HAL
archives-ouvertes.fr

Modélisation, création et évaluation de ux de terminologies et de terminologies d'interface : application à la production d'examens complémentaires de biologie et d'imagerie médicale.

Nicolas Griffon

To cite this version:

Nicolas Griffon. Modélisation, création et évaluation de ux de terminologies et de terminologies d'interface : application à la production d'examens complémentaires de biologie et d'imagerie médicale.. Interface homme-machine [cs.HC]. Université de Rouen, 2013. Français. <tel-00877697v1>

HAL Id: tel-00877697

https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00877697v1

Submitted on 29 Oct 2013 (v1), last revised 7 Jan 2013 (v2)

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

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

Université de Rouen U.F.R. des sciences et techniques
École doctorale Sciences Physiques, Mathématiques et de l'Information pour l'Ingénieur

THÈSE (VERSION DU 25 OCTOBRE 2013)

Pour obtenir le grade de
Docteur en informatique de l'université de Rouen

Modélisation, création et évaluation de flux de terminologies et de terminologies d'interface : application à la production d'examens complémentaires de biologie et d'imagerie médicale.

Nicolas GRIFFON

Soutenance prévue le 25 octobre 2013

Devant le jury composé de :

Directeur de thèse :	Pr Stéfan Darmoni	PUPH	CHU de Rouen
Co-encadrants :	Dr Aurélie Névéol	CR	LIMSI
	Dr Lina Soualmia	MCF	Université de Rouen
Rapporteurs :	Pr Éric Lepage	PUPH	AP-HP
	Pr Pascal Staccini	PUPH	CHU de Nice
Examinateurs :	Pr Céline Savoy-Collet	PUPH	CHU de Rouen
	Dr Philippe Massari	PH	CHU de Rouen
Invitée :	Dr Marie-Christine Jaulent	DR	LIMICS

Laboratoire d'informatique, de traitement de l'information et des systèmes

Résumé

Les intérêts théoriques, cliniques et économiques, de l'informatisation des prescriptions au sein des établissements de santé sont nombreux : diminution du nombre de prescriptions, amélioration de leur pertinence clinique, diminution des erreurs médicales... Ces bénéfices restent théoriques car l'informatisation des prescriptions est, en pratique, confrontée à de nombreux problèmes, parmi lesquels les problèmes d'interopérabilité et d'utilisabilité des solutions logicielles. L'utilisation de terminologies d'interface au sein de flux de terminologies permettrait de dépasser ces problèmes. L'objectif principal de ce travail était de modéliser et développer ces flux de terminologies pour la production d'examens de biologie et d'imagerie médicale puis d'en évaluer les bénéfices en termes d'interopérabilité et d'utilisabilité.

Des techniques d'analyse des processus ont permis d'aboutir à une modélisation des flux de terminologies qui semble commune à de nombreux domaines. La création des flux proprement dits repose sur des terminologies d'interface, éditées pour l'occasion, et des référentiels nationaux ou internationaux reconnus. Pour l'évaluation, des méthodes spécifiques mises au point lors du travail d'intégration d'une terminologie d'interface iconique au sein d'un moteur de recherche de recommandations médicales et d'un dossier médical, ont été appliquées.

Les flux de terminologies créés induisaient d'importantes pertes d'information entre les différents systèmes d'information. En imagerie, la terminologie d'interface de prescription était significativement plus simple à utiliser que les autres terminologies, une telle différence n'a pas été mise en évidence dans le domaine de la biologie.

Si les flux de terminologies ne sont pas encore fonctionnels, les terminologies d'interface, elles, sont disponibles pour tout établissement de santé ou éditeur de logiciels et devraient faciliter la mise en place de logiciels d'aide à la prescription.

Mots clés MeSH : Affichage des données ; Analyse et exécution des tâches ; Classification internationale des maladies ; Diagnostic par imagerie/Classification ; Études d'évaluation ; Examens biologiques/Classification ; Logical observation identifiers names and codes (USA) ; Medical Subject Headings ; Mémorisation et recherche des informations ; Prescription électronique ; Systèmes d'entrée des ordonnances médicales ; Terminologie ; Terminologie comme sujet.

Abstract

Computerized Provider Order Entry Systems are supposed to enhance healthcare quality through decreasing the number of prescriptions and medical errors while increasing prescription relevance. These benefits are still theoretical because prescription computerization faces many problems, including software interoperability and usability. Using interface terminologies in terminolgy flows could help solving them. The main objective of this work was to model and create such a flow of terminologies for biological and radiological examination purposes. The potential benefits of these solutions in terms of interoperability and usability were then evaluated.

Analyzing workflows allowed us to make a model of terminology flows that is probably shared among many different domains. Creating these flows was based on interface terminologies produced for this purpose and national or international health terminology standards. Some specific assessment methods have been developed for the integration of an iconic interface terminology into a guidelines search engine and a medical health record. They were adapted and applied to our specific context.

Created terminology flows led to important loss of information between information systems. In radiology, the ordering interface terminology was significantly more usable than other terminologies. There was no evidence of such a difference in biology.

Terminology flows are not yet functional. However, interface terminologies are available for any health facility or software publisher and should ease the implementation of computerization provider order entry systems.

MeSH Keywords: Clinical chemistry tests/Classification; Data display; Diagnostic imaging/ Classification; Electronic prescribing; Evaluation studies; Information storage and retrieval; International classification of diseases; Logical Observation Identifiers Names and Codes; Medical order entry systems; Medical Subject Headings; Task performance and analysis; Terminology; Terminology as topic.

Remerciements

Après trois années passées au sein de l'équipe CISMeF, je tenais à remercier :

- le professeur Darmoni, fourmillant d'idées et de bonne humeur, qui ne laisse aucune place à la morosité,
- le docteur Massari, véritable encadrant de l'ombre, qui m'a accompagné et conseillé tout au long de ce travail,
- Mme Soualmia pour sa relecture attentive,
- et Mme Névéol pour ses conseils avisés.

Je remercie également les professeurs Lepage et Staccini, qui ont accepté d'être mes rapporteurs et qui ont évalué mon travail.

Merci au professeur Savoy-Collet pour le temps qu'elle m'a accordé et l'expérience qu'elle a partagée.

Mes remerciements à Christel Daniel, instigatrice du projet TerSan et à Marie-Christine Jaulent pour les opportunités futures.

J'adresse un grand merci aux membres de l'équipe CISMeF, qui m'ont supporté et soutenu pendant 3 ans.

Et enfin, à ma famille qui me subi depuis plus longtemps encore, sans (trop) récriminer.

Table des matières

Liste des figures **IX**

Liste des tableaux **XI**

Liste des abréviations **XII**

Introduction générale **1**

Problématique 1
L'évaluation 2
Objectifs 3
Organisation du mémoire 3
Contexte 5
Le CHU de Rouen 5
Annotation sémantique de structure de données cliniques 6
L'équipe CISMeF 6

I État de l'art **8**

1 Informatisation de la prescription **9**

1.1 Introduction 9
1.2 Communication entre professionnels de santé 10
1.2.1 Ordonnance, prescription et demande 10
1.2.2 Processus d'intérêt 11
1.3 Informatisation des processus 11
1.3.1 Définition 11
1.3.2 Bénéfices espérés 12
1.3.3 Verrous 12
1.3.4 Utilisabilité 13
1.3.5 Interopérabilité 15
1.4 Synthèse 18

2 Les systèmes terminologiques 19
2.1 Introduction 20
2.2 Histoire des systèmes terminologiques en médecine 20
2.3 Constituants des systèmes terminologiques 22
2.4 Approche typologique 23
2.5 Approche fonctionnelle 24
2.5.1 Avènement des terminologies d'interface, de référence et administratives et flux de terminologies 25
2.5.2 Les terminologies d'interface 27
2.5.3 Les terminologies de référence 31
2.5.4 Les terminologies administratives 32
2.6 Flux de terminologies 32
2.7 Les terminologies utilisées dans ce travail 34
2.7.1 Logical Observation Identifiers Names and Codes (LOINC) 34
2.7.2 Les Systematized NOmenclature of MEDicine (SNOMED) 35
2.7.3 La Classification Commune des Actes Médicaux (CCAM) 36
2.7.4 La Classification Internationale des Maladies, 10^{e}révision (CIM-10) 37
2.7.5 Le Medical Subject Headings thesaurus (MeSH) 38
2.7.6 RadLex 38
2.7.7 Visualisation des Connaissances Médicales (VCM) 39
2.7.8 L'« Unified Medical Language System » (UMLS) 41
2.8 Synthèse 42

