de santé où le domicile est un lieu de soins équivalent à l'hôpital. L'HAD dispose de plusieurs lois et circulaires qui la régissent. D'après la circulaire (E n° DH/EO2/2000/295 du 30 mai 2000) *«L'HAD concerne les malades, quel que soit leur âge, atteints de pathologies graves aiguës ou chroniques, évolutives et/ou instables qui, en l'absence d'un tel service seraient hospitalisés en établissement de santé.»*. L'HAD est la structure qui offre les soins médicaux les plus avancés. Elle prend en charge un certain nombre de pathologies (FNEHAD, 2009) parmi lesquelles les cancers, les maladies de l'appareil respiratoire, du système nerveux, etc.

L'HAD offre des soins hospitaliers, médicaux et paramédicaux continus et coordonnés. Un certain nombre d'acteurs sont impliqués dans l'HAD afin d'assurer ces prestations. En effet, pour une bonne prise en charge en HAD, une bonne communication et coordination est primordiale entre le médecin hospitalier (médecin coordinateur), l'infirmier coordinateur, le médecin traitant et tous les professionnels paramédicaux et sociaux.

I.2.2. SSIAD (Service de Soins Infirmier A Domicile)

Selon le décret n°81-448 de mai 1981, les interventions du SSIAD sont fixées comme suit : *« les services de soins à domicile assurent, sur prescription médicale, aux personnes âgées ou dépendantes, les soins infirmiers ou d'hygiène générale, les concours nécessaires à l'accomplissement des actes essentiels de la vie, ainsi qu'éventuellement d'autres soins relevant d'auxiliaires médicaux »*.

Les bénéficiaires du SSIAD sont des personnes âgées de plus ou de moins de 60 ans ayant un accord de la Caisse d'Assurance Maladie. La forme de soins proposée par le SSIAD est moins lourde que dans le cas d'une HAD. Du reste, une personne ne peut bénéficier simultanément des services de l'HAD et du SIAD. Le SSIAD assure, grâce à une infirmière coordinatrice et son équipe d'aides-soignants, et des infirmiers libéraux, des soins d'hygiène générale, des soins infirmiers et des soins relevant d'autres auxiliaires médicaux (par exemple : kinésithérapie).

I.2.3. MAD (Maintien à domicile)

Le MAD est une autre forme d'offre de soins à domicile, il est souvent confondu avec le terme SAP (Service A la Personne) qui englobe les services de MAD et d'autres services ne concernant pas les personnes dépendantes comme la garde d'enfants, le soutien scolaire à

domicile ou l'assistance informatique à domicile. Il peut être également confondu avec le terme générique de PAD (Prise en charge A Domicile de patients dépendants). Le MAD n'a aucune définition au sens juridique ou médical. Il dispense en général des services sociaux et des soins de faible intensité : des soins de « nursing » habituellement réalisés par des aides-soignants avec une légère intervention médicale. La personne qui bénéficie du MAD peut choisir ses propres prestataires, le coût des soins est individualisé par acte et par produit. De nombreux organismes proposent des prestations de MAD. Parmi lesquels nous pouvons citer : les Centres Communaux d'Action Sociale (CCAS) ou encore les services municipaux.

L'ADMR⁵ (Association de service à domicile) est un exemple représentatif de cette catégorie de structure : née en 1945 dans le milieu rural sous l'appellation *Aide à Domicile en Milieu Rural*. Ses objectifs sont l'aide dans les tâches quotidiennes et la création d'emplois de proximité. Elle compte parmi ses prestataires des salariés mais également des bénévoles. L'ADMR a élargi son offre de services avec des prestations de ménage, repassage, petit jardinage, transport accompagné ou l'accueil collectif et individuel des jeunes enfants. Vu les différents services offerts, cette structure sollicite une grande variété d'acteurs (aides-soignants, aides ménagères, auxiliaires de vies, etc.).

I.3. Défis de la PAD

Selon plusieurs études et en particulier les résultats de l'enquête ALCIMED⁶ reportés dans le livre blanc de la FNEHAD (FNEHAD, 2009), les principaux défis à relever dans le domaine de la PAD sont :

- la coordination des acteurs du domicile.
- la continuité des soins dans la PAD.
- la construction d'un modèle économique pérenne.

I.3.1. Problématique de coordination des soins dans la PAD

La coordination des soins a été définie dans les travaux de Kaveh et ses collègues (Kaveh *et al.* 2007) comme suit : « *La coordination des soins est l'organisation bien réfléchie d'activités de soins aux patients entre deux ou plusieurs participants (y compris le patient) impliqués dans les soins d'un patient afin de faciliter la prestation de services de soins de santé appropriés. L'organisation des soins implique le rassemblement du personnel et de toutes les ressources nécessaires pour mener à bien*

⁵<http://www.admr.org/>

⁶ALCIMED: est une société de conseil et d'aide à la décision en marketing stratégique spécialisée dans les sciences de la vie (agroalimentaire, biotech, santé), etc. Elle a réalisé une étude sur l'optimisation de la PAD en France. Une étude visant à faire des propositions aux décideurs politiques.

toutes les activités requises de soins aux patients, et sont souvent gérés par l'échange d'informations entre les participants responsables de différents aspects des soins. ».

La coordination des acteurs reste un enjeu majeur des politiques de prise en charge des personnes âgées (Chriqui, 2011). Les propos du ministre des Solidarités et de la Cohésion sociale, du 14 avril 2011, le confirment « *L'amélioration de la coordination de la prise en charge autour de la personne âgée dépendante et son inscription dans un parcours cohérent et adapté devrait constituer un axe central de réflexion pour l'avenir* ».

Par ailleurs, les problèmes de coordination et de continuité des soins, comme nous l'avons mentionné dans l'introduction, sont connus depuis longtemps. Ils ont déjà été soulignés par la circulaire (MIN/DHOS/DSS-CNAMTS, n° 2002/610 du 19 décembre 2002), ainsi que dans plusieurs travaux (Arundel *et al.* 2001) (Bricon-Souf *et al.* 2005) (Woodward *et al.* 2001). D'après notre enquête sur le terrain de la PAD, au cours de laquelle nous avons donné une importance particulière aux moyens de coordinations utilisés, ces limites sont toujours d'actualité. Elles sont liées principalement au manque de communication inter-organisationnelle : il existe plusieurs associations, organisations, intervenants libéraux qui se succèdent chez la personne prise en charge. Cependant, il n'existe pas forcément un moyen de communication entre ces différentes parties prenantes (Arundel *et al.* 2001) (Helleso *et al.* 2005). En effet, le seul moyen mis en place par certaines associations pour permettre cette communication est un cahier de liaison. Un cahier de liaison (détaillé dans la section II.1.1.2 Vue informationnelle) est un cahier ordinaire, généralement non-structuré et conservé au domicile du patient (Bastide *et al.* 2010).

I.3.2. Problématique de la continuité des soins dans la PAD

Le concept de continuité des soins a vu le jour en France, à la fin de la seconde guerre mondiale, dans le cadre de la réforme des hôpitaux psychiatriques. Ce concept s'est développé dans tous les domaines de la santé dans les années 80 et a touché les différents pays développés (USA, Canada, Europe...). En effet, la continuité de soins est considérée comme un gage de qualité de soins même s'il existe une imprécision sur ce qu'on appelle continuité de soins.

Dans la littérature, il existe une multitude de définitions pour la continuité des soins chacune apportant un point de vue particulier (Woodward *et al.* 2004). Ainsi, l'une des premières définitions données par Shortell en 1976 est : « *le fait que les services médicaux soient reçus comme une succession coordonnée et ininterrompue d'événements compatibles avec les besoins de soins médicaux des patients* ». On peut citer également la définition donnée par le Ministère de santé de France (Ministère de la santé, 2007) « *La continuité des soins consiste à éviter toute*

rupture dans le suivi du malade. Elle est assurée par la coordination entre praticiens (hospitaliers, médecins généralistes ou spécialistes, infirmiers...) et c'est un critère essentiel de qualité des soins » Ces définitions montrent que la continuité des soins nécessite une bonne communication et coordination entre les différents acteurs de soins, ce qui souligne un besoin de traçabilité des soins effectués et de l'historique des patients traités. Dans la PAD, le besoin de la continuité de soins se situe à deux niveaux : les interventions où les soins prodigués par des intervenants différents doivent garantir une certaine continuité et cohérence. Il en va de même durant les différentes étapes du parcours du patient et dans le passage d'un organisme à un autre. La Figure 5 Figure 5 montre un exemple de parcours de soins d'un patient qui peut ainsi alterner des séjours en MAD, SSIAD, hôpital et HAD.

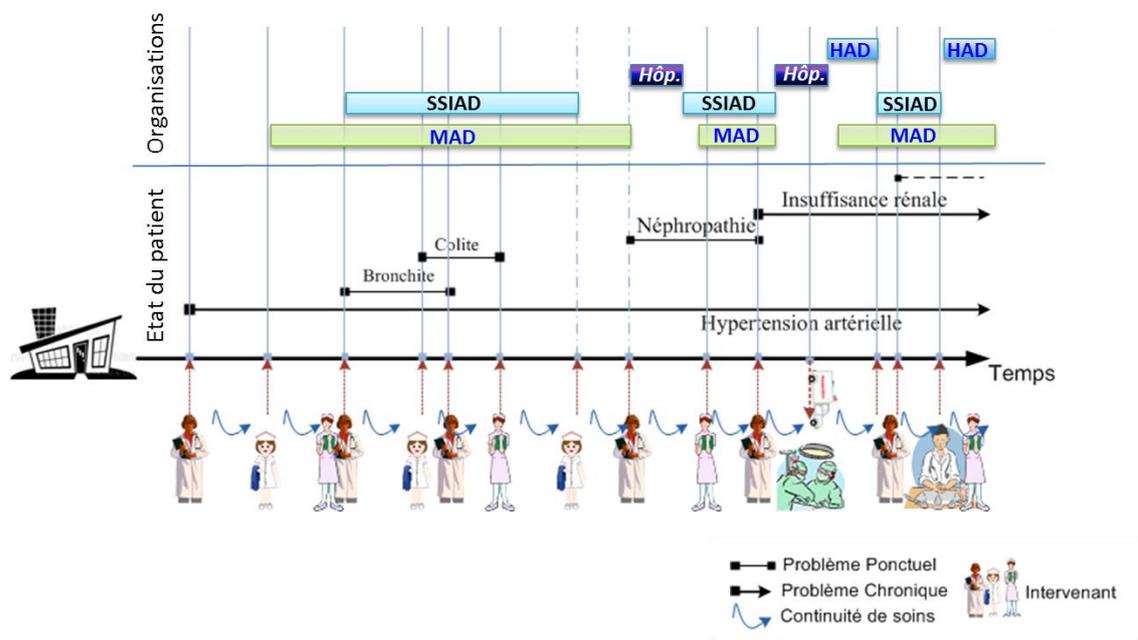


Figure 5. Parcours de soins d'un patient dans différents établissements de soins à domicile

Synthèse du chapitre

La prise en charge à domicile des personnes dépendantes connaît un développement croissant d'année en année. Ce chapitre a été dédié à la définition de ce mode de prise en charge de patient, en décrivant ses motivations, ses objectifs, ses particularités et les différentes prestations qu'il peut offrir. Nous avons notamment présenté les besoins en coordination et continuité des soins de la PAD. Afin de proposer une solution qui améliore ces besoins de coordination et de continuité de soins, une étude des processus de la PAD ainsi que des projets traitant de l'amélioration de la PAD est nécessaire. C'est le sujet de notre prochain chapitre (Chapitre II).

Chapitre II. LA PAD : SPECIFICITES ET TIC

Une bonne connaissance des processus de la PAD est un prérequis pour un développement fructueux en termes de nouveaux services, applications informatiques et projets industriels ou de recherche, dans le but d'améliorer la PAD. Une bonne partie de ce chapitre (Chapitre II) est donc consacrée à l'étude et à la description de la PAD en tant que processus inter-organisationnel, ainsi qu'à la proposition de diverses modélisations de la PAD, selon différents points de vue (organisationnel, fonctionnel et informationnel), avec une description détaillée des principales caractéristiques des processus de la PAD. Enfin, nous présentons une classification des outils et solutions commercialisés et des projets de recherche dans le domaine de la PAD, dont le projet PASPORD dans lequel s'inscrivent nos travaux

II.1. Analyse de la prise en charge à domicile

Dans cette section, nous faisons l'analyse de la prise en charge à domicile. Cette analyse consiste en une modélisation de la PAD selon différents points de vue. Suivie par la déduction des caractéristiques spécifiques des processus de la PAD.

II.1.1. Modélisation de la PAD

Grâce à nos observations nous avons pu produire des modélisations de la PAD selon les trois points de vue suivant :

- le point de vue organisationnel : permet la représentation des structures organisationnelles d'une entreprise en règle générale, de la PAD dans notre cas. Ce point de vue identifie les acteurs de la PAD, leurs rôles et leurs relations.
- le point de vue fonctionnel : permet la formalisation des processus métiers qui régissent la PAD. Ce point de vue identifie les activités de la PAD, les flux d'entrée et sortie de chaque activité, ainsi que la logique d'enchaînement de celles-ci au fil du temps.
- le point de vue informationnel : permet la représentation structurée des objets de la PAD. Ces objets (données) sont décrits par leurs relations et leurs différents états possibles.

II.1.1.1. Vue organisationnelle

En règle générale, une association spécialisée dans le secteur de la prise en charge du patient à domicile (typiquement le SSIAD ou l'HAD) intervient dans la gestion de chaque dossier. Cette association est responsable de la coordination des interventions réalisées par des acteurs professionnels géographiquement distants. Elle met en place et révisé régulièrement le cahier de liaison (présenté ci-après). Elle est l'interlocuteur privilégié du patient. Elle est, en quelque sorte, implicitement propriétaire du PAD, au sens de l'ingénierie des processus. L'infirmière coordinatrice devra en être le pilote.

La Figure 6 montre le point de vue organisationnel du système de prise en charge de patients à domicile. Les différents acteurs participant à la PAD sont des professions libérales (infirmières, médecins, kinésithérapeutes, etc.) et des associations ou organisations spécialisées dotées de leur propre structure, leurs règles de fonctionnement et de leurs salariés. Ainsi, le processus de prise en charge à domicile implique plusieurs parties prenantes. Ce concept « partie prenante » désigne en effet « les personnes, organisations ou institutions dont les intérêts sont affectés par un système aussi bien que ceux dont les activités affectent significativement le système » (IIED 2005). Il est à noter que ces parties prenantes peuvent assurer plusieurs rôles. A titre d'exemple : une infirmière cadre peut se voir attribuer le rôle de soigner et le rôle de coordonner les soins.

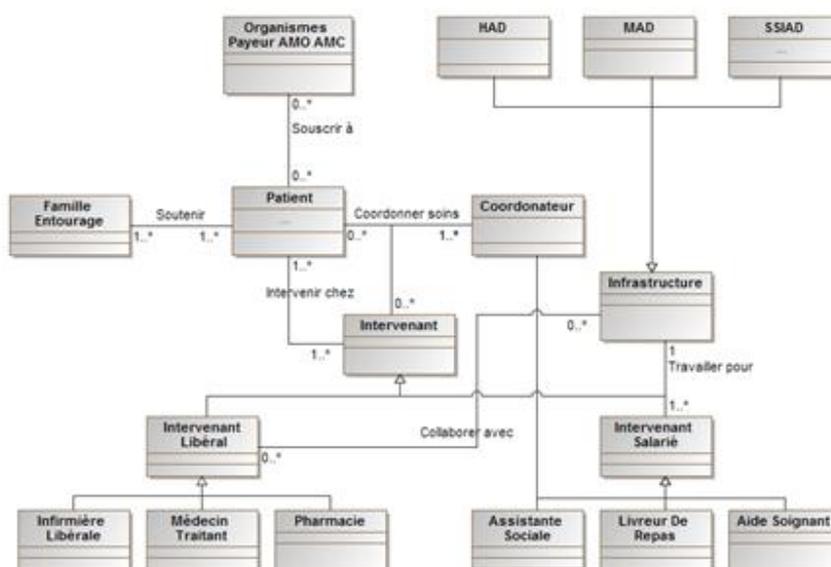


Figure 6. Une typologie des acteurs intervenant chez un patient de la PAD

II.1.1.2. Vue informationnelle

La réalisation de ces activités nécessite l'échange d'un certain nombre d'informations. Celles utilisées lors d'un processus de prise en charge à domicile sont de diverses natures, selon leurs usages, leurs utilisateurs, leurs supports d'échange.

Au cours de la phase d'observation, nous avons apporté une attention particulière à ce dernier point : une bonne circulation de l'information entre les différentes parties prenantes est reconnue comme étant un gage de réussite dans la continuité et la coordination des soins (Beuscart *et al.* 2003), (Arbaoui *et al.* 2008). La qualité de cette circulation dépend fortement des moyens d'échange.

Il ressort de cette phase d'observation que le principal moyen de communication collectif entre les différents intervenants lors de leurs interventions chez la personne âgée est le cahier de liaison. Le téléphone et les feuilles de transmission sont utilisés par les parties prenantes pour échanger des informations directement avec un acteur identifié de la PAD, tels que le paiement des actes effectués ou une demande de disponibilité. Il s'agit d'un mode de communication basé sur un fonctionnement point à point.

- *Cahier de liaison*

Le cahier de liaison est en général un cahier ordinaire non structuré qui est gardé chez la personne âgée, et qui constitue par la même une "main courante". Il sert pour la communication entre la famille et les différents intervenants. C'est sur ce cahier de liaison que chaque intervenant et les aidants vont noter leur date de visite, leurs observations, leurs recommandations ou toute autre forme de commentaires.

Il est intéressant de souligner que ce cahier de liaison est une mine d'or d'informations, insuffisamment exploitées dans la prise en charge à domicile. En effet, il stocke des informations de types différents, présentées sur la Figure 7 Figure 7. Cette dernière représente les informations contenues dans un cahier de liaison. La partie gauche de la figure représente une page scannée d'un cahier de liaison réel, et la partie droite représente une modélisation en diagramme de classe des données présentes dans un cahier de liaison. Ces données peuvent être classées comme suit :

- données logistiques : des données qui aident à la bonne gestion des interventions et une meilleure coordination. Dans l'exemple on peut voir la transcription d'un rendez-vous avec le pédicure le « mercredi 30/08 à 15h15 ». C'est une information qui peut compter énormément dans la gestion des interventions des autres intervenants, qui dans ce cas-là, ne peuvent pas se trouver au même moment chez le patient.
- tâches réalisées : des données indiquant les tâches effectuées par un intervenant. Dans l'exemple donné : le rectangle en haut à gauche indique ce que l'aide-soignante a donné à manger au patient (deux tomates farcies, une crème, ...)

- état du patient : des données informant sur l'état du patient. Dans l'exemple présenté on peut lire « fatiguée, n'a rien voulu ».
- données médicales : les données médicales, ne sont en général pas transcrites sur le cahier de liaison, néanmoins, certaines informations médicales peuvent s'y glisser comme « le patient n'a pas pris son médicament contre le diabète ».
- consigne générale : cela concerne toute information ou remarque qui ne peut pas être classée dans les autres catégories. Par exemple dans un cahier de liaison, il se peut qu'on trouve une consigne du genre « Merci de mettre le linge sale du patient dans le panier se trouvant dans la salle de bain ».

En résumé, ce cahier de liaison permet de :

- fournir un moyen de communication à effet mémoire entre les différents acteurs participants à n'importe quelle partie de la PAD
- coordonner ou planifier certaines activités au domicile du patient. Par exemple, un kinésithérapeute qui demande à un aide-soignant de passer avant une certaine heure pour préparer la personne âgée à sa séance de soins, ou encore la personne âgée qui prévient qu'elle sera absente une semaine.

Ce mode de fonctionnement présente évidemment des limites. Nous pouvons lui adresser les reproches suivants :

- une communication qui n'est pas toujours évidente et fiable : l'intervenant doit chercher dans le cahier de liaison une information qui lui est destinée ou susceptible de l'intéresser. Le cahier de liaison étant conservé chez le patient, il faut compter sur le fait que les intervenants n'oublient pas de le lire et soient en mesure de transcrire exactement les informations du cahier. L'information est en quelque sorte en flux tiré plutôt qu'en flux poussé.
- un manque de confidentialité et de sécurité puisque le cahier se trouve au domicile de la personne âgée et chaque intervenant peut avoir accès à toutes les informations écrites. Il peut être facilement pollué par des informations de personnes malveillantes.

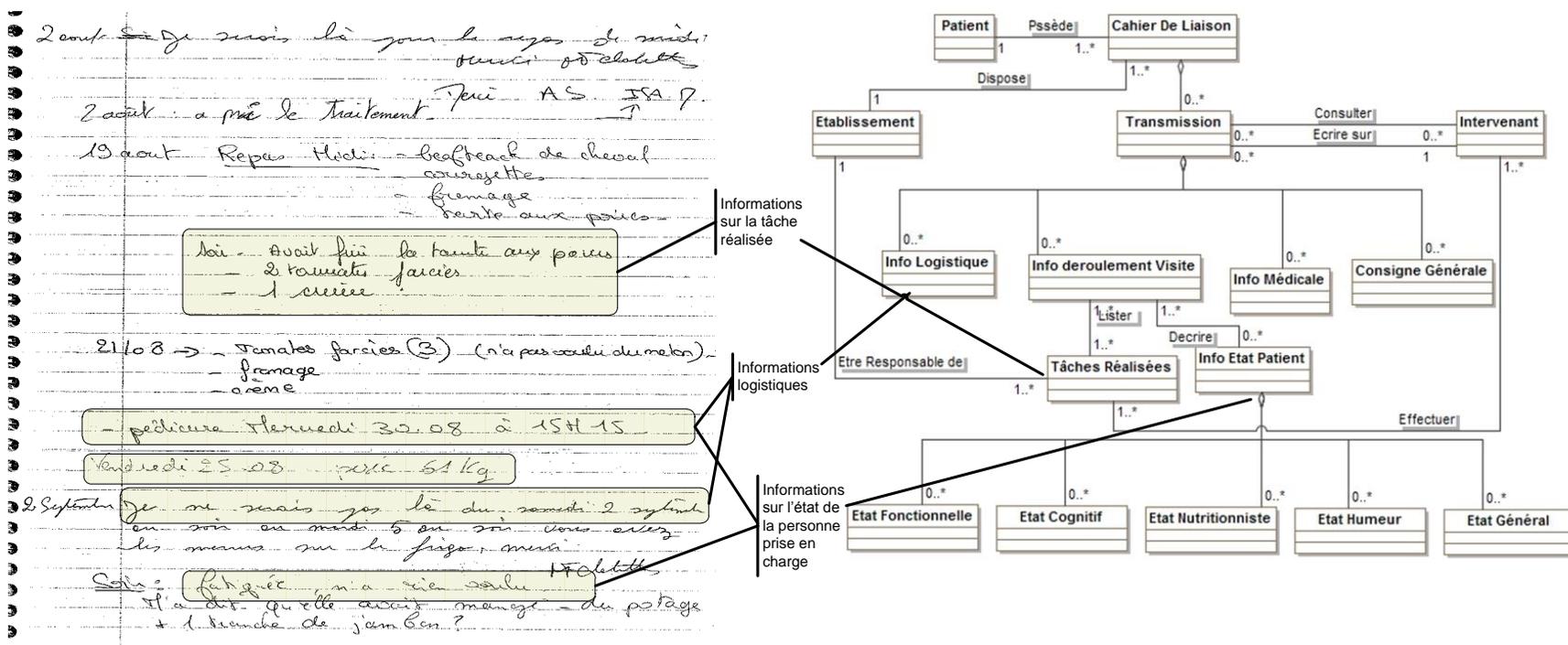


Figure 7. Données contenues dans le cahier de liaison

II.1.1.3. Vue fonctionnelle

D'une manière générale un processus peut être défini comme « un ensemble d'activités coordonnées et agissant comme une unité pour l'obtention efficace d'un résultat qui constitue sa finalité » (Sienou, 2009). Partant de cette définition, nous admettons, comme nous l'avons énoncé précédemment, que l'enchaînement des interventions effectuées par les acteurs qui se succèdent au domicile de la personne fragilisée, constitue en soi un processus.

Ce processus de prise en charge à domicile, comme tout processus, comporte un intrant, la personne devant être prise en charge, et un extrant, la personne déchargée qui n'est plus prise en charge. Il est constitué de plusieurs activités de natures diverses, certaines liées aux soins, d'autres concernant plus les aspects administratifs ou logistiques, d'autres encore concernant le suivi socio-économique. Ces activités s'enchaînent d'une manière à répondre au mieux aux principaux objectifs de la prise en charge à domicile.

Il est important de préciser que plusieurs types de processus sont impliqués dans la PAD. La Figure 8 représente la chaîne globale de processus de la prise en charge à domicile que suivent les personnes dépendantes. Le processus per-PAD correspond à la phase de la mise en œuvre du plan d'action appelé également projet thérapeutique, et associé au projet de vie de la personne prise en charge. Par définition, ce projet de vie est « l'expression de la projection dans l'avenir de la personne malade et l'expression de ses aspirations et de ses choix » (CNSA, 2007). Le processus de pré-PAD englobe quant à lui les processus antérieurs à celui du per-PAD. Par exemple, à la fin d'une hospitalisation s'engage un processus de recherche, de demande et d'étude de l'admissibilité de la personne dans un service de la PAD. Enfin, le processus de post-PAD recouvre l'ensemble des activités qui peuvent être déclenchées pour mettre fin à la prise en charge à domicile de la personne suivie, telle que le transfert de la personne suivie dans une maison spécialisée en cas de dégradation rapide et continue de son état. Les processus per-PAD doivent interagir bien évidemment avec des processus de pré-PAD et de post-PAD.



Figure 8. Chaîne de processus de prise en charge de patients à domicile

- ***Cartographie des processus de la PAD***

Dans la littérature, il existe des travaux sur les processus de la prise en charge à domicile (PAD) et particulièrement sur l'hospitalisation à domicile (HAD). Dans (Chahed-Jebalia, 2008), Chahed-Jebalia propose une description et une analyse des processus dans le milieu de l'HAD, dans l'objectif d'améliorer la gestion et la coordination des ressources humaines et matérielles. Dans (Ben Bachouch *et al.* 2009), les auteurs proposent une modélisation des différents processus d'une HAD, dans le but d'obtenir la certification d'établissement de qualité. Dans (Lunn K. *et al.* 2003), les auteurs utilisent une approche processus dans la définition des besoins d'un système de soins et sociaux. Dans (Lunn K. *et al.* 2003), une cartographie de haut niveau des processus de soins à domicile a été présentée. Dans (Hamek *et al.* 2005), une étude est menée sur les processus de prise en charge à domicile dans le cadre de l'HAD, dans le but de proposer une plateforme de coopération, permettant d'assurer une aide aux coordinateurs des soins à domicile. Enfin, dans (FNEHAD, 2009), La Fédération Nationale des Établissements d'Hospitalisation à Domicile (FNEHAD) propose une cartographie de processus de suivi de patients en HAD, partant du constat que l'informatisation est trop peu développée dans les établissements d'HAD au niveau des processus de soins. Ce travail a pour objectif de structurer des systèmes d'informations pour l'HAD.

Le Tableau 2, reprend les différents travaux précédents, en précisant les différentes cartographies des processus proposées par chacun.

La cartographie la plus complète et qui englobe les différents processus impliqués dans la PAD est celle proposée par la FNEHAD. La Figure 9 présente la cartographie des processus de la PAD telle que la propose la FNEHAD.

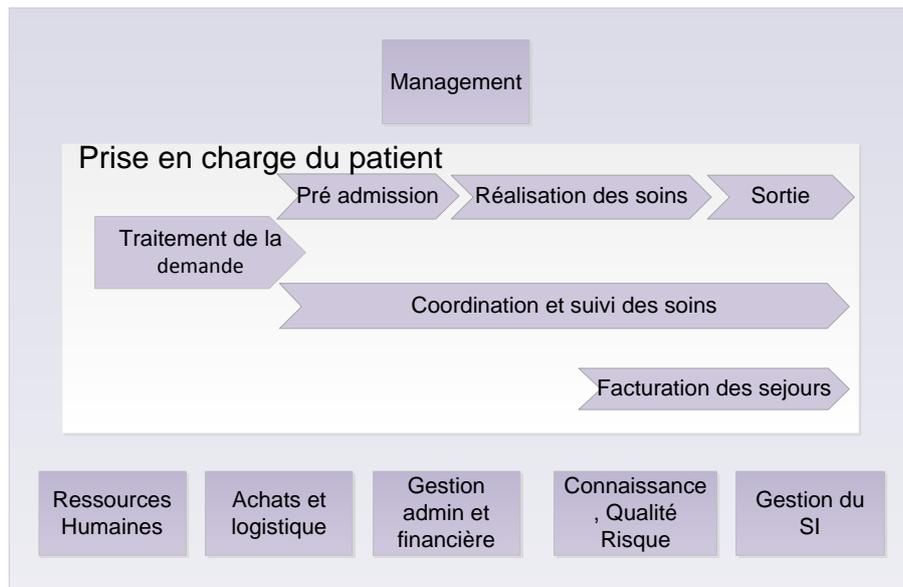


Figure 9. Cartographie de processus de la PAD selon la FNEHAD (FNEHAD, 2009)

II.1.2. Caractérisation du processus de PAD et de son environnement

II.1.2.1. Processus personnel et singulier

La cartographie de processus présentée dans la Figure 9, représente les processus de la PAD décomposés en différents niveaux, respectant la typologie proposée par la norme ISO 9000 : 2000 (ISO 2000). En d'autres termes, le processus en haut, constitue le processus de pilotage (Management). D'autres, forment les processus opérationnels (les processus se trouvant dans le rectangle Prise en charge du patient) et ceux se trouvant en bas du rectangle sont des processus de support (ex : gestion administrative et financière). Bien que les processus de support soient des processus généralement réguliers, stables, souvent répétitifs et automatisables ; ceux qui constituent les processus opérationnels demeurent potentiellement spécifiques à chaque personne prise en charge, ce qui complexifie encore leur pilotage. Cette singularité caractérise la nature personnelle du processus global de la PAD et légitime sa perception en tant que « processus sur mesure ». En effet, cette particularité du processus est principalement liée au fait que celui-ci est étroitement lié au projet thérapeutique qui est par définition personnel pour chaque patient et évolue selon l'état de santé de celui-ci.

Travaux	Objectifs des travaux	Types de processus de haut niveau recensés
Lunn et al 2003	Définition des besoins d'un système de soins et sociaux	<ul style="list-style-type: none"> - Soins directs <ul style="list-style-type: none"> - soins quotidiens (surveillance, prestation de service, enregistrement des missions) - soin urgent - qualité des soins de vie - Soins indirects <ul style="list-style-type: none"> - planification - évaluation - assurance qualité
Hamek et al 2005	Proposition d'une plateforme de coopération, permettant d'assurer une aide au coordinateur des soins	<ul style="list-style-type: none"> - Processus logistiques <ul style="list-style-type: none"> - Gestion emplois du temps - Livraison équipements ou médicaments - Processus de soins <ul style="list-style-type: none"> - Prise en charge médicale
Chahed-Jebalia. 2008	Améliorer la gestion et la coordination des ressources humaines et matérielles	<ul style="list-style-type: none"> - Définir la stratégie - Piloter la performance - Gérer les projets d'activité des patients <ul style="list-style-type: none"> - Gestion de l'admission - Conception du projet thérapeutique - Plan thérapeutique du projet - exécution du projet thérapeutique - Suivre et surveiller le projet thérapeutique - Gestion de la sortie - Planifier les ressources - Améliorer le fonctionnement
Ben Bachouch et al 2009	Aide à la certification d'une HAD par la modélisation de ses processus	<ul style="list-style-type: none"> - Gérer l'hospitalisation à domicile - Gérer les consommables et médicament de l'HAD - Gérer les matériels - Gérer les tâches administratives de l'HAD
FNEHAD 2009	Structuration des systèmes d'information pour l'HAD	<ul style="list-style-type: none"> - Processus pilotage : Management - Processus opérationnels : prise en charge du patient <ul style="list-style-type: none"> - Traitement de demande - Pré-admission - Réalisation des soins - Coordination et suivi des soins - Facturation des séjours - Sortie - Processus support : Ressources humaines, achat et logistique, gestion administrative et financière, connaissance qualité et risque, gestion SI.

Tableau 2. Projets de modélisation des processus

II.1.2.2. Processus collaboratif à forte composante humaine

Dans (Arbaoui *et al.* 2008), le processus de PAD est caractérisé comme un processus à forte composante humaine. Un tel processus est habituellement de longue durée, distribué parmi plusieurs participants, composés d'éléments hétérogènes, avec des niveaux d'autonomie variés, et toujours sujets à une évolution dynamique (Cunin, 2000). En effet, le processus de PAD se caractérise par une forte influence de la compétence des acteurs dans l'atteinte des objectifs, il peut être de longue durée (cas des maladies chroniques), il fait coopérer plusieurs métiers, et il est sujet à une évolution dynamique dans sa structure même, qui peut être due à l'évolution de l'état du patient.

A l'instar des travaux de (Morley *et al.* 2005), (Touzi, 2007) et (Liu *et al.* 2008), nous pouvons déduire qu'un processus collaboratif est un processus : (a) dont la structure est construite par un assemblage de processus métier distribués dans des organisations partenaires de la collaboration, (b) dont la finalité correspond aux objectifs partagés en commun, (c) dont le comportement est lié aux contributions effectives des partenaires au fur et à mesure de leurs interventions et (d) dont la maîtrise est partielle pour chaque partenaire. Sur cette base, nous pouvons conclure qu'un processus de PAD est un processus collaboratif dans la mesure où ses activités appartiennent à des organisations différentes, et sont exécutées conjointement pour la réalisation d'un objectif commun

Le Tableau 3 compare les caractéristiques des processus collaboratifs avec celles de la PAD.

	Processus collaboratif	Processus de PAD
Acteurs	Plusieurs organisations distribuées	Plusieurs structures professionnelles
Structure	Assemblage d'activités appartenant à des organisations différentes	Enchaînement d'interventions effectuées par des acteurs de métiers différents
Comportement	Holistique	Régi par la contribution effective des différents intervenants
Finalité	Réalisation d'un objectif commun	Assurer une prise en charge globale de qualité
Pilotage	Vue et maîtrise partielles du processus global par les partenaires	Assuré par un coordinateur

Tableau 3. Processus collaboratif versus processus de la PAD

II.1.2.3. Processus dynamique et évolutif

Ce processus collaboratif est déployé dans un environnement dynamique et évolutif. Le processus de la PAD est continuellement en évolution, voire en redéfinition. La principale raison de cette dynamique est la nature changeante et incertaine de l'environnement dans

lequel est immergé ce processus, qui peut être expliquée par plusieurs raisons différentes (Van *et al.* 2000), (Pingaud, 2009).

Le Tableau 4 tente de positionner ces principaux facteurs de changements d'environnement par rapport à un processus de prise en charge à domicile.

Origine du changement		Aspect temporel du changement	Exemples
Externe	Contexte métier	Ponctuel	Répondre à une urgence (canicule)
		Permanent	Garantir le bien être psychologique des patients
	Variations dans la structure des parties prenantes	Ponctuel	Grève des ambulanciers
		Permanent	Externalisation d'un des services fournis
	Réglementaire	Ponctuel	Application du plan national de prévention et de lutte « Pandémie grippale »
		Permanent	Infirmière a droit de faire une ordonnance pour certains médicaments
	Technologique	Ponctuel	Coupure d'électricité
		Permanent	Mise en place d'un réseau internet haut débit
	Épidémiologique	Ponctuel	Traitement spécifique d'une gastro-entérite
		Permanent	Apparition alvéolite allergique extrinsèque
Interne	Organisationnel	Ponctuel	Remplacement d'une aide- soignante par une autre
		Permanent	Redéfinition du planning de surveillance de la personne
	Fonctionnel	Ponctuel	Hospitalisation de la personne prise en charge à la suite d'une chute
		Permanent	Suppression de la tâche de préparation du repas au domicile de la personne prise en charge
Technologique	Ponctuel	Dysfonctionnement du dispositif médical utilisé.	
	Permanent	Mise en place d'un système de télésurveillance	

Tableau 4. Nature des changements au sein d'un processus de PAD

Il en ressort que les origines du changement peuvent être externes ou internes. Les changements d'origines externes peuvent être liés :

- à une variation dans le contexte métier du processus, qui peut porter sur la mission de la PAD ou être liée à la structure de l'une des parties prenantes.
- à une modification réglementaire,
- à une évolution technologique,
- à certains facteurs épidémiologiques,

Les changements d'origines internes peuvent quant à eux être de nature organisationnelle, fonctionnelle, voire technologique.

Ces changements peuvent impacter le processus d'une manière temporaire ou permanente. Il s'agit de l'aspect temporel du changement.

II.1.2.4. Processus fortement réglementé

La PAD est régie par des contraintes réglementaires définissant par exemple le rôle de chacun des acteurs y participant, les conditions d'admissions ou encore de remboursement, par exemple. On peut noter également que le processus de la PAD est réglementé par des contraintes temporelles. En effet, le processus de la PAD est un processus qui peut être d'une longue durée : un patient peut être admis en PAD pour une semaine ou pour plusieurs années. De plus, le processus de la PAD, particulièrement les processus de réalisation de soins, de coordination et de suivi des soins représentent une succession de tâches de soins à réaliser au domicile du patient avec des fréquences et des durées précises qui évoluent : les actes qui doivent être effectués chez le patient ont une fréquence (1jour/2, 2fois/semaine, etc.) qui peut évoluer selon les phases de soins ou le profil du patient. Ceci n'est pas pratique à représenter dans les systèmes classiques dédiés à l'automatisation de processus (Dadam *et al.* 2000).

II.2. Les Technologies d'Information et de Communication dans la PAD

Depuis quelques années maintenant, le système de santé, particulièrement en France est confronté à une véritable mutation technologique. Les TIC (Technologies de l'Information et de la Communication) se sont emparées du domaine de la santé. Elles participent à l'amélioration du système de santé à différents niveaux : l'administration, la coordination, la réduction des dépenses, la qualité des soins, la veille sanitaire, etc. Plusieurs études démontrent cette place essentielle qu'occupent les TIC dans le domaine de la santé, parmi ces études nous citons les rapports de Picard et Souzy (Picard et Souzy, 2007) et celui de Rialle (Rialle, 2007) et de Lasbordes (Lasbordes, 2009).

Dans les sous-sections suivantes, nous nous intéressons aux TIC dans le domaine particulier de la PAD. Nous présentons d'abord certains projets et services basés sur les TIC

et qui sont proposés dans le but d'améliorer la PAD. Par la suite, nous énumérerons les apports des TIC dans le domaine de la PAD. Pour finir, nous présentons le projet PASPORD dans lequel s'inscrivent nos travaux et nous le positionnons par rapports aux autres projets de la PAD.

II.2.1. La place des TIC dans la PAD

Pour les raisons sociales, politiques et technologiques évoquées précédemment (section 1), ces dernières années un grand nombre de projets, services et applications ont été développés dans le domaine de la PAD. Certains projets se sont concentrés sur l'amélioration de la vie des patients et leur sécurité, d'autres sur l'amélioration des moyens de communication et de coordination des intervenants. Nous citons ci-dessous des projets de la PAD où les TIC jouent un rôle central. Nous avons classé ces projets en deux catégories comme suit :

- projets centrés patient : ce sont les projets de consultation, d'assistance ou de surveillance à distance. Dans ce but, divers dispositifs sont installés au domicile du patient.
- projets centrés organisation des activités de soins : ce sont les applications commercialisées et les projets industriels ou de recherche sur les systèmes d'information qui ont pour objectif d'aider à la gestion et à la simplification des tâches des acteurs de la PAD.

II.2.1.1. Projets centrés patient

Tant dans le domaine industriel que le domaine de la recherche, on s'est beaucoup intéressé au développement de dispositifs pour assurer la télésanté. Aujourd'hui, il existe des solutions commercialisées autant que services de télésanté, particulièrement des services de téléassistance et de télésurveillance. Dans les sections suivantes nous présentons certains projets significatifs du domaine.

- **Projets de télé-expertise** : des projets qui aident des médecins à se consulter et à émettre un diagnostic sans la présence du patient. Cela se fait en s'appuyant sur différentes informations récoltées, stockées et partagées par les professionnels de la santé. En fait, cela se fait par le partage de bases de données, échange d'images médicales et la vidéoconférence. Parmi les projets s'inscrivant dans cette catégorie, nous citons les projets suivants :
 - TELEEG : (Rendu *et al.* 2011) un service de télé-expertise mis en place par le CHRU de Lille et qui est actuellement en cours d'utilisation. Ce service permet l'interprétation des électro-encéphalogrammes (EEG) réalisés au CH de Roubaix (Nord) à distance au CH de Tourcoing (Nord) ou au CHU de Lille

- CREBEN (Centre REgional Breton d'Expertise Neuroradiologique) (Guavrit et Nonent, 2010) un projet de télé-expertise radiologique. Il est mis en place dans la région de Bretagne. Le but original du projet était de prendre en charge rapidement les urgences des cas d'Accident Vasculaire Cérébral (AVC). Le système permet à tout radiologue de Bretagne qui en a besoin, d'avoir un avis neuroradiologique, assez rapide, par un télé-radiologue expert. Les images sont transférées par le serveur image au télé-neuroradiologue désigné qui donne un second avis dans les temps impartis via un formulaire et un site web sécurisé.

D'autres projets et services opérationnels de la télé-expertise existent. Le principe est de permettre le partage d'information (radiographies, résultats médicaux, etc.) entre médecins, afin d'avoir un second avis d'un expert à distance, particulièrement dans les situations d'urgences. Nous pouvons ainsi citer le projet TELURGE (Desrues, 2008) pour les urgences neurologiques et neurochirurgicales.

- **Projets de téléassistance** : des projets qui mettent en place un système de téléalarme qui peut être déclenché automatiquement ou volontairement. En général, il s'agit d'un bracelet ou d'un pendentif que porte la personne prise en charge à domicile. Au déclenchement d'une alarme, plusieurs appels sont automatiquement déclenchés vers les destinataires qui auront été préalablement programmés dans le transmetteur et qui mettent le patient en contact avec l'extérieur. Parmi les services de téléassistance on cite :
 - Présence verte⁷ : un service national de téléassistance. C'est le premier service de téléassistance pour le maintien à domicile créé par la MSA (Mutualité Sociale Agricole)⁸, GROUPAMA⁹ et les Aînés Ruraux¹⁰, il y a plus de 20 ans. Le principe est que la personne prise en charge à domicile appuie sur un bouton sur son pendentif ou son bracelet, et une centrale téléphonique est prévenue.
 - La solution TEMO Mobilité simplifiée¹¹ : un service, sous forme d'un téléphone mobile simplifiée, proposé par une jeune entreprise *E-medidis* en

⁷<http://www.presenceverte.fr/>

⁸<http://www.msa.fr/>

⁹<http://www.groupama.fr/>

¹⁰<http://www.ainesruraux.org/>

¹¹<http://www.e-medidis.com/>

partenariat avec l'opérateur téléphonique SFR. C'est un service qui fonctionne de façon similaire que le service *Présence verte*. Il offre en plus un GPS permettant une intervention plus rapide en cas de besoin, et la possibilité de bénéficier d'un service *e-rappel*. Un service qui rappelle les rendez-vous médicaux et la prise de médicaments.

Dans la littérature, on peut trouver plusieurs projets de téléassistance, la plupart préconisent le couplage entre un système de récolte d'informations via des capteurs et un système de téléalarme ou téléassistance, parmi lesquels on peut citer : le projet MEDIVILLE (Baldinger *et al.* 2004), le projet TelePat (Lacombe *et al.* 2006), le projet H2AD¹² : solutions médicotecniques innovantes pour le domicile, le projet HoCa (Nieto *et al.* 2009).

- **Projets de télésurveillance** : des projets qui proposent des dispositifs permettant de surveiller des paramètres physiologiques d'un patient et/ou de détecter une éventuelle inactivité. Un certain nombre de projets ont été développés dans ce domaine, parmi lesquels
 - PROSAFE¹³: (Bonhomme *et al.* 2007) est un système de surveillance des personnes dépendantes. Il a été conçu au laboratoire LAAS¹⁴ (Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes) de Toulouse. Ce projet a été testé sur plusieurs sites : maison de retraite, appartement, etc. Il devrait servir dans d'autres projets tels que : homecare et BéA (Pediroda, 2009). Ce système permet d'alerter de certains dangers à temps réel (chute, fugue, etc.). En se basant sur l'apprentissage des habitudes de la personne surveillée.
 - SCIAD (le Suivi Clinique Intelligent à Domicile) (Lagarrique *et al.* 2006) est un projet de collaboration entre le Québec et la région Basse-Normandie. SCIAD est opérationnel au Canada et il compte plus d'un millier de bénéficiaires. Le principe est de suivre à distance certains paramètres vitaux (tension artérielle et pulsations, poids, température, etc.). Ces paramètres vitaux sont renseignés par le patient via un ordinateur client (Webiphone). Le patient aurait à répondre à des questions posées automatiquement par le système ou par les professionnels.

Un nombre conséquent de travaux se sont intéressés au développement de solutions de télésurveillance. Les principales différences entre ces solutions résident dans le type de capteurs utilisés, le type des paramètres surveillés et les technologies utilisées. Une liste des

¹²<http://www.h2ad.net/>

¹³ <http://www.laas.fr/PROSAFE/descrip.htm>

¹⁴<http://www.laas.fr/>

principaux projets de télésurveillance est : AILISA (Noury, 2005), le laboratoire DOMUS¹⁵, DAHLIA (Riegert, 2010), le projet PARAchute : (Personnes Agées et Risque de chute) (Hewson, 2007), le projet GERHOME¹⁶, le projet e-vital (Sakka *et al.* 2004).

- **Projets de téléconsultation** : ce sont des projets qui mettent en place des systèmes offrant la possibilité de faire des diagnostics médicaux à distance. Ce genre de pratique répandu dans des pays tel que les USA et la Suisse, vient juste d'être autorisé en France avec le décret n °2010-1229 du 19 octobre 2010, relatif à la télémédecine et la mise en application de la loi HPST¹⁷.
 - ViSaDom (Videophone assistance and home hospitalization) (Nicolas *et al.* 2005) développé en partenariat entre France Télécom, le service de Gériatrie du Pr. Franco au CHU, et le Laboratoire Interuniversitaire de Gérontologie de Grenoble. Il propose un système de visiophonie. Il permet de faire des téléconsultations et de suivre l'état du patient à distance.
 - GLUCONET : (Perréal, 2003) un service développé par France Telecom, les CHU de Grenoble et Toulouse, et Roche Diagnostics. Il permet de suivre les patients diabétiques. En effet, il offre la possibilité au médecin diabétologue d'émettre un diagnostic en ayant accès aux données du patient. Des données que renseigne le patient.

De nombreux autres travaux se sont intéressés au fait de procurer la possibilité de diagnostiquer ou de suivre une maladie à distance grâce à des dispositifs de vision à distances. Parmi ces travaux : le projet Altermed (Musso, 2006), le Kit SOS¹⁸ et le système DIATELIC¹⁹.

II.2.1.2. Projets centrés organisation des activités de soins

La proposition de solutions technologiques autour de la coordination d'intervenants au domicile du patient est parmi les thématiques qui intéressent le plus les industriels et les chercheurs. Nous les recensons dans cette section.

- Les solutions de Hippocad²⁰ : une PME qui propose des solutions cofinancées par l'Union Européenne et soutenues par Oséo²¹. Hippocad propose des gammes de

¹⁵<http://domus.usherbrooke.ca/projets/?locale=fr>

¹⁶<http://gerhome.cstb.fr/>

¹⁷<http://www.sante.gouv.fr/la-loi-hopital-patients-sante-et-territoires.html>

¹⁸http://www.portailtelesante.org/users_private/Articles/KIT_SOS%20.pdf

¹⁹<http://www.diatelic.com/>

²⁰<http://www.hippocad.com> <http://www.hippocad.com>

solutions et de services pour l'HAD, le SSIAD, le service à la personne ou pour les collectivités locales. Ces solutions incluent des services de télésurveillance des personnes, de planning, de gestion des données des patients et d'interventions des acteurs de la PAD.

- Les solutions ARCAN ²²: ARCAN est un éditeur de logiciels pour la gestion du personnel de coordination de soins à domicile. ARCAN propose des solutions spécialisées pour différents types de prise en charge. En effet, il propose une solution pour l'HAD, une pour le SSIAD, une pour les réseaux de santé et une autre pour l'EHPAD (Etablissement d'Hébergement pour Personnes Agées Dépendantes).
- Les solutions ORANGE²³: offrent des outils pour les personnes âgées et des outils pour les intervenants. En effet, ORANGE offre des outils d'aide à la télésurveillance et de communication pour les personnes prises en charges, ainsi que des outils d'horodatage et de communication pour les intervenants.
- Tablet PC de l'HAD AP-HP : ce dispositif a été mis en place par l'HAD de l'Assistance Publique des Hôpitaux de Paris (AP-HP), début 2005. Le rôle de ce dispositif est de permettre de saisir une seule fois les informations concernant un patient, ces informations sont transmises aux différents acteurs de l'HAD (Bonomo *et al.* 2007).
- ALPHAD : un logiciel développé par CEIDRE²⁴, dans le cadre du projet Altermed Technologies. Un projet initié en 2004, dans la ville de Vannes, et coordonné par le CATEL²⁵. ALPHAD est un logiciel développé pour l'HAD. Il propose des services de gestion du dossier patient (administratif et soins infirmier), des services de gestion de planning et de facturation.
- ABAH (An Agent-Based Architecture for a cooperative information system supporting the Homecare) (Zarour *et al.* 2010) un projet développé au sein du laboratoire LIRE²⁶ (Laboratoire en Informatique Répartie) d'Algérie, en 2005. Les auteurs proposent un système pour la gestion de la coordination et des soins des

²¹Oséo : l'entreprise des entrepreneurs», est schématiquement appelée banque publique française de financement des PME innovantes

²²<http://www.arcana.fr/>

²³http://www.orange.com/fr_FR/groupe/healthcare/

²⁴<http://www.ceidre.fr/> <http://www.ceidre.fr/>

²⁵Le CATEL est un réseau multidisciplinaire de compétences en télésanté et autres téléservices, né en 1997.

²⁶<http://www.umc.edu.dz/vf/Labo/facScIng/Labo-LIRE/index.php.htm>

patients pris en charge à domicile. Une solution basée sur un système multi-agents. Ils proposent l'utilisation d'une ontologie pour la PAD, afin de garantir une interopérabilité lors d'échange d'information entre les agents.

- K4Care²⁷ (Knowledge-Based HomeCare eServices for an Ageing Europe) : (Valls *et al.* 2010) un projet européen qui a débuté en 2006 et qui regroupe sept pays de l'UE. Son but est de proposer un modèle d'un standard européen pour les soins à domicile, qui sera supporté par les technologies de l'information et de la communication. Il propose une architecture basée sur un système multi-agent et des ontologies (le concept d'ontologie est présenté dans le chapitre (Chapitre IV) de la PAD.

II.2.2. Apport des TIC dans la PAD

Nous avons vu par les différents services et projets proposés dans la sous-section précédente, que les TIC offrent des possibilités d'amélioration de la PAD, en fournissant des moyens de traçabilité, d'échange et de partage d'informations et de restitution d'informations à temps réel, ainsi que des moyens de surveillances. En effet, les services de télémédecine et de coordination améliorent la PAD à différents niveaux. Nous en citons ci-dessous les principaux :

- sociologique : l'amélioration de la qualité de vie des patients, en diminuant leurs dépendances et en luttant contre l'exclusion,
- économique : la réduction des coûts pour les différentes parties prenantes. En évitant les coûts de déplacements et de transferts inutiles ou du moins en les réduisant au maximum,
- démocratique ou équitable : la possibilité qu'ont les patients isolés d'avoir accès à un suivi médical, des services cliniques spécialisés, etc.
- médicale : le suivi médical des patients à domicile devient meilleur,
- psychologique : la sérénité et la tranquillité apportées aux usagers (patient, entourage et professionnel), et qui leur permet de déstresser en s'assurant que le patient est bien suivi ou surveillé et qu'il ne court pas de danger.

II.2.3. Le projet PASPORD

La plupart des projets (cités en section II.2.1 La place des TIC dans la PAD) innove en proposant un emploi de capteurs et de technologies de l'information et de la communication appropriées. Toutefois, en se référant aux principales conclusions de l'Action Spécifique

²⁷<http://www.k4care.net/>

2HM (Hôpital Hors les Murs) du CNRS (Guinet *et al.* 2007) et relayé par le rapport de la FNEHAD, il n'y a pas réellement aujourd'hui, et à notre connaissance, de travaux abordant la problématique dans une formulation d'ensemble, c'est-à-dire réfléchissant à une architecture distribuée et collaborative, générique de systèmes de maintien des patients à domicile.

Le projet de recherche PASPORD, dans lequel s'inscrit notre travail, et qui représente une continuité de la contribution de l'équipe de recherche ERISIS (Equipe de Recherche en Informatique et Systèmes d'Information pour la Santé) au sein de l'action spécifique 2HM du CNRS (Guinet *et al.* 2007), a pour objectif de développer la capacité d'assistance à domicile de personnes légèrement dépendantes ou en perte d'autonomie via une plateforme collaborative adaptée.

Ce projet propose de combiner, un système intelligent pour la détection des situations dangereuses à domicile, avec un système d'aide à la coordination des différents métiers impliqués dans la mission d'assistance (cf. Figure 10 Figure 10). Le territoire régional de Midi-Pyrénées a été choisi pour des expérimentations.

Au cœur de ce dispositif, et à un niveau conceptuel, on trouve un processus de la prise en charge à domicile (PAD). L'aide à la conception de ce processus personnalisé pour chaque patient est le cœur de notre recherche. Si l'on croise les caractéristiques de ce processus avec les objectifs de satisfaction du patient et de respect des exigences, l'ingénierie des PAD est un exercice délicat d'ingénierie des processus. Concrètement, notre travail dans ce projet consiste à proposer une approche d'aide à la conception d'un workflow personnalisé pour la PAD. Cette approche se base forcément sur des connaissances du domaine de la PAD. C'est ce que nous développons dans le reste de la thèse.

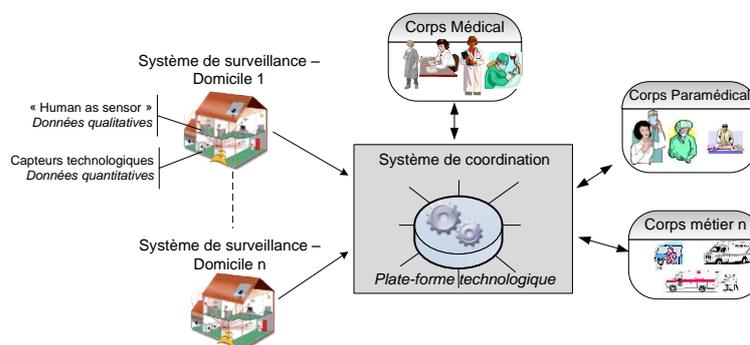


Figure 10. Synoptique du projet PASPORD

Synthèse du chapitre

La grande majorité des projets pour améliorer les pratiques et les usages du secteur de la santé, et particulièrement de la PAD, sont basés sur les TIC. D'ailleurs, les TIC sont reconnues

comme un élément inéluctable à l'amélioration du domaine de la santé et particulièrement dans le cas de la PAD. Cependant, malgré toutes les avancées accomplies dans le domaine de la PAD, le problème de coordination et de continuité des soins personnalisés aux patients subsiste toujours.

La proposition d'une solution pour améliorer les problèmes de coordination et de continuité doit prendre en compte les caractéristiques spécifiques du processus de la PAD. Un processus qui a la particularité d'être un processus personnalisé, collaboratif, et évoluant dans un environnement très dynamique et incertain. Ces caractéristiques rendent la mise en place d'un système de workflow extrêmement difficile.

Dans la deuxième partie de la thèse, nous présenterons deux technologies que nous proposons de combiner, afin d'aider à la coordination personnalisée des patients pris en charge à domicile. La première technologie que nous présenterons avec ses rôles en particulier dans le domaine de la santé est la technologie du workflow. Nous pointerons les défis qu'elle devra relever pour une meilleure utilisation dans un contexte de la prise en charge à domicile de patients dépendants. La deuxième technologie que nous développons dans le second chapitre est l'ontologie, qui permet de stocker des connaissances sur la PAD et d'être interrogée lors de la conception personnalisée du workflow.

DEUXIEME PARTIE

ETAT DE L'ART

Chapitre III. LES WORKFLOWS ET LA SANTE

Cette partie de la thèse est divisée en deux chapitres pour la présentation des deux technologies qui constituent les fondements théoriques et technologiques de notre travail : les workflows et les ontologies.

Comme nous l'avons constaté au premier chapitre, la coordination des soins est l'un des défis majeurs de la PAD. Les technologies de la gestion des processus métiers (BPM) et plus spécifiquement les workflows sont connus pour être typiquement des technologies d'information support de la coordination, c'est à dire des dispositifs capables de prendre en charge automatiquement les interactions des acteurs de la PAD. Dans ce chapitre, après une brève introduction au paradigme de la gestion des processus métiers, nous présentons les workflows et tous les concepts qui leurs sont reliés. Nous présentons ensuite les défis que doivent relever les workflows dans le domaine spécifique de la santé et notamment ceux liés à la personnalisation des soins.

III.1. Gestion de processus métiers BPM

BPM (Business Process Management) en français «gestion des processus métiers» est la discipline qui gère la chaîne complète de la modélisation jusqu'au déploiement des processus d'une entreprise. D'après Van der Aalst (Van der Aals, 2003) « *BPM comprend les méthodes, les techniques et les outils pour concevoir, exécuter, gérer et analyser les processus opérationnels en s'appuyant sur des acteurs qui peuvent être : des êtres humains, des organisations, des applications et autres sources d'information* »

Les objectifs d'une démarche de gestion des processus métiers sont :

- l'optimisation de la chaîne de valeur de l'entreprise en définissant, supervisant et améliorant les processus métiers,
- la capitalisation sur l'organisation (personnels, rôle, etc.) et sur le système d'information,
- offrir une flexibilité aux processus pour qu'ils s'adaptent au changement,
- l'automatisation des processus qui peuvent l'être. Cet objectif est souvent réalisé par l'implémentation d'un workflow.

III.1.1. Le concept de processus

Plusieurs auteurs ont proposé leur propre définition du concept processus (Sienou, 2009). Nous avons sélectionné certaines définitions proposées par des organismes de standardisation tels que le WfMC (WfMC, 1999) « *Un ensemble d'une ou plusieurs procédures liées ou d'activités qui, collectivement, réalisent un objectif métiers, normalement dans le cadre d'une structure organisationnelle définissant les rôles et les relations fonctionnelles* ». Ou ISO, qui propose la définition suivante « *un ensemble d'activités corrélées ou interactives qui transforme des éléments d'entrée en éléments de sortie* ». En reprenant ces définitions nous pouvons dire de façon simple que le processus est une succession d'activités réalisées dans un but précis.

Le BPM consiste à modéliser les processus métiers d'une entreprise dans le but de proposer une amélioration de ces processus voir leur automatisation. D'après (ISO/DIS 19440.2, 2005) le processus métier représente un ensemble partiellement ordonné de processus métier et/ou d'activités d'entreprise exécuté pour réaliser des objectifs d'entreprise dans le but d'obtenir un résultat désiré. En fait, un processus métier désigne tout processus modélisant le comportement réel du déroulement du processus en incluant les activités non automatisables, tel que l'activité « changement de pansement » dans un processus « visite d'une infirmière » au domicile d'un patient. La Figure11 Figure11montre le méta modèle d'un processus avec les concepts que nous considérons principaux à la définition du processus et dont nous donnons une définition ci-après :

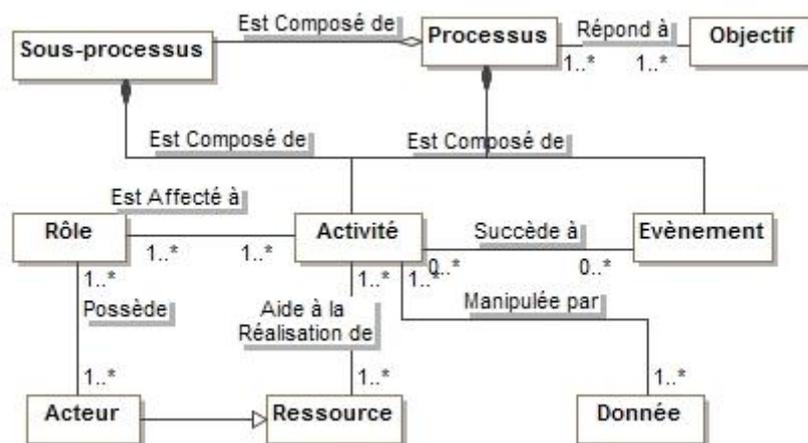


Figure11. Méta modèle de processus

- a. **Objectif** : représente l'objectif fixé par le processus qui peut être la production d'un résultat, la création d'une valeur ajoutée ou autres.
- b. **Activité** : représente l'élément d'action atomique qui permet la transformation d'une ressource d'entrée en une ressource de sortie. Elle peut être manuelle ou automatique.

Une activité manuelle peut être un formulaire qu'un infirmier doit remplir par des informations sur l'état d'un patient. Une activité automatique peut être le stockage des informations saisies dans une base de données.

- c. **Sous-processus** : est un regroupement cohérent d'activités incluses dans un processus
- d. **Événement** : représente un fait sollicité ou non sollicité indiquant un changement d'état dans l'entreprise ou son environnement. Il est à l'origine du déclenchement des activités qui constituent le processus.
- e. **Rôle** : un rôle décrit les compétences d'un acteur dans le processus ou sa position dans l'organisation. Cela permet de distribuer les activités et les données aux rôles plutôt qu'aux personnes nommées.
- f. **Acteur** : est celui qui possède un rôle et qui effectue réellement les activités qui sont affectées aux rôles.
- g. **Ressource** : tout moyen matériel, logiciel ou humain qui aide à réaliser les activités du processus.
- h. **Données** : ce sont des données qui peuvent être manipulées et modifiées à l'exécution du processus. Elles sont en entrée et sortie des transitions (activités) et peuvent servir comme pré- ou post- conditions pour le cheminement (la sélection de la séquence) à suivre pour les processus exécutés.

III.1.2. Modélisation de processus

La modélisation est le moyen qu'a trouvé l'homme pour rendre plus simple des systèmes ou problèmes qui auraient été trop complexes à cerner à l'état initial. Ainsi la modélisation est la représentation d'une réalité complexe en un modèle plus facile à comprendre et à analyser. Ce mode de fonctionnement est utilisé dans différentes disciplines : informatique, industrielle, mathématique, physiques, etc.

La modélisation des processus d'entreprise a pour objet la construction de modèles d'une partie déterminée d'une entreprise pour en expliquer la structure et le fonctionnement ou pour en analyser le comportement (Vernadat, 1996). Autrement dit, la modélisation des processus d'entreprise consiste à représenter leur structure et leur fonctionnement selon un certain point de vue, avec un certain niveau de détail et en fonction des objectifs. Le but principal de cette modélisation est de comprendre le fonctionnement global de l'entreprise afin de pouvoir améliorer ses performances. La modélisation des processus est réalisée surtout dans la première phase du cycle de vie du BPM que nous verrons dans la section suivante (III.1.3 Cycle de vie du BPM). La modélisation des processus se fait à l'aide de langages de modélisations de processus.

Les langages de modélisation de processus permettent de modéliser le comportement dynamique d'une entreprise ou dans notre cas de la PAD. Il existe plusieurs langages de modélisation de processus, allant du plus formel au simple graphisme informel. Les langages de modélisations les plus connus et utilisés sont basés principalement sur les principes des RdP (Réseaux de Petri²⁸) (Scorletti et Binet, 2006). Les différences majeures entre ces langages sont leurs objectifs. Certains langages permettent d'avoir différents points de vue d'un processus, d'autres fournissent un langage compréhensible par tous les acteurs impliqués dans la modélisation, d'autres encore permettent facilement l'automatisation des processus modélisés. Par exemple UML (Unified Modeling Language) via ses diagrammes d'activité et de séquence permet de modéliser des processus de l'entreprise et malgré le fait qu'il soit un langage mûr en matière de transformation de modèles et de génération de code, il reste néanmoins pas ou peu utilisé pour la modélisation graphique des processus. Un autre candidat également intéressant dans la modélisation de processus est le CPE (Chaine de Processus Événementielle) de la chaine des langages proposés dans l'outil ARIS (Architecture of Integrated Information Systems) qui est basé sur les principes des RdP. Lui non plus n'est pas souvent proposé dans des outils de gestion de workflow. Le langage standard, le plus utilisé pour la modélisation des processus est le BPMN que nous développons dans la section (III.2.6.1 Business Process Modeling Notation (BPMN)).

III.1.3. Cycle de vie du BPM

Dans la littérature, il existe différentes visions du cycle de vie du BPM (Zur Muehlen, 2004) (Van der Aalst, 2004) (DS-Scheer, 2006). L'une des plus répandue est celle proposée dans (Van der Aalst, 2004). Sa proposition comprend quatre phases comme le montre la Figure 12. Ce cycle de vie est présenté sous forme d'un anneau signifiant que la démarche est dans une optique d'amélioration continue. Ce cycle de vie du BPM a la particularité d'englober toutes les étapes du cycle de vie d'un workflow qui est constitué des étapes de conception, configuration et exécution.

²⁸<http://www.informatik.uni-hamburg.de/TGI/PetriNets/>

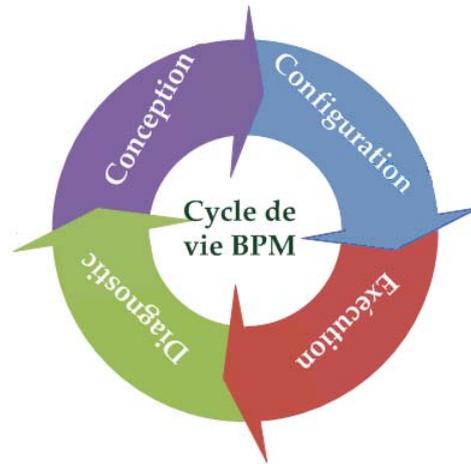


Figure 12. Cycle de vie BPM

- **Phase de conception** : la première phase d'une démarche de gestion des processus métiers est la modélisation des processus métiers existants (As-is) et cibles (To-be). Les modélisations se font, en général, à l'aide de langages graphiques et structurés. Ces modèles présentent différents points de vue (flux de contrôle et de données, aspects organisationnels et socio-techniques). Cette phase est réalisée par des analystes métiers qui n'ont pas forcément de compétences techniques
- **Phase de configuration** : dans cette phase les processus métiers développés par les analystes seront transformés en processus exécutables par des experts en système d'information. Cette phase consiste à définir : le format des messages échangés, les protocoles de transports utilisés, les connexions aux services et les applications invoquées, etc. Dans cette étape, les experts utilisent des langages exécutables par la machine.
- **Phase d'exécution** : cette phase consiste en l'exécution et utilisation du processus défini dans la phase précédente. En règle générale, c'est un moteur de workflow qui exécute ce processus.
- **Phase de diagnostic** : cette phase consiste à suivre des indicateurs de performances lors de l'exécution du processus. Certains de ces indicateurs peuvent concerner par exemple les délais d'attentes ou les coûts ou autre. Le but de cette phase est d'améliorer le processus selon les valeurs des indicateurs relevés. C'est une étape entre la phase d'exécution et celle de la (re-)conception du processus dans le but d'améliorer les performances.

L'activité de BPM est soutenue par une variété de systèmes qui favorisent la collaboration, la coordination et la prise de décision dans les processus métiers (Dumas *et al.* 2005) (Weske ,

2007). Un type spécial de systèmes de BPM sont les systèmes de gestion de workflow, introduits dans la section suivante.

III.2. La technologie des workflows

La technologie des workflows comprend les idées, les méthodes, les techniques et les logiciels utilisés pour supporter les processus métiers. Historiquement, cette technologie vise à surveiller et coordonner les activités associées aux processus métiers bien définis.

III.2.1. Origine

Dans la littérature, on distingue deux points de vue sur les origines du développement de la technologie des workflows : des origines relatives à l'évolution des systèmes d'information et des origines relatives au développement d'outils d'automatisation puis d'optimisation et de rationalisation des processus d'entreprise. D'après Van-der-Aalst et Hee (Van-der-Aalst et Hee, 2004), les systèmes de gestion de workflow peuvent être vus comme une étape dans l'évolution des systèmes d'information. La Figure 13 Figure 13 extraite de (Van-der-Aalst et Hee, 2004) décrit l'évolution architecturale des systèmes d'information, ces quatre dernières décennies. Dans les années soixante, les systèmes d'information étaient composés d'applications avec leurs propres routines pour stocker et récupérer des données. Des applications qui s'exécutent directement sur le système d'exploitation sans interface utilisateur. Les années soixante-dix se sont distinguées par le développement des systèmes de gestion de base de données (SGBD en anglais DBMS : Data Base Management System). Ce développement a permis de libérer le développeur du poids de gestion de données. Dans les années quatre-vingts, c'est le développement de systèmes de gestion d'interface utilisateur « User Interface Management Systems » (UIMS) qui a libéré les développeurs du poids d'implémenter des interactions homme-machines. Ces deux dernières décennies ont vu l'apparition des systèmes de gestion de workflow (WFMS : Workflow Management System), permettant aux développeurs d'applications d'extraire les procédures de travail des applications développées.

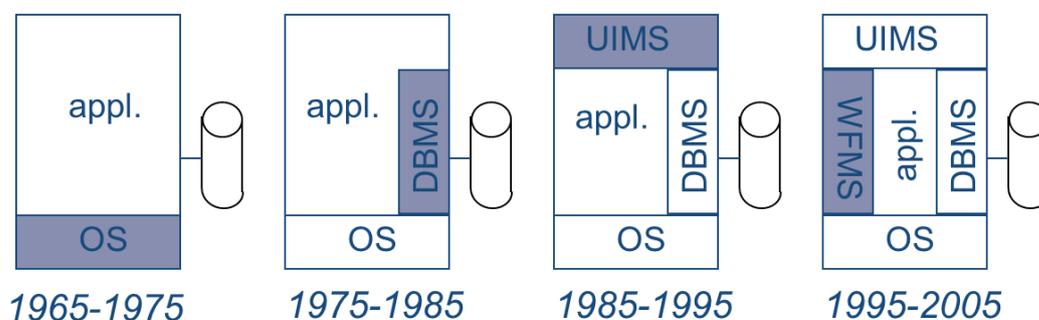


Figure 13. Les systèmes de gestion de workflow dans une perspective historique

D'après (Zur Muehlen, 2004) et (Dumas *et al.* 2005), la technologie des workflows a émergé à la fin des années 1960 motivée par la nécessité de récupérer et de stocker des données. L'idée était de développer des outils supportant les processus. Ainsi, les premiers workflows ont vu le jour au début des années 1970, il s'agissait de workflows d'automatisation et d'optimisation des processus de « bureau » (office automation). Toutefois, le premier système de workflow commercial a vu le jour au milieu des années 1980 (Zur Muehlen, 2004). Cette génération de workflow souffrait d'un problème de rigidité et ne traitait pas les exceptions, ce qui rendait leurs utilisations trop lourdes. Toutefois, à la fin des années 1990, les systèmes de workflows ont atteint une certaine maturité et sont devenus largement utilisés. D'après (Zur Muehlen, 2004), plus de 200 projets de recherche ou industriels commerciaux étaient disponibles à la fin des années 1990. En effet, la technologie de workflow s'est beaucoup développée auprès des méthodes de management pour l'amélioration des processus, et les méthodes de conception des processus, d'automatisation des processus d'entreprise et d'amélioration de leurs performances comme les BPR²⁹ (Business Process Reengineering) (Yogesth, 1998). Ces dernières années, plusieurs projets de recherche notamment dans le domaine de la santé, se sont intéressés au fait d'avoir un workflow non pas rigide mais adaptatif, flexible ou agile (notions définies plus loin) (Quaglini *et al.* 2001) (Ardissono *et al.* 2005) (Mans, 2011).

III.2.2. Terminologie associée au paradigme de workflow

Il existe beaucoup d'ambiguïtés entre différents termes liés à la technologie du workflow. Dues au fait, qu'ils soient utilisés parfois comme synonymes (Knolmayer *et al.* 2000) (Vander-Aalst et Hee, 2004). En effet, il arrive souvent par exemple de désigner un système de gestion de workflow par « workflow » ou « système de workflow ». Dans cette section, nous nous attachons à enlever tout flou qui peut exister entre ces différents termes.

Les définitions que nous présentons dans cette section sont issues de consensus établis par la WfMC (Workflow Management Coalition Specification). La WfMC est une organisation fondée en 1993 qui regroupe un ensemble d'industriels en informatique, de chercheurs et d'utilisateurs. Leur but est de promouvoir la technologie des workflows et d'établir des standards pour les systèmes de gestion de workflow.

²⁹Business Process Reengineering : Démarche de remise en question et de redéfinition en profondeur des processus d'une organisation en vue de la restructurer pour la rendre plus efficace tout en réduisant les coûts.

III.2.2.1. Workflow

Un workflow est traduit littéralement en français par « flux de travail ». De nombreuses définitions existent pour le workflow, cependant, la plus répandue est celle donnée par le WfMC qui stipule « Un workflow est l'automatisation partielle ou complète d'un processus, au cours duquel des documents, des informations, des tâches passent d'un participant à un autre, au sein d'un groupe de travail, en conformité avec un ensemble de règles » (WfMC, 1999). En d'autres termes, un workflow permet la coordination du travail entre plusieurs acteurs en suivant un modèle de processus prédéfini.

Une ambiguïté existe entre le concept de workflow et celui de processus métier, selon Leyman et Roller (Leyman et Roller, 1999), un workflow décrit les étapes qui sont exécutées automatiquement par une machine, tandis qu'un processus représente le monde réel, il décrit les parties exécutables et les parties non exécutables. En fait, le processus métier est le résultat de la première étape du cycle de vie d'un système de workflow, qui consiste à modéliser les processus de l'entreprise par des analystes métiers. Un workflow est le résultat de la deuxième étape du cycle de vie, qui consiste à modéliser et configurer par des experts techniques les processus métiers, dans un langage compréhensible et exécutable par les machines.

III.2.2.2. Système de gestion de workflow

Un système de gestion de workflow est l'outil qui supporte les différentes étapes du cycle de vie d'un workflow. En effet, il définit, crée et gère l'exécution des workflows à travers l'utilisation de logiciels, fonctionnant sur un ou plusieurs moteurs de workflow. Il est capable d'interpréter la définition des processus, d'interagir avec les participants du workflow et le cas échéant, d'invoquer l'utilisation des outils informatiques et des applications (WfMC, 1999). Les principaux concepts liés au système de gestion de workflow sont définis ci-après.

- **Instance (cas) :** une instance ou un cas est une instanciation d'un modèle de processus défini, on parle dans ce cas d'instance d'un processus. A un niveau plus fin, on parle d'instance d'activité pour désigner une instance particulière d'une activité automatisable d'un processus. Un processus peut avoir plusieurs cas qui s'exécutent en même temps.
- **Liste des tâches (Work item) :** liste des tâches que doit effectuer un utilisateur. Ces tâches sont généralement gérées directement par le moteur de workflow. Certains workflows permettent aux utilisateurs de gérer leur liste de tâches.

- **Gestionnaire de liste des tâches et interface utilisateur :** est l'outil qui assure l'interaction entre les utilisateurs et le moteur de workflow. Il peut également gérer la distribution des tâches et l'équilibrage des charges de travail. L'interface utilisateur peut être un composant particulier ou combiné avec le gestionnaire des listes de travail. Son rôle est de présenter une interface utilisateur ergonomique. Etant donné que plusieurs applications clientes interagissent avec différents services de workflow, l'idée est de représenter les listes de travail de ces services, aux utilisateurs via une interface utilisateur sous un format d'une liste de travail unifiée.
- **Applications invoquées :** toute application : SGBD, service web, etc. appelée lors du déploiement du processus.

III.2.2.3. Terminologies de base du workflow

La Figure 14 récapitule les concepts de base d'un workflow. Cette figure classe les concepts du workflow selon deux points de vue : un point de vue conceptuel (partie gauche de l'arbre) et un point de vue exécutable (partie droite de l'arbre).

- La partie gauche du graphe représente une arborescence des concepts liés au processus et, plus précisément, à la définition du processus qui consiste à modéliser un graphe d'activités (activités manuelles ou automatiques) en décrivant : le cheminement de ces activités, les acteurs du processus, les applications informatiques associées au processus, les données utilisées dans le processus, etc. Tous ces concepts sont définis dans la section (III.1.1).
- La partie droite du graphe définit les concepts liés à l'exécution du workflow via un système de gestion de workflow, dont une définition est donnée dans la section précédente (III.2.2.2) où les concepts liés à l'exécution du workflow y sont également définis : instance de processus qui inclut une ou plusieurs instances d'activités qui se présentent comme une liste des tâches à effectuer et/ou d'applications informatiques invoquées.

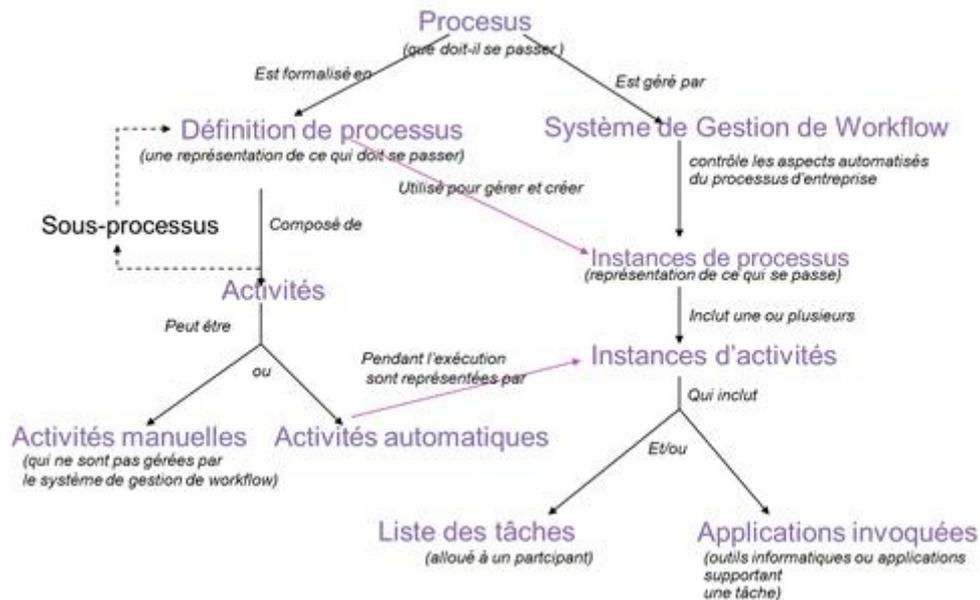


Figure 14. Les relations entre les terminologies basiques du workflow (WfMC, 1999)

III.2.3. Classification des systèmes de workflow

Dans la littérature, nous recensons plusieurs classifications des systèmes de workflow (Georgakopoulos *et al.* 1995), (Van-der-Aalst, 1998), (Van der Aalst, 2004). Cela dépend des critères de classification : par domaine d'application, par objectif, par degré de structuration du Workflow. Cependant, la classification proposée par Van-der-Aalst dans (Van-der-Aalst, 1998) est la plus répandue et la plus reprise par différents auteurs. Cette classification comme le montre la Figure 15, distingue selon deux axes : approche et structure, quatre types de workflow :

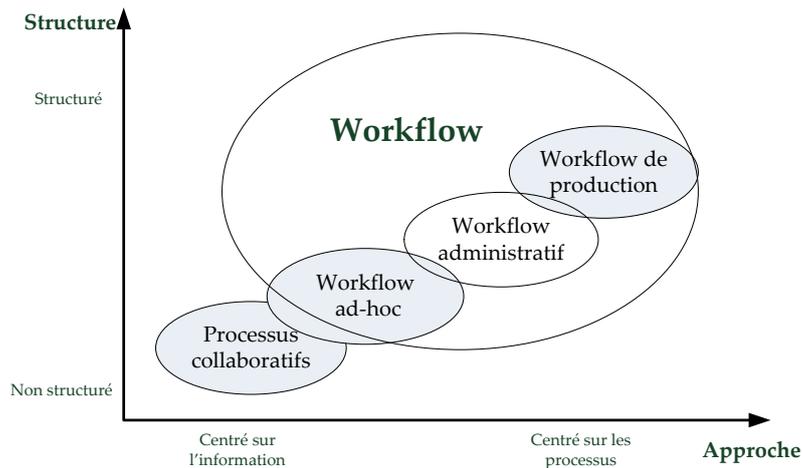


Figure 15. Classification système de workflow

- **Processus collaboratifs** : un processus collaboratif également appelé coopératif a pour objectif de faire travailler plusieurs groupes de travail dans un objectif commun : le lancement d'un nouveau produit, la rédaction collective d'un rapport

d'expertise, etc. Il met l'accent sur la communication et le partage de l'information plutôt que la définition de processus. Dans ce groupe Van-der-Aalst (Van-der-Aalst, 1998) classe les outils de groupwares³⁰. Dans ce cas, ce groupe d'outils est classé en dehors du champ de définition des workflows.

- **Workflow administratif** : workflow correspondant à l'automatisation des processus administratifs tel que : demande de titres de congés, le remboursement des notes de frais, etc. Il est axé sur des processus bien définis avec peu d'exceptions. L'objectif des systèmes de workflows administratifs est d'alléger les tâches de bureau et de réduire les erreurs humaines en automatisant notamment la saisie de formulaires et leur distribution.
- **Workflow ad-hoc** : un workflow ad-hoc ou encore un workflow adaptable, correspond à l'automatisation de processus pas complètement définis à l'avance ou qui doivent s'adapter au changement de l'environnement (ex : les décisions des utilisateurs.). Il existe un grand nombre de travaux qui s'intéressent au développement de ce genre de systèmes de workflow. La section III.4 Classification des approches de workflow agile propose une classification des travaux menés dans ce sens.
- **Workflow de production** : un workflow de production correspond à l'automatisation des processus prévisibles, bien définis, souvent répétitifs et critiques pour la performance globale de l'entreprise. Ce sont des processus opérationnels, la valeur ajoutée de l'entreprise dépend de leur performance. Nous pouvons citer l'exemple de traitements de demandes et de facturation des sociétés de vente par correspondance.

Si on devait positionner le workflow à développer pour la PAD, il appartiendrait aux trois groupes coloriés. En effet, au vu des caractéristiques des processus de la PAD que nous voulons automatiser (collaboratifs et dynamiques), on peut le classer dans les groupes de workflow collaboratif et ad-hoc. Puis le fait que les processus à automatiser (réalisation des soins et suivi et coordination de soins) sont critiques pour la performance globale de la PAD, le workflow à développer peut être considéré comme un workflow de production.

³⁰Collecticiel : classe de logiciels prévus pour être exploités de façon concurrente, sur un même projet. Il permet à un groupe de personnes de partager des documents à distance pour favoriser le travail collaboratif.