II De la prescription aux résultats : les flux de terminologies 43

3 Modélisation 44
3.1 Introduction 44
3.2 Modélisation des processus 45
3.2.1 En imagerie médicale 45
3.2.2 En biologie 47
3.2.3 Synthèse 49
3.3 Modélisation de flux de terminologies 49
3.3.1 Paradigme de modélisation 51
3.3.2 Approche mixte 52
3.3.3 Approche unifiée 56
3.4 Synthèse 57

4 Création des flux de terminologies 58
4.1 Introduction 58

4.2 Flux en imagerie médicale 59
4.2.1 Méthode 59
4.2.2 Résultats 65
4.2.3 Discussion 68
4.3 Flux en biologie 71
4.3.1 État des lieux 71
4.3.2 Méthode 73
4.3.3 Résultats 76
4.3.4 Discussion 76
4.4 Autres terminologies d'interface 77
4.4.1 Terminologie d'interface de prescription des actes médicaux 77
4.4.2 Terminologie d'interface de demande d'avis 77
4.5 Synthèse 78

III Évaluation des terminologies d'interface et des flux de terminologies 79

5 Validation des alignements entre terminologie d'interface et terminologie de référence 80
5.1 Introduction 81
5.2 Méthode 82
5.2.1 Création des correspondances 82
5.2.2 Évaluation de la concordance entre experts via l'UMLS 84
5.3 Résultats 85
5.3.1 Correspondances 85
5.3.2 Concordances entre experts 87
5.4 Discussion 87
5.4.1 Situation de ces résultats par rapport à la littérature 87
5.4.2 Les discordances 88
5.4.3 Limites 89
5.4.4 Perspectives 89
5.5 Synthèse 90

6 Évaluation de l'utilisabilité d'un moteur de recherche avec TI iconique 91
6.1 Introduction 92
6.2 Matériel 92
6.2.1 CISMeF-BP & Doc'CISMeF 92
6.2.2 Intégration de VCM dans Doc'CISMeF 93
6.2.3 Étude d'utilisabilité 94

6.2.4 Analyses statistiques 95
6.3 Résultats 95
6.3.1 Intégration de VCM dans Doc'CISMeF 95
6.3.2 Étude d'utilisabilité 97
6.4 Discussion 99
6.4.1 Effet de supériorité des images 99
6.4.2 Temps et recherche d'information 100
6.4.3 Limites 100
6.4.4 Perspectives et conclusions 101
6.5 Synthèse 101

7 Évaluation de l'interopérabilité des flux de terminologies 102
7.1 Introduction 102
7.2 Méthode 103
7.2.1 Terminologies utilisées 103
7.2.2 Mises en correspondance des terminologies d'interface 104
7.2.3 Critères d'évaluation 106
7.3 Résultats 106
7.3.1 En biologie 106
7.3.2 En imagerie 106
7.4 Discussion 107
7.4.1 Analyse des discordances 108
7.4.2 Couverture des terminologies de référence 109
7.4.3 Création du gold-standard et analyse de sensibilité 110
7.4.4 Choix des terminologies utilisées pour l'évaluation 110
7.5 Synthèse 112

8 Évaluation de l'utilisabilité des TI de prescription 113
8.1 Introduction 113
8.2 Méthodes 114
8.2.1 Schéma général 114
8.2.2 Terminologies comparées 114
8.2.3 Situations cliniques 114
8.2.4 Déroulement de l'évaluation 115
8.2.5 Interface d'évaluation 115
8.2.6 Analyses statistiques 117
8.3 Résultats 117
8.4 Discussion 119
8.4.1 Limites 119
8.4.2 Processus itératif 119

8.5 Synthèse 120

Conclusions générales **121**

Bibliographie **125**

Annexes **137**

A Exemples de formulaires utilisés au CHU de Rouen **138**

B Questionnaire SUS **141**

C Liste des cas cliniques **143**

D Guide de bon usage des examens d'imagerie et Radlex **145**

D.1 Guide de bon usage des examens d'imagerie 145

D.2 Interopérabilisation du Guide de Bon Usage 146

Listes des publications **147**

Liste des figures

1.1 Échanges d'informations entre intervenants dans le cadre de la prescription. 11
1.2 Triangle sémiotique. 18

2.1 Page du « London bills of mortality » 21
2.2 Correspondances entre terminologies d'interfaces et de référence. 26
2.3 Optimisation du codage. 27
2.4 Limite des terminologies de référence 34
2.5 Construction des icônes dans le langage VCM 40
2.6 Monsieur VCM 41

3.1 Diagramme d'activité pour l'imagerie médicale à Rouen. 46
3.2 Diagramme d'activité pour la biologie à Rouen. 48
3.3 Flux d'information avant l'informatisation de la prescription. 49
3.4 Flux d'information une fois la prescription informatisée. 50
3.5 Approche mixte : flux de terminologies entre les différents systèmes. 52
3.6 Approche mixte en imagerie médicale. 55
3.7 Approche mixte en biologie. 56
3.8 Approche unifiée. 57

4.1 Correspondances entre les terminologies. 62
4.2 Flux de prescriptions en imagerie. 66
4.3 Écran d'accueil du serveur de résultats pour un patient. 73
4.4 Historique de l'ensemble des résultats des analyses biologiques réalisées pour un patient. 74
4.5 Exemple de mise en correspondance TI-TR en biologie 75
4.6 Choix des termes de prescriptions. 75

5.1 Mise en correspondance entre icônes VCM et termes MeSH. 83
5.2 Relations entre les différentes terminologies utilisées pour ce travail. 83
5.3 Correspondances entre la CIM-10 et le MeSH. 86

6.1 Les notices dans Doc'CISMeF classiques (A) ou avec icônes VCM (B). . . . 96

6.2 Le filtre de recherche basé sur VCM. 96
6.3 Probabilité de succès en fonction du temps et de l'interface. 98
6.4 Satisfaction des évaluateurs à l'utilisation de l'interface iconisée de DC. . . 99

7.1 Mise en correspondance sémantique des TI de prescription en biologie. . . . 105
7.2 Mise en correspondance sémantique des TI de prescription en imagerie. . . 106
7.3 Diagramme de flux des termes et correspondances entre les TI de prescription de biologie de l'Assistance Publique - Hopitaux de Paris (AP-HP) et du CHU de Rouen. 107
7.4 Diagramme de flux des termes et correspondances entre les TI de prescription d'imagerie de l'AP-HP et du CHU de Rouen. 108
7.5 Limite de l'évaluation de l'interopérabilité par les TI de prescriptions. . . . 111

8.1 Interface de l'outil d'évaluation : saisie des prescriptions libres, de la satisfaction et des commentaires. 116
8.2 Interface de l'outil d'évaluation : choix des termes dans la TI candidate. . 116

A.1 Exemple de formulaire relativement structuré 139
A.2 Exemple de formulaire peu structuré 140

Liste des tableaux

2.1 Affichage : terminologie de référence vs. terminologie d'interface. 30
2.2 Exemples de codes LOINC 35
2.3 Exemples de codes CCAM 37

3.1 Avantages et inconvénients des terminologies disponibles. 53

4.1 Niveau de structuration des différents formulaires papiers utilisés au CHU de Rouen. 61
4.2 Liste des informations disponibles dans la TI d'exécution de radiologie du CHU de Rouen 62
4.3 Validation de la terminologie d'interface de demande d'examen de radiologie. 66
4.4 Référentiel du SGL 71

5.1 Décomposition des icônes de deux termes mis en correspondance par l'UMLS. 85
5.2 Calcul du numérateur décomposé par primitive. 86
5.3 Concordance en fonction du mode de création des correspondances 87

6.1 Facteurs associés à l'échec de l'évaluation 97
6.2 Facteurs associés au temps de sélection des ressources 98

8.1 Statistique descriptive concernant les prescriptions 117
8.2 Corrélation entre numéro d'ordre des prescriptions et temps. 118
8.3 Imagerie : satisfaction des utilisateurs et temps passé selon la terminologie. 118
8.4 Biologie : satisfaction des utilisateurs et temps passé selon la terminologie. 118

Liste des abbréviations

ANOVA Analyse de variance

ANR Agence Nationale de la Recherche

AP-HP Assistance Publique - Hopitaux de Paris

ASIP-santé Agence des Systèmes d'Information Partagés en santé

ATC « Anatomical Therapeutic Chemical Classification System »

ATIH Agence Technique de l'Information sur l'Hospitalisation

AVC Accident Vasculaire Cérébral

BHN Biologie Hors Nomenclature

BT-NT « Broader Than-Narrower Than »

CCAM Classification Commune des Actes Médicaux

CDA « Clinical Document Architecture »

CDP C-PAGE Dossier Patient

CH Centre Hospitalier

CHU Centre Hospitalier Universitaire

CIM-9 Classification Internationale des Maladies - 9^{e}version

CIM-10 Classification Internationale des Maladies - 10^{e}version

CIP Code Identifiant de Présentation

CISMeF Catalogue et Index des Sites Médicaux de langue Française

CISMeF-BP CISMeF-Bonnes Pratiques

CPOE « Computerized Provider Order Entry »

CSD Coefficient de Similarité de Dice

CSP Code de la Santé Publique

CUI « Concept Unique Identifier »

DC Doc'CISMeF (moteur de recherche au sein du CISMeF)

DCI Dénomination Commune Internationale

DICOM « Digital Imaging and Communications in Medicine »

DMP Dossier Médical Personnel

DPI Dossier Patient Informatisé

DRG « Diagnosis Related Group »

DXLAB SGL utilisé au CHU de Rouen

ENP « European Nursing care Pathway »

FMA « Foundational Model of Anatomy »

GBU Guide de Bon Usage des examens d'imagerie

HEO « Horizon Expert Orders »

HeTOP « Health Terminology/Ontology Portal »

HL7 « Health Level Seven »

HMO « Health Maintenance Organization »

ICNP « International Classification for Nursing Practice »

IEEE « Institute of Electrical and Electronics Engineers »

IHE « Integrating the Healthcare Enterprise »

IHTSDO « International Health Terminology Standards Development Organisation »

INR « International Normalized Ratio »

IRM Imagerie par Résonance Magnétique

LAP Logiciel d'Aide à la Prescription

L3IM Langage Iconique et Interfaces Interactives en Médecine

LIM&BIO Laboratoire d'Informatique Médicale et BIOinformatique

LIMICS Laboratoire d'Informatique Médicale et Ingénierie des Connaissances pour la e-Santé

LOINC « Logical Observation Identifiers Names and Codes »

M. VCM Monsieur VCM

MeSH « Medical Subject Headings »

NABM Nomenclature des Actes de Biologie Médicale

NLM « National Library of Medicine »

NT-BT « Narrower Than-Broader Than »

OMS Organisation Mondiale de la Santé

OR « Odds Ratio »

PACS « Picture Archiving and Communication System »

PMSI Programme de Médicalisation des Systèmes d'Information

PREPS Programme de REcherche sur la Performance du Système des soins

PTS Portail Terminologique de Santé

RAVEL « Retrieval And Visualization in ELectronic health record »

RIS « Radiology Information System »

RSNA « Radiological Society of North America »

SAMU Service d'Aide Médicale Urgente

SFIL Société Française d'Informatique de Laboratoire

SFMG Société Française de Médecine Générale

SFMN Société Française de Médecine Nucléaire

SFR Société Française de Radiologie

SGL Système de Gestion de Laboratoires

SI Système d'Information

SIC Système d'Information Clinique

SIFADO Saisie Informatique FAcile de DOnnées médicales

SIH Système d'Information Hospitalier

SIPS Système d'Information de Production de Soins

SKOS « Simple Knowledge Organization System »

SNOMED « Systematized NOmenclature of MEDicine »

SNOMED CT « SNOMED Clinical Terms »

SNOMED Int SNOMED Internationale

SUS « System Usability Scale »

TecSan Technologies pour la Santé et l'autonomie

TA Terminologie Administrative

TALN Traitement Automatique du Langage Naturel

TeRSan Terminologies et Référentiels d'interopérabilité sémantique en Santé

TI Terminologie d'Interface

TOLBIAC « Terminologies and Ontologies for Linking Billing Information and Accurate Clinical data »

TR Terminologie de Référence

UMLS « Unified Medical Language System »

UF Unité Fonctionnelle

URL « Uniform Resource Locator »

VCM Visualisation des Connaissances Médicales

Introduction

Problématique

La **prise en charge des patients** dans les établissements de santé est en constante évolution vers plus de :

multidisciplinarité : médecins, de plusieurs spécialités, infirmiers, kinésithérapeutes, pharmaciens...

vitesse : les actes doivent s'enchaîner, de manière à aboutir au diagnostic et au traitement le plus précoce/rapide possible,

d'optimisation des ressources : les équipements, de plus en plus coûteux, doivent être rentabilisés et leur temps d'utilisation effectif maximisé.

La réponse à ces contraintes (non exhaustives), a consisté à mettre en place un ensemble de règles et de procédures, complexe, précisant les fonctions des différents acteurs et les conditions de leur intervention dans la prise en charge des patients.
Ces **processus de production de soins** sont aujourd'hui **limitants** à au moins deux titres : d'une part, ils font intervenir des personnes physiques dans des taches répétitives, sans réelle valeur ajoutée et potentiellement sources d'erreurs médicales (recopie d'information, prise de rendez-vous...) et d'autre part, ces processus, développés localement, confinent la production de soin à l'établissement qui les a mis en place, limitant les possibilités d'interface avec le reste du système de santé (réseaux de soins, autres établissements de santé...).
La mise en place de **système d'information** de production de soins **permettrait de passer outre** en automatisant certaines tâches et en travaillant sur des référentiels partagés par tous. Malheureusement, **il n'existe pas, à ce jour, de solution qui permette l'interopérabilité** entre chacun de ces système d'information **tout en assurant un niveau d'utilisabilité satisfaisant** pour les professionnels de santé. En effet, l'utilisation de référentiels (terminologies et messages) nationaux ou internationaux devrait permettre aux systèmes d'information de production de soin de communiquer entre eux mais risquerait de compromettre définitivement leur utilisabilité. Ces référentiels sont en effet très complexes, et il n'est pas évident pour un clinicien, de trouver en son sein le terme qu'il cherche, ou de le post-coordonner. A contrario, l'utilisation de texte libre, très souple,

par les humains, ne permet pas aux machines de traiter directement les informations, les outils de traitement automatique du langage naturel n'étant pas encore suffisamment performants [Voorhees & Hersh, 2012].

Les **terminologies d'interface** sont des terminologies conçues spécialement pour un type d'utilisateur et un usage. À ce titre, elles ne devraient pas poser de problème d'utilisabilité. Elles sont par ailleurs reliées à des référentiels (inter)nationaux qui permettent l'interopérabilité. Ces derniers peuvent à leur tour être reliés à d'autres terminologies d'interface pour d'autres types d'utilisateur, constituant de véritables **flux de terminologies**. Ainsi, l'utilisation de terminologies d'interface au sein de flux de terminologies **pourrait concilier les besoins des informaticiens et ceux des multiples professionnels de santé intervenants dans la production de soin**, et faire émerger des solutions qui soient à la fois interopérables **et** utilisables.

Cette informatisation induirait en outre une structuration d'un certain nombre d'informations jusqu'a présent disponibles uniquement au format papier (ou, au mieux, sous forme de texte libre). Ces informations deviendraient utilisables par d'autres systèmes tels que les systèmes d'aide à la décision médicale, et pourraient améliorer encore la qualité des soins.

La prescription est le point de départ courant de la production de soins. Que ce soit dans le domaine de la biologie ou de l'imagerie médicale, ces prescriptions ont vocation à être exécutées par d'autres professionnels de santé, chargés de transmettre des résultats en retour. Ce sont ainsi des terminologies d'interface de prescription, d'exécution et de résultats qu'il est nécessaire de relier par des référentiels (inter)nationaux dans des flux de terminologies pour aboutir à des systèmes d'information de production de soin interopérables à tous les niveaux. C'est néanmoins au niveau des logiciels d'aide à la prescription que l'essentiel des problèmes d'utilisabilité a été mis en évidence, c'est donc sur les référentiels utilisées dans ces logiciels que va se concentrer ce travail de thèse.