III.2.4. Architecture de workflow de référence WfMC

La Figure 16 Figure 16 présente l'architecture de référence du WfMC (Workflow Management Coalition) (WfMC, 1999) pour les systèmes de gestion de workflow. Cette architecture a pour but de résoudre les problèmes d'interopérabilité entre systèmes de gestion de workflow mais également de définir les caractéristiques fondamentales de ces systèmes. Cette architecture est présentée avec ses cinq interfaces et ses composants dans ce qui suit:

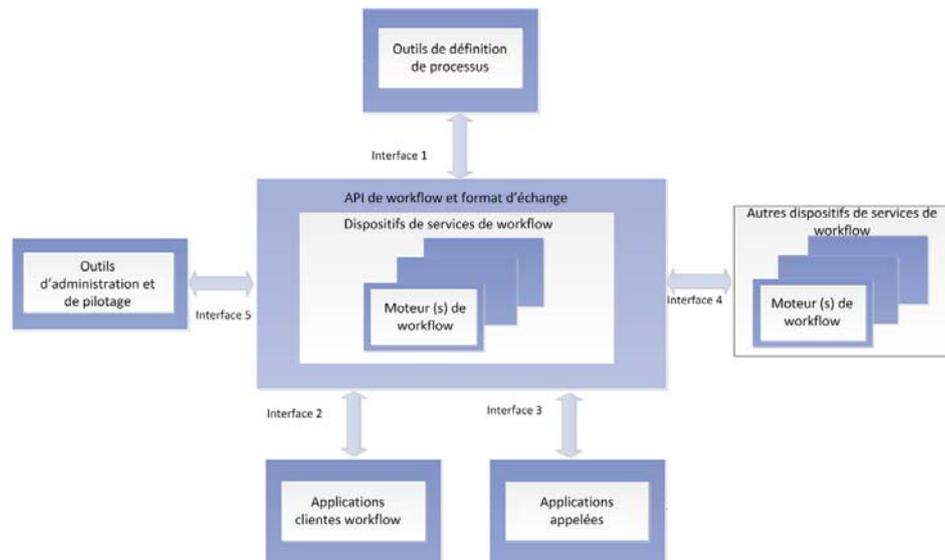


Figure 16. Architecture de référence du workflow selon le WfMC

- outil de définition de processus: c'est l'outil permettant la modélisation graphique du processus à automatiser et à déployer.
- applications clientes workflow : toute application permettant la communication des listes de tâches, messages, etc. aux acteurs du workflow.
- applications appelées (invoquées) : toute application informatique appelée lors du déploiement du processus : SGBD, service web, etc.
- autres dispositifs de services workflow : autre système de gestion de workflow susceptible de communiquer avec le système de gestion de workflow.
- outils d'administration et de pilotage : donnent accès aux tâches d'administrations, telles que suspension d'une tâche ou arrêt d'un processus.

Les cinq interfaces proposées dans l'architecture de référence sont :

- interface 1 : définition d'une interface standard entre la définition des processus, les outils de modélisation et les moteurs de workflow.
- interface 2 : définition d'API pour les applications clientes qui interrogent le moteur de workflow afin de pouvoir contrôler la progression des processus, des activités et les listes de travail.

- interface 3 : définition d'une interface standard API pour permettre au moteur de workflow d'invoquer une variété d'applications.
- interface 4 : définition d'un modèle de workflow interopérable et des standards correspondants afin de réaliser l'interopérabilité
- interface 5 : définition des fonctions de surveillance et de contrôle.

III.2.5. Fonctionnement d'un processus de workflow

Le cycle de vie d'un workflow se compose des trois premières phases du cycle de vie d'un BPM (Van der Aalst, 2004), présenté III.1.3. En l'occurrence : une étape de conception, une étape de configuration et une étape d'exécution. La Figure 17 Figure 17 inspirée du (WfMC, 1999) reprend ces étapes en présentant le principe de fonctionnement d'un système de workflow. Ainsi, un système de workflow se compose de deux phases :

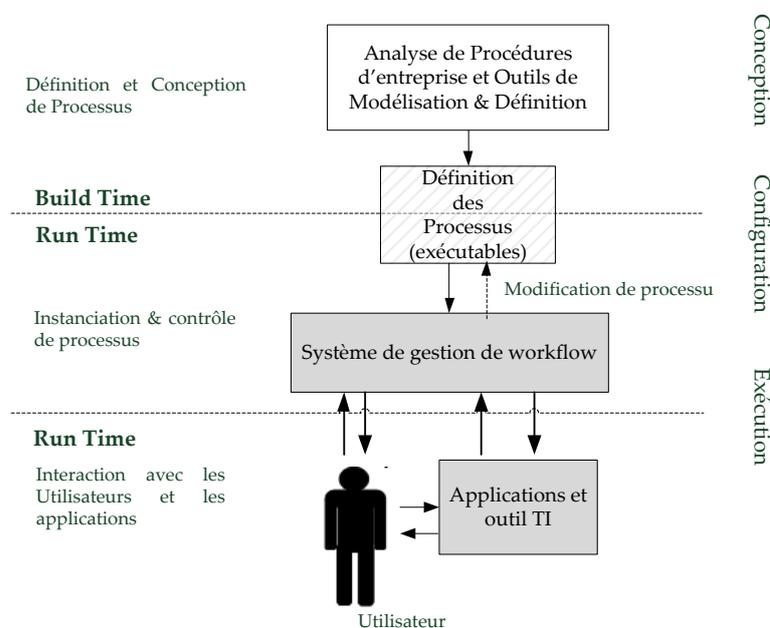


Figure 17. Fonctionnement système de gestion de workflow (inspirée de WfMC, 1999)

- Build time : comprend les outils servant à la réalisation des deux premières étapes du cycle de vie d'un système de gestion de workflow : modélisation et configuration des processus. Cette partie, comprend les outils qui permettent la modélisation des processus métiers d'après une analyse de l'existant, puis la transcription de ces derniers en processus exécutables. Certains systèmes permettent en retour de la partie « run time » des modifications dynamiques de la structure de définition de processus comme indiqué sur la Figure 17.
- Run time : environnement d'exécution se décompose en deux parties qui sont
 - Instanciation et contrôle de processus : comprend une partie des outils permettant la réalisation de la dernière phase du cycle de vie d'un système

de gestion de workflow. Cette partie comprend les outils permettant la gestion complète du workflow résultant de la première partie : l'exécution du workflow par un moteur de workflow, de la distribution des tâches aux rôles via des listes de tâches (Work item), à la mise à disposition de l'ensemble des données et des outils nécessaires au contrôle de cohérence via des outils d'administration et de contrôle.

- Interaction avec les utilisateurs et les applications : lors d'exécution d'un workflow, le système de workflow interagit avec des ressources humaines, des applications informatiques et d'autres systèmes de workflow.

III.2.6. Langages dédiés aux workflows

Interaction avec les utilisateurs et les applications : lors d'exécution d'un workflow, le système de workflow interagit avec des ressources humaines, des applications informatiques et d'autres systèmes de workflow.

III.2.6.1. Business Process Modeling Notation (BPMN)

BPMN³¹ (OMG, 2011) est un langage graphique de modélisation de processus. Il a été développé par le groupe BPMI (Business Process Management Initiative). Le but principal de BPMN est d'offrir une notation pour la modélisation des processus qui soit compréhensible par tous les utilisateurs : de l'analyste métier qui modélise les processus métiers, au développeur qui est chargé d'implémenter les processus et au moniteur qui gère et surveille les processus déployés. En langage BPMN, la dynamique du système est représentée par une succession d'activités et d'événements qui forment le flux de contrôle du processus. Chaque acteur a sa propre logique et donc son propre flux de contrôle. De plus, le langage oblige à confiner les activités qu'un acteur exécute dans la « ligne d'eau » (Pool, piste) qui lui est dédiée. Les événements sont typés. Des connecteurs logiques permettent de traiter les caractéristiques de parallélisme et de synchronisation entre les activités. Un des avantages de ces choix est de mettre en évidence la coordination entre les acteurs par les arcs qui relient les objets appartenant à deux lignes d'eau différentes. Ces arcs sont d'un type particulier, un arc symbolise le flux d'un message d'un acteur vers un autre. Le modèle de processus met alors en évidence les communications liées aux interactions entre les acteurs. En effet, le BPMN est très adapté pour la modélisation de processus collaboratifs. Plus de détails et la présentation des éléments composant le langage BPMN sont disponibles en annexe (Annexe A).

³¹<http://www.bpmn.org/>

III.2.6.2. XML Process Definition Language ou langage (XPDL)

XPDL³² est un standard du WfMC pour la modélisation de processus métiers. XPDL est construit à partir du langage XML. Il définit un format d'échange entre outils graphiques ou de description de processus. XPDL décrit la position des symboles dans les cartographies de processus et la succession de connecteurs qui relient chacun de ces éléments. Il permet de séparer la définition des processus de leur exécution, ce qui lui permet d'être exécuté sur différents moteurs de workflow. Le langage XPDL est extensible, il permet aux éditeurs d'ajouter des attributs aux éléments qui font partie de la définition d'un workflow. Le langage XPDL (Van-der-Aalst, 2003) comprend les principaux éléments suivants :

- package : est le container de tous les éléments.
- les applications : spécifient des applications et / ou outils invoqués.
- les processus : décrivent des workflows ou des parties de workflows.
- les activités : ce sont les éléments de bases de XPDL. Il existe trois types d'activités, les activités de routage pour les flux de contrôle complexes. Les activités de bloc utilisées pour exécuter un ensemble d'activités. Enfin, les activités implémentations ce sont des étapes, dans le processus, réalisées par des êtres humains, par des applications ou par d'autres processus de workflow.
- les transitions : désignent les relations entre les activités.
- les participants : ce sont les ressources (acteurs, applications, etc.) qui peuvent exécuter les tâches des activités.
- les données : utilisées pour faire des choix ou comme éléments d'entrée et de sortie d'une activité.

III.2.6.3. Business Process Execution Language (BPEL)

BPEL³³ (Jordan et Evdemon, 2007) est le standard de facto pour les langages d'exécution de processus, plus précisément, pour les logiciels de BPM basés sur une architecture SOA (architecture orientée service). Il est maintenu actuellement par OASIS³⁴ (Organisation pour l'Avancement des Standards d'Information Structurée). L'appellation complète de BPEL est WS-BPEL (Web Services Business Process Execution Language) qui est une révision du nom initial BPEL4WS (Business Process Execution Language for Web Services). Le BPEL est issu

³²<http://www.wfmc.org/xpdl.html>

³³<http://bpel.xml.org/>

³⁴<https://www.oasis-open.org/>

des langages WSFL (Web Services Flow Language) (Leymann, 2001) d'IBM et XLANG (Thatte, 2001) de microsoft, et est dérivé du XML. Une définition d'un processus BPEL précise les détails techniques d'un workflow et offre un moyen d'orchestration de services web. Les principaux concepts BPEL sont :

- PartnerLinks : joue le rôle d'un canal de communication entre les services web distants utilisés par le processus BPEL, en fournissant la liste des services participant au processus et en décrivant leurs interactions.
- Variables : données stockant les messages échangés entre services web et données internes du processus BPEL.
- Simple activités est l'élément de base d'un processus BPEL. Il existe plusieurs types d'activités simples : activité d'envoi et réception de message, d'invocation de service web, de modification d'une donnée, etc.
- Structured activities spécifie le control du flux des activités simple en précisant leur exécution séquentielle, parallèle, guidée par des conditions, etc.

III.3. Limitations des workflows

Depuis le milieu des années 90, les problèmes liés à la rigidité des workflows sont bien identifiés et connus. Dans la littérature, les auteurs se sont intéressés au fait d'avoir un workflow non pas rigide mais adaptatif, flexible ou agile (les qualificatifs varient suivant les auteurs). Les solutions proposées dans ce contexte ont pour objectif de concevoir des workflows qui :

- prennent en considération les exceptions : lorsqu'une exception prévue ou imprévue surgit, le workflow doit pouvoir y répondre
- ont le pouvoir d'évoluer avec l'environnement, la possibilité et la facilité d'adapter le workflow utilisé aux nouvelles exigences métier du moment, de façon permanente ou exceptionnelle.

Pour une meilleure compréhension, nous donnons les définitions les plus répandues pour ces caractéristiques recherchées, ci-dessous.

- **Personnalisation** : le concept de personnalisation a connu un véritable engouement ces dernières années, notamment depuis l'avènement du e-commerce, engendrant plusieurs définitions (Rosenberg, 2001), (Janowski et Sarner, 2001) et (Kostadinov, 2003). La définition que nous présentons ici est celle proposée par (Janowski et Sarner,

2001) : « toute interaction avec l'utilisateur dans laquelle le message, l'offre ou le contenu a été taillé sur mesure pour un utilisateur ou groupe d'utilisateur spécifiques ». En fait, d'après nos connaissances, il n'existe pas de définition de la personnalisation propre au domaine du workflow. Ce qui fait que la définition proposée par (Janowski et Sarner, 2001) est une bonne description de ce que nous attendons d'un workflow personnalisé : le workflow doit être taillé sur mesure pour un utilisateur ou un groupe d'utilisateur, et distribuer à chacun les tâches et messages adéquats.

- **Adaptabilité** : l'adaptabilité des workflows a été définie dans (Han *et al.* 1998) comme suit « un mécanisme adaptatif change dynamiquement des instances de workflow actifs. Cela permet au système de gestion de workflow de s'adapter aux changements métiers et organisationnels, et aussi à un contexte changeant ». L'adaptabilité dans le domaine du workflow est souvent confondue ou du moins n'est pas distinguée de la notion de flexibilité (Mans, 2011). De plus, souvent l'adaptabilité est donnée comme critère pour définir la flexibilité (Schonenberg *et al.* 2008). Elle est définie également comme un concept général dont la personnalisation est une spécification (Janowski et Sarner, 2001).
- **Flexibilité** : un grand nombre de travaux se sont concentrés sur la flexibilité et l'ont définie (Volberda, 1996) (Reed *et al.* 1998) (Sherehiy *et al.* 2007). Dans le domaine de la technologie workflow, (Nurcan, 2008) définit les workflows flexibles comme la capacité de satisfaire de manière rapide et facile les exigences de l'environnement de l'entreprise en terme d'adaptation quand il y a un changement organisationnel (qui), opérationnel (comment) et/ou fonctionnel (quoi), tout en restant efficace. Les auteurs de (Zhao et Paschke, 2012) définissent la flexibilité comme étant la capacité d'un système de workflow de réagir aux changements dans son environnement. Dans (Schonenberg *et al.* 2008), les auteurs distinguent quatre types de flexibilité dans les workflows, il s'agit de la flexibilité par :
 - conception : concerne la flexibilité apportée lors de la conception pour parer au changement prévu dans l'environnement.
 - déviation : consiste à mettre en place des moyens de réagir à des changements imprévus (exemple : la possibilité de sauter une tâche).
 - sous spécification : est la capacité d'exécuter un processus inachevé au moment de l'exécution, le processus se dessine au fur et à mesure qu'il reçoit les informations nécessaires et suffisantes.

- motivation : est la capacité de modifier la définition du processus exécuté de façon que toutes les instances en cours d'exécution s'y conforment, il s'agit de s'adapter à un changement permanent.
- **Agilité** : c'est un concept ayant de nombreuses acceptions selon le domaine dans lequel il est employé : système d'information, gestion industrielle, etc. Une sélection, loin d'être exhaustive, des définitions que nous pouvons trouver dans la littérature dans différents domaines est présentée dans l'annexe D. Le concept d'agilité est devenu un intérêt croissant pour des chercheurs depuis le début des années quatre-vingt-dix. Dans la littérature, nous trouvons plusieurs définitions du concept (Kidd, 1995) (Yusuf *et al.* 1999) (Charles *et al.* 2009). Ces définitions ont des similitudes. En effet, elles décrivent toutes la capacité à s'adapter au changement dans un environnement incertain et en constante évolution. Chacun met en évidence les propriétés constitutives de l'agilité. Les propriétés les plus citées pour la description de l'agilité sont : flexibilité, adaptabilité, réactivité, pro-activité, rapidité de réponse (Sherehiy *et al.* 2007). Nous utilisons dans la section suivante ce terme qui englobe les trois caractéristiques précédentes à savoir : flexibilité, adaptabilité et personnalisation qui est elle-même une spécification de l'adaptabilité.

III.4. Classification des approches de workflow agile

Les propositions de workflows agiles peuvent être classées selon les approches ou technologies suivies. En fait, deux grandes approches sont utilisées pour obtenir de l'agilité dans les workflows (Schonenberg *et al.* 2008), ce sont : l'approche impérative (dite classique) et l'approche déclarative.

- **L'approche impérative** : met l'accent sur la définition précise de la façon dont un ensemble de tâches doit être effectué (c'est-à-dire, l'ordre des tâches est explicitement défini). En langages impératifs, les contraintes sur l'ordre d'exécution sont décrites, soit par l'intermédiaire de liens (ou connecteurs) entre les tâches soit par des conditions sur les données qui leurs sont associées.
- **L'approche déclarative** : se concentre sur ce qui devrait être fait et non sur comment le faire. Elle utilise les contraintes pour restreindre l'exécution de certaines tâches. Par défaut, tous les chemins d'exécution sont autorisés.

Dans la catégorie des solutions impératives, plusieurs solutions ont été proposées. Dans (Adams, 2007), l'auteur présente des solutions qui permettent pour la plupart de traiter des

exceptions durant l'exécution ; d'ajouter, de supprimer des tâches, voir même de modifier le séquençement des tâches. C'est possible en se basant sur des E-C-A (Events-Condition-Action) (Greiner et al. 2005). Le souci avec ces propositions est qu'elles se basent toutes sur une intervention manuelle pour apporter de la flexibilité.

Une autre approche très intéressante se base sur les "worklets" (Adams *et al.* 2006). Cette solution utilise l'Architecture Orientée Service (SOA), se base sur un répertoire de tâches (worklets) liées ou pas, et sur une base de règles RDR (Ripple Down Rules). L'enchaînement des tâches et le traitement des exceptions se basent sur les règles définies dans la base RDR, ce qui permet de la flexibilité ou de l'adaptabilité au contexte d'exécution. Un avantage est que pour adapter un workflow aux changements survenus dans le processus métier, il suffit d'ajouter les nouvelles tâches dans le répertoire des tâches, et les règles qu'il faut dans la base de connaissance RDR. Le système de gestion de workflow open source YAWL (Yet Another Workflow Language) implémente cette méthode.

Il existe également une approche qui est appelée "Case Handling" (Van der Aalst, 2005) qui consiste à piloter le travail en se basant sur les données et non plus sur le processus. En d'autres termes, elle se base sur les informations disponibles pour décider des activités à lancer et non plus sur les activités déjà exécutées. Ainsi, chaque participant au processus aurait accès aux informations complètes concernant le cas traité, et il lui serait possible d'exécuter n'importe quelle tâche du moment où les données sont disponibles. L'un des problèmes majeurs de cette approche est la redondance d'informations ainsi que les incohérences qui lui sont corrélées. Parmi les systèmes de gestion de workflow qui se reposent sur cette méthode, nous citons FLOWer un système de gestion de workflow commercial (Van der Aalst, 2005).

L'évolution du contexte de l'entreprise, le B2B, le e-commerce ou encore la coopération et collaboration entre les organisations ont fait naître le besoin d'avoir des workflows inter-organisationnels (WIO) lâches. Plusieurs solutions ont été proposées. La plupart des auteurs préconisent une approche multi-agents et l'utilisation des services web (Zeng, 2001) (Buhler et Vidal, 2005) (Aberg *et al.* 2005) (Blake et Gooma, 2004) et (Bouzguenda *et al.* 2008). Parmi ces travaux, nous citons les travaux de (Bouzguenda *et al.* 2008) où les auteurs s'intéressent à un environnement collaboratif, où il faut trouver des partenaires participants au processus et

où les partenaires peuvent changer en pleine exécution du WIO. Les auteurs proposent une solution basée sur l'approche multi-agents pour le traitement de la flexibilité, les services web pour faciliter la recherche de partenaire et deux ontologies pour la recherche et la sélection de partenaires.

Dans la catégorie des solutions déclaratives, l'outil le plus connu qui se base sur cette approche est Declare (Pesic *et al.* 2006). Il s'agit d'un prototype de système de gestion de workflow. Il utilise la logique temporelle pour modéliser et exécuter des processus métiers. Actuellement, Linear Temporal Logic (LTL) est le langage utilisé pour développer des modèles de processus dans Declare. Declare précise l'ensemble des contraintes qui guident l'exécution du processus. Dans Declare, il est supposé que les utilisateurs savent déjà ce qu'il faut faire. En principe, les utilisateurs peuvent exécuter les tâches dans un ordre quelconque aussi souvent qu'ils le veulent ; sauf s'il y a des contraintes qui interdisent de faire cette action. Ces contraintes représentent les politiques qui ne doivent pas être violées (exemple : dans un processus de gestion d'un patient, qui se compose de plusieurs tâches avec la contrainte qui dit qu'aucune tâche ne peut s'exécuter tant que la tâche « enregistrement patient » n'est pas achevée.). Autrement dit, les contraintes précisent ce qu'il ne faut pas faire au lieu de spécifier la façon de travailler. Ce qui laisse beaucoup de place pour l'initiative des utilisateurs, qui peuvent prendre des décisions et travailler de différentes manières avec le même modèle.

La Figure 18 présente cette classification en précisant les technologies utilisées pour atteindre les objectifs d'agilité et en donnant des exemples d'outils ou de travaux appartenant à chaque classe.

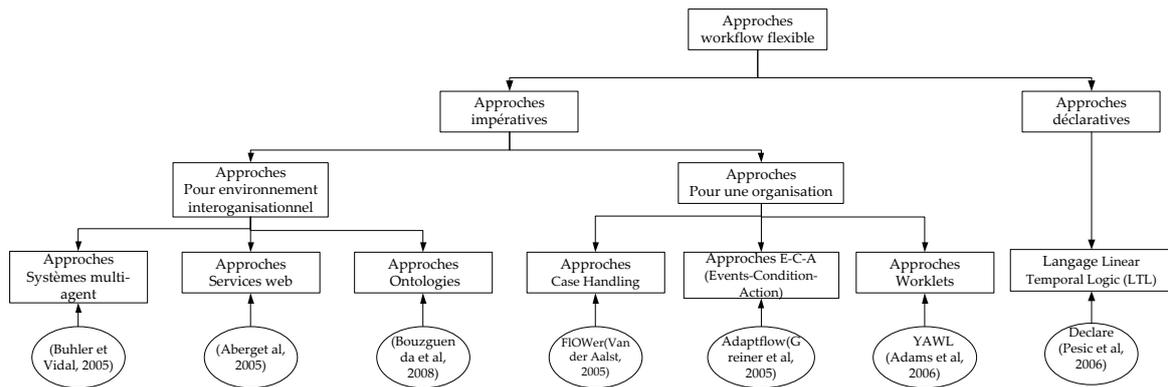


Figure 18. Classification des approches de workflow agile

III.5. Les workflows dans le domaine de la santé

Dans les domaines industriel, bancaire et des assurances, les systèmes de gestion de workflow connaissent un grand succès. Dans ces secteurs, les processus métiers sont bien définis et stables, avec peu d'exceptions à gérer. Contrairement au secteur médical, où chaque patient selon son profil (ses pathologies, ses antécédents, ...) nécessite un processus personnalisé. De plus, les intervenants (médecins, infirmiers, aides-soignantes,...) doivent coopérer et se coordonner. Cet état de fait s'accroît encore plus dans le cadre d'une prise en charge à domicile (PAD). Un système de workflow peut alors aider à cette coordination et à améliorer la PAD ou toute prise en charge médicale (Dadam, 2000). Les auteurs (Song *et al.* 2005) notent que l'amélioration des workflows de soins est très importante pour l'amélioration de la qualité des soins et son efficacité. Nous trouvons l'utilisation des workflows, particulièrement bien établie dans la gestion administrative des hôpitaux (Dadam, 2000) (Poulymenopoulou, 2002), le traitement de pathologies spécifiques (Dazzi, 1997) ou encore pour l'aide au diagnostic (Ardissono *et al.* 2005). Dans ce qui suit, nous caractérisons les workflows dans le domaine de la santé et nous présentons les principales approches proposées pour un workflow de ce domaine assez particulier.

III.5.1. Caractérisation des workflows dans le domaine de la santé

L'activité de soins à domicile souffre de problèmes de communication et de coordination. Pour assurer la coordination, la continuité des soins, et améliorer leur qualité, la technologie de workflow peut aider à :

- s'assurer de l'exactitude de l'information, en automatisant la transmission d'informations et en évitant la transcription répétée de la même information;
- garantir la transmission rapide des informations aux intervenants appropriées, que ce soit des informations sur l'état de santé d'un patient ou toute autre information logistique;

- assurer la transmission d'informations en temps réel des interventions médicales ou paramédicales effectuées par les soignants;
- assurer le stockage des informations au sujet de l'évolution des conditions de santé du patient.

Malgré tous ces bienfaits, d'après notre expérience dans le domaine de la PAD et les travaux de (Dadam *et al.* 2000 ; Leonardi *et al.* 2007) qui ont étudié les défis d'élaborer un workflow dans le domaine de la santé, la mise en place des workflows dans ces domaines est confrontée aux spécificités des processus de soins notamment, les caractéristiques suivantes :

- Personnalisation (Dazzi, 1997), (Dadam *et al.* 2000) et (Quaglini *et al.* 2001) : chaque patient est un cas particulier en raison notamment de son état de santé, de son entourage social et de sa localisation géographique.
- Dynamicité (Dadam *et al.* 2000) : en fonction du changement de l'état de santé du patient et de son environnement. En général, le processus a besoin de s'adapter rapidement et facilement à l'évolution de l'environnement.
- Nature collaborative (Zefouni *et al.* 2009) : le processus de la PAD est fondé sur une forte composante humaine, dont le processus est généralement de longue durée, répartis entre plusieurs acteurs avec différents niveaux d'autonomie, et sous réserve de changement dynamique (Liu *et al.* 2008). Ce processus collaboratif est construit par l'assemblage de processus métiers distribués dans les organisations partenaires. Son comportement est lié aux contributions effectives des partenaires, afin d'atteindre un objectif commun.
- Contraintes temporelles (Dadam *et al.* 2000) : les tâches de soins à domicile ont une fréquence et une durée qui ne sont pas pratiques à représenter dans les modèles de workflow classiques.

III.5.2. Les workflows existant dans le domaine de la santé

De nombreux travaux se sont intéressés à l'utilisation des workflows dans le domaine de la santé et particulièrement à l'hôpital. Nous citons ci-après un ensemble de travaux dans ce domaine loin d'être exhaustif.

Dans (Muller *et al.* 1999), les auteurs proposent un prototype de système de gestion de workflow appelé AgentWork. Ce travail s'appuie sur des règles logiques d'événement-condition-action (E-C-A), afin de supporter la manipulation semi-automatique des défaillances de contrôle de flux. Ce travail a conduit au développement de HematoWork : une application d'un système de gestion de workflow qui exécute des processus d'oncologie.

Dans (Quaglini *et al.* 2001), les auteurs se sont intéressés au processus de soins d'un AVC (Accident Vasculaire Cérébral) lors d'une hospitalisation. Ils ont proposé une méthodologie pour concevoir un workflow flexible (careflow), guidé par un plan de bonnes pratiques³⁵ et une ontologie du domaine organisationnel de l'hôpital.

Dans (Poulymenopoulou, 2002), les auteurs mettent l'accent sur la prestation des soins d'urgences dont les tâches appartiennent soit au service d'urgence d'une ambulance ou au service d'urgence d'un hôpital et peuvent être considérés comme des participants à un processus inter-organisationnel de soins. Ils ont proposé l'utilisation de la technologie des workflows couplée aux services web, afin d'automatiser, exécuter et gérer ce genre de processus.

Les auteurs de (Greiner *et al.* 2005) proposent la solution Adaptflow, une solution basée aussi sur des E-C-A et une base de connaissance. Les règles E-C-A spécifient des primitives pour adapter le plan de traitement individuel d'un patient (par exemple, ajouter / supprimer / retarder une tâche ou la résiliation d'un plan de traitement). L'adaptation d'un plan de traitement doit d'abord être approuvée par un utilisateur autorisé.

Les auteurs de (Leonardi *et al.* 2007) se sont intéressés à la gestion d'une maladie chronique : le diabète, dont les processus de diagnostic et de traitement sont complexes et nécessitent la coordination de plusieurs participants appartenant à différentes unités organisationnelles. Ils proposent une approche basée sur un système de gestion de « serviceflow » (workflow basé sur des services) et une ontologie du domaine organisationnel d'un système de soins virtuel. Cette approche n'offre pas la flexibilité requise, en n'offrant pas au moment de l'exécution la possibilité d'ajouter ou de supprimer un service.

Dans (Mans, 2011), l'auteur propose l'utilisation de la technologie de workflow pour automatiser et exécuter des processus internes de l'organisation des soins. Dans ce but, il propose l'extension d'un système de gestion de workflow en y ajoutant deux outils : un outil d'ordonnancement basé sur un calendrier afin de gérer l'aspect temporel particulier d'un workflow de la santé, et un outil pour supporter l'aspect inter-organisationnel. Enfin, une méthode d'adaptation de workflow basée sur le contenu des logs des systèmes d'information des hôpitaux.

³⁵Guide de bonne pratique » appelé également « recommandations pour la pratique clinique » ou encore « recommandations professionnelles » est un document textuel médical contenant des recommandations élémentaires. Ces documents sont élaborés par des sociétés savantes ou agence nationale comme la HAS (Haute Autorité de Santé), JNS (Joint National Committee), etc.

Comme on peut le voir dans le Tableau 5 qui récapitule les travaux sur les workflows dans le domaine de la santé, ces travaux sont axés particulièrement sur deux problématiques qui sont : la coordination inter-organisationnelle et la flexibilité des workflows dans un contexte d'hospitalisation. De plus, comme précisé dans (Han *et al.* 2006), (Mans, 2011), ces travaux sont pour la plupart concentrés sur le traitement d'une seule pathologie spécifique (AVC, diabètes, etc.) alors que dans le cas de soins à domicile (ou même à l'hôpital), chaque patient peut souffrir de diverses maladies dont l'AVC et le diabète. Il est également à noter que peu de travaux se sont intéressés à la personnalisation des processus de soins. Ceux qui s'y sont intéressés préconisent l'utilisation d'ontologies ou de bases de connaissance.

Synthèse du chapitre

Le workflow est une technologie clé pour supporter la coordination des activités d'un processus dans le domaine de la PAD. Toutefois, l'état de l'art dans le domaine de la santé montre la rareté des travaux s'intéressant à la personnalisation des processus de soins et encore moins dans le domaine de la PAD. Les travaux qui s'intéressent au problème de personnalisation préconisent l'utilisation d'ontologies ou de base de connaissance.

Dans notre travail, on s'intéresse justement à fournir un workflow personnalisé pour une personne prise en charge à domicile, pouvant souffrir de plusieurs pathologies. C'est la raison pour laquelle nous développons dans le chapitre suivant l'ingénierie des ontologies et les ontologies dans le domaine de la santé.

Travaux	Processus métiers à automatiser	Buts poursuivis	Technologies utilisées
(Muller et al. 1999)	Processus oncologie	Flexibilité	- E-C-A (Eventement-Condition-Action)
(Quaglini et al. 2001)	Processus AVC (Accident Vasculaire Cérébral)	Flexibilité	- Ontologie du domaine organisationnel - Plan de bonne pratique
(Poulymenopoulou, 2002)	Processus de soins d'urgence	Coordination inter-organisationnelle	- Services web
(Greiner et al. 2005)	Processus de chimiothérapie	Flexibilité Personnalisation	- E-C-A - Base de connaissance
(Leonardi et al. 2007)	Processus diabète	Coordination inter-organisationnelle	- Serviceflow
(Mans, 2011)	Processus organisationnels de soins	Flexibilité Personnalisation	- Extension de l'architecture de référence d'un workflow

Tableau 5. Projets de workflow dans la santé

Chapitre IV. INGENIERIE ONTOLOGIQUE ET ONTOLOGIE POUR LA SANTE

Afin d'apporter la personnalisation requise dans un workflow de gestion de soins dans le domaine de la PAD, il est nécessaire d'avoir une bonne connaissance du domaine de la PAD : les acteurs impliqués, leurs rôles mais aussi les pathologies traitées, le protocole de soins de ses pathologies, etc. L'ingénierie des connaissances, et plus précisément celle liée aux ontologies, est reconnue comme un des meilleurs moyens de modéliser et de stocker les connaissances d'un domaine. Ce chapitre est centré sur l'ingénierie des ontologies. L'ingénierie des ontologies est la discipline de l'informatique qui s'intéresse à tout ce qui concerne l'ontologie : les méthodes, méthodologies, techniques, langages et outils de conception et d'implémentation des ontologies (Gómez-Pérez *et al.* 2003). C'est principalement ce que nous allons développer dans ce chapitre.

IV.1. Moyens de représentation des connaissances

Cette première partie du chapitre est consacrée aux différents moyens de représenter des connaissances. En effet, dans le domaine de la santé, peu d'ontologies existent, par contre il existe un certain nombre d'autres moyens de représenter et de stocker les connaissances du domaine de la santé. Nous introduisons, dans ce qui suit, la notion de terminologie et les différents types de terminologies existant en donnant des exemples dans le domaine de la santé.

IV.1.1. Terminologie

La terminologie est la science qui s'intéresse au recensement des concepts d'un domaine et des termes qui les désignent. Lefèvre (Lefèvre, 2000) définit la terminologie comme suit « *Les terminologies sont des listes de termes d'un domaine ou sujet donné représentant les concepts ou notions les plus fréquemment utilisés ou les plus caractéristiques, cette liste étant ou non structurée.* ». La terminologie définit des listes de termes particuliers à un domaine précis en précisant une hiérarchisation entre les différents termes. Les termes y sont définis par un texte en langue naturelle.

IV.1.1.1. Classification

La classification est définie par (Bourigault, 2004) comme suit « *Une classification est la répartition systématique en classes, en catégorie d'êtres, de choses ou de notions ayant des caractères communs notamment afin d'en faciliter l'étude. C'est aussi le résultat de cette opération.* ». La classification consiste à regrouper des classes ou des catégories de sous-classes (sous-catégories) ayant des significations proches, de sorte à former une hiérarchie. La classification peut être générale ou relative à un domaine particulier. Dans le domaine de la santé, on peut citer l'exemple de CIM³⁶ (Classification internationale des maladies) présentée à la section (IV.4.1).

IV.1.1.2. Nomenclature

D'après (Bucher, 2002) « *Une nomenclature est un ensemble de catégories, chacune étant associée à une définition explicite des éléments qu'elle contient, et de liens entre ces catégories du type « est une sorte de »* ». De façon plus générale, une nomenclature est une sorte de classification dont l'objectif est l'exhaustivité, c'est-à-dire recenser tous les concepts liés à un domaine. SNOMED³⁷ (Systematized Nomenclature of Medicine), présentée à la section (IV.4.1), est un exemple de nomenclature dans le domaine de la santé.

IV.1.1.3. Thésaurus

Le thésaurus est souvent utilisé pour l'indexation des documents dans le domaine de la recherche d'information. D'après (ISO, 1986) « *Un thésaurus représente un vocabulaire d'un langage d'indexation contrôlé organisé formellement de façon à expliciter les relations a priori entre les notions* ». En fait, un thésaurus est un vocabulaire contrôlé qui résulte d'un processus de tri des mots, appellations et expressions utilisées de manière informelle dans un domaine particulier. Un thésaurus se présente sous forme d'un répertoire alphabétique de termes organisés de manière conceptuelle et reliés entre eux par des relations sémantiques : des relations hiérarchiques, associatives et d'équivalence. Les thésaurus proposent souvent une définition des termes utilisés. Dans le domaine médical, l'un des thésaurus les plus connus est MeSH³⁸ (Medical Subject Heading), ce thésaurus est présenté à la section (IV.4.1).

IV.1.1.4. Taxinomie

La taxinomie ou encore souvent appelée taxonomie est d'après l'encyclopédie Wikipédia³⁹ « *La taxinomie est la science qui a pour objet de décrire les organismes vivants et de les regrouper en entités appelées taxons afin de les identifier puis les nommer et enfin les classer.* » Aujourd'hui, la

³⁶ <http://www.med.univ-rennes1.fr/noment/cim10/>

³⁷ <http://www.snomed.org/>

³⁸ <http://www.nlm.nih.gov/mesh/>

³⁹ <http://fr.wikipedia.org/wiki/Taxinomie>

taxinomie s'étend à d'autres sciences : les sciences humaines, les sciences de l'information ou de l'informatique. La taxonomie présente une classification sous forme d'arbre qui part d'une racine commune où chaque nœud de l'arbre est appelé : taxon. De sorte que plus le rang du taxon est élevé, plus le degré de ressemblance entre les individus concernés est minimum, et inversement.

IV.1.1.5. Ontologie

A l'origine le concept d'ontologie vient du domaine de la philosophie. Cependant, ces dernières années, le concept d'ontologie a connu son essor en informatique. L'ontologie est utilisée dans divers domaines de l'informatique tels que l'ingénierie des connaissances, les systèmes d'information, les systèmes multi-agents, le Web sémantique ou encore les systèmes de workflow. Son point fort est de permettre la capitalisation, l'organisation, la représentation et le partage des connaissances d'un domaine particulier. Cette notion est développée en détail dans la section suivante.

IV.2. Définitions du concept d'ontologie

Dans le domaine de l'informatique, il existe plusieurs définitions du concept d'ontologie, dont les plus répandues sont :

"Une ontologie est semblable à un dictionnaire ou un glossaire, mais avec plus de détails et une structure qui permettent aux ordinateurs de traiter leur contenu. Une ontologie se compose d'un ensemble de concepts, d'axiomes, et de relations qui décrivent un domaine d'intérêt" (IEEE, 2003). Cette définition compare l'ontologie à un dictionnaire complété dont la structure permet un traitement du contenu par la machine. Elle définit également l'ontologie par ses différents composants. Cette définition a l'avantage d'être claire.

Les auteurs de (Neches *et al.* 1991) proposent l'une des premières définitions de l'ontologie : *"Une ontologie définit les termes de base et des relations qui composent le vocabulaire d'un domaine particulier ainsi que les règles qui indiquent comment combiner les termes et les relations de façon à pouvoir étendre le vocabulaire"*. Cette définition évoque les différents composants qui constituent l'ontologie.

"Une spécification explicite et formelle d'une conceptualisation partagée" par Thomas Gruber (Gruber, 1993) et ajustée par (Borst, 1997) constitue certainement la définition la plus référencée du domaine. Elle signifie que l'ontologie est une spécification compréhensible par la machine dont les concepts sont explicitement définis et partagés par une communauté donnée.

IV.2.1. Composantes de l'ontologie

L'ontologie permet de capitaliser les connaissances d'un domaine particulier. La définition de ces connaissances se base sur les composants de l'ontologie : concepts, relations, propriétés, axiomes et instances.

- **Concepts** : également appelés classes dans certains travaux. Un concept peut désigner un objet, une idée ou bien une notion abstraite (Uschold & King, 1995). Dans une ontologie, on désigne un concept par un label (terme, nom). Ce concept est défini par ses différentes relations avec les autres concepts de l'ontologie, ses attributs et les contraintes qui lui sont associées. Un concept peut représenter plusieurs objets. Par exemple le concept désigné par le terme «Infirmier», renvoie à la notion d' « un professionnel de santé » qui effectue des actes paramédicaux : «perfusion », « prise de sang ». L'infirmière MARIE est un objet (instance) du concept « Infirmier ». Cet exemple est illustré dans la Figure 19. Dans l'exemple, les rectangles représentent les concepts, les flèches représentent les relations entre les concepts, et la forme ovale représente une instance.

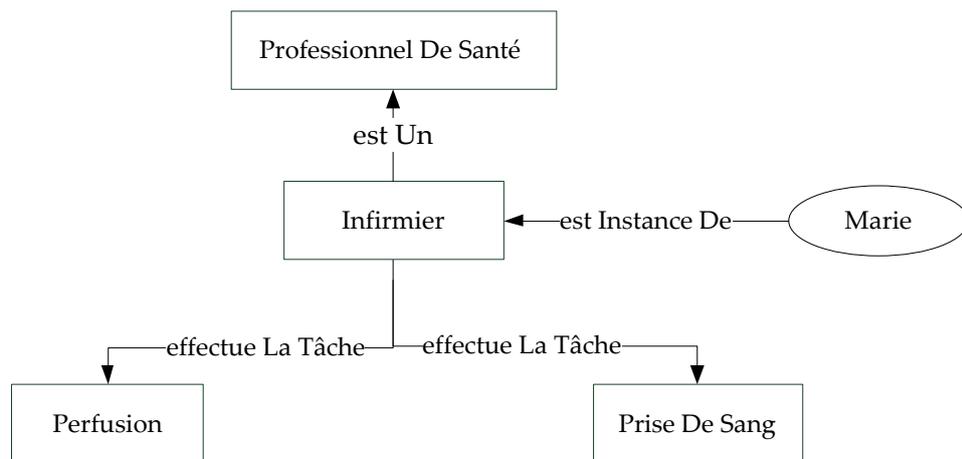


Figure 19. Exemple des composants d'une ontologie

- **Relations** : les concepts sont reliés entre eux par des relations. Ces relations sont exprimées par des locutions verbales. Il existe deux types de relation :
 - Les relations de subsomption définissent la hiérarchie de l'ontologie. La classe subsumée hérite (possède) toutes les caractéristiques de la classe qui la subsume. Exemple la classe « Professionnels de Santé » subsume la classe « Infirmier », c.-à-d. la classe « Infirmier » a toutes les propriétés de la classe « Professionnels de Santé » et que toute instance de « Infirmier » est également

une instance de « Professionnels de Santé ». Une classe peut hériter de plusieurs classes en même temps. La Figure 20 montre Marie qui est une instance de la classe « Infirmier » et celle de la classe « Professionnels de Santé » qui subsume la classe « Infirmier ».

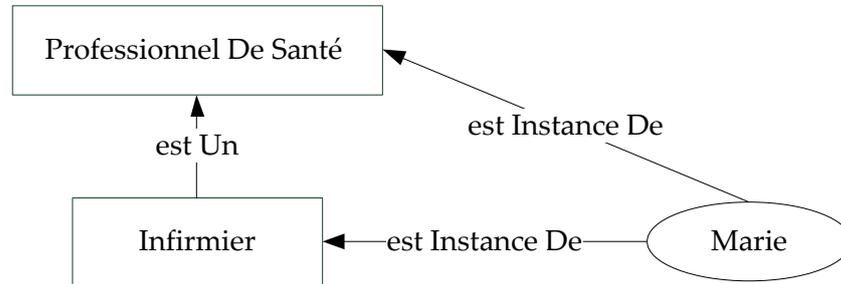


Figure 20. L'héritage dans une ontologie

- Les relations associatives sont des relations entre concepts qui ne représentent pas la relation d'héritage (de subsumption). Exemple de la Figure 19, la relation « effectuer la Tâche » lie le concept « Infirmier » au concept « Prise De Sang » et au concept « Perfusion ».
- **Propriétés** : les propriétés sont les relations entre un concept et un type de donnée autrement dit ce sont les attributs d'un concept. Exemple la propriété « a-Un-Nom », la classe « patient » possède la propriété « a-Un-Poids » qui la relie au type de donnée « Réel ». La Figure 21 montre certaines des propriétés que peut avoir un patient.

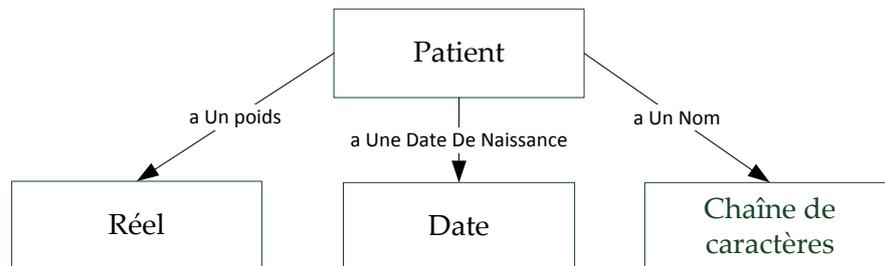


Figure 21. Exemple des propriétés dans une ontologie

- **Axiomes** : les axiomes ou encore les règles sont des expressions toujours vraies. Ils décrivent, dans un langage logique, la sémantique des concepts et des relations. Un exemple d'axiome est de dire que la classe « Patient » et la classe « Pathologies » sont disjointes.
- **Instances** : ou encore appelées individus. Elles représentent les éléments qui peuplent l'ontologie. Dans les figures (Figure 19) et (Figure 20) « Marie » est une instance dans l'ontologie.

IV.2.2. Type d'ontologies

Il est possible de classer les ontologies selon plusieurs critères. Différents travaux ont proposé leur classification des ontologies telles que les travaux de (Guarino, 1998), (Lassila et McGuinness, 2001), (Gómez-Pérez *et al.* 2003). Nous citons ci-dessous différents types d'ontologie selon les quatre critères suivants (Khalfi, 2009) :

- La précision sémantique

Les auteurs de (Lassila et McGuinness, 2001) proposent la classification des ontologies selon leur degré d'expressivité. La Figure 22 illustre cette classification. Elle va du simple vocabulaire contrôlé à l'ontologie, composée de propriétés et de contraintes fortes pouvant décrire la sémantique d'un domaine. Cette classification est fractionnée en deux catégories : la catégorie des ontologies informelles, conçues et compréhensibles par l'humain : glossaires, thésaurus, ontologies hiérarchiques informelles. La catégorie des ontologies formelles interprétables par la machine : ontologies hiérarchiques formelles, des ontologies avec des propriétés, des ontologies avec des contraintes et des ontologies avec des axiomes, des règles, etc.

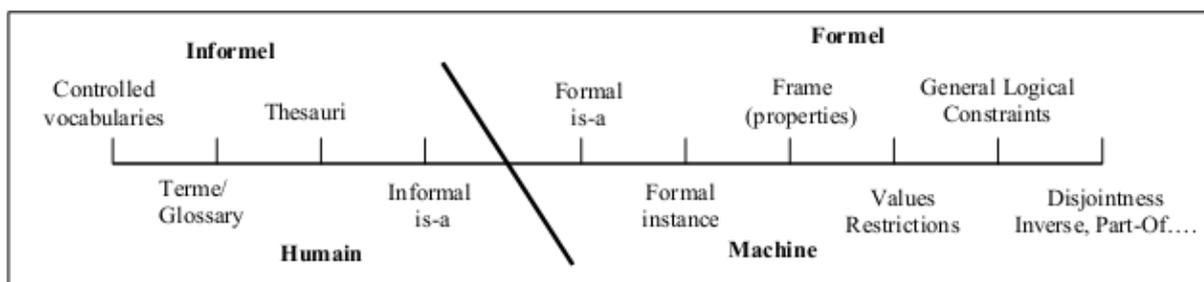


Figure 22. Classification d'ontologies en fonction du spectre sémantique (Lassila et McGuinness, 2001)

- Le niveau de granularité

Selon les besoins opérationnels du développement de l'ontologie le niveau de détail de l'ontologie varie. On distingue deux niveaux de granularité : un niveau de granularité large et un niveau de granularité fine.

- Granularité large : l'ontologie à granularité large décrit de façon générale et globale les concepts du domaine représenté. C'est le cas des ontologies de haut niveau (ontologie sur les notions d'objet, de propriété, d'état, etc.) qui sont destinées à être raffinées dans des ontologies spécifiques à un domaine ou une application (Fürst 2002).

- Granularité fine : l'ontologie à granularité fine décrit de façon détaillée et précise les concepts du domaine représenté. C'est le cas des ontologies décrivant le domaine médical.

- **Le niveau formel de représentation des connaissances**

Dans (Uschold et Grüninger, 1996), les auteurs proposent de distinguer les ontologies selon le degré de formalisme du langage de représentation des connaissances utilisé. Cette proposition comprend quatre catégories : les ontologies informelles, les ontologies semi-informelles, les ontologies semi-formelles et les ontologies formelles. Le degré formel associé à un langage de représentation d'ontologies se mesure à sa capacité de mettre en place un mécanisme de raisonnement sophistiqué de l'interprétation. Ainsi le langage naturel est informel alors qu'un langage logique d'ordre 1 ou plus est hautement formel.

- **L'objet de conceptualisation**

Dans (Guarino, 1998) et (Gómez-Pérez *et al.* 2003), les auteurs ont proposé des classifications des ontologies selon leur objet de conceptualisation. On peut résumer leurs propositions en six types d'ontologies :

- de représentation de connaissances : les ontologies de représentation de connaissances décrivent les connaissances nécessaires à la modélisation d'un système de représentation des connaissances. Un exemple est l'ontologie de Frame⁴⁰ qui intègre les primitives de représentation des langages à base de frames⁴¹ : classes, relations, instances, propriétés/slots,...
- haut niveau : ces ontologies décrivent des concepts de très haut niveau. Elles fournissent une structure et un ensemble de concepts généraux sur lesquels les ontologies du domaine (par exemple le domaine médicales ou financières ou autres.) pourraient être construites.
- générique : les ontologies génériques ou les méta-ontologies sont des ontologies qui décrivent des connaissances de hautes abstractions. Cela concerne les concepts tel que le temps, l'espace, les événements, etc. qui sont indépendants d'un domaine ou d'un problème particulier. Ce qui les rend réutilisable dans différents domaines.
- domaine : la plupart des ontologies existantes sont des ontologies du domaine. Ces ontologies contiennent des connaissances spécifiques à un domaine particulier. Cependant, elles sont assez génériques pour être utilisées et

⁴⁰ <http://www-ksl.stanford.edu/knowledge-sharing/ontologies/html/frame-ontology/index.html>

⁴¹ Frame est un langage de représentation de connaissance (Minsky 1975)

réutilisées sur différentes applications. Exemple GALEN⁴² dans le domaine médical, TOVE dans le domaine de la gestion des entreprises (Grüninger et fox, 1995).

- tâche : les ontologies de tâche sont des ontologies qui décrivent des connaissances relatives à une tâche générique ou une activité telle que : diagnostic ou planification.
- application : les ontologies d'applications sont les ontologies les plus spécifiques. Elles sont conçues pour une application précise dans un domaine particulier. Elles ne sont pas réutilisables. Par exemple, une ontologie développée dans le but de permettre une interopérabilité entre deux systèmes précis, ne pourra être utilisée que dans l'application pour laquelle elle a été créée.

La figure suivante représente une synthèse des types d'ontologies présentées ci-dessus.

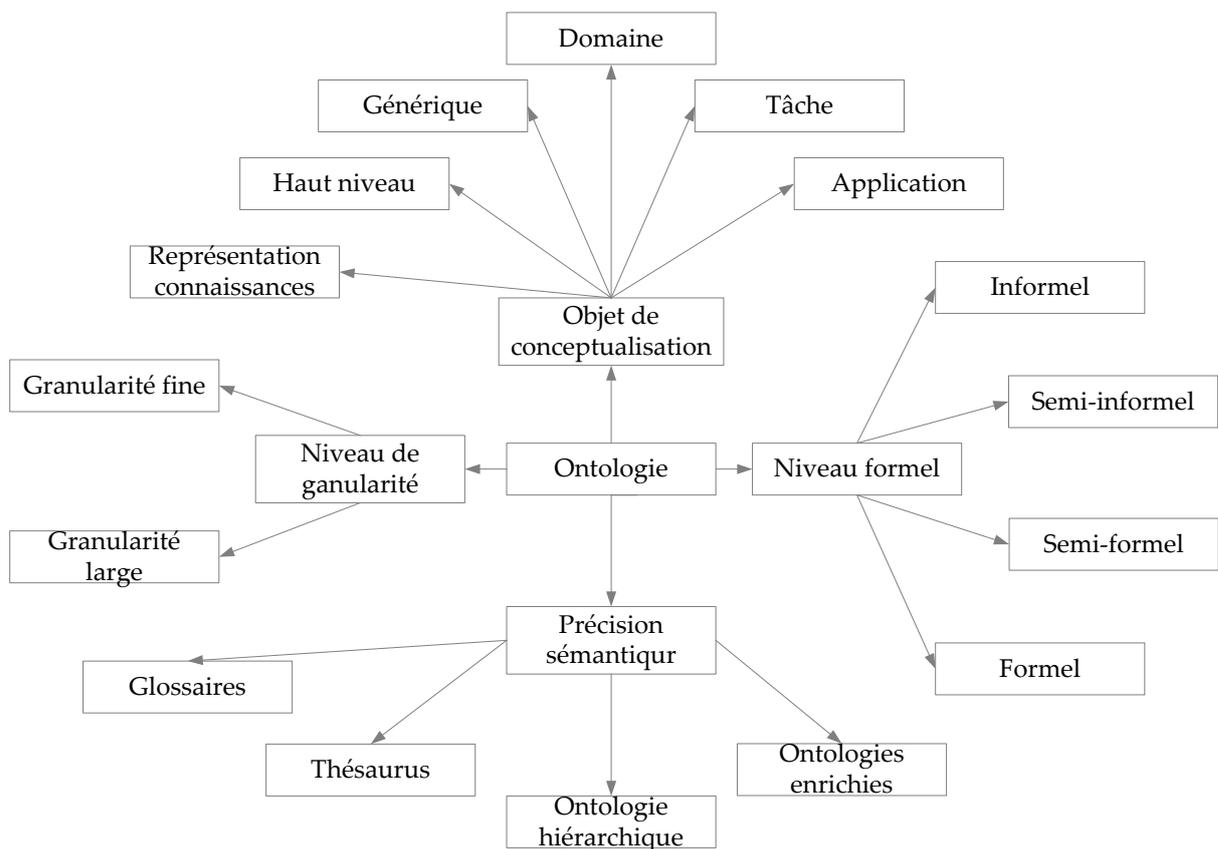


Figure 23. Synthèse des différentes classifications des ontologies

⁴² <http://www.opengalen.org/>

IV.2.3. Langages de conception d'ontologies

Dès les années 80, des langages de représentation de connaissances et d'ontologies ont vu le jour. Depuis, un grand nombre de langages a été proposé pour l'implémentation des ontologies. Ces langages se basent en particulier sur les formalismes de représentation suivants : les frames, les graphes conceptuels et les logiques de description. Les logiques de description sont les formalismes les plus adaptés pour la représentation des ontologies. En effet, elles ont l'avantage d'avoir une capacité de déduction et de raisonnement automatique.

Dans (Gómez-Pérez *et al.* 2003) une étude comparative entre différents langages ontologiques est présentée. Elle compare la capacité des différents langages à représenter les concepts, les attributs, les contraintes, les règles, ... Dans cette étude les langages OCML⁴³ (Operational Conceptual Modelling Language), Ontolingua⁴⁴ et LOOM⁴⁵ se distinguent, car ils possèdent de nombreuses particularités. Toutefois, OWL (Ontology Web Language) notamment combiné à SWRL (Semantique Web Rule) offre une plus grande expressivité surtout pour les restrictions dans la taxonomie des concepts.

Les langages auxquels nous nous intéressons dans les paragraphes suivants sont des standards du W3C⁴⁶ adaptés au web et qui se basent sur la logique de description. La Figure 24 résume les principaux langages d'ontologie développés récemment et les rapports entre eux sous forme d'une pyramide. Ces langages sont tous basés sur la syntaxe XML : SHOE⁴⁷ (Simple HTML Ontology Extension) qui a une version antérieure basée sur HTML, XOL⁴⁸ (Ontology Exchange Language), RDF (Resource Description Framework) et son extension RDF Schéma. Les langages au plus haut de la pyramide OIL⁴⁹ (Ontology Inference Layer), DAML+OIL⁵⁰ et OWL sont des extensions de RDF (S). OWL est le standard le plus utilisé, il dispose de trois extensions qui sont OWL LITE, OWL DL et OWL FULL. Nous présentons dans les paragraphes suivants les langages les plus utilisés : RDF(S) et OWL et ses différentes extensions.

⁴³ <http://technologies.kmi.open.ac.uk/ocml/>

⁴⁴ <http://www.ksl.stanford.edu/software/ontolingua/>

⁴⁵ <http://www.isi.edu/isd/LOOM/>

⁴⁶ <http://www.w3.org/>

⁴⁷ <http://www.cs.umd.edu/projects/plus/SHOE/>

⁴⁸ <http://www.ai.sri.com/pkarp/xol/>

⁴⁹ <http://www.cs.man.ac.uk/~horrocks/OIL/Semantics/>

⁵⁰ <http://www.daml.org/2001/03/daml+oil-index>

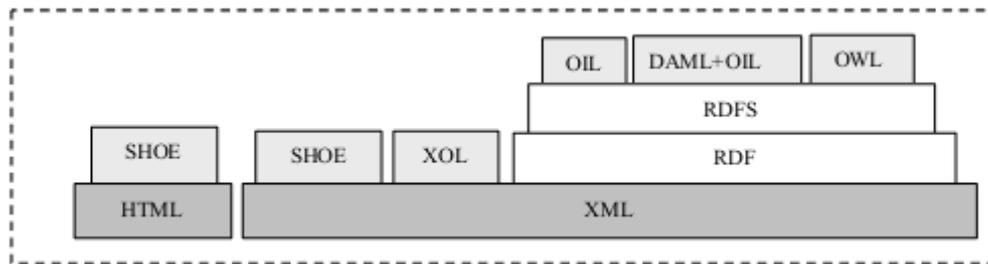


Figure 24. La pyramide des langages d'ontologies basés Web (Corcho *et al.* 2003)

- **RDF et RDFS** (Resource Description Framework (Schema)) : RDF est développé et recommandé par W3C. Il permet la représentation et l'échange de métadonnées sur le web grâce à sa syntaxe basée sur XML. Un document RDF est basé sur le triplet (ressource, propriété, valeur) ou encore (sujet, prédicat, objet). Ce type de triplet est appelé un graphe RDF, dans lequel : a) ressource (sujet) représente l'entité décrite, elle est identifiée par une URI (Uniform Resource Identifier) ; b) Propriété (prédicat) représente la relation ou l'attribut utilisé pour décrire la source ; c) valeur (objet) représente une autre ressource ou une donnée. Le RDF schema a été construit par le W3C comme extension du RDF. Il offre la possibilité d'un modèle de métadonnées qui permet de déclarer les propriétés des ressources, le type des ressources, ainsi que les contraintes associées à ces propriétés et ressources. Le schéma RDF permet de spécifier des concepts, des taxonomies et des relations binaires. Cependant il reste assez peu expressif.
- **OWL (Ontology Web Language)** : OWL est l'extension du langage RDF(S). Il est développé par le groupe de travail sur le web sémantique du W3C. Il est aujourd'hui, le standard recommandé par la W3C pour le développement des ontologies et certainement le langage le plus utilisé. Il est fractionné en trois sous-langages qui sont présentés, ci-dessous, selon leur expressivité et complexité croissante.
 - OWL-Lite : c'est le moins expressif des sous-langages d'OWL. En fait, il offre la possibilité d'avoir une hiérarchie de classification et des contraintes simples (contrainte de cardinalité limitée de 0 ou 1). L'avantage de ce langage est d'avoir une complexité formelle faible par rapport aux deux autres sous-langages d'OWL.
 - OWL-DL : OWL-DL comme son nom l'indique est basé sur la logique de description (DL : Description Logic). C'est le sous-langage qui offre une expressivité maximale en garantissant la complétude et la décidabilité informatique, ce qui signifie que toutes les conclusions sont calculables dans un temps raisonnable.

- OWL-Full : il offre l'expressivité la plus complète, cependant, il ne possède pas les propriétés de complétude et de la décidabilité des calculs liées à l'ontologie. De plus, à ce jour, il n'existe pas d'implémentation complète de WOL-Full.

IV.3. Conception d'ontologies

Actuellement, il n'existe aucun consensus sur la méthode ou la méthodologie de construction des ontologies. Cependant, il existe des principes qui sont recommandés. Dans les sous-sections suivantes, nous allons dans un premier temps présenter les principes à suivre lors de la construction d'une ontologie, et présenter dans un second temps différentes méthodes de construction d'ontologie et surtout une comparaison entre les méthodes les plus répandues.

IV.3.1. Principes de construction d'une ontologie

Dans (Gruber, 1993), l'auteur propose les principes à suivre lors de la construction d'une ontologie. Ces principes sont les suivants :

- La clarté et l'objectivité : l'ontologie doit fournir des définitions objectives ainsi qu'une documentation associée en langage naturel.
- L'exhaustivité / complétude : une définition doit être la plus précise possible. Par exemple, il est préférable d'associer à un terme une condition nécessaire et suffisante plutôt qu'une condition suffisante.
- La cohérence : il faut faire attention et éviter des incohérences dans les définitions, sinon elles induiront des erreurs lors de l'inférence.
- L'extensibilité monotone maximale : l'ontologie doit offrir la possibilité d'introduire de nouveaux termes sans entraîner de modifications dans les définitions existantes.
- L'intervention ontologique minimale: l'ontologie doit éviter de faire des suppositions sur le monde qu'elle modélise.

IV.3.2. Méthodes et méthodologies de conception d'une ontologie

Le développement d'une ontologie est un processus complexe auquel plusieurs travaux ont été consacrés. Malgré la panoplie de méthodes proposées pour le développement d'une ontologie, aucun consensus n'existe sur la construction d'une ontologie. Néanmoins, nous pouvons résumer la conception d'une ontologie aux quatre étapes suivantes :

- spécification et analyse des besoins : identification des objectifs, des besoins et du contexte.
- conception de l'ontologie : modéliser les concepts, relations et axiomes de l'ontologie.
- développement de l'ontologie : implémenter l'ontologie dans un langage formel.

- évaluation de l'ontologie : évaluer la cohérence de l'ontologie.

Les travaux sur la construction d'une ontologie sont, en règle générale, issus d'expériences de développement d'ontologie. Ils peuvent être classifiés selon différents critères. Le plus courant est de distinguer les méthodes manuelles des méthodes qui s'aident d'outils d'extraction de connaissances de corpus⁵¹ textuels.

- Conception manuelle des ontologies : regroupe les méthodes qui préconisent la construction d'ontologies en partant de zéro ou en réutilisant des ontologies existantes, le processus de conception y est entièrement manuel. Parmi les méthodes les plus répandues nous pouvons citer celles proposées dans : (Usheld et king, 1995), (Grüninger et fox, 1995), Kactus (KACTUS, 1996), (Fernández-López, *et al.* 1997), (Swartout, *et al.* 1997), (Staab, *et al.* 2001).
- Conception des ontologies à l'aide des outils de traitement de langue : regroupe les méthodes semi-automatiques qui, lors de l'acquisition des connaissances, utilisent des outils de traitement de langages, afin d'extraire les termes du domaine de l'ontologie à développer à partir de corpus textuels du domaine. Ces méthodes nécessitent l'intervention d'experts pour confirmer la validité des termes extraits. Parmi, ces méthodes nous pouvons citer : la méthode ARCHONTE (ARCHitecture for ONTological Elaborating) (Bachimont, *et al.* 2002), et la méthode TERMINAE de Aussenac-Gilles (Aussenac-Gilles, *et al.* 2000).

Hormis le critère de conception manuelle ou automatique, ces méthodes se différencient entre elles par leur cycle de vie, leur façon d'identifier les termes de l'ontologie (Top-Down, Bottom-up ou middle-out), leur façon de définir les étapes à suivre plus au moins détaillées, et autres. Une comparaison entre les différentes méthodes et méthodologies est présentée Tableau 6. Ce tableau est inspiré des tableaux de comparaison présentés dans (Gómez-Pérez *et al.* 2003, p. 150-151). Nous avons suivi la notation suivante :

- pas proposé est symbolisé par un «-»
- proposé est symbolisé par un «+»
- décrit est symbolisé par un «++»
- décrit en détail est symbolisé par un «+++»

IV.4. Ontologies du domaine de la santé

L'utilisation des ontologies a connu un grand succès dans le domaine de la médecine et de la santé en général, en particulier, pour décrire des maladies et leur symptômes. Néanmoins, il n'y a pas eu autant de travaux pour le domaine précis de la PAD. Nous présentons dans les

⁵¹ Un corpus est un ensemble de documents (textes, images, vidéos, etc.), regroupés dans une optique précise

sections suivantes un rapide tour d'horizon des ontologies existantes dans le domaine de la santé. Par la suite, nous nous intéressons plus précisément aux ontologies proposées dans le cadre d'une prise en charge à domicile de personnes dépendantes.

IV.4.1. Ontologies médicales

Dans le domaine médical, plusieurs ressources terminologiques et ontologies existent. Chacune construite dans un but bien précis. Sans être exhaustif, nous pouvons citer :

Méthodes		Uschold, King, 1995	Grüning er, Fox 1995	Kactus 1996	Sensus Swart out, et al. 1997	Metontology (Fernández-López, et al. 1997	On-To-Knowledge Staab, et al 2001	Terminae 2000	Archonte 2002		
Cycle de vie		-	Prototyp age /incrém entale	Prototypag e	-	Prototypage	Incrémentale , cyclique prototypage	-	-		
Identification des concepts		Middle-out	Middle-out	Top-dow	-	Middle-out	Middle-out, Top-dow, Bottom-up	-	-		
Les outils supportés		-	-	-	-	ODE WebODE OntoEdit Protégé	OntoEdit avec son plug-ins	-	-		
Activités gestions	Ordonnancement		-	-	-	-	+	++	-	-	
	Contrôle		-	-	-	-	-	+	++	-	-
	Assurance qualité		-	-	-	-	-	+	++	-	-
Activités développe ments	Pré-dev	Etude environnement	-	-	-	-	-	+	-	-	
		Etude faisabilité	-	-	-	-	-	-	++	-	-
	Dev	Spécification	+	+++	+	+	+++	+++	+++	+/-	-
		Conception	-	+++	+	-	+++	+	++	++	++
		Formalisation	-	+++	++	-	++	++	++	++	++
		Implémentation	+	++	+	++	+++	++	++	-	++
	Post-dev	Maintenance	-	-	-	-	+	+	-	-	-
		Utilisation	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Activités supports	Acquisition de connaissances		+	+	-	-	+++	+	Corpus	Corpus	
	Evaluation		+	+++	-	-	+++	++	-	-	

Tableau 6. Synthèse des méthodes de conceptions d'ontologies

- CIM⁵² (Classification Internationale des Maladies) publiée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), elle est à sa 10^{ème} version et la version 11 est en développement. C'est une classification qui existe en plusieurs langues. Le but de cette classification est de « *permettre l'analyse systématique, l'interprétation et la comparaison des données de mortalité et de morbidité recueillies dans différents pays ou régions à des époques différentes.* » (OMS, 2008).
- MeSH⁵³ (Medical Subject Heading) est un thésaurus numérisé développé par la National Library of Medicine (NLM), dans le but d'indexer la base bibliographique MEDLINE⁵⁴. Elle est à l'origine construite en Anglais, mais il existe une version traduite en Français CISMef⁵⁵ (Catalog and Index of French Language Health Resources on the Internet). Ce thésaurus sert à indexer des sources de données médicales. MeSH répertorie différents concepts : anatomie, maladies, organisme, etc. qui sont structurés du concept le plus général au plus spécifique.
- SNOMED⁵⁶ (Systematized Nomenclature of Medicine) est une nomenclature de type classification multiaxiale couvrant les champs de la médecine, de la médecine dentaire et de la médecine animale. Elle est interfacée avec CIM. Le but de SNOMED est d'aider à l'établissement d'outils d'analyse décisionnelle, de faciliter des décisions thérapeutiques, etc. L'utilisation de SNOMED garantit l'universalité du vocabulaire médical.
- UMLS⁵⁷ (Unified Medical Language System) est un méta-thésaurus multilingue composé par une centaine de thésaurus dont MeSH et SNOMED. Il est considéré comme un standard dans le domaine biomédical. UMLS aide les systèmes de recherche documentaire, particulièrement dans les documents biomédicaux traitant des gènes, des maladies ou encore des médicaments.
- GALEN⁵⁸ (General Architecture for Language, Encyclopedia and Nomenclature) le projet GALEN a été développé à l'université de Manchester, en 1992, dans le but de mettre en place un serveur de terminologie médicale partageable et réutilisable. Le projet se base sur une ontologie CRM (Common Reference Model) qui est développée dans un langage de logique descriptive appelé GRAIL (Galen Representation And

⁵² <http://www.med.univ-rennes1.fr/noment/cim10/>

⁵³ <http://www.nlm.nih.gov/mesh/>

⁵⁴ Accessible grâce au moteur de recherche Pubmed sur le site
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?>

⁵⁵ <http://www.chu-rouen.fr/cismef/>

⁵⁶ <http://www.snomed.org/>

⁵⁷ <http://nlm.nih.gov/research/umls/>

⁵⁸ <http://www.opengalen.org/>

Integration Language) dont une version en OWL a été proposée. Cette ontologie décrit des concepts du domaine médical. Elle compte actuellement plus de 52 000 concepts.

- Patient profile ontology est une ontologie actuellement en développement dans les travaux de thèse de Sampalli (Sampalli *et al.* 2011). Cette ontologie est développée dans le but de représenter des connaissances sur les conditions de santé complexes et chroniques, et ainsi éviter aux patients de multiples examens divers et répétitifs. Elle décrit le profil patient dans cinq catégories qui sont : médicale, physique, psychosociale, réhabilitation et nutrition. 82% des concepts représentés dans cette ontologie proviennent de SNOMED. L'ontologie est développée sous Protégé avec le langage OWL et comprend 512 concepts.

IV.4.2. Ontologies pour la PAD

Les ontologies proposées dans le domaine de la PAD sont rares. Actuellement, aucune n'est considérée comme un standard dans le domaine. La plupart des ontologies de la PAD sont au stade d'ontologie développée dans un projet de recherche pour résoudre un défi précis de la PAD. Nous présentons dans les sous-sections suivantes les principales ontologies proposées dans le cadre de la PAD.

IV.4.2.1. CPO (Case Profile Ontology)

CPO (Riano *et al.* 2009) est l'une des ontologies proposée dans le cadre du projet européen K4Care⁵⁹. Le projet K4Care avait pour objectif le développement d'une plateforme web intelligente pour fournir des services électroniques aux professionnels de la santé, aux patients et à toute personne impliquée dans une prise en charge à domicile de personnes âgées. Ce projet a donné naissance à une plateforme accessible sur le net. Cette application est basée sur un système multi-agents et une base de connaissance. Parmi les sources de connaissance résultants de ce projet, deux ontologies : CPO (Case Profile Ontology) et APO (Actor Profile Ontology). La Figure 25 représente une vue haut niveau de CPO. La CPO décrit les conditions de soins des patients. Elle est dédiée à la description des pathologies, des symptômes, des syndromes, des signes, des médicaments, des conditions diététiques, des exigences physiques et hygiéniques, les fonctions cognitives, etc. CPO est développée avec le langage standard OWL-DL sous Protégé et en suivant la méthode de conception On-To-Knowledge. Dans sa dernière version, CPO compte 1217 concepts.

⁵⁹ <http://www.k4care.net/>

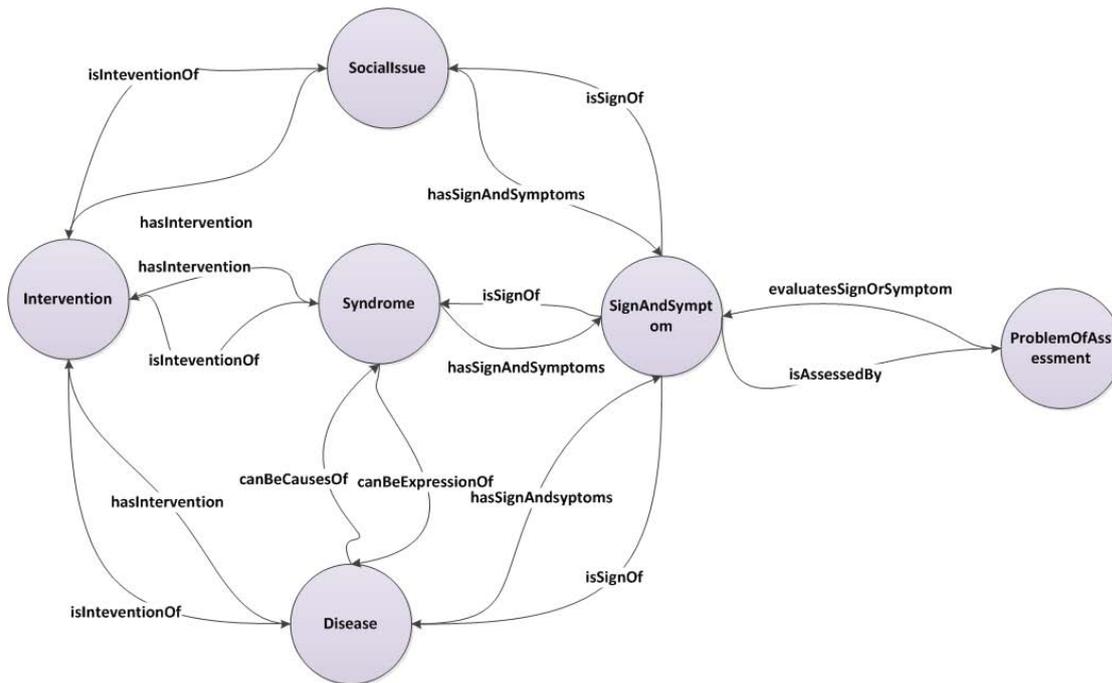


Figure 25. Les principales classes et relations de CPO

IV.4.2.2. APO (Actor Profile Ontology)

APO (Gibert *et al.* 2008) est l'autre ontologie résultant du projet K4Care. Elle a pour objectif de faciliter l'intégration et la coordination des acteurs essentiels à l'amélioration de la PAD. De ce fait, APO comprend toutes les connaissances sur les différents types d'acteurs, d'actions, de services, de procédures et de documents impliqués dans le système de la PAD. Ainsi que leurs interactions et contraintes entre les différents concepts. La Figure 26 donne une vue haut niveau de l'ontologie APO. APO est développée avec le langage standard OWL-DL sous l'outil Protégé et en suivant la méthode de conception On-To-Knowledge.

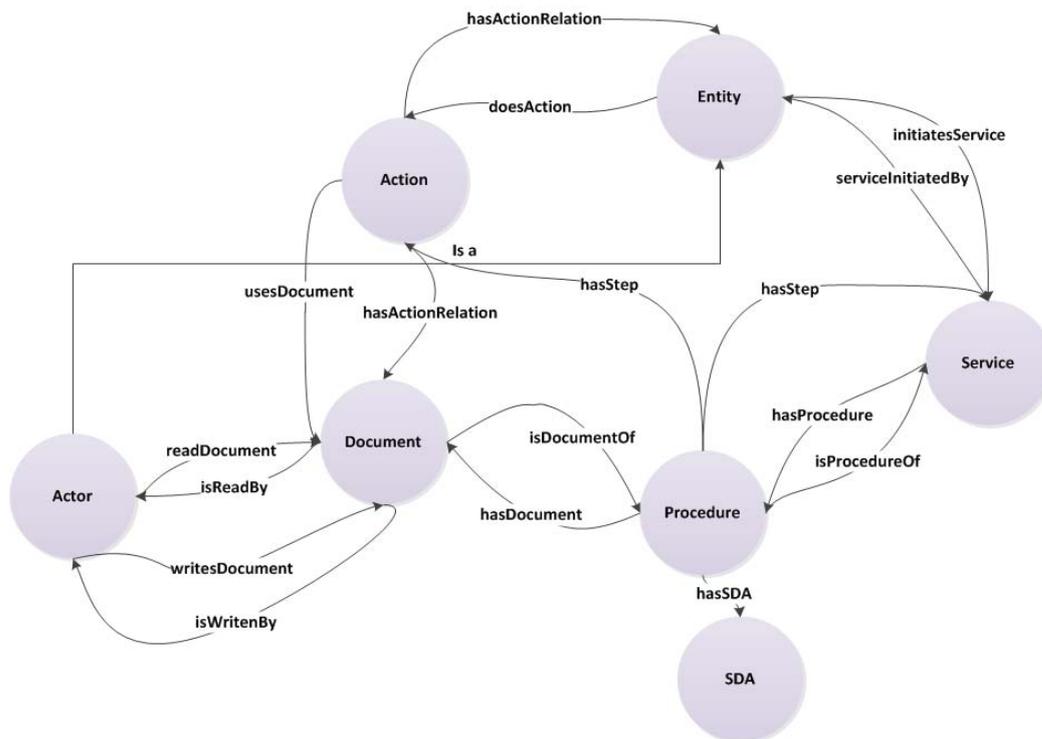


Figure 26 Les principales classes et relations de APO

IV.4.2.3. OntoPAD (Ontologie pour la Prise en charge A Domicile)

OntoPAD (Ontologie Prise en charge patient A Domicile) (Khalfi, 2009) est l'ontologie développée lors du projet ABAH (An Agent-Based Architecture for a Cooperative Information System). Ce projet avait comme but de créer une base de connaissance afin d'assurer l'interopérabilité dans un système multi-agents. OntoPAD est une ontologie développée en langue française. Elle décrit les acteurs et les principaux actes et documents utilisés lors de la PAD. Bien que l'ontologie soit consistante et cohérente, elle ne présente aucune description des pathologies et reste assez large dans ses descriptions. La Figure 27 montre une vue haut niveau de cette ontologie avec les différents concepts qui y sont représentés.

IV.4.2.5. Home Health Monitoring and Alerting in Chronic Patient Care Networks

Les auteurs de (Paganelli et Giuli, 2007) proposent un modèle basé sur des ontologies pour la surveillance des soins et la gestion des alertes pour un système de la PAD. Ils ont développé un modèle basé sur des ontologies pour la modélisation des soins et des conditions de l'environnement du domicile, la politique de gestion des alarmes et le contexte social du patient. L'ontologie est développée sous Protégé en utilisant le langage standard OWL. La Figure 29 montre les principaux concepts développés dans ce travail, dans une vue axée sur le patient.

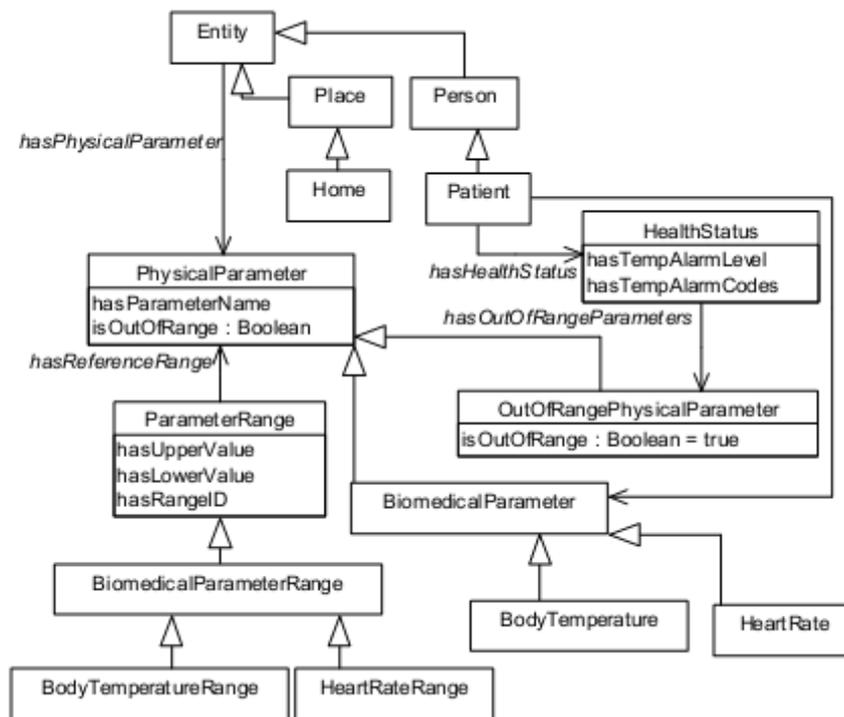


Figure 29. Les principales classes et relations de l'ontologie de (Paganelli et Giuli, 2007)

IV.4.2.6. Ontologies pour un habitat intelligent de télésanté (Latfi et al. 2007)

Dans (Latfi *et al.* 2007), les auteurs proposent une architecture ontologique pour un système d'Habitat Intelligent en Télésanté (HIT). L'objectif de ce projet est de proposer un système adaptatif capable d'assurer la surveillance et le confort d'une personne âgée en perte d'autonomie cognitive. Latfi et ses collègues proposent sept ontologies qui concernent : l'habitat, l'équipement, la personne, le comportement, les tâches, les applications logicielles et la décision.

Synthèse du chapitre

A travers ce que nous avons vu dans ce chapitre, les ontologies représentent un moyen très efficace pour la représentation des connaissances. Dans le domaine de la santé un grand nombre d'ontologies sont proposées pour décrire les diverses connaissances du domaine.

Cependant, les ontologies pour le domaine spécifique de la PAD sont rares et pour certaines encore en construction.

L'idée de couplage entre les workflows et les ontologies est assez récente. Cependant, un nombre conséquent de travaux existent dans ce domaine de recherche. Le but de ces travaux est d'obtenir un workflow flexible. Parmi ces travaux, nous citons les travaux de (Bouzguenda *et al.* 2008), les auteurs s'intéressent à un environnement collaboratif dans lequel il faut trouver des partenaires participants au processus et où les partenaires peuvent changer en pleine exécution du WIO. Les auteurs proposent une solution basée sur l'approche multi-agents pour le traitement de la flexibilité, les services web pour faciliter la recherche de partenaires et deux ontologies pour la recherche et la sélection de ces partenaires. Dans (Vieira *et al.* 2004) les auteurs suggèrent l'utilisation des ontologies pour réussir l'exécution flexible du workflow. Dans le domaine de la santé nous pouvons également citer les travaux de Tawil (Tawil *et al.* 2011).

Dans notre travail, nous nous intéressons à la construction d'un modèle de workflow personnalisé pour chaque patient pris en charge à domicile. Les ontologies sont un des meilleurs moyen d'apporter de la personnalisation, aussi nous proposons une solution de couplage entre ces deux technologies afin d'y arriver. La présentation de cette solution et sa mise en place sont développées dans la partie suivante.

TROISIEME PARTIE

METHODE D'AIDE A LA CONCEPTION DE WORKFLOWS PERSONNALISES : FONDEMENT ET REALISATION

Chapitre V. PRESENTATION DE L'APPROCHE PROPOSEE

La dernière partie de cette thèse est consacrée à la présentation de notre contribution, développée autour du cas d'étude présenté dans la section suivante. Notre but dans cette thèse est de proposer une méthode de conception d'un workflow personnalisé pour chaque patient de la PAD. Notre approche préconise l'utilisation d'ontologies du domaine de la PAD et du domaine de BPMN (Business Process Modeling Notation), dans un processus de transformations, aboutissant à la conception d'un workflow personnalisé pour chaque patient de la PAD. Tout en respectant une approche d'ingénierie dirigée par les modèles. Ce premier chapitre est consacré à la présentation de l'approche proposée et d'un cas d'étude qui sert de fil rouge tout au long de cette partie.

V.1. Cas d'étude (fil rouge)

Dans notre travail de thèse nous nous intéressons à la prise en charge à domicile d'un patient dépendant. Ce patient peut souffrir d'une ou plusieurs pathologies et nécessiter l'intervention de différents intervenants. Selon le profil de ce patient les intervenants et les interventions sont différents. Par exemple à un patient dépendant qui ne peut pas préparer ses repas, on préconise un portage de repas, sauf s'il a dans son entourage un aidant pouvant effectuer cette tâche.

Le cas d'étude que nous présentons ici, nous sert de fil rouge pour illustrer l'utilisation et « l'utilisabilité » de notre approche. Il s'agit d'une patiente appelée Mme Joëlle, âgée de 72 ans et vivant avec son mari M. Joëlle, qui est assez valide pour prendre soin de sa femme (préparer les repas, donner les médicaments, faire les courses et tout autre activité de vie quotidienne.).

Mme Joëlle est admise en HAD (Hospitalisation A Domicile), car elle souffre de deux pathologies qui sont :

- Une péritonite vésiculaire causant un défaut de cicatrisation de paroi. Une péritonite vésiculaire est la perforation de la vésicule souvent suite à la présence de calculs, ce qui se produit souvent chez les personnes âgées (Dupre, 2005).
- Un problème de dénutrition, Mme Joëlle souffre d'un problème de dénutrition comme un certain nombre de personnes âgées vivant à domicile. Comme le rapporte Liu et ses collègues (Liu *et al.* 2008), les personnes âgées vivant à domicile ont un risque accru d'être touchées par la dénutrition, souvent pour des raisons d'isolement et les conséquences du vieillissement : perte de mobilité, perte du sens du goût, etc. Ce fléau a des conséquences dramatiques aussi bien sur la qualité de vie des personnes atteintes que sur l'économie. Le traitement de la dénutrition dépend de ses causes et de sa gravité. Un processus de gestion de la dénutrition est détaillé dans (Lamine *et al.* 2010).

Mme Joëlle est admise dans le cadre d'une HAD, après l'accord du médecin coordinateur, de son médecin traitant et de son mari. Ce dernier joue le rôle de l'aidant (une condition nécessaire pour une admission en HAD).