L'évaluation

L'informatisation en médecine a permis de nombreuses avancées : transmission plus rapide des résultats [Darmoni *et al.*, 1992], amélioration de la disponibilité des dossiers médicaux, facilité de partage entre professionnels de santé, accessibilité des recommandations et des documents de médecine fondée sur les preuves [1]... De nombreuses évolutions des systèmes d'aide à la décision [Renaud-Salis *et al.*, 2010], le dossier médical partagé [2]... devraient diffuser dans un avenir proche et permettre une amélioration de la qualité des soins et du suivi des patients [Damiani *et al.*, 2010].

L'adoption des technologies de l'information et de la communication est néanmoins

1. PubMed, CISMeF, UpToDate...
2. http ://www.dmp.gouv.fr/

génératrice de risques : nombreux sont les exemples de mise en place d'outils informatiques qui se sont avérés préjudiciables pour les patients [Ammenwerth & Shaw, 2005 ; Ammenwerth, 2012]. Il n'est donc plus concevable, aujourd'hui, de traiter les briques des systèmes d'information différemment des médicaments et autres dispositifs médicaux et il est nécessaire de les évaluer :

- individuellement tout au long de leur création,
- collectivement lors de leur agrégation.

Pour être valables, ces évaluations doivent être menées en accord avec les guides de bonnes pratiques en matière d'informatique médicale [Talmon *et al.*, 2009 ; Nykänen *et al.*, 2011].

Objectifs

Notre travail avait pour objectif principal de limiter les problèmes d'utilisabilité et d'interopérabilité inhérents aux systèmes d'information de production de soins. Pour ce faire, nous avons modélisé, créé et évalué des flux de terminologies allant de la prescription au retour des résultats dans les domaines de la biologie et de l'imagerie médicale. Secondairement, et à visée d'entraînement pour l'évaluation de l'objectif principal, nous avons évalué l'adaptation d'une autre terminologie d'interface à d'autres applications médicales : un moteur de recherche de recommandations et, de manière générique, les dossiers patient.

Organisation du mémoire

La première partie collige de nombreuses définitions et données de la littérature. Dans le Chapitre 1, nous éclairons le lecteur sur la problématique de ce travail : les bénéfices espérés de l'informatisation des processus de soin et les difficultés connues. Des pistes terminologiques de résolution des problèmes d'interopérabilité et d'utilisabilité mis en évidence précédemment sont exposées dans le Chapitre 2.

La deuxième partie présente la création des flux de terminologies effectuée dans le cadre de cette thèse. Dans le Chapitre 3, une étude plus détaillée des processus de soin au CHU de Rouen est présentée. Elle permet de modéliser les échanges d'information et les flux de terminologies à mettre en place entre les différents acteurs permettant de concilier utilisabilité et interopérabilité. Dans le Chapitre 4, nous détaillons les méthodes que nous avons utilisées pour créer les ressources sémantiques nécessaires à la réalisation des flux précédemment modélisés.

La troisième partie concerne l'évaluation de l'utilisabilité et de l'interopérabilité obtenue grâce aux flux de terminologies. Les chapitres 5 et 6 concernent l'utilisation d'une terminologie d'interface iconique dans un moteur de recherche de recommandations. Dans le chapitre 5 on évalue la validité des correspondances entre les différentes terminologies

utilisées, pré-requis pour l'obtention de systèmes interopérables. On utilise pour cela des méthodes dérivées du domaine de l'indexation de ressource. Le Chapitre 6 s'attarde sur la mesure de l'effet de l'intégration de cette terminologie d'interface en termes d'utilisabilité. Dans les chapitres 7 et 8 nous appliquons des méthodes similaires aux flux de terminologies que nous venons de créer pour les processus de soins. Dans le Chapitre 7, nous veillons à ce que l'utilisation des flux de terminologies ne nuise pas à la qualité des informations transmises. La conservation du sens étant un élément essentiel de l'interopérabilité. Dans le Chapitre 8, les terminologies d'interface créées précédemment sont comparées à d'autres référentiels, non dédiés aux utilisateurs, en termes d'utilisabilité.

Enfin, dans la conclusion nous revenons sur les points importants de notre travail et détaillons les suites qui lui seront données.

Contexte

Le CHU de Rouen

Le CHU de Rouen totalise 2 445 places d'hospitalisation. Il emploie 9 649 personnes dont 912 médecins qui doivent travailler ensemble pour soigner au mieux leurs patients. L'organisation mise en place dans cet objectif est d'autant plus complexe que les activités sont réparties dans 5 établissements de soin Haut-Normand : Charles Nicole, Bois-Guillaume, St Julien, Oissel et Boucicaut. Certaines activités sont exclusives d'un établissement, mais pour ce qui est des activités transversales, elles peuvent être réalisées sur plusieurs sites. C'est notamment le cas de l'imagerie médicale et de la biologie, activités sur lesquelles nous allons travailler dans cette thèse.

Le système d'information clinique du CHU de Rouen

Avant le début de ce travail, le système d'information clinique du CHU de Rouen était essentiellement centré sur le logiciel C-PAGE Dossier Patient (CDP). Ce logiciel permet de centraliser l'essentiel des informations cliniques des patients : séjours et visites, actes médicaux et paramédicaux (kinésithérapie, nutrition, psychologie...), résultats et comptes rendus, d'acte comme de séjour. CDP contient aussi l'ensemble des données du Programme de Médicalisation des Systèmes d'Information (PMSI) : le codage de la morbidité à l'aide, essentiellement, de la Classification Internationale des Maladies - 10^{e}version (CIM-10) et le codage des actes à l'aide de la Classification Commune des Actes Médicaux (CCAM).

Les différents plateaux techniques (biologies, radiologie, anatomo-pathologie...) se sont informatisés à leur rythme selon leurs contraintes/volontés avec au moins une constante toutefois : la mise à disposition des informations produites par ces services dans le dossier patient informatisé le plus rapidement possible. Ainsi :

- les images et comptes-rendus audio d'imagerie sont accessibles pour les cliniciens dès leur production,
- les comptes-rendus d'anatomo-pathologie sont transmis dans le dossier patient informatisé plusieurs fois par jour, et sont donc disponibles pour les cliniciens quelques heures après leur production,
- les résultats de biologie sont visibles dans CDP dès qu'ils sont validés par les biologistes, en accord avec la norme NF-EN-ISO-15189.

Évolution du système d'information clinique du CHU de Rouen

Les ébauches de système d'information de production de soins créées par chaque plateau technique et l'ancienneté du système d'information clinique du Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Rouen ne permettaient que difficilement d'ajouter ou de modifier des fonctionnalités, un projet de changement de système d'information a donc vu le jour

en 2007. Ce projet devait, entre autre, informatiser la prescription, qu'il s'agisse de médicaments, d'examens complémentaires, de kinésithérapie, de diététique... ce qui constituait le terrain d'application parfait pour nos terminologies d'interface.

Annotation sémantique de structure de données cliniques

Réussir à faire communiquer deux Système d'Information (SI) distincts et surtout réussir à les faire se comprendre constitue le cœur du projet Terminologies et Référentiels d'interopérabilité sémantique en Santé (TeRSan) [3], avec deux objectifs d'application : interopérabilité entre les SI d'établissements différents et interopérabilité entre le SI d'un établissement et une base de connaissances externe.

Le projet TeRSan est centré sur la prescription et la réalisation d'examens de biologie, d'imagerie médicale et d'anatomo-pathologie (ce dernier domaine n'entre pas dans le cadre de cette thèse) et implique, en plus du CHU de Rouen et de l'équipe CISMeF, d'autres partenaires industriels et académiques que sont : l'AP-HP, l'équipe Inserm UMR_S 872, EQ20 et MONDECA. Comme le CHU de Rouen, l'AP-HP est en train de refondre complètement son système d'information et doit créer de nombreux référentiels [Vandenbussche *et al.*, 2013]. La comparaison, et la convergence, des référentiels des deux établissements devraient permettre d'aboutir à des référentiels plus solides et plus génériques.