Dans ce cas d'étude, Mme Joëlle souffre de deux pathologies différentes nécessitant chacune l'intervention de différents intervenants (infirmiers, aides-soignants,...). Selon l'évolution de l'état de santé de la patiente, les interventions nécessaires sont différentes. Le but de ce cas d'étude est de montrer comment la connaissance du profil du patient admis en PAD, peut aider à la conception d'un workflow personnalisé en déterminant l'enchaînement des interventions à effectuer chez le patient, il détermine principalement :

- les intervenants sur ce cas : aide-soignant, infirmier, kinésithérapeute et aide-ménagère.
- les tâches à effectuer : des tâches médicales (perfusions, pansements sous vide, ...), des tâches paramédicales (toilettes, rééducation motrice, ...), la prise quotidienne d'une prescription médicamenteuse, et d'autres interventions (changement de draps, nettoyage de la chambre, ...)
- la fréquence à laquelle ces tâches doivent être effectuées et dans quelle période de la journée (matin, après midi, soir ou nuit).

V.2. Concepts de la PAD

Pour une bonne compréhension du cas d'étude et de l'approche, il est essentiel de présenter certains concepts liés au domaine de la PAD. En se basant particulièrement sur (FNEHAD, 2009) et nos entretiens avec des professionnels de la PAD, nous définissons ci-dessus les différents concepts utilisés dans la PAD :

- **Un projet thérapeutique :** *"Un projet thérapeutique est établi par l'équipe médicale et soignante pour chaque patient, en lien avec l'équipe hospitalière et/ou les professionnels libéraux. Il comprend toutes les dimensions de la prise en charge, médicale, sociale et psychologique. Ce projet est réévalué de façon régulière. L'accompagnement et le soutien de l'entourage du patient est également pris en compte".* Circulaire de février 2004. Le projet thérapeutique n'a pas d'existence physique mais c'est quelque chose qui se met en place suite aux différents entretiens des professionnels avec les familles et les patients.
- **Plan de soins :** correspond à la liste prévisionnelle des soins à réaliser, associés à une fréquence et à des horaires. Ces soins peuvent être des actes médicaux ou paramédicaux et des traitements, prescrits ou non. Cette liste évolue dans le temps suivant l'évolution du projet thérapeutique, des prescriptions médicales, et des remontés d'informations de l'équipe soignante, du patient ou de la famille.
- **Protocole :** 1) document («protocole documenté») décrivant la méthode et/ou les pratiques à suivre pour la réalisation d'un soin (ex : pansement complexe) ou d'un ensemble de soins (ex : prise en charge de la douleur). Il peut inclure des médicaments, des actes et des conditions d'application. 2) Ensemble de prescriptions de traitements et de soins permettant une prescription groupée («protocole de traitement» ou «protocole thérapeutique») (FNEHAD, 2009).
- **Planning :** programme de travail des intervenants chez les patients. Il précise les activités, les acteurs concernés (patient : intervenants), les dates et les horaires d'interventions. Un planning peut être validé par acteur (planning patient, planning intervenant) et/ou par activité (planning de soins, planning d'astreinte).
- **Tournée :** définit un ordonnancement optimisé, en fonction des contraintes : secteur, plan de soin, qualifications spécifiques, des visites des intervenants et de l'organisation aux patients dans un espace-temps donné.
- **Intervenants :** ce sont les professionnels médicaux, paramédicaux, sociaux et autres qui participent à la PAD.
- **Intervention :** une intervention correspond à la visite d'un patient par un intervenant pour effectuer des tâches (actes de soins médicaux, paramédicaux ou de nursing) en fonction du plan de soins.

- **Acte** : un acte ou un soin qui peut être médical, paramédical ou de nursing. Cette tâche est effectuée par un intervenant, selon le plan de soins, et en respectant le protocole associé à cet acte.
- **Dossier patient** : peut être au format électronique et/ou papier et sert de recueil aux différentes informations nécessaires pour la prise en charge du patient. D'après le livre blanc sur l'HAD (FNEHAD, 2009), ce dossier peut se composer d'un dossier administratif, un dossier médical, un dossier de soins ou paramédical, un dossier social, un dossier psychologique, un dossier papier à laisser au domicile (cahier de liaison, feuilles de transmission, etc.).
- **Une transmission** : un commentaire, une recommandation ou toute autre information qui peut être consultable par tous les acteurs de la PAD (les libéraux ou non libéraux) concernés par le patient.
- **Un message** : une transmission adressée à un ou plusieurs destinataires bien précis et selon leur rôle dans la PAD.
- **Une alerte** : un message transmis suite à un dysfonctionnement (une chute, etc.)

V.3. Perspectives de modélisation d'un processus de soins

Lors de la conception d'un processus de la PAD plusieurs points de vue sont envisageables. Nous présentons trois points de vue possibles qui sont :

V.3.1.1. Perspective selon la pathologie

Dans cette perspective, chaque pathologie possède une implémentation de son propre processus ou protocole de soins. Ainsi plusieurs processus seront affectés à un patient souffrant de plusieurs pathologies.

V.3.1.2. Perspective selon un intervenant

Chaque intervenant suit un processus de soins qui est le même pour tous les intervenants ayant le même rôle. La différence réside dans les détails des personnes à visiter et les tâches à effectuer chez eux.

V.3.1.3. Perspective selon le plan de soins

Chaque patient a son propre plan de soins qui dépend de son profil. C'est la perspective que nous avons choisi de suivre, un exemple de processus de soins dans le cas d'étude de Mme Joëlle est présenté dans la sous-section suivante.

Dans cette perspective le workflow ou plus précisément le processus de soins est un enchaînement d'interventions respectant un plan de soins. La figure suivante représente cette perspective dans le cas de Mme Joëlle pour deux jours de prise en charge à domicile. Nous pouvons constater que dans cette figure l'intervention des quatre intervenants qui sont : infirmier, agent de nettoyage, aide-soignant et kinésithérapeute. Chacun de ces intervenants est représenté dans un Corridor (lane). Un intervenant effectue des interventions ponctuelles chez la personne prise en charge. Nous pouvons ainsi voir que l'infirmier fait deux interventions par jour chez la personne prise en charge, pour effectuer des tâches différentes selon le jour et la période de la journée. Par exemple le premier matin, l'infirmier effectue : une perfusion, une alimentation parentérale, un pansement sous vide, prépare la boîte de médicament à prendre pendant la semaine, fait une prise de sang et pèse le patient. Le deuxième jour au matin, il effectue : une perfusion, une alimentation parentérale, pèse le patient et un pansement sous vide. Il y a deux activités effectuées le premier jour qui ne le sont pas au deuxième, en ce qui concerne l'infirmier. La différence des interventions selon les jours peut être beaucoup plus importante, dans la perspective où des intervenants peuvent n'intervenir qu'une fois par semaine voir deux fois par mois, etc.

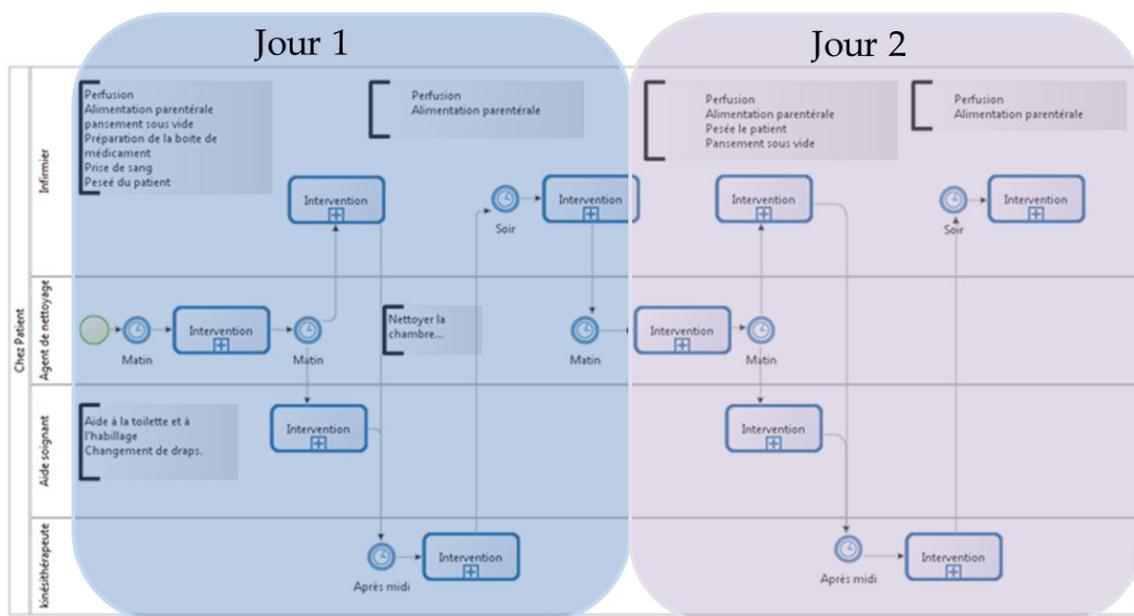


Figure 30. Processus de soins : perspective plan de soins

V.4. Approche proposée pour la conception de workflows personnalisés

Dans l'absolu, notre but est d'aider à l'amélioration de la PAD en palliant les problèmes de coordination et de continuité des soins. Afin d'atteindre cet objectif, nous préconisons l'utilisation des workflows pour distribuer les tâches, les informations et les documents aux différents intervenants et suivre leur exécution.

Avant d'exposer notre approche, il est essentiel de positionner clairement à quel niveau nous intervenons dans le contexte de la PAD, et par rapport à l'architecture de référence d'un workflow. Il est également important de présenter clairement nos objectifs et le principe de fonctionnement de l'approche proposée. C'est ce que nous développons dans les sous-sections suivantes.

V.4.1. L'approche par rapport aux processus de la PAD

En reprenant la cartographie des processus de la PAD présentée au premier chapitre section II.1.1.3., nous nous sommes intéressés au processus de prise en charge du patient. Nous distinguons, dans cette catégorie de processus deux ensembles de processus de la PAD :

- le premier ensemble comprend les processus suivants : le processus de traitement de la demande d'admission, le processus de pré-admission, le processus de facturation des séjours et le processus de sortie. Ces processus se caractérisent par le fait de se composer d'étapes bien définies qui correspondent à tous les patients avec peu d'exceptions qui sont prévisibles. Ces processus peuvent être supportés par un système de gestion de workflow classique.
- le second ensemble de processus comprend les processus suivants : le processus de la réalisation des soins et le processus de coordination et suivi des soins. C'est à cet ensemble de processus que nous nous sommes particulièrement intéressés. En effet ces processus sont la clé dans l'amélioration de la coordination et de la continuité de la PAD. Cependant, les caractéristiques de ces processus présentent de vrais verrous à soulever, afin de les automatiser. Effectivement, ces processus se caractérisent par le fait d'être : collaboratifs, dynamiques, personnels avec des contraintes temporelles. Ce qui complique l'automatisation de ces processus dans un workflow classique, c'est aussi la raison pour laquelle nous nous intéressons particulièrement à ces processus.

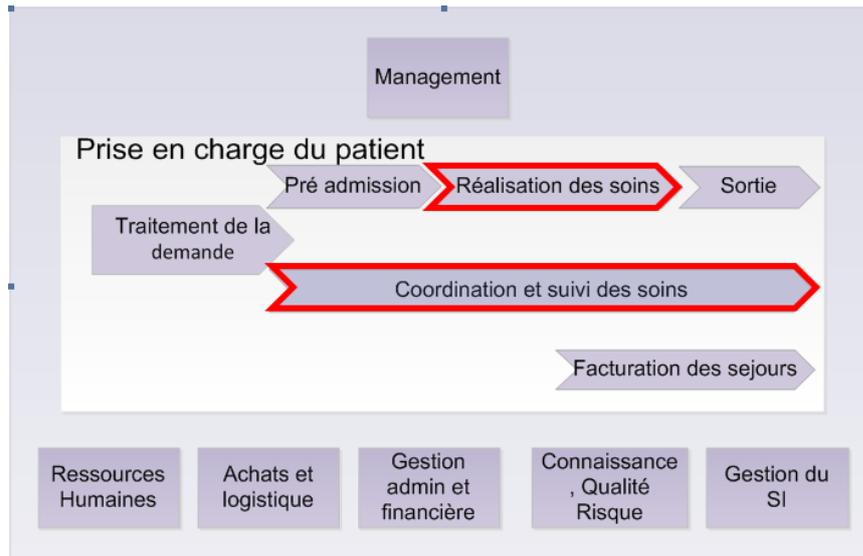


Figure 31. L'approche par rapport à la cartographie des processus de la PAD

V.4.2. L'approche par rapport à l'architecture de référence des workflows

La Figure 32 montre la position de notre proposition par rapport à l'architecture de référence des systèmes de gestion de workflow proposée par la WfMC (Hollingsworth, 1995). Cette architecture se compose de cinq interfaces qui ont été définies dans la section (III.2.4). En fait, le résultat de notre approche doit être interprétable par l'outil de définition des processus de l'architecture de référence. Notre approche, a pour objectif d'apporter la personnalisation nécessaire à un workflow de la PAD à l'étape de conception du workflow, grâce particulièrement à l'utilisation des ontologies et à l'extraction de connaissance et de transformation de modèles.

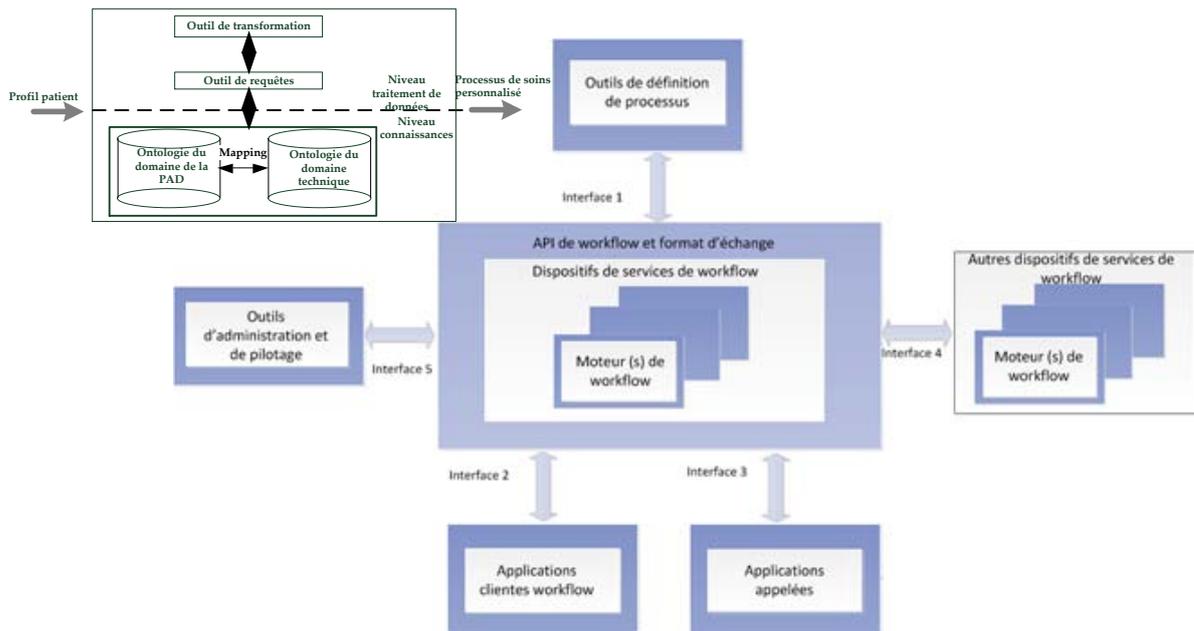


Figure 32. L'approche dans l'architecture de référence des workflows

V.4.3. Fondement de l'approche

Partant de ce positionnement, notre objectif est d'aider à la conception et l'évolution d'un workflow personnalisé pour le processus de réalisation des soins et le processus de coordination et de suivi des soins. Afin d'y arriver, nous intervenons dans la première étape du cycle de vie d'un système de workflow, au moment de définir le processus du workflow. La principale idée est d'arriver à générer à partir des connaissances du domaine un modèle de workflow spécifique à un patient, avec un formalisme standard et interprétable par un système de gestion de workflow.

Afin de mettre en place ce workflow personnalisé, nous sommes partis des constats suivants :

- a. la définition d'un plan de soins correspond à la définition d'un processus de workflow. Dans la mesure où tous les deux définissent la répartition des tâches (interventions), à des acteurs (intervenants à domicile), afin de parvenir à l'objectif spécifique d'améliorer la qualité des soins à domicile. Cependant, un plan de soins définit la fréquence des interventions et leurs durées, ce qui n'est pas aisément faisable dans un workflow.
- b. le workflow support à la coordination des soins qu'on souhaite concevoir est vu comme un enchaînement d'interventions définies dans le plan de soins. Nous considérons d'un point de vue technologique qu'une intervention est constituée de trois actes comme le montre la Figure 33 :
 - consulter des informations : consiste à voir les transmissions sur l'état du patient.
 - informer des actes effectués : cocher les actes effectués, avec la possibilité d'envoyer des données (ex: poids d'un patient).
 - transmettre des informations ou des alertes aux autres intervenants.

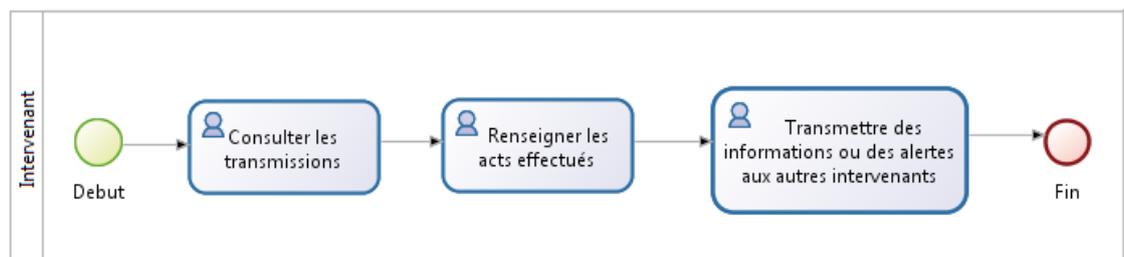


Figure 33. Composition d'une intervention

c. la définition d'un plan de soins dépend du profil patient :

- l'état de santé du patient : les pathologies dont il souffre, ses allergies, ses antécédents, etc.
- l'environnement dans lequel il évolue : présence d'un aidant valide, un lieu de vie facilement accessible, possibilité d'accéder à internet, etc.

Sur la base de ces constats, nous avons proposé une approche de conception d'un workflow personnalisé basé sur les modèles de connaissances, guidée par une approche dirigée par les modèles, permettant de passer d'un modèle de connaissance qui est relié à notre domaine d'étude, vers un modèle de processus interprétable par un système de gestion de workflow.

La Figure 34 montre le principe général du système d'aide à la conception d'un processus personnalisé pour chaque patient. Les modèles de processus résultants pourront être interprétés par un système de gestion de workflow.

A cet effet, nous avons choisi de générer des processus représentés en langage BPMN qui est un standard interprétable par la majorité des systèmes de gestion de workflow. L'approche proposée présente un processus de requêtes et de transformation de modèles qui s'appuie sur une base de connaissance afin de générer un processus BPMN. Ce processus de transformation génère un processus BPMN en connaissant le profil d'un patient. Concrètement, l'outil résultant de notre approche reçoit comme paramètre d'entrée le profil patient et génère le processus de soins du patient identifié sous forme d'un modèle BPMN.

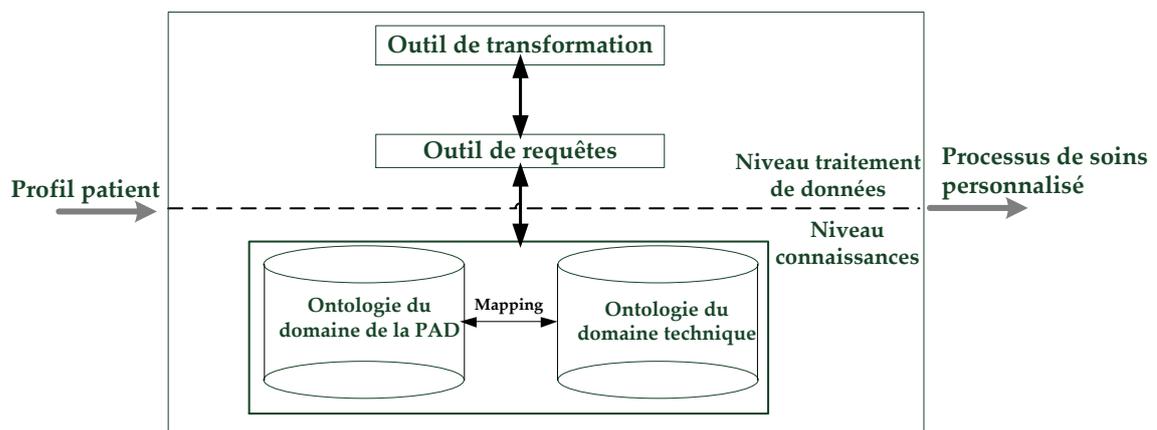


Figure 34. Idée générale de l'approche proposée

V.4.4. Processus de développement de l'approche proposée

Le développement de l'approche que nous proposons et que nous développons dans la suite de cette thèse, se compose de quatre étapes comme le montre la Figure 35. Cette figure montre les quatre étapes suivies en précisant pour chaque étape les outils et plugins et API

utilisés (Ces outils, plugin et API sont présentés dans la section VII.2). Ces étapes sont les suivantes :

- **Conception de l'ontologie du domaine de la PAD** : notre approche se base sur l'utilisation d'une ontologie du domaine de la PAD. Comme il n'existe pas d'ontologie répondant à nos besoins (ce point est développé dans la section VI.1.1), nous avons développé l'ontologie HCO (Home Care Ontology). Cette ontologie est développée à l'aide de l'outil Protégé et les plugins qu'il propose, notamment le raisonneur Pellet qui vérifie la cohérence de l'ontologie et le langage de règle SWRL. Cette ontologie et sa conception sont le sujet principal du prochain chapitre VI.
- **Mapping ontologie du domaine PAD/technique** : l'approche proposée consiste à générer un processus dans un langage standard (dans notre cas BPMN) à partir de connaissances du domaine de la PAD, d'où l'idée de mapping entre deux ontologies des domaines de la PAD (HCO) et du domaine technique (OntoBPMN). Ce mapping a été effectué via l'outil Protégé et des règles de correspondances. Cette étape est développée à la section (VII.1.1.1).
- **Extraction de connaissance** : cette étape consiste à définir un pattern de requête afin d'interroger la base de connaissance qui est constituée du mapping résultant de l'étape précédente. Elle consiste à interroger la base de connaissances pour récupérer les éléments composant le processus généré (les événements, les activités, etc.). Dans cette étape, nous avons utilisé l'environnement de développement Eclipse et l'API OWLAPI. Nous développons cette phase dans la section (VII.3.2)
- **Construction du processus sous un format standard** : cette étape consiste à définir les règles de transformation des connaissances extraites lors de l'étape précédente du langage OWL en langage standard (dans notre cas BPMN). Les outils utilisés pour y parvenir sont l'outil Eclipse et l'API Java JDOM. Cette étape est développée dans la section VII.1.1.2.

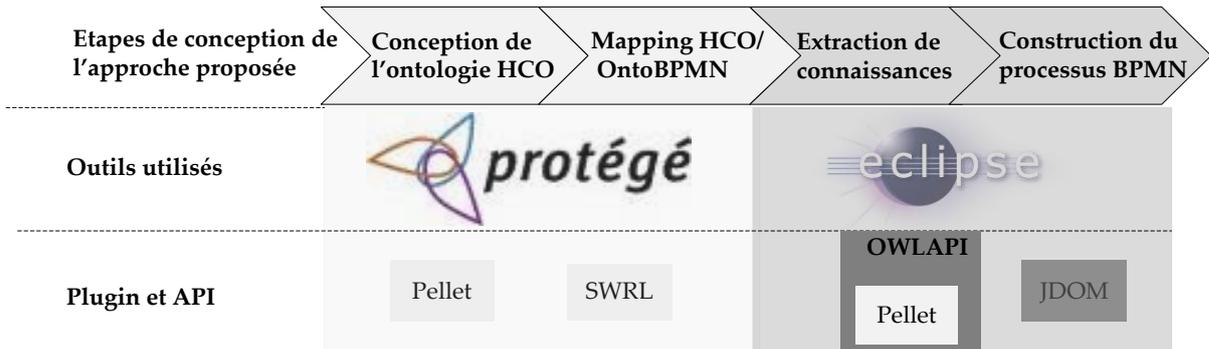


Figure 35. Vue d'ensemble du processus de développement de l'approche proposée et des outils utilisés

V.4.5. Scénario d'utilisation

Le diagramme de séquence représenté dans la Figure 36 montre les différents acteurs impliqués dans l'approche proposée et les interactions entre eux. Elle montre particulièrement deux scénarios d'utilisation de l'application développée :

- les professionnels de la PAD renseignent la base de connaissance par les profils des patients via l'application.
- les professionnels de la PAD génèrent le processus BPMN personnalisé d'un patient précis via l'application. Dans ce but, le professionnel de la PAD entre l'identité du patient, l'application interroge la base de connaissance, le résultat obtenu par la base de connaissance est transformé en processus BPMN et produit en sortie de l'application.

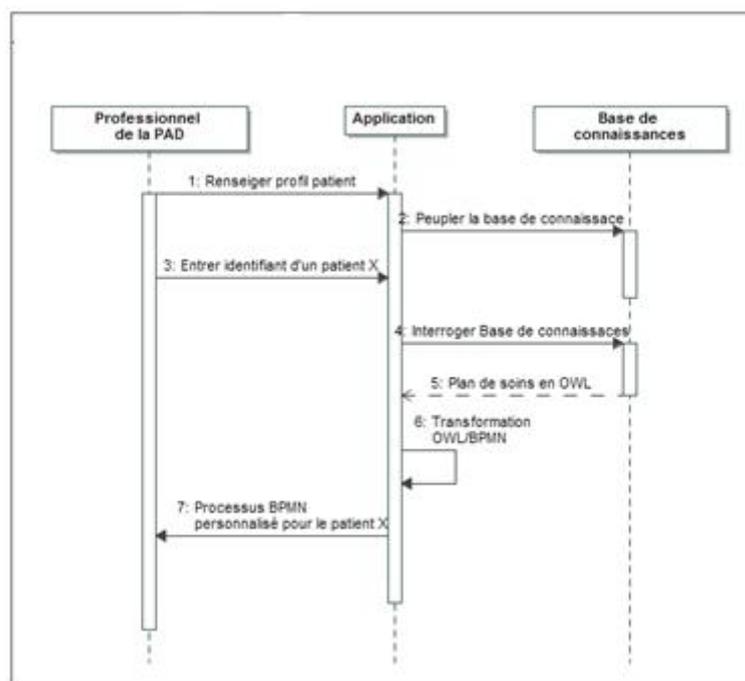


Figure 36. Diagramme de séquence pour l'application proposée

Synthèse du chapitre

Ce chapitre a eu pour but la présentation de notre approche pour la conception de workflows personnalisés pour la prise en charge à domicile. Nous avons ainsi identifié les processus de réalisation des soins, de suivi et de coordination de soins mais aussi les processus à automatiser pour améliorer les problèmes de coordination et de continuité des soins dans la PAD. Nous avons également stipulé que le résultat de notre approche devrait être interprétable par l'outil de définition décrit comme un composant de l'architecture de référence des systèmes de workflow. Nous avons surtout présenté le principe de fonctionnement de notre approche, qui consiste à se baser sur des connaissances sur la PAD pour générer un processus de soins personnalisé pour chaque patient. Les chapitres suivants sont consacrés à la description des différentes étapes qui constituent notre approche.

Chapitre VI. LES ONTOLOGIES UTILISEES DANS L'APPROCHE PROPOSEE

Ce chapitre est consacré principalement à la première étape du processus de développement de notre approche qui consiste à réaliser l'ontologie du domaine de la PAD orienté coordination et nommée HCO (Home Care Ontology). En effet, les sections suivantes décrivent les étapes suivies pour la conception et le développement de HCO. A la fin du chapitre nous décrivons l'autre ontologie utilisée dans notre travail OntoBPMN : l'ontologie du domaine BPMN.

VI.1. Méthodologie de conception de HCO

HCO (Home Care Ontology) est l'ontologie de prise en charge à domicile que nous proposons dans ce travail. Elle est axée sur les concepts d'aide à la coordination de la PAD. HCO est une ontologie inspirée des ontologies existantes pour la PAD. Elle prend en compte :

- le profil patient : pathologie, entourage, environnement,...
- l'aspect organisationnel du cadre médical : le rôle de chaque intervenant,...
- les interventions nécessaires pour traiter chaque pathologie.

Pour la construction de l'ontologie HCO, nous avons choisi de partir de zéro tout en nous inspirant des ontologies citées dans le chapitre (Chapitre IV), spécialement : CPO, APO et OntoPAD. Pour construire cette ontologie du domaine des soins à domicile, nous avons suivi une synthèse des différentes méthodes de construction d'ontologies trouvées dans la littérature, telles que celles proposées dans (Uschold et King, 1995) et (Staab, 2001). Le processus d'ingénierie ontologique pour la construction de l'ontologie de soins à domicile a été :

- a. Etape 1 : cette étape consiste à identifier l'objectif, à définir l'ontologie, les utilisateurs de cette ontologie, et les scénarios d'utilisation de cette ontologie.
- b. Etape 2 : cette étape consiste à se baser sur les résultats de la première étape. Afin de définir les concepts de base et les relations de cette ontologie.
- c. Etape 3 : cette étape consiste à choisir un outil de conception de l'ontologie et de commencer l'implémentation de l'ontologie.

- d. Etape 4 : cette étape est une étape itérative, consistant à maintenir la cohérence de l'ontologie à chaque modification de l'ontologie.

VI.1.1. Etape 1 : Spécification

La majorité des méthodes et méthodologies de développement d'une ontologie préconisent une étape de spécification. Cette étape est préalable à la construction d'une ontologie. Elle consiste :

- a. dans un premier temps, à l'étude de la faisabilité et la pertinence de développer cette ontologie et son utilité. Il s'agit, principalement, d'étudier l'existence d'autres ontologies qui répondent aux mêmes exigences attendues par l'ontologie à développer.
- b. dans un second temps, à fournir un document spécifiant des réponses à des questions fondamentales à la construction de l'ontologie. Ces spécifications comprennent selon différentes méthodes (Staab, *et al.* 2001), (Fernández-López *et al.* 1997), (Ushold & King, 1995) :
 - l'objectif de l'ontologie à développer
 - le domaine de connaissance qui sera représenté par l'ontologie
 - les sources d'informations à utiliser pour construire l'ontologie
 - les utilisateurs de cette ontologie
 - des scénarios d'utilisation de cette ontologie
 - la portée de l'ontologie : déterminer les principaux concepts à représenter dans l'ontologie.

VI.1.1.1. Spécification de HCO

L'étude des ontologies existantes révèle la nécessité de développer une nouvelle ontologie. En effet, il existe peu d'ontologies dans le domaine de la PAD. A notre connaissance sur le web on ne peut accéder qu'à trois ontologies dans le domaine de la PAD qui sont : APO et CPO du projet européen K4care (Valls *et al.* 2010) et l'ontologie OntoPAD (Khalfi, 2009). Toutes ces ontologies sont présentées dans le chapitre (Chapitre IV). D'autres ontologies comme HTPPO (Lasierra, 2010) et « Profile Patient Ontology » (Sampalli *et al.* 2011) sont en cours de développement.

Ces différentes ontologies ne peuvent pas répondre à ce que nous attendons de HCO. HCO doit décrire les concepts liés au profil patient (pathologie, entourage, environnement,...), à l'aspect organisationnel du cadre médical (le rôle de chaque

intervenant) et aux interventions nécessaires pour traiter chaque pathologie. Or les ontologies présentées précédemment ne décrivent qu'une partie de ce que nous attendons de HCO. Plus concrètement :

- **le profil patient** est développé dans les ontologies HTPPO et « Profile Patient Ontology ». Toutes les deux sont en phase de développement c'est pourquoi nous avons juste accès à une vue de haut niveau de ces ontologies. Il est également intéressant de souligner que dans HTPPO, les auteurs s'intéressent plus particulièrement à la surveillance d'un patient à domicile. De ce fait, elle comprend des connaissances sur des paramètres mesurables du patient : température, poids, etc. et leurs seuils d'alerte. De son côté « Profile Patient Ontology » est développée dans le but de créer un vocabulaire hiérarchique contrôlé des différents aspects du profil patient (aspect psychique, médical, nutritif, etc.). Alors que dans HCO, le profil du patient servira à personnaliser le processus de soins d'un patient.

- **l'aspect organisationnel du cadre médical** (le rôle de chaque intervenant) est un aspect développé dans l'ontologie APO et OntoPAD.

Concernant l'ontologie APO, nous avons retenu les concepts « Action », « Actor » et « Document » que nous avons adaptés à nos besoins. Essentiellement, le concept « Actor » qui est représenté dans APO n'est pas hiérarchisé de la même façon dans HCO. En effet, dans HCO nous avons développé trois types d'acteurs ayant des rôles différents qui sont : le « Patient », l'aidant « CareGiver » et les professionnels de santé « HomeCareProfessional ». Alors qu'APO distingue dans le concept « Actor » les concepts : « Patient », professionnels permanents « StableMember » et professionnels additionnels « AdditionalCareGiver ». Un autre point de différence est que certains concepts développés dans APO ne sont pas nécessaires dans HCO, tel que le concept SDA (State-Decision-Action) (Riaño, 2007) qui représente un ensemble d'algorithmes écrits sous le format SDA. Ces algorithmes décrivent l'enchaînement des étapes à suivre (action à effectuer) selon les événements.

- **les interventions nécessaires pour traiter chaque pathologie** représentent un aspect développé dans CPO et d'une façon moindre dans OntoPAD. Dans ce cas également, nous avons retenu des concepts de CPO comme « Disease » et « intervention » sans retenir les concepts sur les symptômes, syndromes car nous ne nous intéressons pas au suivi des pathologies d'un point de vue médical, mais plutôt au suivi des soins à prodiguer aux personnes souffrant de ces pathologies. Un autre point de différence est que pour certains concepts d'APO ou CPO, nous

avons choisi une représentation par des individus (instances), alors qu'ils sont représentés par des classes. C'est le cas des pathologies ou rôles de professionnels. Le but de ce choix est de pouvoir, d'une part, relier deux instances ensemble par une relation (exemple Mme Joëlle hasDisease UnderNutrition), d'autre part de pouvoir interroger la base de connaissance et avoir des réponses sur des liens existants. Or cette option entre des classes n'est pas possible sous OWL DL.

Comme on vient de le voir, aucune des ontologies existantes ne répond complètement à tous nos besoins. Alors que la fusion entre ces ontologies n'est pas non plus envisageable pour les raisons suivantes :

1. nous n'avons pas accès à toutes les ontologies, nous ne pouvons donc pas étudier tous les concepts, les relations et règles représentés dans ces ontologies.
2. certaines ontologies sont développées en Français, d'autres en Anglais, ce qui rend impossible la fusion entre ces ontologies, au risque d'engendrer des problèmes d'incohérence et de redondance.
3. notre besoin est axé sur la coordination des soins, dans notre application nous n'avons pas besoin de tous les concepts décrits dans ces ontologies. D'autre part certains concepts ne sont pas présents dans ces ontologies ou leur hiérarchisation ne correspond pas à nos besoins.

Cette première phase de construction d'une ontologie produit un document qui comprend différentes spécifications liées à la construction d'une ontologie précise. Dans le cas de HCO, le document contient en particulier les spécifications représentées dans la 37.

Ontologie	HCO (Home Care Ontology)
Objectifs	Aider à la conception d'un workflow personnalisé pour la prise en charge à domicile de patients dépendants
Domaine de connaissance	Le domaine de la prise en charge à domicile de patients dépendants
Source	Les informations issues des enquêtes menées dans le milieu de la PAD (HAD, SSIAD, etc.) et les documents utilisés par ces derniers.
	Les ontologies citées précédemment principalement APO, CPO et OntoPAD
Utilisateurs	Utilisateurs humains : patients, entourage, professionnels de santé médicale, professionnels de santé paramédicaux, etc.

	Un système de transformation de modèle
Scénario d'utilisation	Renseigner la base de connaissance par des informations concernant par exemple Mme Joelle.
	Interroger la base de connaissance pour construire un processus de prise en charge à domicile personnalisé
Portée de l'ontologie	Le profil patient.
	Le cadre organisationnel de la PAD.
	Le traitement ou les interventions nécessaires pour chaque pathologie.

Figure 37 Document de spécifications de besoins HCO

VI.1.2. Etape 2 : Conceptualisation

La phase de conception est l'étape la plus importante lors de la construction d'une ontologie. C'est lors de cette étape qu'on définit les concepts, les relations, les attributs et les axiomes qui seront décrits dans l'ontologie. Comme précisé précédemment, nous nous sommes basés sur les ontologies existantes, nos enquêtes de terrain ainsi que certains scénarios de PAD, afin de définir ces concepts. Dans les sous-sections suivantes, nous présentons les principaux concepts, relations, attributs et axiomes de l'ontologie développée HCO.

VI.1.2.1. Construction d'un glossaire de termes

Cette étape consiste à recenser les termes principaux du vocabulaire métier de la PAD et de les définir. Le tableau suivant expose les concepts principaux de la PAD ainsi que leurs descriptions. Ces descriptions aident à la conception des relations, attributs et axiomes relatifs aux concepts définis.

Concepts HCO	Synonyme (Français)	Origine			Description
		APO	CPO	OntoPAD	
Action	Tâches, acte, activité	X			Un acte est une réalisation d'une tâche qui peut être médicale, paramédicale ou de nursing. Cette tâche est effectuée par un intervenant selon le plan de soins et en respectant le protocole associé à cet acte.
Actor	Acteur, intervenant	X			Toute personne humaine impliquée dans la prise en charge à domicile d'un patient dépendant que ce soit le patient, son entourage familial ou amical ou professionnel travaillant dans une structure de la PAD : les professionnels médicaux, paramédicaux, sociaux etc.
Disease	Pathologie, maladie		X		Un dysfonctionnement physiologique ou psychologique. Il existe plusieurs classifications internationales des maladies regroupent les maladies avec des caractéristiques communes. Celle utilisée dans HCO est la même que dans CPO : à savoir la classification "International Classification of Diseases, Injuries and Causes of Death (ICD-10) ⁶⁰ ". Une pathologie est traitée par des actes à effectuer chez le patient.
CareGiver	Aidant, entourage			X	Une personne qui assume la majorité de la prise en charge du patient à domicile. En règle générale, c'est un parent (époux, enfant, etc.). Un voisin ou un ami peuvent jouer ce rôle (cela dépend de l'état de dépendance du patient et de l'établissement de soins dans lequel il est admis). Une personne qui pourra veiller sur le patient 24h/24 dans certain cas et assurer certaines tâches : le nourrir, lui tenir compagnie, etc.
Document	Document	X			Tout document contenant les informations sur le patient : fiche d'admission, suivi des soins, état de santé, etc.
PeriodeOfDay	Période du jour				Le moment de la journée où des soins vont être effectués : matin, après-midi, soir et nuit
Frequency	Fréquence				La fréquence à laquelle une tâche doit être effectuée lors du traitement d'une pathologie précise : une fois par jour, deux fois par semaine, etc.
HomeCareProfessional	Professionnel de santé	X		X	Un professionnel de la santé qui travaille dans le cadre d'un système de santé. Il peut être un acteur médical, paramédical, etc. Son rôle est d'effectuer des actes sur la personne prise en charge à domicile.

⁶⁰ <http://www.who.int/classifications/icd/icd10updates/en/>

Intervention	Intervention		X		Un ensemble d'actes effectués dans un espace-temps précis par un acteur (médical, paramédical, etc.) sur un patient spécifique.
MedicalActivity	Activité médicale	X			Un acte que seul un professionnel médical est capable d'effectuer : prescrire des médicaments,...
MedicalProfessional	Professionnel médical				Une personne ayant les compétences nécessaires pour effectuer des actes médicaux (injection, diagnostique, consultation médical, etc.) sur les patients : médecin traitant, médecin coordinateur, etc.
NursingActivity	Activité de nursing				Activité de nursing est toute activité effectuée par des professionnels du paramédical : des infirmiers, aide soignants, etc.
ParamedicProfessional	Professionnel paramédical				Tout professionnel travaillant dans le cadre de la prise en charge à domicile de patients dépendants et appartenant au domaine paramédical. Ils ont la charge d'effectuer des tâches de nursing sur les patients
PsychoSocialProfessional	Professionnel psycho-social			X	Tout professionnel travaillant dans le cadre de la prise en charge à domicile de patients dépendants et appartenant au domaine psycho-social
Patient	Patient	X		X	Une personne admise dans la PAD. Elle souffre d'une ou plusieurs pathologies. Elle est entourée par ses proches et reçoit des soins par des professionnels de la PAD.
(...)					

Tableau 7. Glossaire de termes HCO

- Représentation du profil patient

Le profil du patient est ce qui permet de déterminer le plan de soins que ce patient doit suivre. D'après les documents utilisés lors de la prise en charge à domicile et les différentes propositions dans la littérature (Lasierra, 2010) et (Sampalli et al., 2011) on peut déduire que le profil patient inclut :

- les pathologies dont souffre le patient,
- ses informations administratives,
- ses paramètres vitaux (poids, tension artérielle...),
- son historique médical,
- son environnement et entourage.

Bien que la notion de profil soit présente dans HCO, nous n'avons pas estimé pertinent de la représenter comme un concept « profil » dans l'ontologie. En effet, du moment où chaque profil est unique, il n'est pas d'une grande utilité de donner un nom à chaque profil. Par contre, les informations concernant le profil d'un patient sont nécessaires afin d'établir son processus de soins. Nous avons choisi de donner un aperçu de ce que nous entendons par « profil patient » sous forme d'un diagramme de classe, où les principaux concepts et relations participant à la définition du profil patient sont représentés. Ce diagramme est présenté dans la Figure 38.