L'équipe CISMeF

L'équipe CISMeF fait partie du LITIS EA4108 (Laboratoire d'Informatique, du Traitement de l'Information et des Systèmes) et, en son sein, de l'équipe TIBS (Traitement de l'Information en Biologie – Santé). Son résultat le plus visible est le Catalogue et Index des Sites Médicaux de langue Française. Il a pour but de faciliter l'accès aux informations médicales sur Internet. Pour ce faire, il recense et indexe, à l'aide du thésaurus « Medical Subject Headings » (MeSH), édité par la « National Library of Medicine » (NLM) états-unienne, les ressources médicales de qualité sur l'internet francophone [Darmoni *et al.*, 2000]. De nombreux travaux ont été réalisés autour de ce thésaurus pour l'enrichir, l'adapter à l'indexation de ressources disponibles sur l'Internet et améliorer l'expérience des utilisateurs, notamment par l'adjonction d'un moteur de recherche : Doc'CISMeF (DC) [Douyère *et al.*, 2004] et par la création de métatermes : des concepts qui correspondent à des spécialités biologiques ou médicales et qui regroupent tous les concepts de plusieurs terminologies (CIM-10, MeSH, CCAM...) qui concernent ces spécialités.

3. Le projet TeRSan est financé par le programme TecSan-2011 de l'ANR.

Interfaces homme-machine et visualisation des connaissances

L'amélioration de l'utilisabilité est un enjeu important pour la plupart des sites web. En effet, devant la richesse de l'Internet, il s'agit d'un facteur important d'adhésion et de fidélisation des internautes. L'équipe du Laboratoire d'Informatique Médicale et BIOinformatique (LIM&BIO) a développé un langage iconique : Visualisation des Connaissances Médicales (VCM) [Lamy *et al.*, 2008a] qui permet de représenter de nombreux concepts médicaux en combinant un nombre limité de primitives graphiques (voir page 39) et pourrait améliorer l'expérience des utilisateurs de nombreuses applications médicales.

Ce langage a été adapté à DC et à une exploitation dans un dossier médical informatisé lors du projet Langage Iconique et Interfaces Interactives en Médecine (L3IM) [4]. Dans ce travail, nous avons évalué certains aspects de ces adaptations, effectuant un galop d'essais avant l'évaluation de nos Terminologies d'Interface (TI).

4. Le projet L3IM est financé par le programme TecSan-2008 de l'ANR.

Première partie

État de l'art

Chapitre 1

Informatisation de la prescription

Sommaire

1.1 Introduction **9**

1.2 Communication entre professionnels de santé **10**

1.2.1 Ordonnance, prescription et demande 10

1.2.2 Processus d'intérêt 11

1.3 Informatisation des processus **11**

1.3.1 Définition 11

1.3.2 Bénéfices espérés 12

1.3.3 Verrous 12

1.3.4 Utilisabilité 13

1.3.5 Interopérabilité 15

1.4 Synthèse **18**

1.1 Introduction

Dans ce Chapitre, nous commencerons par une description de haut niveau des circuits de production des examens complémentaires pour bien comprendre ce que l'on vise à informatiser. Nous verrons ensuite, par une courte revue de revue quels sont les intérêts potentiels de l'informatisation de ces processus, connus et étudiés depuis longtemps. Dans un troisième et dernier temps, nous verrons les principaux verrous, maintenant bien documentés, qui limitent l'obtention de ces bénéfices et entrainent même parfois des effets délétères pour les patients. Une attention particulière sera accordée aux problématiques d'utilisabilité et d'interopérabilité.

1.2 Communication entre professionnels de santé

1.2.1 Ordonnance, prescription et demande

La **prescription**, en médecine, est l'acte par lequel un professionnel de santé habilité donne à son patient des recommandations thérapeutiques. Il peut s'agir de traitements médicamenteux, mais aussi d'actes de kinésithérapie, de règles diététiques, d'examens de biologie... Le support de la prescription est l'**ordonnance**, l'ordonnancier devenant pour le médecin un outil essentiel puisque c'est par son intermédiaire que les prescriptions des médecins vont être transmises aux patients et aux autres professionnels de santé.

En tant qu'outil essentiel des médecins, l'ordonnancier s'est imposé pour la rédaction de nombreux documents mais, s'ils sont écrits sur des ordonnances, ils n'en sont pas pour autant des prescriptions médicales. C'est notamment le cas en ce qui concerne l'imagerie médicale : la forme des **demandes d'avis**, souvent rédigées de manière impérative, et leur support, l'ordonnance, a laissé se développer l'idée selon laquelle le médecin spécialiste d'imagerie médicale devrait se plier à l'ordonnance du clinicien.

Le pharmacien doit respecter la prescription du clinicien, même s'il a depuis 1999 un peu d'autonomie quant à la substitution de certaines substances. Le biologiste n'a pas le droit, sauf urgence, de modifier une prescription sans en référer au prescripteur [1]. Le radiologue, lui, n'exécute pas une prescription mais répond à une demande d'avis exprimée par un confrère : c'est lui qui décide de l'examen à faire passer au patient [2]. Il y a bien prescription dans cette situation : le clinicien prescrit à son patient d'aller voir un médecin d'imagerie médicale. Il revient toutefois à ce dernier de prendre les décisions qui s'imposent pour la meilleure prise en charge du patient.

Pour résumer, on peut dire :

- que prescription et demande ont en général le même support : celui d'une ordonnance émise par un clinicien,
- que la prescription s'impose au professionnel de santé de recours. Il doit l'exécuter, avec de faibles marges de manœuvre. C'est le cas en biologie,
- que la demande n'engage en rien le professionnel de santé de recours. C'est à lui de décider des examens dont bénéficiera le patient. C'est le cas en imagerie médicale.

Dans ce travail, nous utiliserons le terme de prescription pour désigner l'acte médicale de prescription / demande d'avis. Le terme de demande sera réservé aux formulaires standardisés mis en place par les plateaux techniques des établissements (remplissage dans l'unité clinique et transmission au plateau technique). Ces formulaires ne sont actuellement qu'une transcription de la prescription, parfois couplée à une argumentation et à des informations cliniques.

1. article L6211-8 du code de la santé publique
2. article R1333-57 du Code de la Santé Publique (CSP)

1.2.2 Processus d'intérêt

Au sein de chaque service hospitalier, de nombreux intervenants participent aux soins des patients. Cependant, il existe une proximité physique entre ces professionnels qui facilite les échanges. Bien que les processus en jeux soient certainement perfectibles, ils n'entrent pas dans le cadre de cette thèse. Nous nous concentrerons sur les échanges d'informations entre des acteurs relativement indépendants, lorsqu'un intervenant peut avoir besoin de renseignements sans qu'il soit évident que la personne qui en dispose soit disponible pour les lui fournir, alors même qu'il peut être délicat de trouver toutes les informations nécessaires dans le dossier du patient. En pratique, nous nous limiterons à l'exercice hospitalier de la médecine, même si de nombreux éléments sont vraisemblablement transposables à la médecine de ville.

Dans un hôpital donc, les situations d'échanges d'informations correspondent presque exclusivement aux cycles de production d'examens complémentaires, d'actes diagnostiques ou thérapeutiques (voir la figure 1.1). Le médecin qui prend en charge un patient demande à un autre professionnel de santé exerçant dans l'établissement de participer à la prise en charge de son patient. Celui ci s'exécute et transmet au demandeur les résultats de ses investigations.

1.3 Informatisation des processus

1.3.1 Définition

L'informatisation des processus ne consiste pas uniquement à faire sur un ordinateur ce qui était auparavant fait sur du papier : remplacer un compte rendu manuscrit par un compte rendu rédigé en texte libre dans un logiciel de traitement de texte ne constitue pas ce que nous appellerons ici « informatisation ». L'informatisation telle que nous l'entendons, consiste surtout à structurer les informations de manière à pouvoir les ré-exploiter secondairement que ce soit dans le cadre d'un processus de soin, ou la notion d'interopé-

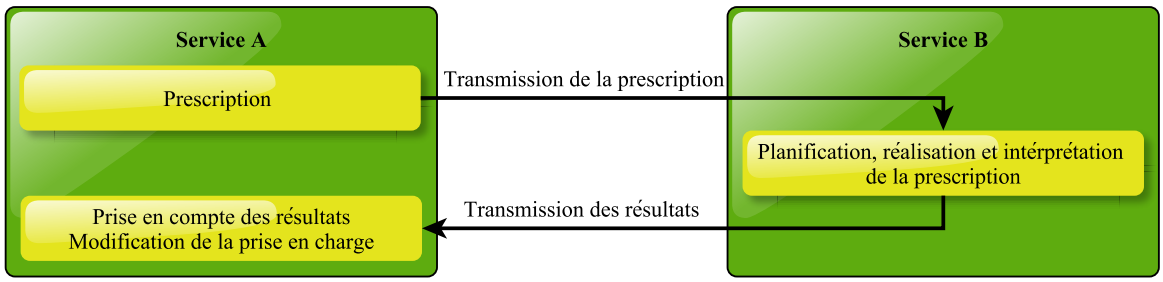


Figure 1.1: Échanges d'informations entre intervenants dans le cadre de la prescription.

rabilité est primordiale, pour de la recherche d'information, ou tout autre utilisation des données de santé [Safran *et al.*, 2007].

1.3.2 Bénéfices espérés

Des solutions pour l'informatisation de certains de ces échanges existent, et sont implémentées avec succès depuis longtemps. C'est le cas du retour de résultats de la biologie [Darmoni *et al.*, 1992] et de la consultation des images en imagerie médicale [Lemke, 2011 ; Huang, 2011]. Ces systèmes sont exclusivement centrés sur la transmission des résultats et non sur leur production.

Les processus de prescription, très similaires, devraient bénéficier de la même manière des bienfaits de l'informatisation, présentés depuis 2000 par l'Institute of Medicine États-Uniens : amélioration de la qualité et de la sécurité des soins [Committee on Quality of Health Care in America & Institute of Medicine, 2001]. En pratique l'informatisation permettrait :

- d'obtenir les résultats des examens plus rapidement [Baron & Dighe, 2011 ; Georgiou *et al.*, 2011 ; Thompson *et al.*, 2004] et ainsi accélérer une prise en charge éclairée,
- de limiter les erreurs de transcription [Baron & Dighe, 2011 ; Committee on Quality of Health Care in America & Institute of Medicine, 2000], de la prescription par l'infirmière ou de la demande par les techniciens des plateaux techniques par exemple,
- de diminuer le nombre d'examens prescrits (moins de redondance, respect des recommandations) [Baron & Dighe, 2011 ; Georgiou *et al.*, 2011 ; Committee on Quality of Health Care in America & Institute of Medicine, 2001], avec un impact immédiat sur la iatrogénie et sur le coût des soins.

Sans parler des bénéfices cliniques attendus de l'informatisation et de ceux liés à la possible réutilisation des données ainsi structurées, les bénéfices financiers sont potentiellement très importants. Pour les États-Unis cela pourrait représenter près de 80 milliards de dollars économisés par an [Walker *et al.*, 2005].

1.3.3 Verrous

Une revue de revue de la littérature récente [Black *et al.*, 2011] montre néanmoins que ces objectifs ne sont pas toujours atteints, notamment parce que les systèmes mis en place souffrent de nombreuses limites. On retrouve en effet de multiples effets délétères des Logiciel d'Aide à la Prescription (LAP) (ou CPOE en anglais) dans la littérature.

En premier lieu, l'introduction de LAP dans les unités médicales modifie en profondeur la manière de travailler des équipes : les voies de communication et la répartition des tâches changent [Niazkhani *et al.*, 2009]. Les conséquences de ces évolutions ont rarement été prises en compte dans les LAP [Gorman *et al.*, 2003] et ont ainsi des conséquences

notables : les infirmiers sont amenés à demander aux médecins des informations concernant les prescriptions plus souvent que par le passé [Cheng *et al.*, 2003]. Cela induit des interruptions fréquentes dans le travail des médecins et un fractionnement plus important de leur activité [Zheng *et al.*, 2010].

Ensuite, la plupart des travaux ayant étudié l'évolution du temps pour la rédaction des prescriptions avec l'implémentation d'un LAP ont montré une augmentation de ce dernier [Poissant *et al.*, 2005]. Cette chronophagie révèle des défauts de conception en termes d'utilisabilité de ces LAP, mais cette perte de temps, si elle constitue en elle-même un facteur susceptible de limiter l'intérêt des LAP, n'est que la partie visible. Peute et Jasper [Peute & Jaspers, 2007] ont montré qu'un outil de prescription qui présentait des défauts d'utilisabilité était à même d'induire des oublis ou des erreurs de prescriptions. Les comportements de palliation ou de contournement mis en place par les utilisateurs (recopie des informations utiles sur papier par exemple) augmentent les risques tout en limitant considérablement les apports de l'informatisation.

Enfin, les bénéfices décrits, s'ils sont valables pour l'informatisation d'un hôpital, sont encore plus vrais dans un monde où les hôpitaux, les laboratoires d'analyse biologique, les centres d'imagerie médicale... sont informatisés, interopérables et communiquent entre eux [Kuperman, 2011]. Néanmoins, aboutir à un Système d'Information Hospitalier (SIH) fonctionnel, avec une interopérabilité entre les logiciels de prescription, de résultats de laboratoire, le dossier du patient... est une tâche délicate. Cette tâche s'avère encore plus délicate entre plusieurs établissements puisqu'il est nécessaire de réussir à faire communiquer de très nombreuses solutions logicielles différentes, basées sur des modélisations et des vocabulaires très différents.

Dans ce travail, nous nous attacherons à limiter, voir résoudre, les problèmes d'interopérabilité des LAP tout en améliorant leur utilisabilité. Secondairement, notre travail devrait faciliter l'introduction des LAP au sein des hôpitaux français.

1.3.4 Utilisabilité

> « Well, at least he keeps himself fit, said the Archchancellor nastily. Not like the rest of you fellows. I went into the Uncommon Room this morning and it was full of chaps snoring !
> — That would be the senior masters, Master, said the Bursar. I would say they are supremely fit, myself.
> — Fit ? The Dean looks like a man who's swallered a bed !
> — Ah, but Master, said the Bursar, smiling indulgently, the word "fit", as I understand it, means "appropriate to a purpose", and I would say that the body of the Dean is supremely appropriate to the purpose of sitting around all day and eating big heavy meals. »

—Les zinzin d'Olive Oued, Terry Pratchett, 1990

L'utilisabilité est définie par l'ISO 9241-11[3] comme : « le degré selon lequel un produit peut être utilisé, par des utilisateurs identifiés, pour atteindre des buts définis avec efficacité, efficience et satisfaction, dans un contexte d'utilisation spécifié ». D'autres auteurs y ajoutent les notions d'apprenabilité et de mémorisation. L'utilisabilité d'un produit est importante puisqu'elle conditionne les performances que l'on peut en attendre et son acceptation par des utilisateurs.

Dans le cas des LAP, de nombreux problèmes d'utilisabilité ont été mis en évidence dans la littérature [Ash *et al.*, 2004 ; Niazkhani *et al.*, 2009] :

- des interfaces surannées, inadaptées aux modes de réflexion et de travail des médecins,
- des postes informatiques en nombre suffisant pour saisir ou lire les informations, d'autant plus délétère lorsque certains postes tombent en panne,
- des informations dispersées entre plusieurs écrans non accessibles simultanément, voire entre la partie informatique et les éléments papier persistants,
- des temps de réponse des applications trop longs,
- des difficultés pour les prescriptions non paramétrées,
- des processus de prescription informatisée lents et complexes,
- une présentation des données ne permettant pas d'avoir une vision satisfaisante de l'ensemble des prescriptions.

Bakhshi-Raiez et al. [Bakhshi-Raiez *et al.*, 2012] ont évalué l'utilisabilité d'une application de saisie des motifs d'hospitalisation en unité de soins intensifs et de sa terminologie. Des nombreuses erreurs qu'ils ont mises en évidence, 14% étaient liées à la terminologie utilisée, ces erreurs se sont par ailleurs avérées être les plus sévères. Cimino et al. [Cimino *et al.*, 2001] ont observé des médecins saisir des données structurées dans des dossiers médicaux. Ils ont constaté, sur 238 tentatives de saisie, que 71% étaient des succès, 13% étaient des échecs dûs à un manque de couverture de la terminologie, 11% étaient des échecs dûs à des défauts de conception de la terminologie (manque de synonyme, position dans la hiérarchie) et 6% seulement des problèmes d'interface. Enfin, Passiment et al. [Passiment *et al.*, 2013] ont mis en évidence une importante inadéquation entre les référentiels de prescription en biologie des LAP et ce qu'attendent les cliniciens.