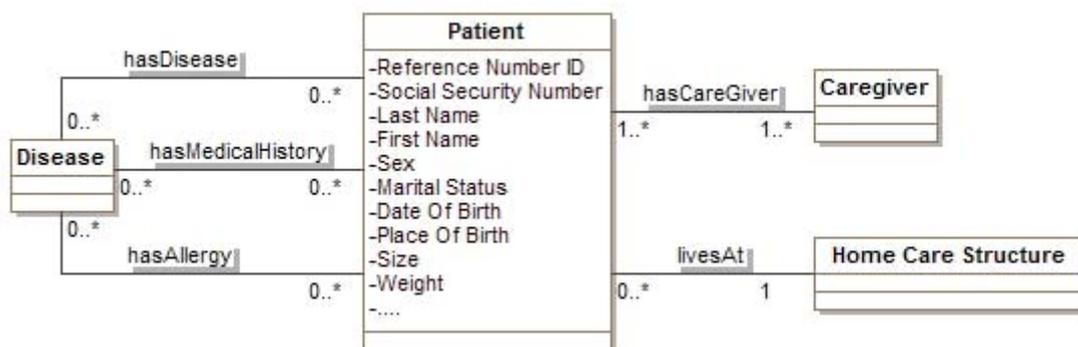


Figure 38. Profil patient

- Représentation du temps

La gestion du temps dans la PAD est très importante. En effet, les actes qui doivent être effectués chez le patient ont une fréquence (1jour/2, 2fois/semaine, etc.) qui peut évoluer selon les phases de soins ou le profil du patient. Dans le milieu de la prise en charge à domicile, la journée est composée de quatre périodes : le matin (de 7h00 à 12h00), après-midi (de 12h00 à 16h00), la soirée (de 16h à 20h) et la garde de nuit à partir de 20h00. Les différents actes peuvent avoir une durée précise. Tout comme les dates et heures d'admission, de sortie

et de passage des intervenants. Afin de pouvoir représenter ces différentes situations le concept de temps a été ajouté à HCO. Ce concept, comme on peut le voir sur la figure précédente possède trois sous classes : Frequency, TimeOfDay et Duration.

Cependant, vu que dans une ontologie, il n'existe que des relations binaires, certaines classes ont dû être ajoutées. C'est le cas notamment pour la classe « FrequencyOfActionToDisease ». Cette classe relie une tâche effectuée pour les soins d'une pathologie précise, à la fréquence à laquelle elle doit être effectuée. Par exemple : la tâche «Weight» a une fréquence de 1fois/jour pour une personne souffrant d'une dénutrition, alors qu'elle a une fréquence de 1fois /semaine pour une personne ayant une péritonite vésiculaire.

VI.1.2.2. Construction de glossaire de relations

Comme nous l'avons expliqué au chapitre (Chapitre IV), il existe deux types de relations dans l'ontologie : la relation de subsumption (héritage) et les relations associatives. Ces relations sont des relations binaires, reliant un concept source à un concept cible. Le tableau suivant présente certaines des relations existantes dans HCO, en montrant les concepts sources et cibles et les fonctions inverses de chacune de ces relations.

Relation	Concept source	Concept cible	Relation inverse
HasDisease	Patient	Disease	isDiseaseOfPatient
InvolvesAction	Disease	Action	isInvolvedToCareDisease
PerformsAction	HomeCareProfessional	Action	isPerformedByActor
includesAction	Intervention	Action	isIncludedInIntervention
hasFrequency	FrequencyOfActionToDisease	Frequency	
hasFrequencyForDisease	Action	FrequencyOfActionToDisease	isFrequencyActionForDisease
hasFrequencyForAction	Disease	FrequencyOfActionToDisease	isFrequencyDiseaseForAction
(....)			

Tableau 8. Glossaire de relation

VI.1.2.3. Construction du glossaire d'attributs

Dans les ontologies APO et CPO peu d'attributs sont développés, contrairement à OntoPAD. Dans HCO, nous avons défini des attributs essentiellement pour le concept qui décrit le patient. L'attribut est une relation binaire dont la source est un concept du domaine

et la cible un type de donné connu (chaîne de caractère, entier ou autres.). Le tableau suivant expose certains des attributs définis dans HCO.

Attribut	Concept	Domaine
hasSocialSecurityNumber	Patient, CareGiver	nonNégativeInteger
hasName	Patient, CareGiver	String
hasDateOfAdmission	Patient	DateTime
hasWeight	Patient	Float
(.....)		

Tableau 9. Glossaire d'attributs

VI.1.2.4. Construction du glossaire d'instance

Le tableau suivant montre certaines instances (individus) présentes dans HCO. En effet, comme nous l'avons souligné auparavant, pour certains concepts nous avons préféré l'utilisation des individus plutôt que l'utilisation des classes. C'est le cas en particulier pour les pathologies. En effet, nous ne voyons pas l'intérêt de représenter les pathologies en classes qui ne s'instancient pas. De l'autre côté, ce choix permet l'utilisation de ces instances dans des règles et des requêtes.

Nom du concept	Les instances du concept
Disease	Anaemia Arthritis VesicularPeritonitis CerebrovascularDisease,...
MedicalActivity	PerformClinicalAssessment PerformPhysicalExamination PrescribeAssistiveDevices,...
MedicalProfessional	FamilyDoctor PhysicianInCharge PhysicianInChargeRehabilitation,...
NursingActivity	BloodSugarMeasurement, Perfusion Blood drawing ,...
ParamedicProfessional	Nurse CareAid PhysicalTherapist,...

(...)	
-------	--

Tableau 10. Glossaire des instances

VI.1.2.5. Construction de glossaire d'axiomes et de règles

La construction du glossaire d'axiomes consiste à décrire des conditions et expressions relatives aux concepts préalablement définis. Le tableau suivant montre certains de ces axiomes : leur description en langage naturel puis leur traduction dans un langage compréhensible par la machine.

Concept	Description	Axiomes /règles
Disease	Une instance de «Disease » ne peut pas être instance d'une autre classe (Actor, Action, etc.).	Disease DisjointWith Actor Disease DisjointWith Action Disease DisjointWith Frequency
Intervention	Une intervention nécessite la présence d'un patient pour effectuer au moins une action par un acteur	includesAction min 1 Action involvesActor min 1 Actor involvesPatient exactly 1 Patient
ParamedicProfessional	Les professionnels du paramédical effectuent juste des activités de nursing et de tâche de maison (changement de draps, etc.)	performsAction only (HouseworkActivity or NursingActivity)
Patient	Les acteurs participant aux soins d'un patient sont définis selon les pathologies dont souffre le patient	Patient(?PatientID),hasDisease(?PatientID,?DiseaseID),InvolvesAction(?Disease,?ActionsID)PerformsAction(ActorID,ActionID)->actor(?ActorID)
NursingActivity	Les activités de nursing sont effectuées par seulement les professionnels paramédicaux	isPerformedByActor only ParamedicsProfessional
(.....)		

Tableau 11. Glossaire d'axiomes

Le résultat de cette étape de conception permet de représenter une vue haut niveau de l'ontologie HCO. La Figure 39 représente la vue haut niveau de l'ontologie HCO. Cette figure représente les principales classes de HCO et les relations qui les lient. Ainsi les rectangles représentent les classes et les liens entre les classes représentent les relations

binaires (subsomptions et associatives) entre ces classes. Nous avons utilisé des couleurs différentes, comme spécifié dans la légende de la figure, pour préciser l'origine du concept par rapports aux ontologies CPO, APO et OntoPAD.

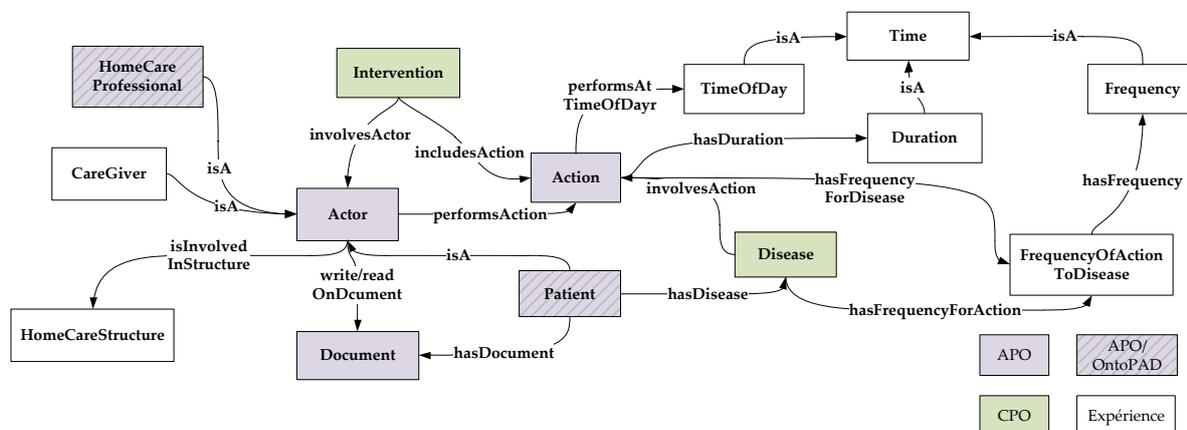


Figure 39 HCO : vue haut niveau

VI.1.3. Etape 4 : Implémentation

L'implémentation de l'ontologie consiste à traduire l'ontologie obtenue dans la phase précédente en un langage ontologique compréhensible par la machine. Lors de l'implémentation, il y a deux choix à effectuer : le langage et l'éditeur d'ontologie à utiliser. Dans notre travail, nous avons opté pour les standards existants dans le domaine : le langage OWL-DL qui est un compromis entre complétude et rapidité d'inférence (ce langage est présenté dans la section IV.2.3). L'outil utilisé est Protégé 4.1 que nous présentons dans la sous-section suivante.

Protégé

Protégé⁶¹ (Noy *et al.* 2000) est une plate-forme du groupe Stanford Medical Informatics de l'Université de Stanford. Il est régi par la convention de code source libre. Protégé est désormais une référence pour l'édition des ontologies.

Il supporte en particulier les langages RDF et OWL-DL. Il offre un environnement de développement intégré très ergonomique. La construction des ontologies se fait de façon intuitive, où les concepts sont représentés par une arborescence de classes tout comme les relations entre les classes, etc. De plus avec des possibilités de recherche, de copier-coller, etc. Un autre avantage de Protégé est qu'il est basé sur une architecture extensible. On peut y insérer plusieurs plug-ins offrant de nouvelles fonctionnalités, comme par exemple des plug-

⁶¹ <http://protege.stanford.edu/>

ins pour gérer les représentations sous forme graphique (OWLviz⁶²), ou des plug-ins de raisonneurs qui vérifient et assurent la cohérence de l'ontologie développée et permettent de déduire de nouvelles inférences (Pellet⁶³, FaCT++⁶⁴, etc.).

Protégé a été choisi pour implémenter l'ontologie de prise en charge à domicile HCO, ce qui permet de construire l'ontologie à l'aide d'un outil intuitif et de générer par la suite le code OWL de l'ontologie qui pourra être *parsé*⁶⁵, et interrogé pour les besoins de l'application. La Figure 40 montre la hiérarchie de l'ontologie implémentée via Protégé.

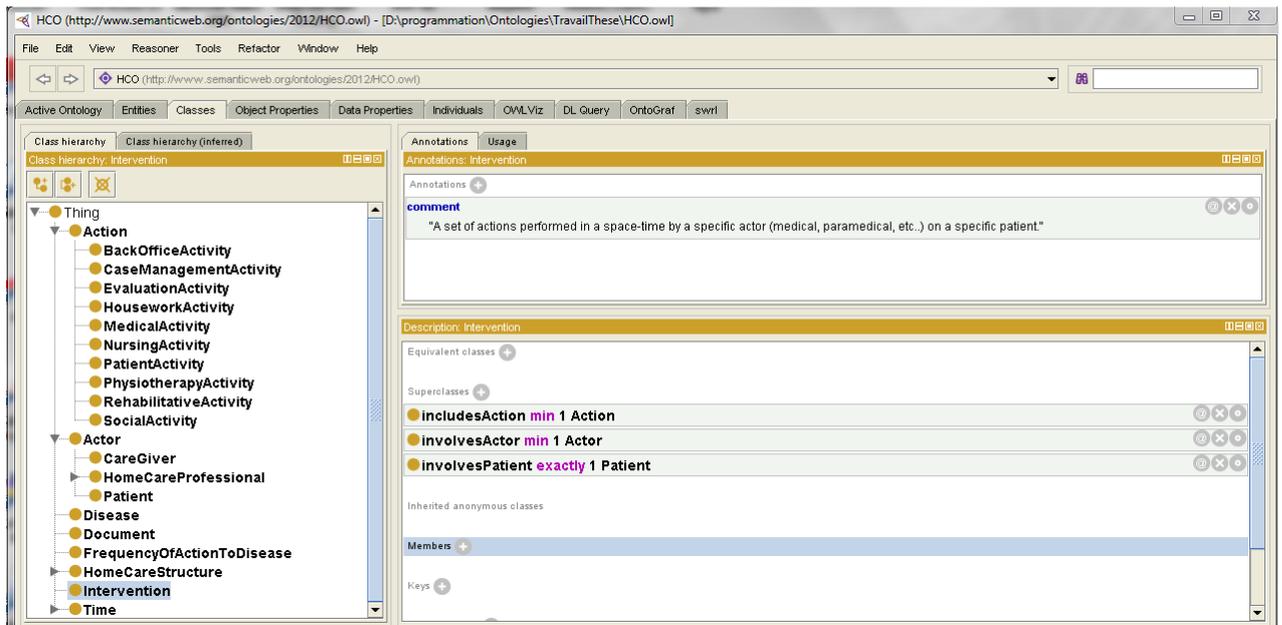


Figure 40. Protégé4.1 environnement de développement de HCO

La Figure 41 montre une vue hiérarchique de l'ontologie HCO. Cette figure est obtenue à l'aide du plugin OWLViz utilisé sous Protégé.

⁶² <http://protegewiki.stanford.edu/wiki/OWLviz>

⁶³ <http://clarkparsia.com/pellet>

⁶⁴ <http://code.google.com/p/factplusplus>

⁶⁵ Parsé : faire une analyse syntaxique destinée à récupérer les informations contenues dans les balises d'un document à balise genre XML.

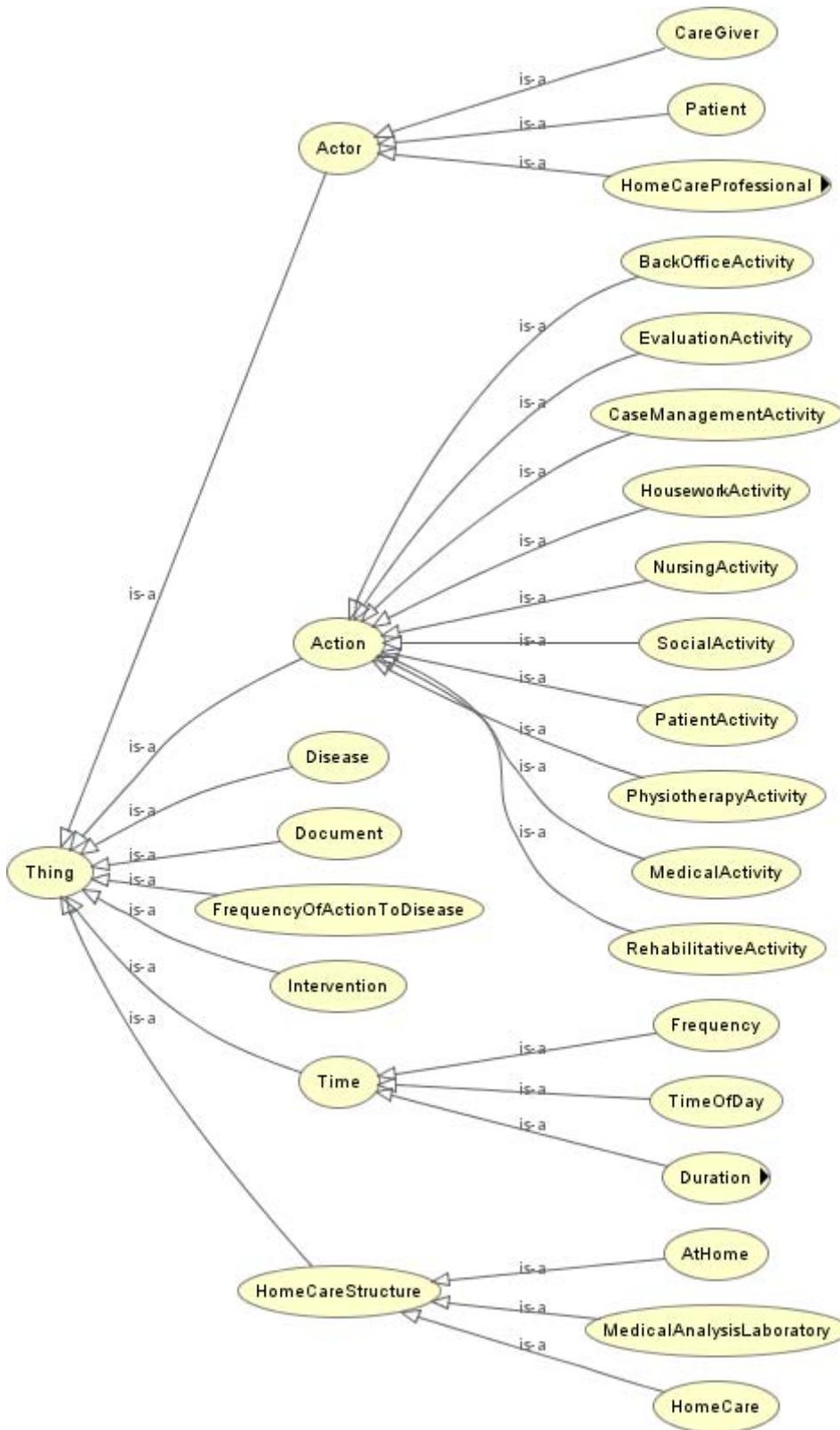


Figure 41 Vue Hiérarchique de l'ontologie HCO

VI.2. OntoBPMN

Comme nous l'avons dit auparavant, le langage utilisé pour représenter le processus de soins généré par notre approche est le BPMN. Ce choix s'est imposé à nous, vu qu'aujourd'hui, le langage BPMN est le langage standard interprétable par la majorité des systèmes de gestion de workflow.

Ghidini et ses collègues (Ghidini *et al.* 2009) de l'équipe de recherche DKM Unit (Data and Knowledge Management Unit) ont proposé une ontologie qui représente les concepts du BPMN. Cette ontologie est appelée OntoBPMN. Elle est formalisée sous OWL-DL, et elle est basée sur la spécification BPMN de l'OMG (BPMN, 2008)⁶⁶. Le développement de l'ontologie a été guidé par la description de l'ensemble des attributs BPMN et des types figurant à l'annexe A de la Spécifications BPMN (BPMN, 2008).

OntoBPMN se compose de 95 classes, 439 axiomes, 108 relations et 70 attributs. Elle se compose de deux classes principales : *Graphical_Element* et *Supporting_Element*. La première représente les différents éléments graphiques présentés au chapitre (Chapitre III) : Swimline (Pool et Lane), Flow Object, Connecting Object, et Artifact. La seconde classe est utilisée principalement pour définir les attributs des objets graphiques. Une partie de l'ontologie est présentée dans la figure suivante, où les rectangles représentent les principales classes d'OntoBPMN et les liens entre ces classes représentent les relations de subsomption entre ces classes.

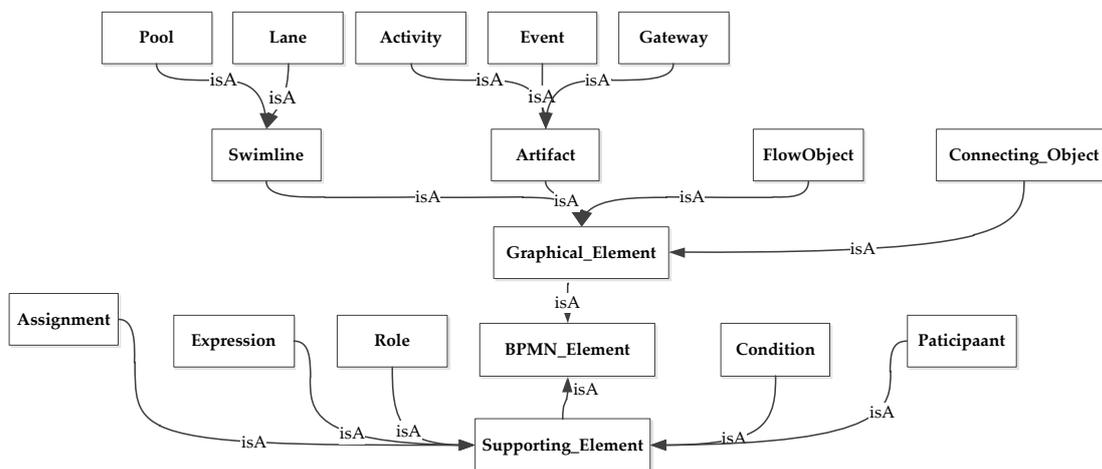


Figure 42. OntoBPMN vue haut niveau

Synthèse du chapitre

Ce chapitre a été consacré à la présentation des ontologies HCO et OntoBPMN qui constituent la base de l'approche proposée. Nous nous sommes surtout attardés sur la

⁶⁶ <http://www.omg.org/spec/BPMN/1.1/>

conception et l'implémentation de l'ontologie HCO, conçue spécialement pour répondre aux besoins en coordination de notre application. Elle comprend des connaissances sur le profil du patient, le domaine organisationnel de la PAD et sur les interventions pour le traitement des pathologies. Dans le chapitre suivant nous allons voir comment ces ontologies vont être utilisées dans l'approche de personnalisation de processus de la PAD.

Chapitre VII. IMPLEMENTATION ET EXPERIMENTATION DE L'APPROCHE PROPOSEE

Dans le chapitre précédent nous avons développé la première étape de la réalisation de notre approche, qui consistait à développer une ontologie d'aide à la coordination pour la PAD. Dans ce dernier chapitre, nous présentons les trois autres étapes du processus de conception de notre approche, comme le montre la Figure 43. Ce chapitre se concentre particulièrement sur la transformation des modèles et l'extraction des connaissances. Nous présentons également les outils techniques utilisés et l'application de la solution proposée au cas d'étude présenté à la section (V.1).

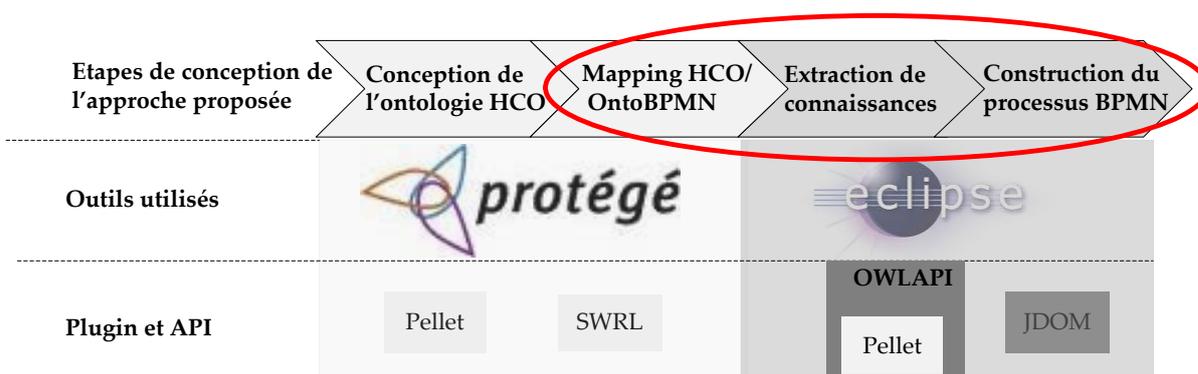


Figure 43. Vue d'ensemble du processus de développement de l'approche proposée et des outils utilisés

VII.1. Mise en œuvre de la conception d'un processus personnalisé

VII.1.1. Les étapes de transformation

La transformation de modèle est une des bases de l'approche dirigée par les modèles. L'approche dirigée par les modèles est l'idée de séparer explicitement l'aspect fonctionnel (logique) de l'aspect technologique (physique) lors du développement d'un logiciel, dans le but de générer automatiquement ou de façon semi-automatique le code indépendant de la plate-forme d'exécution.

L'IDM (Ingénierie Dirigée par les Modèles) représente la mise en œuvre d'une approche dirigée par les modèles. C'est une approche intégrative générale, développée dans les

laboratoires et chez les industriels. Elle représente le domaine de l'informatique mettant à disposition des outils, concepts et langages pour créer et transformer des modèles. IDM est basée sur les notions de modèle, méta-modèle et transformation de modèle que nous avons développé en annexe C. (Favre *et al.* 2006).

Les différentes étapes suivies pour la conception d'un processus de workflow personnalisé pour la prise en charge à domicile de patients dépendants sont représentées dans la Figure 44. Cette figure représente les deux étapes de la transformation en montrant le respect de l'approche dirigée par les modèles. Le processus de transformation comprend deux étapes qui sont :

- étape 1 : cette étape consiste à faire un mapping entre les deux ontologies (HCO et OntoBPMN). Le résultat est une nouvelle ontologie HCBPMNO dont une vue de haut niveau est présentée dans la Figure 45 (p. 116).
- étape 2 : durant cette étape s'effectue l'extraction de connaissance en OWL et leur transformation en un processus BPMN respectant le méta-modèle BPMN.

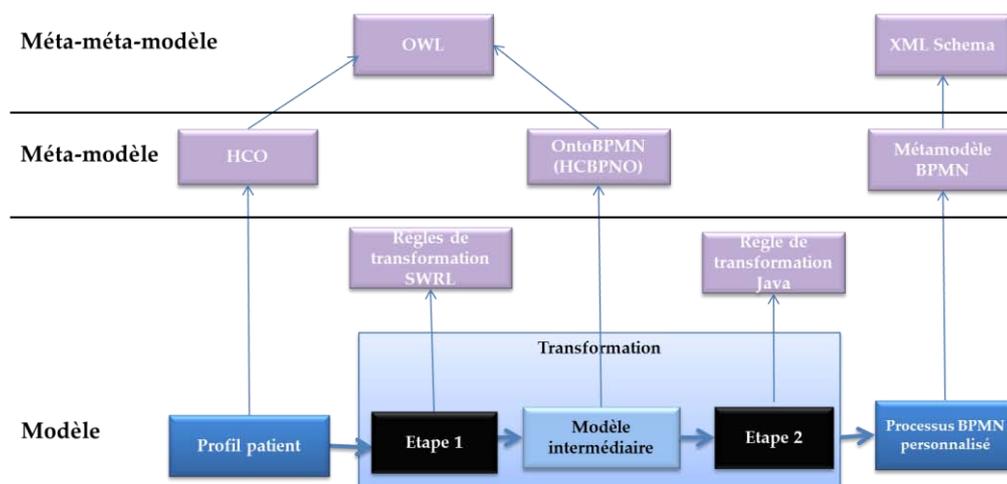


Figure 44. Principales étapes de notre approche

VII.1.1.1. Mapping entre HCO et OntoBPMN

Le mapping entre HCO et OntoBPMN comprend deux étapes : la première étape est la fusion des deux ontologies. La deuxième étape consiste à faire le mapping (la correspondance) entre les deux ontologies.

La fusion des deux ontologies est la construction d'une nouvelle ontologie HCBPMNO. Cette nouvelle ontologie inclut tous les concepts de l'ontologie HCO et de l'ontologie OntoBPMN, mais sans lien entre les concepts des deux ontologies.

Le mapping entre les deux ontologies consiste à faire correspondre les concepts des deux ontologies. La Figure 45 montre une vue de haut niveau des deux ontologies HCO et OntoBPMN et les principales relations entre leurs concepts par des liens discontinus. Le tableau suivant présente certaines des correspondances que nous avons établies entre les deux ontologies. Nous avons repris dans la première colonne les principaux concepts de BPMN, la troisième colonne montre le concept de la PAD qui lui correspond et la seconde colonne présente la relation de correspondance entre les deux concepts.

Concept de ont BPMN	Règle de transformation	Concept de la HCO
Pool	HomeCareStructure(?x)-> Pool(?x)	HomeCareStructure
Lane	Actor (?x)-> Lane (?x)	Actor
Activité	Intervention(?x) -> Activity(?x)	Intervention
Evènement	TimeOfDay(?x)-> Event(?x)	TimeOfDay
Data_Object	Action (?x)-> Data_Object	Action

Tableau 12. Mapping entre HCO et OntoBPMN

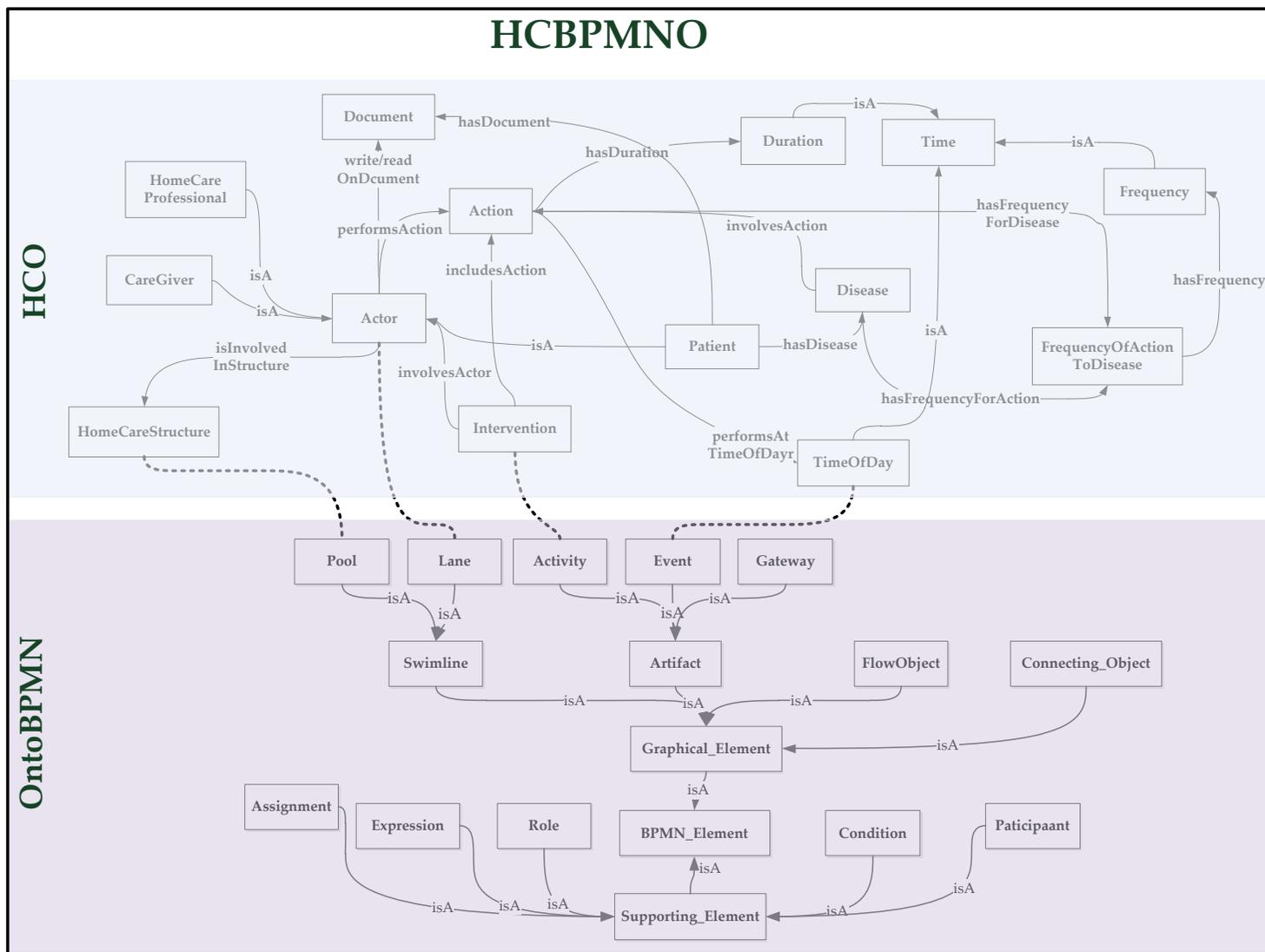


Figure 45. Vue haut niveau de HCBPMNO

VII.1.1.2. Mapping entre OWL et BPMN

Dans le tableau suivant nous présentons certaines des correspondances développées dans notre approche entre le langage OWL et BPMN. La colonne de droite contient la notation en OWL, alors que la colonne de gauche montre son équivalent sous format BPMN.

Notation OWL	Notation BPMN
<code><http://www.semanticweb.org/ontologies/2012/HCBPMNO.owl# Joelle_Home ></code>	<code><model:process id="Joelle_Home" name="Joelle Home"></code>
<code><http://www.semanticweb.org/ontologies/2012/HCBPMNO.owl#Nurse></code>	<code><model:lane id="Nurse" name="Nurse" /></code>
<code><http://www.semanticweb.org/ontologies/2012/HCBPMNO.owl# Intervention1></code>	<code><model>manualTask id="Intervention1" name="Intervention1"></code>
<code><http://www.semanticweb.org/ontologies/2012/HCBPMNO.owl# Morning ></code>	<code><model:intermediateCatchEvent id="Morning" name="Morning"></code>
<code><http://www.semanticweb.org/ontologies/2012/HCBPMNO.owl# perfusion ></code>	<code><model:dataObject id="perfusion" name="perfusion" /></code>

Tableau 13. Mapping OWL/ BPMN

VII.1.2. Extraction de connaissance

Une fois le mapping entre les ontologies (HCO et OntoBPMN) effectué, on peut interroger l'ontologie pour récupérer les éléments qui constituent le processus BPMN d'un patient précis. Ces requêtes visent à connaître :

- quelles sont les structures qui participent au processus de la PAD : les « Pool »
- qui sont les acteurs qui participent au processus de la PAD : les « Lane »
- quelles sont les activités à effectuer dans le processus de la PAD : manualTask
- quelles sont les actions exactes à effectuer dans chaque activité : dataObject
- quel est le « séquençement » (enchaînement) des interventions : sequenceFlow
- les événements qui rythment le processus de la PAD : intermediateCatchEvent

Pour ce faire nous avons défini des requêtes permettant d'obtenir ces éléments :

- Récupérer les lanes du processus :

```
lane and (Actor and isInvolvedToCareDisease some (Disease and (isDiseaseOfPatient value MrsBissière)))
```

- Récupérer les evenements :

```
Event and (TimeOfDay and isTimeOfDayToPerformsAction some
(Action and isInvolvedToCareDisease some (Disease and
(isDiseaseOfPatient value Joelle))))
```

- Récupérer les fréquences des actions à effectuer :

```
Frequency and isFrequencyOfAction some
(FrequencyOfActionToDisease and (isFrequencyActionForDisease
value ChangesTheSheets) and (isFrequencyDiseaseForAction some
(Disease and (isDiseaseOfPatient value Joelle))))).
```

VII.2. Architecture logicielle

Notre architecture logicielle se compose de deux parties distinctes qui sont :

- La partie base de connaissance : l'implémentation de cette partie a été développée dans les sections précédentes. L'outil principal de cette partie est Protégé 4.1 et ses plugins permettant l'écriture des règles et la déduction de faits d'après ces règles. Ces plugins sont : le langage des règle SWRL et le moteur d'inférence Pellet.
- La partie application : pour implémenter cette partie nous avons utilisé le langage orienté objet Java. Ce choix est motivé par : d'une part les avantages de portabilité et d'indépendance par rapport à la plateforme d'exécution qu'apporte Java. D'autre part, le fait que la plupart des bibliothèques et des APIs de manipulation d'ontologies sont basés sur le langage Java. Quant à l'environnement de développement, notre choix s'est porté sur l'IDE Eclipse⁶⁷. Eclipse est un IDE, sous la licence libre EPL (Eclipse Public License)⁶⁸. Il permet le développement de projets sous différents langages en particulier Java. Il est extensible à l'aide de plugins. Dans notre application nous avons utilisé les deux APIs suivantes :
 - OWLAPI⁶⁹ : une API Java pour la manipulation des ontologies. Une description plus détaillée est présentée dans la sous-section suivante.
 - JDOM⁷⁰ : une API open source Java pour la manipulation de documents XML. Cette API offre une solution conviviale et simple pour représenter et

⁶⁷<http://www.eclipse.org/>

⁶⁸ <http://www.eclipse.org/org/documents/epl-v10.php>

⁶⁹ <http://owlapi.sourceforge.net/>

manipuler un document XML : lecture d'un document, représentation sous forme d'arborescence, manipulation de cet arbre, définition d'un nouveau document, exportation vers plusieurs formats cibles, etc.

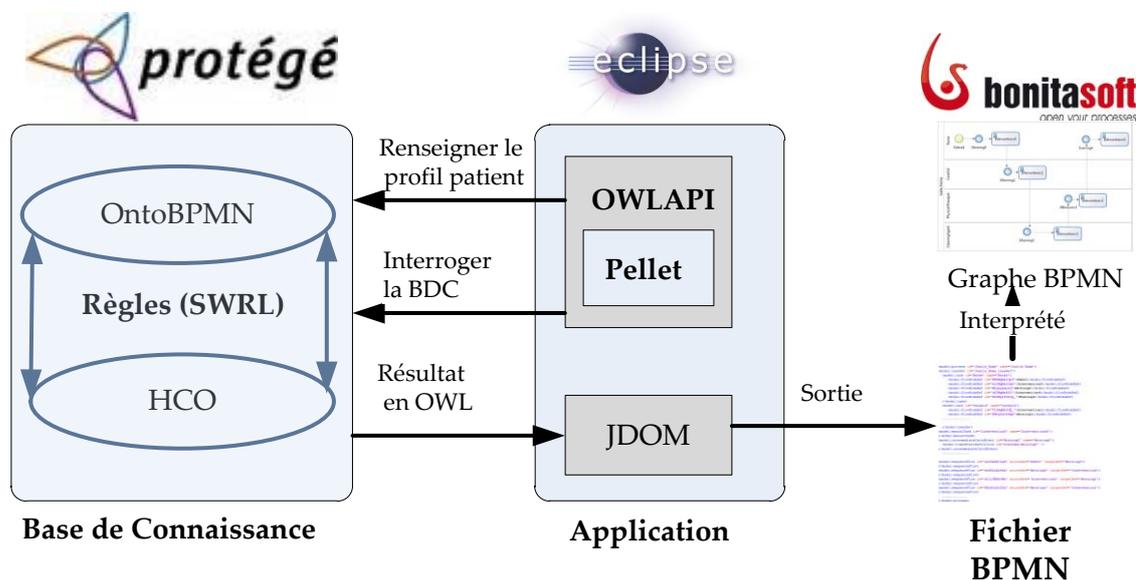


Figure 46 Architecture logicielle de l'approche

La Figure 46 représente la relation entre les différents composants logiciels choisis et leurs interactions. En fait, les étapes de cette application sont présentées de gauche à droite comme suit :

- La première étape est de renseigner le profil patient : la première chose que permet de faire l'application est d'ajouter un nouveau patient et de compléter son profil (ses renseignements administratifs, les pathologies dont il souffre, ...). Cela se fait grâce à l'API OWLAPI.
- La deuxième étape consiste à interroger la base de connaissance toujours via l'API OWLAPI et ses composants. Ces requêtes concernent les éléments de BPMN impliqués dans le processus personnalisé de prise en charge d'un patient à domicile.
- La troisième étape consiste à récupérer le résultat des requêtes précédentes sous format OWL.
- La quatrième étape consiste à transformer ces résultats en un fichier respectant le format BPMN. L'API JDOM est utilisée dans ce but. Une fois le fichier BPMN récupéré

⁷⁰ <http://www.jdom.org/>

il peut être interprété par n'importe quel outil interprétant du BPMN, tel que l'outil Bonitasoft⁷¹.

VII.2.1.1. OWLAPI

OWLAPI est une API Java de référence qui permet la création et la manipulation d'ontologies OWL. OWLAPI est open source et valable sous la License LGPL (Lesser General Public License)⁷² ou Apache. Bien qu'il existe d'autres APIs java pour la manipulation des ontologies, notamment Jana⁷³ et Protégé-OWL API⁷⁴. Notre choix s'est dirigé vers OWLAPI car elle fournit toutes les fonctionnalités dont nous avons besoin pour notre application : manipulation des ontologies (insertion et extraction de connaissances) et surtout parce qu'elle dispose d'une bonne documentation et un forum très réactif.

VII.2.1.2. SWRL

Différents langages de règles ont été créés : RuleML (Rule Markup Language), SWRL, Prolog (PROgrammation en LOGique), etc. Ces langages sont construits sous les principes de la logique, notamment la logique descriptive. Dans notre travail, nous nous sommes intéressés à SWRL car c'est l'un des rares langages à enrichir la sémantique d'une ontologie développée en OWL.

SWRL (Semantic Web Rule Language) est un langage de règles proposé par le W3C en 2004. Il est basé sur une combinaison des sous langages OWL DL et OWL Lite avec le sous langage unaire/binaire du langage RuleML (Rule Markup Language)

Les règles en SWRL sont élaborées sous la forme suivante :

Antécédent (corps) \circledast conséquent (entête)

La partie corps spécifie les conditions qui doivent être vérifiées, la partie entête spécifie les actions à exécuter dans le cas où les conditions sont satisfaites. Par exemple:

Actor(?nurse) -> Lane(?Nurse)

Cette règle signifie que s'il existe un individu « Nurse » de la classe Actor, cela implique l'existence d'un individu « Nurse » de la classe Lane.

⁷¹ <http://fr.bonitasoft.com/>

⁷² http://fr.wikipedia.org/wiki/Licence_public_g%C3%A9n%C3%A9rale_limit%C3%A9e_GNU

⁷³ <http://incubator.apache.org/jena/>

⁷⁴ <http://protege.stanford.edu/plugins/owl/api/>

VII.2.1.3. Pellet

Un moteur d'inférence est un composant clé dans un travail sur les ontologies. Son rôle est de déduire les connaissances implicites qui ne sont pas exprimées explicitement dans l'ontologie et de vérifier la cohérence de l'ontologie. Parmi les moteurs d'inférences supportés par Protégé 4.1 et utilisables avec OWLAPI, nous citons FaCT++, HermiT et Pellet. Nous avons choisi de travailler avec Pellet, l'un des seuls moteurs d'inférence capable de travailler avec des règles SWRL.

Pellet est un moteur d'inférence OWL DL disponible en open source. Il est un des projets du MINDSWAP Group, un groupe de recherche sur le web sémantique de l'université du Maryland. Pellet est en évolution constante.

Pellet est disponible sous forme d'un plugin qu'on ajoute à protégé 4.1. Il est également disponible en API utilisable avec OWLAPI pour l'inférence de nouvelles connaissances, en se basant sur les connaissances existantes dans la base de connaissance, et l'exécution des règles définies en SWRL. Il offre également des fonctions pour interroger une ontologie.

VII.3. Traitement du cas d'étude

Dans les sous sections suivantes, nous montrons l'utilisation et l'utilisabilité de notre approche sur le cas de Mme Joëlle. Le cas d'étude présenté à la première section du chapitre (Chapitre V). Pour rappel Mme Joëlle est admise en HAD, elle souffre de deux pathologies : péritonite vésiculaire et dénutrition, et elle vit avec son mari qui est assez valide pour s'occuper d'elle.

VII.3.1. Instanciation du cas d'étude dans HCBPMNO

VII.3.1.1. Instanciation du profil de Mme Joelle

Le profil de Mme Joëlle est présenté sous forme de diagramme d'instance (Figure 47) dans lequel on peut voir des informations administratives, médicales et sur son environnement. Par exemple on peut voir que Mme Joëlle vie chez elle (AtHome) et non pas dans une maison spécialisée, elle a un aidant qui est son mari, et elle souffre de deux pathologies qui sont la péritonite vésiculaire et la dénutrition.

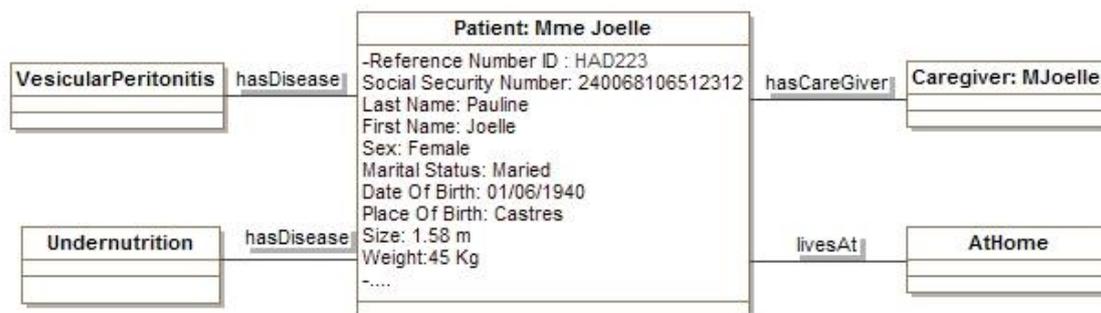


Figure 47. Profil de Mme Joelle

VII.3.1.2. Instanciation de connaissances générales

Dans la base de connaissance, il y a des connaissances générales concernant le suivi des différentes pathologies, en particulier celles dont souffre Mme Joëlle. Nous donnons dans le tableau suivant certaines connaissances qui serviront par la suite à la construction du processus de la PAD de Mme Joëlle.

Concept	Relation	Individu
PeritonitisVesicular	involvesActions	Perfusion Alimentation via parenteral route Vacuum assisted closure Help with dressing and bathing Preparation of pill box Blood drawing Change the sheets Physiotherapy
Nurse	performsActions	Perfusion Alimentation via parenteral route Vacuum assisted closure
CleaningAgent	performsActions	CleaningRoom
Perfusion	hasFrequencyForDisease	FrequencyAlimentationViaParenteralRouteVesicularPeritonitis
FrequencyAlimentationViaParenteralRouteVesicularPeritonitis	hasFrequency	2Day

Tableau 14. Connaissance générale existants dans la base de connaissance

VII.3.2. Extraction de connaissances du cas d'étude

Les requêtes exécutées pour le cas de Mme Joëlle, présentées dans la section précédente, sont identiques quel que soit le patient. Le résultat dépend du contenu de la base de connaissances. Le tableau suivant présente les requêtes et les résultats dans le cas de Mme Joëlle.

Requêtes sur les éléments BPMN	Résultats
Piste	Joelle_Home
Corridor	Nurse, CareAid, CleaningAgent, PhysicalTherapist
Activité	Intervention (1..10)
Evènement	Morning, Afternoon et Evening
Données	Perfusion, AlimentationViaParenteralRoute , VacuumAssistedClosure, HelpWithDressingAndBathing, PreparationOfPillBox

Tableau 15. Eléments de base pour le processus de la PAD de Mme Joëlle

Il est important de signaler que Mme Joëlle (ainsi que la plupart des personnes prise en charge à domicile) souffre de plusieurs pathologies. Chacune de ces pathologies nécessite un traitement particulier avec ses propres intervenants, les tâches à effectuer et la fréquence à laquelle ces tâches doivent être effectuées. Par exemple Mme Joëlle a besoin d'un kinésithérapeute pour se remettre de sa péritonite vésiculaire, mais pas pour son problème de dénutrition. Un autre exemple est la fréquence à laquelle ces activités se répètent, Mme Joëlle a besoin d'être pesée une fois par semaine pour sa péritonite vésiculaire et tous les jours pour son problème de dénutrition.

Dans notre application, les connaissances extraites de la base de connaissances sont filtrées de façon à remédier à ce genre de situation. En effet, pour un patient donné on récupère :1) tous les intervenants impliqués dans la PAD de ce patient.2) toutes les tâches à effectuer avec la fréquence la plus élevée (pour Mme Joëlle, la pesée est programmée tous les jours) et la période de la journée où il faut l'effectuer.

Le tableau suivant représente le plan de soins de Mme Joëlle. Ce plan de soins sera déduit de notre application sous forme d'un processus BPMN.

Acteurs	Actes	Fréquence	Période de la journée
Infirmier	Perfusion	2 fois / jour	Matin et soir
	Alimentation parentérale		
	Pansement sous vide	1 fois / 2 jours	Matin
	Préparation d'une boîte de médicament	1fois/ semaine	Matin
	Prise de sang	2 fois / semaine	Matin
	Pesée	1fois/jour	Matin
Aide-ménagère	Nettoyage de la chambre	1 fois / jour	Matin
Aide-soignant	Aide à la toilette	1 fois / jour	Matin
	Changement de draps		
Kinésithérapeute	Massage	1 fois / jour	Après midi

Tableau 16. Plan de soins de Mme Joëlle

VII.3.3. Construction du processus de soins de Mme Joëlle

La Figure 48 est un extrait du fichier BPMN généré par notre application pour le cas de Mme Joëlle. Elle montre la représentation des différents éléments BPMN et leur correspondance par rapport au domaine de la PAD. Pour une meilleure lecture et compréhension du fichier, nous ne l'avons pas montré en entier. Des éléments du même types ont été remplacé par des pointillés (.....).

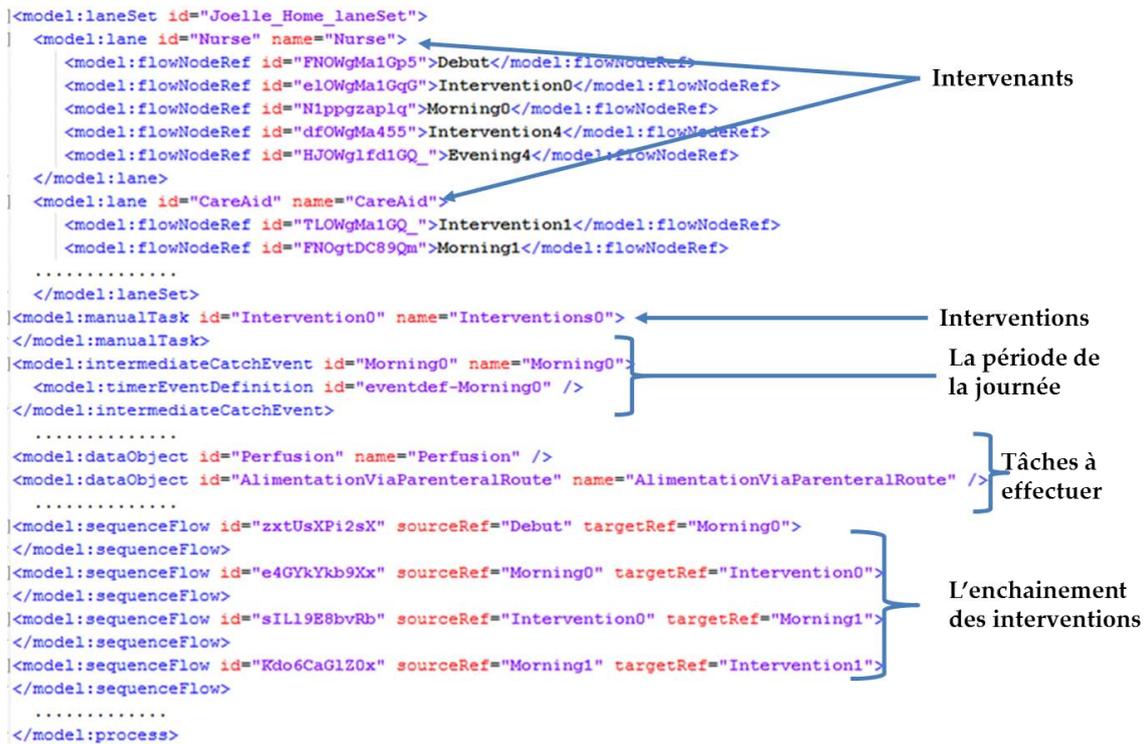


Figure 48. Extrait du fichier BPMN généré

La figure suivante représente un exemple de processus généré par notre application pour le cas de Mme Joëlle. Il représente les interventions et évènements d'une journée de soins de Mme Joëlle en précisant l'enchaînement de ces activités. L'application, même s'il elle illustre la faisabilité de notre approche, montre des imperfections auxquelles il faut remédier afin de générer un processus plus complet. La principale imperfection réside dans la non prise en compte de la fréquence. En fait, nous arrivons à récupérer les fréquences associées à chaque tâche, il reste à développer l'algorithme permettant de générer l'enchaînement des interventions selon la fréquence des tâches qui la composent.

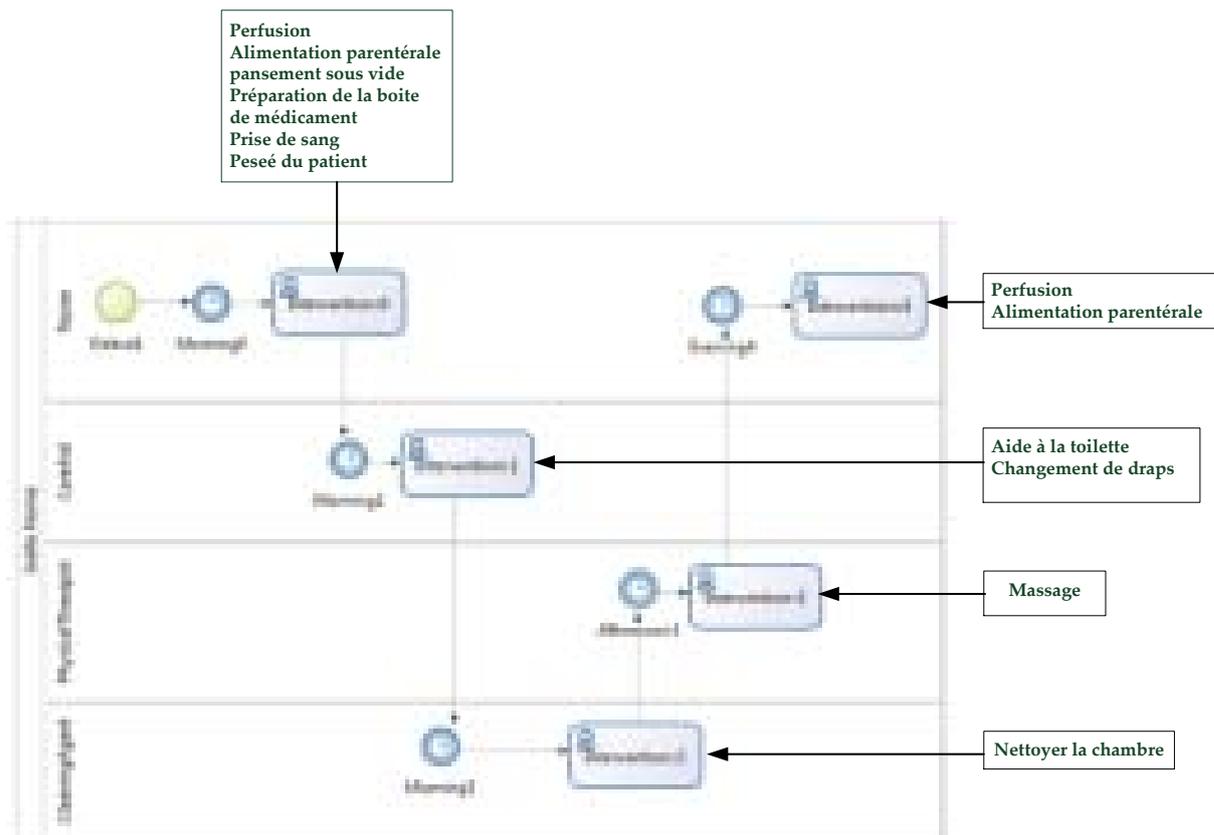


Figure 49 Processus de soins généré pour Mme Joëlle

Synthèse du chapitre

Dans ce chapitre nous avons développé des règles de mapping entre l'ontologie du domaine de la PAD et du domaine technique BPMN. Nous avons identifié des requêtes et des transformations, permettant de générer un processus de soins personnalisé en langage BPMN. Pour finir, nous avons illustré l'utilisation et l'utilisabilité de notre approche via un cas d'étude d'une personne prise en charge à domicile.

Dans cette partie, nous avons proposé une approche pour concevoir des workflows personnalisés afin d'améliorer la prise en charge à domicile de patients dépendants. Cette approche repose beaucoup sur les connaissances sur la PAD, c'est la raison pour laquelle une ontologie regroupant les connaissances de ce domaine a été développée. Nous avons exposé les étapes suivies lors de la construction de cette ontologie appelée HCO. Nous avons également détaillé les étapes de transformations qui aboutissent à la création d'un processus de la PAD sous format BPMN.

Par la suite, nous avons montré la faisabilité de cette approche en l'appliquant sur un cas d'étude. Ce cas d'étude permet de voir les différentes étapes à suivre pour construire un processus de la PAD d'un patient particulier.

CONCLUSION GENERALE

L'augmentation de l'espérance de vie et le vieillissement de la population ont suscité un nouveau mode de soins, la prise en charge à domicile de patients dépendants (PAD). La PAD permet à une personne dépendante d'être soignée chez elle, plusieurs intervenants se succédant chez cette personne pour effectuer leurs services : infirmières, aides-soignantes, etc. Ils l'aident à la prise de médicament, à faire sa toilette et bien d'autres tâches. Ces intervenants peuvent appartenir à des organisations différentes, leurs prestations dépendent du profil du patient concerné. Les différents travaux effectués dans le domaine révèlent un problème de coordination et de continuité des soins, liés en particulier à un défaut de moyens d'échange et de partage d'information en temps réel entre les différents intervenants.

Un système de gestion de workflow peut contribuer à une meilleure coordination, communication et continuité des soins. Cet outil permet la distribution des documents, des informations et des tâches à effectuer pour chaque intervenant. En d'autres termes, ce système aide à la dématérialisation et à l'automatisation des échanges, tout en apportant un moyen de pilotage et de suivi des activités distribuées. Toutefois, la conception d'un workflow dans le domaine de la PAD est une tâche ardue, compte tenu du besoin de gestion de la diversification de masse des projets thérapeutiques et des profils patients.

1. Synthèse du travail effectué

Dans cette thèse, nous avons proposé une approche globale pour la conception et l'utilisation des workflows dans la PAD. A cet effet, nous avons développé une première étape de ce processus de conception d'un workflow personnalisé. Cette étape consiste à générer un processus BPMN personnalisé en s'appuyant sur une base de connaissance, renseignant notamment le profil du patient. Cette approche a été développée en respectant la démarche IDM (Ingénierie Dirigée par les Modèles).

La mise en œuvre de cette approche de conception de processus BPMN personnalisé a nécessité le développement d'une base de connaissance du domaine de la PAD ainsi que deux processus de transformation de modèles. Plus précisément, l'approche s'est développée en trois étapes principales qui sont :

- La première étape de cette approche qui présente une des principales contributions de cette thèse est le développement de l'ontologie HCO (Home Care Ontology), une ontologie du domaine de la PAD. L'ontologie HCO comprend les concepts liés au profil patient, à la structure organisationnelle du cadre médical et aux guides d'interventions pour différentes pathologies.
- La deuxième étape a consisté à faire un mapping entre l'ontologie HCO et une ontologie des concepts BPMN. Le but de cette étape est d'avoir une correspondance entre les concepts de la PAD et de BPMN, afin de développer des requêtes d'interrogations sur les concepts de BPMN et de construire le processus de la PAD adéquat.
- La dernière étape s'est portée sur le développement d'une application Java de transformation de modèles, qui en se basant sur le mapping des ontologies (HCO et BPMN) génère un fichier BPMN décrivant le processus relatif à un patient précis.

D'un point de vue pratique, l'approche proposée suppose qu'un professionnel de la PAD renseigne le profil d'un patient dans la base de connaissance, via une interface-utilisateur adaptée. L'application génère alors, suivant un processus de transformation, le processus personnalisé pour ce patient.

Cette approche a été testée sur un cas d'étude typique d'HAD. Ce test a montré la faisabilité de l'approche et souligné quelques imperfections à régler. Le traitement de ces imperfections représente l'une des perspectives de cette thèse.

Avant de parler des perspectives de ce travail, il est important de souligner que l'approche proposée peut être utilisée dans d'autres cas, dans le domaine de la PAD ou tout autre problème nécessitant la génération d'un workflow personnalisé. L'approche proposée peut être utilisée, par exemple, dans la gestion des ressources dans la PAD. Dans ce but, il faut enrichir HCO avec des informations concernant l'utilisation des ressources et adapter l'extraction des connaissances dans cet objectif. Le principe de l'approche peut être également utilisé dans d'autres domaines connus pour avoir besoin d'un workflow agile et personnalisé, en particulier pour la gestion de crise. L'idée étant de faire un mapping entre une ontologie du domaine métier étudié et une autre du domaine technique (exemple BPMN), puis d'appliquer le type de requêtes proposées dans notre travail.

2. Perspectives

Nous pensons que ce travail constitue un point de départ et que les perspectives de recherche sont diverses et multiples. Nous proposons, à ce stade de notre réflexion, les perspectives de recherche suivantes :

- nous avons pensé à quelques évolutions concernant l'approche proposée.
 - Dans un premier temps, il serait intéressant d'améliorer l'approche en palliant les imperfections constatées, notamment, en intégrant la prise en compte des fréquences lors de la génération du plan de soins.
 - Dans un second temps, il faut continuer le processus de transformation et générer une sortie directement exécutable par un système de gestion de workflow. Une idée est serait de transformer le fichier BPMN obtenu en un fichier BPEL, un langage exécutable par les systèmes de workflow.
 - Par ailleurs, l'ontologie HCO pourra toujours être enrichie par plus de connaissances dans le domaine médical, ce qui nécessite une collaboration étroite avec le personnel médical.
- d'autres perspectives de ce travail seront traités dans d'autres projets de l'équipe de recherche ISIS (Informatique et Systèmes d'Information pour la Santé) : le projet région SYSO (Système d'aide au suivi opérationnel et à la gestion de la prise en charge à domicile) et le projet ANR « Plas'O'Soins »⁷⁵ qui ont pour perspectives entre autre de :
 - concevoir un langage spécifique au domaine (Domain Specific Language, DSL) pour représenter les processus de soins à domicile. En effet, BPMN n'est pas adapté ni utilisable par les acteurs médicaux et paramédicaux, par exemple, l'infirmière coordonnatrice. En général, ce sont des néophytes dans le domaine de l'informatique et ils ne sont pas motivés pour travailler avec des langages comme le BPMN.
 - personnaliser un moteur d'exécution de workflow pour qu'il puisse exécuter du DSL. Une fois le workflow opérationnel, le but est d'assurer l'agilité de ce workflow lors de son exécution. En effet, il devra s'adapter aux changements dynamiques du modèle de processus pendant son exécution. Pour réaliser ce point, il faudrait s'appuyer sur un système intelligent à base de connaissance du domaine de la PAD.

⁷⁵ <http://plasosoins.org/fr>

BIBLIOGRAPHIE

- (Aberget *et al.* 2005) Aberg C., Lambrix C., and Shahmehri N., An Agent-Based Framework for Integrating Workflows and Web Services, *14th International Workshop on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises, WETICE'05*, June, 2005.
- (Adams *et al.* 2006) Adams M., Arthur H. Ter Hofstede M., Edmond D., and Van D Aalst TW.-M.-P., Implementing Dynamic Flexibility in Workflows using Worklets, *rapport: 2006, BPM Center Report BPM-06-06*. BPMcenter.org.
- (Adams, 2007) Adams M., Facilitating Dynamic Flexibility and Exception Handling for Workflow, Thèse de doctorat. Queensland University of Technology Brisbane. Australia, 2007.
- (Afrite *et al.* 2007) Afrite A., Com-Ruelle L., Or Z., and Renaud T., L'hospitalisation à domicile, une alternative économique pour les soins de suite et de réadaptation. *Bulletin d'information en économie de la santé N°19*, Février 2007.
- (Arbaoui *et al.* 2008) Arbaoui S., Lamine E., and Di Mascolo M., Les systèmes d'information pour la prise en charge de patients à domicile : Besoins, Usages et Verrous. *4e conférence francophone en Gestion et Ingénierie des systèmes hospitaliers (GISEH)*, ISBN 978-2-8399-0316-5. Lausanne 2008.
- (Ardissono *et al.* 2005) L. Ardissono., A. Di Leva., G. Petrone., M. Segnan., and M. Sonnessa. Adaptive Medical Work-flow Management for a Context-Dependent Home Healthcare Assistance Service. *In Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, Elsevier, 2005.
- (Arundel *et al.* 2001) Arundel C., Glouberman S., and Kun L. *Telehealth and the global health network in the 21st century, From home care to public health informatics in Computer Substudy (vol. 15)*. 2001 (online: <http://www.home.carestudy.com/reports/full-text/substudy-15-final-report.pdf>).
- (Aussenac-Gilles *et al.* 2000) Aussenac-Gilles, N., Biébow, and B., Szulman, N. Revisiting Ontology Design: a method based on corpus analysis. In R. Dieng, & O. Corby (Ed.). *12th International Conference in Knowledge Engineering and Knowledge Management (EKAW'00) (pp. 172-188)*. Berlin, Germany: Springer-Verlag. (2000).
- (Bachimont, 2002) Bachimont, B., Isaac, A., and Troncy, R. Semantic commitment for designing ontologies: A proposal. *13th International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management (EKAW) (pp. 114-121)*. Springer. (2002)
- (Baldinger *et al.* 2004) Baldinger J. L., Boudy J., Dorizzi B., Levrey J. P., Andreao R., Perpère C., Delavault F., Rocaries F., Dietrich C., and Lacombe A.. *Tele-surveillance system for patient at home : the mediville system*, 2004.
- (Bastide *et al.* 2010) Bastide R., Zefouni S., Lamine E. The Homecare Digital Ecosystem: an Information System Support Architecture. *IFIP Conference on Personal Wireless Communications, Knowledge Village*. Dubai, UAE, 2010, IEEE Computer Society.
- (Ben Bachouch *et al.* 2009) Ben Bachouch R., Guinet A., Hajri-Gabouj S., Certification des HAD VS certification ISO 9000. *Congrès International de Génie Industriel (CIGI09)*. Bagnère de Bigorre, France, 2009.

- (Beuscart *et al.* 2003) Beuscart, R., Souf N., Houyengah F. et Alao O., Systèmes d'information et réseaux de soins. *Informatique et Santé*. Paris: Springer-Verlag (15:201-210), 2003.
- (Bézivin et Gerbé, 2001) J. Bézivin., O. Gerbé., Towards a Precise Definition of the OMG/MDA Framework. *Automated Software Engineering ASE'01*. Novembre 2001
- (Bézivin, 2002) Bézivin, J., Object to Model Paradigm Change with the OMG/MDA Initiative. 2002
- (Bézivin *et al.* 2005) Bézivin, J., Blay, M., Bouzhegoub, M., Estublier, J., Favre, J.-M., Gérard, S. et Jézéquel., J. M. Rapport de synthèse de las cnrs sur le mda (model driven architecture). Rapport technique, CNRS. (2005).
- (Blake et Goma, 2004) Blake B., Goma H., Agent-Oriented Compositional Approaches to Services based Cross Organizational Workflow, *Journal on Decision Support Systems*, 2004, (p. 176-181).
- (Bonhomme *et al.* 2007) Bonhomme S., Campo E., Esteve D., and Guennec J. PROSAFE-extended, a telemedicine platform to contribute to medical diagnosis, *Journal of Telemedicine and Telecare (Vol. 14-3)*), 2007.
- (Bonomo *et al.* 2007) Bonomo E., Traineau P., Réseau de compétences en télésanté CATEL, Hospitalisation à domicile/Maintien à domicile et nouvelles technologies, *rapport publique pour le compte de l'ARH Basse-Normandie*, 17 décembre 2007.
- (Borst, 1997) Borst, W., Construction of engineering ontologies for knowledge sharing and reuse. Enschede, Université de Twente. 1997.
- (Bouzguenda *et al.* 2008) Bouzguenda L., Bouaziz R., Andonoff E., Using ontologies for coordination in loose Inter-Organizational Workflow, *RCIS (p. 123-132)*, 2008.
- (Bricon-Souf *et al.* 2005) Bricon-Souf N., Anceaux F., Bennani N., Dufresne E., Watbled L., A distributed coordination platform for home care: analysis, framework and prototype, *International Journal of Medical Informatics*, 2005.
- (Browne, 2005) Browne E.-D., Workflow Modelling of Coordinated Inter-Health-Provider Care Plans, Thesis School of Computer and Information Science - University of South Australia Adelaide, 2005.
- (Bucher, 2002) Bucher, B. L'aide à l'accès à l'information géographique : un environnement de conception coopérative d'utilisations de données géographiques. Thèse de doctorat Paris 6.2002.
- (Buhler et Vidal, 2005) Buhler P., Vidal J., Towards Adaptive Workflow Enactment Using Multi Agent Systems, *Information Technology and Management (vol. 6-p. 61-87)*, 2005.
- (Chahed-Jebalia, 2008) Chahed-Jebalia S., Modélisation et analyse de l'organisation du fonctionnement des structures d'hospitalisation à domicile. Thèse de doctorat, l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures Spécialité : Génie Industriel, 2008.
- (Charles *et al.* 2009) Charles A., Lauras M. N., Van Wassenhove L., Towards an agile supply chain: lessons learned from humanitarians, *International Conference on Industrial Engineering and Systems Management. IESM' 2009*. Montreal Canada. 2009.
- (Chriqui, 2011) Chriqui V., Les défis de l'accompagnement du grand âge. Perspectives internationales pour éclairer le débat national. Rapport du Centre d'analyse stratégique, en collaboration avec la DRESS (coordonné par Virginie Gimbert et Guillaume Malochet). 28/06/2011.
- (CNSA, 2007) CNSA Projet de vie 2007 http://www.cnsa.fr/IMG/pdf/B_AFM_Projet_de_vie2.pdf
- (Cunin, 2000) Cunin P., The PIE Project: An Introduction. In *Proceedings of the 7th European Workshop in Software Process Technology – EWSPT'2000*, Kaprun, Austria. 2000.

- (Dadam, 2000) P. Dadam and M. Reichert., Towards a new dimension in clinical information processing. *In Stud. Health Technol. Inform* (pp. 295–301). 2000.
- (Dazzi, 1997) L. Dazzi and M. Stefanelli., A patient workflow management system built on guidelines, *In Proc . of A MI A 97* (pp. 146–150), 1997.
- (Desrues, 2008) Desrues L., La télémédecine, un outil au service de l'amélioration du système de santé. L'exemple du réseau TELURGE dans le Nord - Pas-de-Calais. Mémoire de fin d'année 2008. Ecole des hautes études en santé publique.
- (Devor *et al.* 1997) Devor, R., Graves, R. and Mills, J.J., Agile manufacturing research: accomplishments and opportunities. *IIE Transactions*, Vol. 29 No. 10, pp. 813-23
- (Dove, 1995) Dove, R., Tools for analyzing and constructing agility, Proceedings of the Third Annual Agility Forum Conference/Workshop, Austin, TX.
- (Dove, 1999) Dove, R. Knowledge management, response ability, and the agile enterprise, *Journal of Knowledge Management*, Vol. 3 No. 1, pp. 18-35.
- (Dumas *et al.* 2005) Dumas M., Van Der Aalst W.M.P., and Ter Hofstede A.H.M.. Process-Aware Information Systems: Bridging People and Software through Process Technology. *Wiley & Sons*, 2005.
- (Dumitrescu *et al.* 2007) Dumitrescu L., van den Heuvel-Olaroiu M., van den Heuvel W., Changes in Symptoms and Pain Intensity of Cancer Patients After Enrollment in Palliative Care at Home, *Journal of Pain and Symptom Management*, Vol 34(5) (pp 488-496), 2007.
- (Dupre, 2005) Dupre A. Péritonite (275). *Corpus Médical – Faculté de Médecine de Grenoble*. 2005
- (Favre *et al.* 2006) Favre J-M., Estublier J., Blay-Fornarino M. Hermes., L'ingénierie dirigée par les modèles, au-delà du MDA. *Science publications – Lavoisier*, 2006.
- (Fernández-López *et al.* 1997) Fernández-López, M., Gómez-Pérez, A., & Juristo, N., METHONTOLOGY: From Ontological Art Towards Ontological Engineering. *Spring Symposium on Ontological .Engineering of AAAI* (pp 33–40), 1997.
- (FNEHAD, 2009) FNEHAD : Fédération Nationale des Etablissements d'Hospitalisation A Domicile. Livre blanc des systèmes d'information en hospitalisation à domicile, 1ère édition – Juin 2009.
- (Fürst, 2002) Fürst F. L'ingénierie Ontologique. Rapport de recherche, Institut de Recherche en Informatique de Nantes, France. 2002.
- (Georgakopoulos *et al.* 1995) Georgakopoulos D., Hornick M., and Sheth A., An Overview of Workflow Management: From Process Modeling to Workflow Automation Infrastructure. *Distributed and Parallel Databases*, Vol 3 (pp 119-153), 1995.
- (Ghidini *et al.* 2009) Ghidini C., Rospocher M., Serafin L., A formalisation of BPMN in Description Logics.
- (Ghidini *et al.* 2011) Ghidini., C. D. Francescomarino., M. Rospocher., P. Tonella., and L. Serafini., Semantics based aspect oriented management of exceptional flows in business processes. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C:Applications and Reviews*, 2011.
- (Gibert *et al.* 2008) Gibert, K., Valls, A., Casals, J., Enlarging a medical actor profile ontology with new care units. *In: Riano, D. (ed.) K4CARE 2007. LNCS (LNAI)*, vol. 4924, pp. 101–116. Springer, Heidelberg (2008)
- (Goldman *et al.* 1995) Goldman, S.L., Nagel, R.N., Preiss, K.,. Agile Competitors and Virtual Organizations: Strategies for Enriching the Customer. Van Nostrand Reinhold, New York, 1995

- (Gómez-Pérez *et al.* 2003) G Pérez., Asunción., M Fernández-López and O Corcho., 2003. *Ontological Engineering: with examples from the areas of Knowledge Management, e-Commerce and the Semantic Web, First edition.* New York: Springer, 2003.
- (Greiner *et al.* 2005) Greiner U., Mueller R., Rahmi E., Ramsch J., Heller B., and Loeffler M., *AdaptFlow: Protocol-based Medical Treatment Using Adaptive Workflows, Methods of Information in Medicine (p. 44 : 80-88),* 2005.
- (Gruber, 1993) Gruber, T., *Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing. Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge Representation,* 1993.
- (Grüninger et Fox, 1995) Grüninger, M., Fox, S., *Methodology for the design and evaluation of ontologies. IJCAI'95, Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing,* 1995.
- (Guarino, 1998) Guarino, N., *Formal Ontology in Information Systems. 1st International Conference on Formal Ontology in Information Systems-FOIS'98 (pp. 3-15),* 1998.
- (Guavrit et Nonent, 2010) Guavrit J-Y., Nonent M., Creben (Centre REgional Breton d'Expertise Neuroradiologique), 2010.
- (Guinet *et al.* 2007) Guinet A., Ladet P., Marcon E., 2HM : Hospitalisation Hors les Murs, *Journées STP d'Aix en Provence 2007,* CNRS.
- (Hamek *et al.* 2005) Hamek S., Anceaux F., Souf N., et Flahou S., *La prise en charge des soins lors de l'hospitalisation à domicile : une analyse de la coopération asynchrone, Journées Francophones d'Informatique Médicale,* 2005.
- (Han *et al.* 1998) Han, Y., Sheth, A. P., and Bussler, C., *A Taxonomy of Adaptive Workflow Management. Workshop of the ACM-Conference on Computer Supported Cooperative Work, Seattle, WA,* 1998.
- (Han *et al.* 2006) Han M., Thiery T., and Song X. *Managing Exceptions in the Medical Work ow Systems. 28th international conference on Software engineeri,(pp 741-750),* Shanghai, China, 2006.
- (Helleso *et al.* 2005) Helleso R., Sorensen L., Lorensena M., *Nurses' information management across complex health care organizations. International Journal of Medical Informatics,* 2005.
- (Hewson, 2007) Hewson D. J., Duchêne D., Charpillet F., Saboune J., Michel-Pellegrino V., Amoud H., Doussot M., Paysant J., Boyer A., and Hogrel J. Y. *The parachute project: remote monitoring of posture and gait for fall prevention. EURASIP J. Appl. Signal Process (pp 109–124),* 2007.
- (Hollingsworth, 1995) Hollingsworth D., *TheWorkflow Reference Model. Technical report wfmctc-1003,* 1995, Workflow Management Coalition.
- (IDS-Scheer, 2006) IDS-Scheer AG., *Business Process Management: ARIS Value Engineering Concept.* <http://www.sdn.sap.com/irj/scn/go/portal/prtroot/docs/library/uuid/dae8e311-0b01-0010-0f9c-8d26e2714a91?QuickLink=index&overridelayout=true&5003637725232>. 2006.
- (IEEE, 2003) IEEE P1600.1., *Standard Upper Ontology Working Group (SUO WG).* <http://suo.ieee.org/>
- IIED 2005. *Stakeholder Power Analysis.* <http://www.policypowertools>
- (ISO, 1986). *Organisation internationale de normalisation. Documentation Principes directeurs pour l'établissement et le développement de thésaurus monolingues : norme internationale ISO 2788.* Genève: ISO, 1986.
- (ISO, 2000) ISO 2000., *International Organization for Standardization: ISO 9000:2000. Quality Management Systems – Fundamentals and Vocabulary.* Beuth, Berlin.
- (ISO/DIS 19440.2, 2005) ISO/DIS 19440.2. *Enterprise integration – Constructs for enterprise modelling.* Genève, ISO.

- (Izza *et al.* 2008) Izza S., Imacher R., Ahmed-Nacer M., Une approche pour l'évaluation de la durabilité et de l'agilité des systèmes d'information d'entreprise. *7e Conférence Internationale de MOdélisation et SIMulation* (p. 1289-1298), Paris, 2008.
- (Janowski et Sarner, 2001) Janowski W., Sarner A. Five Opportunities for Personalization. Gartner Group, pp. 1, 05/2001.
- (Jordan et Evdemon, 2007) Jordan, D. et Evdemon, J. (2007). Ws-bpel 2.0. Technical report, OASIS Standard.
- (Kaveh *et al.* 2007) Kaveh G., Shojania., Kathryn M., McDonald, Robert M., Wachter, M.D Douglas K., Owens, M.D., M.S. Care Coordination. Closing the Quality Gap: A Critical Analysis of Quality Improvement Strategies Volume 7. *Prepared for: Agency for Healthcare Research and Quality* June 2007.
- (KACTUS. 1996) KACTUS. 1996. The KACTUS Booklet version 1.0. Esprit Project 8145 KACTUS. En ligne. <http://www.swi.psy.uva.nl/projects/NewKACTUS/Reports.html>.
- (Khalfi, 2009) Khalfi, S., Construction d'une ontologie pour la prise en charge des patients à domicile. Thèse de magistère 2009.
- (Kidd, 1994) Kidd P. *Agile Manufacturing : Forging New Frontiers*, London, Addison-Wesley, 1994
- (Kidd, 1995) Kidd. P., *Agile Corporations: Business Enterprises in the 21st Century - An Executive Guide*, Cheshire Henbury, 1995
- (Knolmayer *et al.* 2000) Knolmayer G., Endl R., and Pfahrer M., Modeling processes and workflows by business rules. In *Wil M. P. van der Aalst, Jörg Desel, and Andreas Oberweis, editors, Business Process Management, volume 1806 of Lecture Notes in Computer Science*(pp 16-29). Springer, 2000.
- (Kostadinov, 2003) Kostadinov D., Personnalisation de l'information et gestion des profils utilisateurs., Rapport de DEA., Université de Versailles, France, 2003.
- (Lacombe *et al.* 2006) Lacombe A., Boudy J., Baldinger J.L., Delavault F., Muller M., Farin I., Andreado R. V., Torres-Muller S., Serra A., Gaiti D., Rocaries F., Dietrich CH., Steenkeste F., Schaff M., Baer M., Ozguler A., and Vaysse S., Telemedicine for elderly patient at home : the telepat project. In *Smart Homes And Beyond : Icost 2006 (Vol 19)*, 2006.
- (Lagarrique *et al.* 2006) Lagarrique-Courval M-C., Landeau H. La Basse-Normandie innove un dispositif de suivi à domicile et d'éducation thérapeutique. Novembre 2006
- (Lamine *et al.* 2010) El Lamine E., Zefouni S., Bastide R., Pingaud H. A system architecture supporting the agile coordination of homecare services. *IFIP Working Conference on Virtual Enterprises PRO-VE'2010 (Vol. 336)*. Saint-Etienne, France, 2010.
- (Lasbordes, 2009) Lasbordes P. La télésanté : un nouvel atout au service de notre bien-être. Rapport remis au Ministre de la Santé et des Sports. 15 octobre 2009.
- (Lasierra, 2010) Lasierra N., A. Alesanco and J. García. An Ontology approach to manage individual patient profiles in home-based telemonitoring scenarios. *10th IEEE International Conference on Information Technology and Applications in Biomedicine*. Corfu, Greece, 2010.
- (Lassila et McGuinness, 2001) Lassila, O., and McGuinness, D., The Role of Frame-Based Representation on the Semantic Web. Technical Report KSL-01-02, Knowledge Systems Laboratory. Stanford University, Stanford, California, 2001.
- (Latfi *et al.* 2007) Latfi F., Lefebvre B., Descheneaux C., Ontology-based management of the telehealth smart home, dedicated to elderly in loss of cognitive autonomy. *OWLED'2007*. Innsbruck, Austria, 2007.

- (Lefèvre, 2000) Lefèvre P. La Recherche d'informations. Du texte intégral au thésaurus. Paris, France : Hermès-Lavoisier, 1er édition. ISBN : 2-7462-0173-9.2000.
- (Leonardi *et al.* 2007) G. Leonardi., S. Panzarasa., S. Quaglini., M. Stefanelli., Wil M.P. van der Aalst., Interacting agents through a web-based health serviceflow management system. *Journal of Biomedical Informatics Vol 40* (pp 486–499). 2007.
- (Leymann, 2001) Leymann, F., 2001. Web service flow language (wsfl 1.0). IBM, Specification available at: <http://www.ibm.com/software/solutions/webservices/pdf/WSFL.pdf>.
- (Leyman et Roller, 1999) Leyman, F., and Roller, D., 1999. Production workflow: Concepts and techniques. New Jersey: Prentice Hall.
- (Liu *et al.* 2008) Liu C., Li Q., Zhao X., Challenges and opportunities in collaborative business process management: Overview of recent advances and introduction to the special issue. *Springer Science and Business Media, LLC'08*, 2008.
- (Lunn *et al.* 2003) Lunn K., Sixsmith A., Lindsay A., Vaarama M., Traceability in requirements through process modelling, applied to social care applications. *Information and Software Technology* (pp. 1045-1052), 2003.
- (Mans, 2011) Mans R. S., Workflow Support for the Healthcare Domain. Thèse de doctorat à l'université Eindhoven, 2011.
- (Ministère de la santé, 2007) Ministère de la santé. Glossaire des termes utilisés dans le cadre des réseaux de santé. Observation nationale des réseaux de santé. 2007.
- (Minsky 1975) Minsky M. A Framework for Representing Knowledge. The Psychology of Computer vision, New York, USA, pp. 211-277. 1975.
- (Morley *et al.* 2005) Morley C., Hugues J., Leblanc B., and Hugues O., Processus métiers et S.I évaluation, modélisation, mise en œuvre. ISBN 2100070991 (Editions DUNOD), 2005.
- (Muller *et al.* 1999) Muller R., and Rahm E. Rule-based dynamic modification of workflows in a medical domain. In A. Buchmann, editor, *Proceedings of BTW99* (pp. 429– 448). Berlin, Freiburg im Breisgau, 1999.
- (Musso, 2006) Musso P., Le projet Altermed : Nouveaux usages et enjeux territoriaux Séminaire Recherches Marsouin 11 Mai 2006.
- (Naylor *et al.* 1999) Naylor B., Naim M., and Berry, D. Leagility: integrating the lean and agile manufacturing paradigms in the total supply chain. *International Journal of Production Economics*, 62 (2), 107-108. 1999
- (Neches *et al.* 1991) Neches R., Fikes R-E., Finin, T., Gruber, T R., Senator, T., Swartout, W R., Enabling technology for knowledge sharing. *AI Magazine* , Vol 12 (3) (pp 36–56), 1991.
- (Nicolas *et al.* 2005) Nicolas L., Franco A., Provost H., Amico L. Berenguer M., Lombard F., Tyrrell J., Couturier P., Bosson JL., Wernert S., Schnee D., Basset, D. Chemarin A., and Frossard M., Téléassistance en hospitalisation à domicile : Le programme ViSaDom. *La Presse Médicale Vol 34, Issue 15* (pp 1059–1064), 2005.
- (Nieto *et al.* 2009) Nieto J., Gutiérrez M., and Lancho B. Developing home care intelligent environments: From theory to practice. *7th International Conference on Practical Applications of Agents and Multi-Agent Systems (PAAMS 2009)*, Vol 55 (pages 11–19). Berlin / Heidelberg, 2009.
- (Noury, 2005) Noury N. Ailisa. Experimental platforms to evaluate remote care and assistive technologies in gerontology. *7th International Workshop on Enterprise networking and Computing in Healthcare Industry- HEALTHCOM'05* (pp 67–72), 2005.