Il apparaît donc que, au même titre que l'interface utilisateur ou que les services proposés par l'application [Poon *et al.*, 1996], **la terminologie utilisée par une application a un rôle important dans l'utilisabilité de cette même application.**

3. ISO 9241-11, Guidance on Usability, 1998.

1.3.5 Interopérabilité

L'« Institute of Electrical and Electronics Engineers » (IEEE) définit l'interopérabilité comme étant la capacité qu'ont plusieurs systèmes ou composants d'échanger de l'information entre eux et d'utiliser l'information qui a été échangée [IEEE, 1990]. On distingue en fait deux niveaux d'interopérabilité [Charlet *et al.*, 2002] :

- le niveau syntaxique (messages),
- le niveau sémantique (terminologies).

Ces deux niveaux requièrent des solutions différentes, mais doivent tous deux être acquis pour espérer pouvoir partager les informations de santé intelligemment entre les différents acteurs impliqués dans les différents processus.

1.3.5.1 Interopérabilité syntaxique

L'utilisation de modèles de données distincts pour structurer les mêmes informations entre deux systèmes induit des conflits syntaxiques [Jouanot, 2000]. Il est en effet difficile de concilier des représentations d'un même concept sous forme de relation ou sous forme de classe dans deux systèmes différents. Pour éviter ces problèmes, il convient de définir une syntaxe commune à l'ensemble des systèmes qu'on veut faire interopérer.

De nombreux standard ont été défini pour l'internet et permettent : d'échanger des informations (XML), de les transformer (XSL), de fournir des services web (SOAP, WSDL)... Des standards spécifiques au monde de la santé ont été créés, il s'agit de :

- « Health Level Seven » (HL7) [4],
- « Clinical Document Architecture » (CDA) [5],
- « Digital Imaging and Communications in Medicine » (DICOM) [6].

Ils reposent sur les standards généralistes, mais sont beaucoup plus détaillés et adaptés à la médecine. Il ne sera plus question que de ces standards spécifiques.

Message et documents Un document médical électronique est un objet stable et de longue conservation. Il est :

- persistant,
- authentifiable et administrable : un document est signé par son auteur et la gestion des versions, des annulations est possible,
- lié à un contexte : produit par un professionnel de santé à un moment, pour un patient,
- lisible par un humain, que ce soit sur un ordinateur, par un navigateur web, imprimé...

4. http ://www.hl7.org
5. http ://www.hl7.org/implement/standards/product_brief.cfm ?product_id=7
6. http ://medical.nema.org/

- et il forme un tout : il est cohérent et contient toutes les informations nécessaires à sa compréhension (contexte clinique, informations sur les professionnels de santé impliqués dans les actes documentés...).

La version 3 d'HL7, qui correspond au CDA, et DICOM sont des normes spécifiant des modèles de document.

A contrario, un message est un objet éphémère : il sert à véhiculer des informations entre deux acteurs et une fois que le destinataire du message l'a lu et consommé, qu'il a enregistré les informations qui l'intéressent, le message peut être détruit (ce n'est pas nécessairement le cas, le message peut être conservé pour des raisons de traçabilité par exemple). Les versions d'HL7 antérieures à la version 3 spécifient des modèles de messages et ont pour objectif de standardiser les échanges de messages entre les différentes applications informatiques. Néanmoins, l'absence de modèle d'information, la multiplicité des champs et l'imprécision des définitions de ces champs ne permettent pas à deux solutions HL7-compatibles d'intéropérer. C'est malgré tout le standard le plus implémenté à l'heure actuelle [Eichelberg *et al.*, 2005].

« Integrating the Healthcare Enterprise » (IHE) est une initiative industrielle opérationnelle qui vise l'interopérabilité entre les différentes solutions commerciales. En pratique, il s'agit de lever les ambigüités présentes dans les spécifications HL7 et d'agencer l'utilisation conjointe de plusieurs standards : HL7, DICOM et CDA dans les domaines qui nous intéressent. Il existe ainsi des profils d'intégration IHE, dédiés aux domaines de l'imagerie et de la biologie, qui précisent, selon le cas d'usage, les champs, les segments et les messages HL7 à utiliser selon les informations à transmettre et comment manipuler les différents types et formats de documents.

Profils d'intégrations IHE Les principaux profils d'intégration d'intérêt dans ce travail sont :

- Les profils XDS/R (Cross enterprise Document Sharing/Reliable interchange) : ils organisent l'échange de documents cliniques entre différents acteurs du système de soin. Ils sont communs à l'imagerie et à la biologie [IHE, 2012b-a].
- Le profil LTW (Laboratory Testing Workflow) : spécifique à la biologie, ce profil décrit le processus de réalisation des examens de biologie au sein du laboratoire de l'établissement, de la demande au retour de résultat [IHE, 2012c].
- Le profil ILW (Inter-Laboratory Workflow) : spécifique à la biologie ce profil concerne la communication entre différents laboratoires dans le cadre de la sous-traitance [IHE, 2009].
- Le profil XD-LAB (Sharing Laboratory Reports) : spécifique à la biologie, il définit la manière de communiquer les résultats de biologie à l'aide de documents cliniques et non à l'aide de messages (cas des profils LTW et ILW) [IHE, 2012e].
- Le profil SWF (Scheduled WorkFlow) : spécifique à l'imagerie, ce profil décrit la

prescription et la réalisation d'examens d'imagerie, la notification des rendez-vous et la mise à disposition des résultats et des images [IHE, 2012d].

Ces profils d'intégrations sont a priori suffisants pour permettre d'assurer les flux d'information dans les circuits de la biologie et de l'imagerie. Ainsi, nous allons pouvoir nous concentrer sur l'autre aspect de l'interopérabilité : l'interopérabilité sémantique.

1.3.5.2 Interopérabilité sémantique

Les différences d'interprétation et de compréhension des données induisent des conflits d'ordre sémantique [Jouanot, 2000]. L'interopérabilité sémantique est atteinte lorsque les informations échangées ont un sens et que ce sens est le même pour les systèmes interopérants. Il ne doit pas y avoir de déformation ou d'altération du sens, ni durant le transfert, ni dans le temps. Il est dès lors possible d'exploiter ces informations. Le langage naturel, utilisé avec succès par les humains pour communiquer entre eux, n'est pas compréhensible par des machines, du fait notamment de son ambiguïté. P. Zweigenbaum fait résulter cette ambiguïté [Zweigenbaum, 1999] :

- D'un manque de consensus sur la définition des notions. Une même notion peut avoir des significations différentes selon le lieu, le moment, la culture... Dans certains services hospitaliers, un « ionogramme sanguin » consiste à doser le sodium, le potassium et le chlore, dans d'autres, il peut inclure en plus le bicarbonate, le magnésium, le phosphore...
- D'une polysémie. Un même mot peut avoir plusieurs sens : une « plaque » peut être un matériel permettant à un orthopédiste de réparer un os ou une caractéristique d'une éruption cutané.
- D'une imprécision. Dans certains cas, la description, comme le contexte, sont insuffisants pour permettre d'identifier l'information utile.

La possibilité de désigner une même notion à l'aide d'expressions différentes (synonymes ou paraphrases) ajoute encore à la difficulté pour les machines d'exploiter le langage naturel. Pour résoudre cette difficulté, l'option la plus communément admise consiste à normaliser les termes utilisés et leur sens. Cette formalisation repose sur une représentation du monde caractérisée par les trois sommets d'un « triangle sémiotique » (voir la figure 1.2) : les objets, concrets ou abstraits, du monde réel sont idéalisés sous forme de concepts et désignés à l'aide de termes [Ogden & Richards, 1923 ; Rector, 1998]. Elle permet d'aboutir à des systèmes terminologiques, limitant le nombre de termes et les définissant précisément, qui permettent, théoriquement, d'aboutir à une interopérabilité sémantique.