- Noy, N. F., Ferguson, R. W., and Musen, M. A., The knowledge model of Protege 2000: Combining interoperability and flexibility. *12th International Conference in Knowledge Engineering and Knowledge Management-EKAW'00* (pp. 17–32), 2000.
- (OMG, 2002) OMG., Meta Object Facility (MOF) Specification. Version 1.4, April 2002.
- (OMS, 2008) OMS., Classification statistique internationale des maladies et des problèmes de santé connexes, Dixième révision, Canada (CIM-10-CA).
- (OMG, 2009) OMG., Business Process Model and Notation (BPMN) FTF Beta 1 for Version 2.0. URL: <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0>. (Août 2009).
- (OMG, 2011) OMG., Business Process Model and Notation (BPMN) Version 2.0. URL (Janvier 2011).
- (Paganelli et Giuli, 2007) Paganelli F., Giuli, D., An Ontology-Based Context Model for Home Health Monitoring and Alerting in Chronic Patient Care Networks. *21st International Conference Advanced Information Networking and Applications Workshops, AINAW '07*, 2007.
- (Pediroda, 2009) Pediroda P., Bracelet Electronique pour l'autonomie le projet. Journée De l'hôpital Au domicile - 29 sept 2009.
- (Perréal, 2003) F. Perréal., Gluconet: Télémedecine et suivi thérapeutique du patient diabétique. *12èmes Journées des Technologies de Communication Hospitalière*, 2003.
- (Pesic et al. 2006) PESIC M., and VAN DER AALST W.M.P., A Declarative Approach for Flexible Business Processes Management. *In Business Process Management Workshops* (pp 169–180), 2006.
- (Picard et Souzy, 2007) Picard R. Souzy J-P. Usage des TIC par les patients et les citoyens en situation de fragilité dans leurs lieux de vie. Rapport au ministère de l'économie des finances et de l'emploi. Rapport N°I-2.2-2007, Aout 2007.
- (Pingaud, 2009) Pingaud H., Rationalité du développement de l'interopérabilité dans les organisations. *Contenu d'une conférence plénière du congrès international de Génie Industriel*, 2009.
- (Poulymenopoulou, 2002) M. Poulymenopoulou., and G. Vassilacopoulos., A Web-based Workflow System for Emergency Healthcare. *In Medical Informatics Europe*, 2002.
- (Quaglioni et al. 2001) S. Quaglioni., E. Caffi., A. Cavallini., G. Micieli., and M. Stefanelli., Simulation of a Stroke Unit Care-flow. *In Medinfo*, 2001.
- (Raffy-Pihan, 1994) Raffy-Pihan N.L'hospitalisation à domicile : un tour d'horizon en Europe, aux États-Unis et au Canada. CREDES - octobre 1994.
- (Redjem et al. 2011) Redjem R, Kharraja S, Xie X., Marcon E. Coordinated Multi-Criteria Scheduling of Caregivers in Home Health Care Services, *7th IEEE Conference on Automation Science and Engineering - Trieste (Italy)*, 2011, pp 519-524.
- (Reed et al. 1998) Reed, K., Blunsdon, B., Organizational flexibility in Australia. *International Journal of Human Resource Management Vol 9 (3)*, (pp 457–477), 1998.
- (Rendu et al. 2011) Rendu A., Loriaux J., Guilbert S., Woestyn S., Télémedecine : En route vers la médecine de demain. *Contact Edition 106*, Juin-Juillet-Aout 2011.
- (Rialle, 2007) Rialle V., Technologies nouvelles susceptibles d'améliorer les pratiques gérontologiques et la vie quotidienne des malades âgés et de leur famille. Rapport pour le Ministre de la Santé et des Solidarités. Mai 2007.
- (Riaño, 2007) Riaño, D.: The sda model v1.0, a set theory approach. *Technical Report DEIMRT-07-001, Dept. of Computer Engineering and Maths, Universitat Rovira i Virgili* (2007)
- (Riano et al. 2009) Riano D., Real F., Campana F., Ercolani S., Annicchiarico R. An Ontology for the Care of the Elder at Home. *AIME'09, LNAI 5651* (pp. 235–239). Berlin-Germany, 2009.

- (Riegert, 2010) Riegert C., *Projet DAHLIA : Déploiement d'une plateforme expérimentale de services et d'aide à la personne pour la recherche de solutions innovantes en télémédecine et assistance à domicile*. Catel 2010.
- (Rosenberg 2001) Rosenberg M., *The personalization story*, ITworld.com, 11th may 2001, <http://www.itworld.com/ITW010511rosenberg>.
- (Sakka *et al.* 2004) Sakka E., Prentza A., Lamprinos I. E., Leondaridis L., and Koutsouris D., *Integration of monitoring devices in the e-vital service. IEEE Eng Med Biol Soc, Vol 4 (pp 097–100)*, 2004.
- (Sambamurthy *et al.* 2003) Sambamurthy, V., Bharadwaj, A. and Grover, V. *Shaping agility through digital options: reconceptualizing the role of information technology in contemporary firms, MIS Quarterly*, Vol. 27 No. 2, pp. 237-63. 2003
- (Sampalli *et al.* 2011) Sampalli T., Shepherd M., Duffy, J., *A Patient Profile Ontology in the Heterogeneous Domain of Complex and Chronic Health Conditions. 44th Hawaii International Conference, System Sciences (HICSS)*, 2011.
- (Sanchez et Nagi, 2001) Sanchez L.-M. et Nagi R. *A review of agile manufacturing systems. International Journal of Production Research*, vol. 39, no 16, 2001, p. 3561-3600.
- (Schonenberg *et al.* 2008) Schonenberg M.H., Mans R.S., Russell N.C., Mulyar N.A., and van der Aalst W.M.P. *Towards a Taxonomy of Process Flexibility. The CAiSE'08 Forum*, 2008.
- Scorletti G. et Binet G. *Reseaux de Petri. Cours Master 1. Université de Caen GREYC AUTO*. 2006.
- (Sherehiy *et al.* 2007) Sherehiy B., Karwowski W., Layer J.-K., *A review of enterprise agility: Concepts, frameworks, and attributes, International Journal of Industrial Ergonomics Vol 37 (pp. 445-460)*, 2007.
- (Shortell, 1976) Shortell, S. *Continuity of Medical Care: Conceptualization and measurement. Medical Care, Vol 14-5 (pp 377–391)*, 1976
- (Sienou, 2009) Sienou A., *Proposition d'un cadre méthodologique pour le management intégré des risques et des processus d'entreprise. Thèse de doctorat de l'École des Mines d'Albi-Carmaux*, 2009.
- (Song *et al.* 2005) Song X., Hwong B., Matos G., Rudorfer A., Nelson C., Han M., Girenkov A., *Understanding Requirements for Computer-Aided Healthcare Workflows: Experiences and Challenges. ICSE'06, Shanghai, China. ACM 1-59593-085-X/06/0005*. 2006.
- (Staab *et al.* 2001) Staab, S., Schnurr, H. P., Studer, R., & Sure, Y. *Knowledge Processes and Ontologies. IEEE Intelligent Systems, Vol 16-1 (pp 26–34)*, 2001.
- (Swafford *et al.* 2006) Swafford, P. M., Ghosh, S., and Murthy, N. *The antecedents of supply chain agility of a firm: scale development and model testing. Journal of Operations Management, 24 (2)*, 170-188. 2006
- (Swartout *et al.* 1997) Swartout, B., Ramesh, P., Knight, K., & Russ, T. *Toward a Distributed Use of Large-Scale Ontologies. AAAI'97 Spring Symposium on Ontological Engineering, (pp. 138–148)*. Stanford University, 1997 California.
- (Tang *et al.* 2003) Tang C-H., Li C-C., Chang G-H., and Chang P. *Implementing a Personalized Portal Combined with Workflow Management Tools used in Diabetes Care. AMIA Annual Symposium (pp 10, 26)*, 2003.
- Tawil, A.-R.H., Litnhouvongs, A., Chevalier, Q., Taweel, A. *An Ontology-Based Approach to Adaptive Home Careflows. Database and Expert Systems Applications (DEXA), 22nd International Workshop OntoFlwo*, 2011.

- (Thatte, 2001) Thatte, S. Xlang., web services for business process design. Microsoft, Specification, 2001.
- (Touzi, 2007) Touzi J., Aide à la conception de système d'information collaboratif support de l'interopérabilité des entreprises. Thèse de doctorat, Thèse de l'École des Mines d'Albi-Carmaux, 2007.
- (Uschold et King, 1995) Uschold, M., & King, M. Towards a Methodology for Building Ontologies. *IJCAI'95 Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing*, (pp. 6.1-6.10). Montreal, Canada, 1995.
- (Uschold et Grüninger, 1996) Uschold, M., and Grüninger, M., Ontologies: Principles, Methods and Applications. *Knowledge Engineering Review*, vol 11-2 (pp 93–155), 1996.
- (Valls et al. 2010) Valls A., Gibert K., Sánchez D., Batet M., Using ontologies for structuring organizational knowledge in Home Care assistance. *International journal of medical informatics* 79 (2010) 370–387.
- (Van-der-Aalst, 1998) Van-der-Aalst, W.M.P., The Application of Petri Nets to Workflow Management. *The journal of Circuits, Systems and Computers*, Vol 7-1 (pp 1 – 45), 1998.
- (Van der et al. 2000) Van der Aalst W.M.P., Jablonski S., Dealing with Workflow Change: Identification of issues and solutions. *International Journal of Computer Systems, Science, and Engineering*, 2000.
- (Van-der-Aalst, 2003) Van-der-Aalst., Patterns and XPD: A Critical Evaluation of the XML Process Definition Language, 2003.
- (Van-der-Aalst et Hee, 2004) Van-der-Aalst, W.M.P., and Hee, K.V., Workflow Management: Models, Methods, and Systems, 2004.
- (Van der Aalst, 2004) Van der Aalst W.M.P., Business Process Management Demystified: A Tutorial on Models, Systems and Standards for Workflow Management. In J. Desel, W. Reisig, and G. Rozenberg, editors, *Lectures on Concurrency and Petri Nets*, Vol 3098 of *Lecture Notes in Computer Science* (pp 1-65). Berlin-Germany, 2004.
- (Van der Aalst, 2005) Van der Aalst W.-M.-P., Weske M., Grunbauer D., Case Handling: A New Paradigm for Business Process Support. *Data & Knowledge Engineering* (p. 129-162), 2005.
- (Van Hoek et al. 2001) Van Hoek R.I., Harrison A. and Christopher, M, Measuring agile capabilities in the supply chain. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 21 Nos 1-2, pp. 126-47. 2001
- (Vernadat, 1996) Vernadat F. Enterprise Modeling and Intergration: Principles and Applications, Chapman & Hall
- (Volberda, 1996) Volberda, H.W., Toward the flexible form: how to remain vital in hypercompetitive environments. *Organization Science* Vol 7-4 (pp 359–374), 1996.
- (Weber, 2004) Weber B., Wild W., Breyer R., CBRFlow: Enabling adaptive workflow management through conversational case-based reasoning. *European conference on case based reasoning*, No7 (pp 434-448), 2004.
- (Weske, 2007) Weske M. Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures. Springer-Verlag, Berlin, 2007.
- (WfMC, 1999) WfMC Workflow Management Coalition Terminology & Glossary. Document Number WFMC-TC-1011. Février 1999.
- (Woodward et al. 2001) Woodward C., Abelson J., Hutchison B.A., my home is not my home anymore: improving continuity of care in home care. *The Canadian Health Services Research Foundation web site*, 2001 (online: www.chrsf.ca).

- (Woodward *et al.* 2004) Woodward C.A., Abelson J., Tedford S., Hutchison B., What is important to continuity in home care? *Perspectives of key stakeholders Social Science & Medicine Vol 58 (pp 177–192)*, 2004.
- (Yogesth, 1998) Yogesth. M., Business Process Redesign: An Overview. *IEEE Engineering Management Review, Vol.26, no.3*, 1998.
- (Yusuf *et al.* 1999) Yusuf Y., Sarhadi M., Gunasekaran A., Agile manufacturing: the drivers, concepts and attributes. *International Journal of Production Economics*, 1999.
- (Zarour *et al.* 2010), Zarour K., Zarour N., Khalfi S. Inter-agent Interaction in Medical Information System: Case HomeCare. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology, Vol 11*. 2010.
- (Zefouni *et al.* 2009) Zefouni S., Lamine E., Bastide R., Pingaud H. Etude du processus de prise en charge du patient à domicile. *INFormatique des Organisations et Systemes d'Information et de Decision (INFORSID 2009), IESI 2009*. Toulouse, France. 2009.
- (Zeng, *et al.* 2001) Zeng L., Ngu A., Benatallah B., O'Dell M., An Agent-Based approach for Supporting Cross-Enterprise Workflows. *12th Australian Database Conference (pp. 123-130)*, 2001.
- (Zhao et Paschke, 2012) A Survey on Semantic Scientific Workflow. *Semantic Web – Interoperability, Usability, Applicability. IOS Press Journal*, 2012.
- (Zur Muehlen, 2004) Zur Muehlen M., *Workflow-based Process Controlling: Foundation, Design and Application of workflow-driven Process Information Systems*. Logos, Berlin, 2004.

ANNEXE A BPMN

BPMN (Business Process Modeling Notation) (OMG, 2011) est un langage graphique de modélisation de processus. Le but principal de BPMN est d'offrir une notation pour la modélisation des processus qui soit compréhensible par tous les utilisateurs : de l'analyste métier qui modélise les processus métiers, au développeur qui est chargé d'implémenter les processus et au moniteur qui gère et surveille les processus déployés.

En prenant en compte les définitions de l'OMG (OMG 2009), nous listons ci-dessous les concepts de bases du BPMN. La figure ci-après montre la représentation graphique des différents concepts développés par la suite :

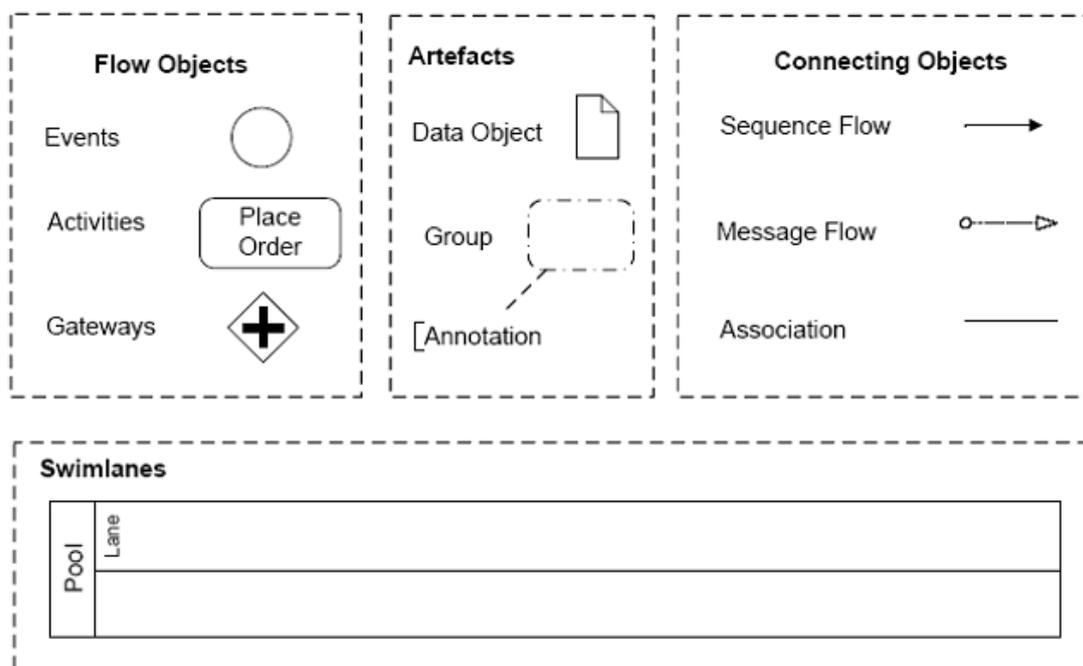


Figure 50 Éléments d'un modèle BPMN

a. **Objet de flux (Flow Objects)**

- **Activité** : représente un travail effectué par la société. Une activité peut être atomique (tâche) ou non-atomique (sous-processus). Une activité peut être automatique ou manuelle. La figure ci-après représente les principaux types d'activités.



Figure 51. Types de tâches BPMN

- **Evènement:** un évènement est quelque chose qui «arrive» au cours du déploiement du processus. Un évènement a une cause et un impact sur le déroulement du processus. Il existe trois types d'évènements : début, intermédiaire et fin. Chacun de ces types peut signifier l'envoi ou la réception de messages, une minuterie, une condition à une règle métier, etc. La figure ci-dessous représente les principaux types d'évènements : au milieu, c'est des exemples de type d'évènement intermédiaire.

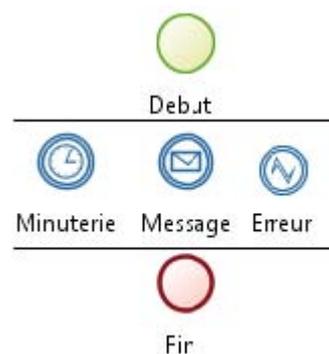


Figure 52. Evènement BPMN

- **Branchement:** est utilisé pour contrôler la divergence et convergence des séquences de flux dans un processus. Ainsi, il permet les exécutions séquentielles, parallèles, en disjonction ou en synchronisation entre les activités. Le tableau ci-après récapitule les principaux types de branchement.

Type Gateway	Notation	Sémantique
XOR Data-based		Utilisé pour traduire la notion d'alternative en fonction de conditions basées sur des données
XOR Event-based		Utilisé pour traduire la notion d'alternative en fonction de conditions basées sur des Timers ou des Messages
OR		Utilisé pour traduire la notion d'alternative en fonction de conditions basées sur des données. Plusieurs conditions peuvent être vérifiées
INCLUSIV		Utilisé pour traduire la notion de parallélisme
COMPLEX		Utilisé pour exprimer des situations non exprimables à l'aide des autres Gateway

Figure 53. Branchement BPMN

b. Connecteur

- **Flux séquentiel:** utilisé pour exprimer l'ordre dans lequel les activités devraient être exécutées.
- **Flux de message:** utilisé pour exprimer l'échange de message entre entités de travail
- **Association:** utilisé pour lier une donnée ou autres informations au flux dans le processus

c. Pistes et corridors (Swimlanes)

- **Piste (pool) :** est la représentation graphique d'un participant dans une collaboration. Un participant peut être un rôle métier ou une entité métier. La communication entre "piste" se fait par envoi de messages
- **Corridor (lane) :** est une subdivision d'une piste ou d'un processus. Les corridors peuvent s'imbriquer hiérarchiquement aux pistes et à d'autres corridors. BPMN ne précise pas l'utilisation des corridors. Elles sont souvent utilisées pour représenter des rôles internes (gestionnaire, etc.), systèmes (une application d'entreprise), un service interne (le transport, la finance), etc.

d. Artefacts

- **Objet de donnée:** fournit les données requises pour l'exécution d'une activité et/ou les données produites par une activité.
- **Groupe:** est un regroupement d'activités -appartenant éventuellement à des pools distinctes- qui relèvent de la même catégorie. Ce type de groupement n'a aucune incidence sur l'écoulement des séquences de l'activité au sein du groupe. Cette catégorisation peut être utilisée pour la documentation ou une analyse fine.
- **Annotation:** utilisée pour faire des commentaires et donner des explications et des détails sur certaines séquences dans le processus.

ANNEXE B OUTILS DE GESTION DE WORKFLOW

Aujourd'hui, une grande variété de systèmes de gestion de workflow est disponible. Il s'agit d'outils commerciaux, open-source, et de prototype académique. Dans notre travail de thèse, nous avons testé trois de ces outils, il s'agit de *intalio*⁷⁶, *BizAgi*⁷⁷ et *BonitaSoft*⁷⁸. Le choix de ces outils a été guidé par la notoriété de ces derniers, la disponibilité d'où moins une version gratuite de l'outil. Mais surtout, ils supportent le langage de modélisation BPMN, ils supportent le cycle de vie complet d'un workflow et ils supportent l'invocation de services. Le Tableau 17 montre une comparaison entre ces trois outils, selon le point de vue d'un développeur et d'un point de vue d'utilisateur final.

- **Intalio**⁷⁹ : est le Business Process Management System (BPMS) le plus largement déployé dans le monde. Conçu autour de l'open source Eclipse BPMN Modeler⁸⁰, du moteur Apache ODE BPEL⁸¹, et de Tempo⁸² WS-Human Task service développé par Intalio. Il est bien adapté pour des processus petits ou grands. Malgré la disponibilité d'une documentation riche, il n'est pas assez intuitif pour le développeur.
- **BizAgi**⁸³ est un BPMS permettant la modélisation, l'exécution et l'amélioration des processus métiers facilement pour les petites organisations et grandes entreprises. L'utilisation de BizAgi, bien qu'elle soit recommandée dans un but pédagogique, vu que lors du développement chacune des dimensions du workflow est traité à part : point de vue fonctionnel (modélisation de processus), point de vu informationnel, interfaces utilisateur, les règle métiers, point de vu organisation (rôles, acteurs, hiérarchie entre rôles, etc.), intégrer les autres applications (service web, etc.). Toutefois ce mode de travail présente une certaine lourdeur pour le développeur.

⁷⁶ <http://www.intalio.com/>

⁷⁷ <http://www.bizagi.com/>

⁷⁸ <http://fr.bonitasoft.com/>

⁷⁹ <http://www.intalio.com/>

⁸⁰ <http://www.eclipse.org/projects/project.php?id=soa.bpmnmodeler>

⁸¹ <http://ode.apache.org/>

⁸² <http://www.intalio.org/confluence/display/TEMPO/Home>

⁸³ <http://www.bizagi.com/>

- **BonitaSoft**⁸⁴ : est un BPMS développé en java qui présente l'avantage d'être intuitif et puissant pour la construction des applications basées sur les processus pour un coût optimal. En effet, l'outil BonitaSoft présente l'avantage d'être open source, facile à utiliser et en progression continue (ils proposent plusieurs versions améliorées par an).

		Intalio	BizAgi	Bonita
Caractéristiques de l'outil	Capacité d'échange de modèles avec d'autres outils	Pas possible car ne supporte pas XPDL	Supporte XPDL	Support XPDL
	Flexibilité:	Sauter une tâche, la réassigner	Sauter une tâche, la réassigner Possibilité de définir la hiérarchie entre les utilisateurs	Sauter une tâche, la réassigner
	Richesse du modèle	Riche	Les éléments de bases	Riches
	Interfaçage avec d'autres applications	Supporté	Supporté	Supporté
Point de vue concepteur	Documentation et maintien	Une bonne documentation et un forum	De la documentation et un forum actif	De la documentation et un forum
	Facilité de prise en main	Pas évident	Laborieux	Intuitive
Point de vue l'utilisateur	Ergonomie	Simple	Simple	Ressemble aux boîtes de messagerie
	Politique économique	Version gratuite et versions enrichies payantes	Version académique gratuite et versions payantes	Open source

Tableau 17. Comparaison entre outils de gestion de workflow

⁸⁴ <http://fr.bonitasoft.com/>

ANNEXE C APPROCHE GUIDEE PAR LES MODELES

Une approche dirigée par les modèles

L'approche dirigée par les modèles est l'idée de séparer explicitement l'aspect fonctionnelle (logique) de l'aspect technologique (physique) lors du développement d'un logiciel, dans le but de générer automatiquement ou de façon semi-automatique du code indépendant de la plate-forme d'exécution. Cette idée prend son essor au mois de novembre 2000, lorsque l'OMG (Object Management Group) a proposé la MDA (Modèle Driven Architecture) en français ADM (Architecture Dirigée par les Modèles). Le but de cette approche est le développement et la maintenance des systèmes à prépondérance logicielle. L'idée étant de se baser sur les standards UML pour décrire séparément les parties des systèmes indépendantes des plates-formes spécifiques (Favre *et al.* 2006).

Toutefois en 2003, une étude menée par le CNRS via l'AS (Action Spécifique MDA) -un groupe créé pour étudier l'approche MDA- préfère le terme d'Ingénierie Dirigée par les Modèles (IDM) ou encore (MDE : Model Driven Engineering). IDM est la généralisation de l'approche MDA. IDM est une approche intégrative générale, développée dans les laboratoires et chez les industriels. Elle représente le domaine de l'informatique mettant à disposition des outils, concepts et langages pour créer et transformer des modèles. IDM est basée sur les notions de modèle, méta-modèle et transformation de modèle que nous développons dans les sous sections suivantes. (Favre *et al.* 2006)

Modèle et Représentation De (μ)

Le concept central de l'IDM est la notion de modèle. A ce jour, il n'existe pas de consensus sur la définition d'un modèle. Cependant certaines définitions sont assez répandues et utilisées. Les définitions les plus admises dans le domaine de l'IDM sont : 1. La définition qui provient du standard UML : *un modèle est une abstraction d'un système physique, dans un certain but*. 2. La définition proposée par Bézivin et Gérbé (Bézivin et Gérbé, 2001) : *un modèle est une simplification d'un système, construit avec une intention de comprendre le système en adoptant un point de vue défini. Le modèle répondra à des questions à propos du système.*

Dans ces deux définitions, nous retrouvons la relation ReprésentationDe qui lie la notion de modèle au système qu'il modélise. La relation ReprésentationDe est notée (μ).

Méta-modèle et EstConformeA (χ)

L'une des définitions les plus citées pour définir un méta-modèle est la définition proposée dans (OMG, 2002) : *un méta-modèle est un modèle qui définit le langage permettant d'exprimer un modèle.*

Autrement dit, un modèle doit être conforme au méta-modèle qui le définit. D'où la relation EstConformeA notée (χ) qui lie un modèle à son méta-modèle. Cette relation est considérée comme étant un concept clé de l'IDM. En effet, cette relation permet d'assurer d'un point de vue théorique mais surtout opérationnel qu'un modèle est correctement construit et donc qu'il est envisageable de lui appliquer des transformations automatisées. (Bézivin *et al.* 2005).

En complément à ces notions de base, il faut ajouter la notion de méta-métamodèle qui définit les notions de base permettant l'expression des métamodèles et des modèles

Nous retrouvons ces concepts dans l'architecture à quatre niveaux proposée dans le cadre du MDA et qui est largement admise en IDM (Bézivin *et al.* 2005). La Figure 54 (empruntée partiellement à J. Bézivin (Bézivin, 2002)) présente ces différents concepts et leur interprétation dans différents espaces technologiques.

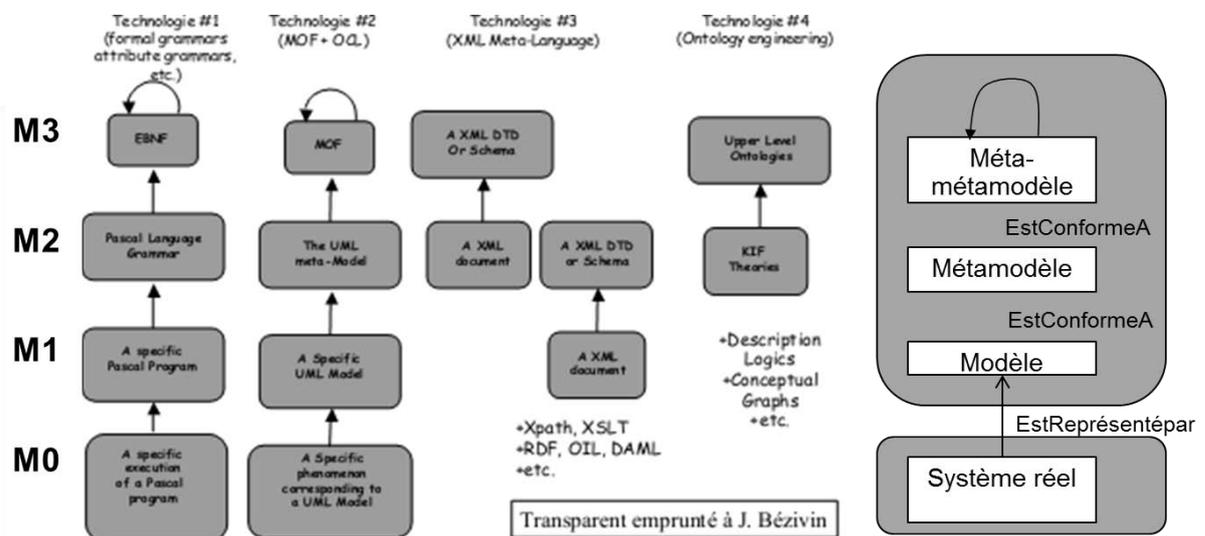


Figure 54. Comparaison des systèmes de syntaxe abstraite

Transformation de modèles

L'autre concept principal de l'IDM est la transformation de modèles. La transformation de modèles consiste à exprimer des correspondances structurelles entre un modèle cible et un

modèle source. En effet, la transformation prend en entrée des modèles (sources) et fournit en sortie des modèles (cibles). Cela en se basant sur des règles préalablement définies. Généralement un seul modèle source et un seul modèle cible. La figure suivante représente le processus de transformation de modèle entre un modèle source et un modèle cible conforme à différents méta-modèles.

Les transformations de modèles peuvent être classifiées en deux types de transformations qui sont :

- Transformation endogène : les modèles source et cible sont conformes au même méta-modèle. Exemple la transformation d'un modèle UML en un autre modèle UML
- Transformation exogène : les modèles source et cible sont conformes à des méta-modèles différents. Exemple la transformation d'un modèle UML en programme Java ou encore la transformation d'un fichier XML en schéma de Base de données.

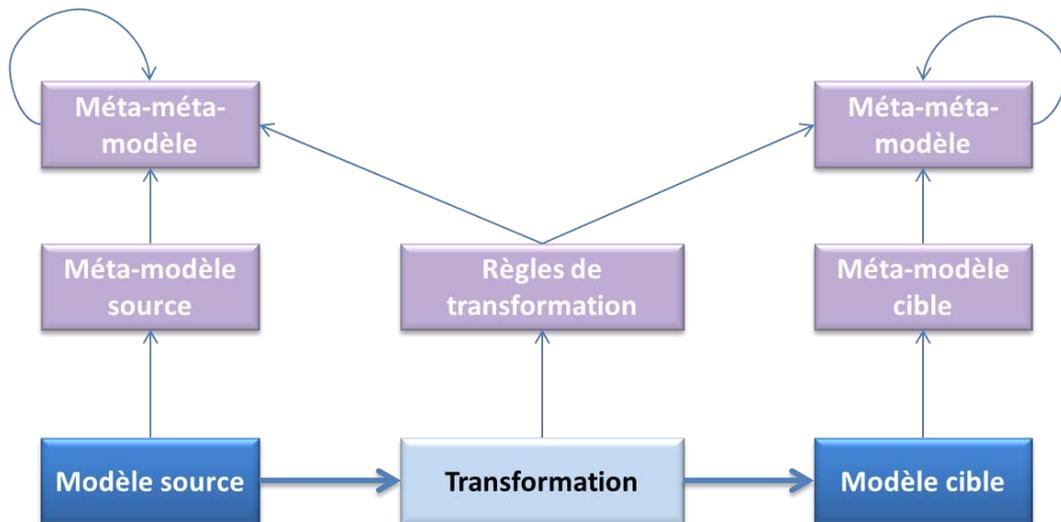


Figure 55. Architecture d'un système de transformation basé sur la méta-modélisation

ANNEXE D AGILITE

L'origine du concept d'agilité remonte aux années cinquante (Izza *et al.* 2008) dans le domaine militaire. Mais il a pris un intérêt croissant de la part des chercheurs depuis le début des années quatre-vingt-dix. Dans la littérature, nous trouvons plusieurs définitions du concept (Kidd, 1995), (Yusuf *et al.* 1999) (Charles *et al.* 2009).

Le concept d'agilité est un concept ayant de nombreuses acceptions selon le domaine dans lequel il est employé : système d'information, gestion industrielle, etc. Une sélection, loin d'être exhaustives, des définitions que nous pouvons trouver dans la littérature pour différents domaines est présenté dans le tableau suivant. Dans lequel nous associons à chaque définition son domaine d'application et les mots clés qui la caractérisent.

Référence	Définition	Domaine	Mots clés
The Iacocca Institute, of Lehigh University (USA) 1991	A manufacturing system with capabilities (hard and soft technologies, human resources, educated management, information) to meet the rapidly changing needs of the marketplace (speed, flexibility, customers, competitors, suppliers, infrastructure, responsiveness)	Gestion industriel	Rapidité, flexibilité, compétitivité, réactivité
(Kidd, 1994)	Defined agility as a rapid and proactive adaptation of enterprise elements to unexpected and unpredicted changes. (Enterprise elements are the goals, objectives, technology, and organization.)	Gestion industriel	Rapidité, proactivité, environnement incertain
(Dove, 1994) (Dove, 1999)	The ability of an organization to thrive in a continuously changing, unpredictable business environment.	Gestion industriel	Prospérité, environnement incertain
(Kidd, 1995)	An Agile corporation is a fast moving, adaptable and robust business enterprise capable of rapid reconfiguration in response to market opportunities. Such a corporation is founded on appropriate processes and structures and the integration of technology, organisation and people into a coordinated system in order to achieve a quantum leap forward in competitive performance by delivering capabilities that surpass those obtained from current enterprise practices.	Gestion industriel	Environnement dynamique, adaptabilité, robustesse, rapidité, reconfiguration, compétitivité
(Goldman <i>et al.</i> 1999)	A construct having the following strategic dimensions: enriching the customer, cooperating both internally and externally to enhance	Gestion industriel	Compétitivité, adaptabilité, incertitude

	competitiveness, organizing to both adapt to and thrive on change and uncertainty, and leveraging the impact of people and information		
(Devor <i>et al.</i> 1997)	The ability of a producer of goods and services to operate profitably in a competitive environment of continuous and unpredictable change.	Gestion industriel	Compétitivité, changement, incertitude
(Gunasekaran, 1999)	Agile manufacturing (AM) is the ability of surviving and prospering in a competitive environment of continuous and unpredictable change by reacting quickly and effectively to changing markets, driven by customer-defined products and services.	Gestion industriel	Prospérité, compétitivité, changement, incertitude, rapidité, efficacité
(Yusuf <i>et al.</i> 1999)	Agility is the successful application of competitive bases such as speed, flexibility, innovation, and quality by the means of the integration of reconfigurable resources and best practices of knowledge-rich environment to provide customer-driven products and services in a fast changing environment.	Gestion industriel	Compétitivité, rapidité, flexibilité, innovation, qualité, reconfiguration, environnement dynamique
(Naylor <i>et al.</i> 1999)	Use of marketing knowledge and virtual organization to exploit profitable opportunities in a volatile environment	Gestion industriel	Environnement volatile,
(Van Hoek <i>et al.</i> 2001)	A management concept centred around responsiveness to dynamic and turbulent markets and customer demand	Chaîne d'approvisionnement	Réactivité, environnement dynamique
(Sambamurthy <i>et al.</i> 2003)	The ability to detect and seize competitive market opportunities by assembling requisite assets, knowledge, and relationships with speed and surprise.	Système d'information	Prédiction, compétitivité, rapidité
(Swafford <i>et al.</i> 2006)	Supply chain agility refers to the supply chain's capability to adapt or respond in a speedy manner to a changing marketplace environment	Chaîne d'approvisionnement	Adaptabilité, rapidité, environnement dynamique
(Izza <i>et al.</i> 2008)	L'agilité est la capacité d'une entreprise à se reconfigurer en fonction des évolutions de son environnement.	Système d'information	Reconfiguration, environnement dynamique
(Charles <i>et al.</i> 2009)	la capacité de répondre rapidement et de façon adéquate aux changements à court terme concernant les demandes, l'approvisionnement ou l'environnement. Elle provient de la flexibilité, la capacité de réponse et l'efficacité des chaînes logistiques	Chaîne d'approvisionnement	Rapidité, efficacité, flexibilité

Tableau 18. Définition de l'agilité

Selon le domaine d'application l'objectif de l'agilité est différent. Dans le domaine industriel on retrouve des objectifs de compétitivité et de prospérité de l'entreprise, alors que pour les chaînes d'approvisionnements c'est la rapidité de réponse qui prime, enfin, pour les systèmes d'informations on est plus dans la capacité de reconfiguration et la possibilité de

prédire les changements. Cependant, ces définitions ont des similitudes. En effet, elles décrivent toutes la capacité à répondre ou à s'adapter au changement dans un environnement incertain et en constante évolution. Chacun met en évidence les propriétés constitutives de l'agilité. Les propriétés les plus citées pour la description de l'agilité sont : flexibilité, adaptabilité, réactivité, pro-activité, reconfiguration, rapidité de réponse (Sherehiy *et al.* 2007) (Sanchez et Nagi, 2001) à un environnement dynamique (changement continu) et incertain.

Il existe autant de travaux sur la mesure de l'agilité et la détermination des attributs de l'agilité que sur la définition de la notion d'agilité. Toutefois, il n'y a pas à notre connaissance assez de travaux sur comment apporter cette agilité, exception faite pour les méthodes de développement en génie logiciel. En effet, dans le domaine du génie logiciel les principes de l'agilité sont bien établis. De plus il dispose de plusieurs méthodes agiles de gestion de projet de développement dont : la Programmation eXtreme (XP)⁸⁵, Dynamic Systems Development Method (DSDM)⁸⁶, SCRUM⁸⁷, etc.

Dans le domaine des systèmes d'informations, il existe des approches qui par leur principe apportent une certaine agilité au système. Dans ce qui suit nous parlerons des deux approches complémentaires qui aident à la conception et déploiement d'une architecture d'un système agile.

Les deux approches qui semblent répondre aux besoins d'un système d'information agiles (l'intégration, l'indépendance par rapport à la plateforme, facilement adaptable, réutilisable et modifiable) sont la MDA (Model Driven Architecture) et la SOA (Service Oriented Architecture).

MDA stipulent que l'approche apporte de l'agilité et de la flexibilité en permettant un couplage faible entre les processus métiers et la technologie utilisée. Ce qui permet d'avoir des systèmes indépendants de la technologie et facile à adapter à l'évolution des technologies et des besoins.

SOA est un style d'architecture organisé à partir de services métiers. C'est une approche connue pour apporter un faible couplage entre ces composants et donc une certaine flexibilité et facilité à adapter le système au changement subis. C'est également une approche qui permet la réutilisabilité de ces composants. Ces caractéristiques correspondent aux caractéristiques attendues d'un système agile.

⁸⁵ <http://www.regismedina.com/articles/fr/extreme-programming>

⁸⁶ <http://www.dsdm.org/>

⁸⁷ <http://www.scrum.org/>

ABREVIATION

ADM	Architecture Dirigée par les Modèles
API	Application Programming Interface
APO	Actor Profile Ontology
BDC	Base De Connaissances
BPEL	Business Process Execution Language
BPM	Business Process Management
BPMN	Business Process Modeling Notation
CPO	Case Profile Ontology
FNEHAD	Fédération Nationale des Établissements d'Hospitalisation à Domicile
HAD	Hospitalisation A Domicile
HAS	Haute Autorité de Santé)
HCBPMNO	Home Care&BPMN Ontology
HCO	Home Care Ontology
HPST	Hôpital, Patients, Santé et Territoires
IDM	Ingénierie Dirigée par les Modèles
MAD	Maintien A domicile
MDA	Modèle Driven Architecture
MDE	Model Driven Engineering
OMG	Object Management Group
OntoBPMN	Ontology of BPMN
OWL	Web Ontology Language
OWLAPI	Web Ontology Language Application Programming Interface

PAD	Prise en charge A Domicile de patients dépendants
SOA	Service Oriented Architecture
SSIAD	Service de Soins Infirmier A Domicile
SWRL	Semantic Web Rule Language
TIC	Technologies d'Information et de Communication
W3C	The World Wide Web Consortium
WfMC	Workflow Management Coalition Specification
XPDL	XML Process Definition Language ou langage

RESUME

Aujourd'hui, les TIC sont reconnues comme un élément inéluctable pour améliorer les pratiques et les usages du secteur de la santé et particulièrement celui de la PAD (Prise en charge A Domicile de patients dépendants). Cependant, malgré tout l'engouement et les avancés accomplies dans ce domaine, un problème de coordination et de continuité des soins personnalisés aux patients subsiste toujours. Un système de gestion de workflow semble approprié pour assurer cette coordination de la PAD. Toutefois, les caractéristiques des processus de la PAD, que nous avons identifié, compliquent la conception de ce workflow. En effet, le processus de la PAD a la particularité d'être un processus, personnalisé pour chaque patient, collaboratif évoluant dans un environnement très dynamique et incertain avec une forte contrainte temporelle.

Dans le but d'améliorer la coordination en tenant compte des caractéristiques des processus de la PAD, nous avons proposé une approche de conception d'un workflow personnalisé basée sur les modèles de connaissances et guidée par une approche dirigée par les modèles. Cette approche préconise l'utilisation d'ontologies du domaine métier et du domaine technique dans un processus de transformations qui aboutit à la conception d'un workflow personnalisé pour un patient donné selon son profil.

Les travaux développés dans ce mémoire présentent une partie de cette approche qui consiste à construire un processus BPMN personnalisé. Les contributions, que nous y exposons sont : premièrement, la conception d'une ontologie du domaine de la PAD. Cette ontologie inclut : le profil patient (pathologie, entourage, environnement,...), l'aspect organisationnel de la PAD (le rôle de chaque intervenant) et le traitement ou les interventions nécessaires pour chaque pathologie. Deuxièmement une proposition de règles de correspondances entre les termes du domaine de la PAD et du BPMN. Finalement des requêtes permettant la conception d'un processus BPMN personnalisé. Cette approche a été testée sur un cas d'étude de la PAD qui montre son bon fonctionnement.

Mots clés : PAD (Prise en charge à domicile de patients dépendants), workflow, ontologies, BPMN (Business Process Modeling Notation), coordination, IDM (Ingénierie Dirigée par les Modèles)