Au final, l'interopérabilité sémantique entre deux SI peut être obtenue :

- par l'utilisation d'un même système terminologique par les deux SI,
- par la mise en correspondance (voir le paragraphe 2.3) de leurs systèmes terminologiques entre eux. Cela est envisageable lorsqu'on se concentre sur deux entités, mais

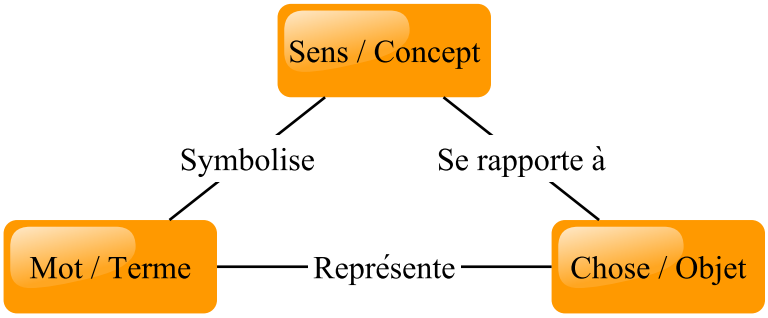


FIGURE 1.2: Triangle sémiotique.

est difficilement généralisable à de nombreuses entités puisque requérant un nombre d'alignements très important :

$$n_{alignement} = \frac{n_{entité} \times (n_{entité} - 1)}{2} \tag{1.1}$$

- par mise en correspondance (voir le paragraphe 2.3) de leurs systèmes terminologiques à une même terminologie de référence (voir le paragraphe 2.5). Dans ce cas, le nombre d'alignements à réaliser est beaucoup plus raisonnable puisque égal au nombre d'entités :

$$n_{alignement} = n_{entité} \tag{1.2}$$

1.4 Synthèse

En l'état actuel de la situation, les mécanismes de prescription hospitaliers entraînent trop souvent des retards, des redondances, voire des examens non pertinents. Les LAP pourraient limiter la survenue de ces problèmes et permettre de faire des économies substantielles. En pratique, la mise en place des LAP est confrontée à au moins deux problèmes :

- d'une part les problèmes d'interopérabilité sémantique qui, s'ils peuvent être dépassés au niveau d'une structure par un travail de paramétrage de fourmi, sont encore insurmontables à un niveau supérieur du fait de la multiplicité des systèmes, des modélisations et des formats,
- et d'autre part les problèmes d'utilisabilité, qui limitent fortement l'acceptation par les professionnels de santé.

Chapitre 2

Les systèmes terminologiques

Sommaire

2.1 Introduction **20**

2.2 Histoire des systèmes terminologiques en médecine **20**

2.3 Constituants des systèmes terminologiques **22**

2.4 Approche typologique **23**

2.5 Approche fonctionnelle **24**

2.5.1 Avènement des terminologies d'interface, de référence et administratives et flux de terminologies 25

2.5.2 Les terminologies d'interface 27

2.5.3 Les terminologies de référence 31

2.5.4 Les terminologies administratives 32

2.6 Flux de terminologies **32**

2.7 Les terminologies utilisées dans ce travail **34**

2.7.1 Logical Observation Identifiers Names and Codes (LOINC) . . 34

2.7.2 Les Systematized NOmenclature of MEDicine (SNOMED) . . . 35

2.7.3 La Classification Commune des Actes Médicaux (CCAM) . . . 36

2.7.4 La Classification Internationale des Maladies, 10^{e}révision (CIM-10) 37

2.7.5 Le Medical Subject Headings thesaurus (MeSH) 38

2.7.6 RadLex 38

2.7.7 Visualisation des Connaissances Médicales (VCM) 39

2.7.8 L'« Unified Medical Language System » (UMLS) 41

2.8 Synthèse **42**

> « Dans les pages lointaines de certaine encyclopédie chinoise intitulée Le Marché céleste des connaissances bénévoles, il est écrit que les animaux se divisent en a) appartenant à l'Empereur, b) embaumés, c) apprivoisés, d) cochons de lait, e) sirènes, f) fabuleux, g) chiens en liberté, h) inclus dans la présente classification, i) qui s'agitent comme des fous, j) innombrables, k) dessinés avec un très fin pinceau de poils de chameau, 1) et caetera, m) qui viennent de casser la cruche, n) qui de loin semblent des mouches. »
>
> —**Jorge Luis Borges**

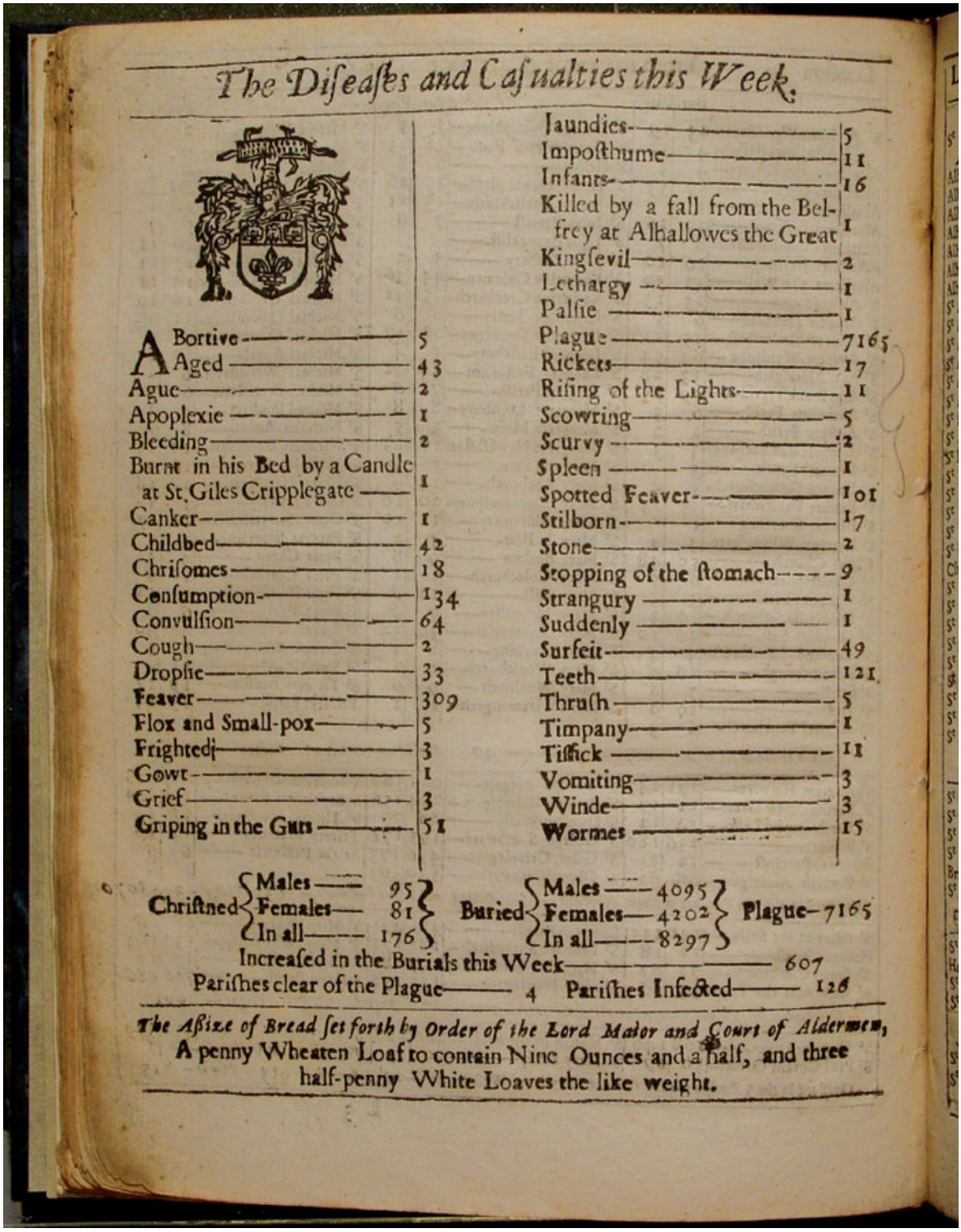
2.1 Introduction

On vient de voir que l'informatisation des processus de prescription était confronté à des problèmes d'interopérabilité et d'utilisabilité. L'utilisation de référentiels (terminologies et messages) nationaux ou internationaux devrait permettre de résoudre les problèmes techniques mais risquerait de compromettre définitivement l'utilisabilité de ces systèmes. A contrario, l'utilisation de texte libre, très souple, par les humains, ne permet pas aux machines de traiter directement les informations. Dans ce Chapitre, on va donc s'intéresser aux systèmes terminologiques pour essayer d'isoler les éléments nécessaires à l'interopérabilité des éléments bridant l'intéropérabilité. On détaillera, à la fin de ce Chapitre, différentes terminologies d'intérêt pour nos travaux, illustrant leurs variété.

2.2 Histoire des systèmes terminologiques en médecine

On trouve des traces de classifications systématiques dès le IVème siècle avant Jésus-Christ, avec Aristote notamment, mais il faudra attendre le début du XVIIème siècle pour qu'un début de terminologie médicale voit le jour, dans le cadre du « London Bills of mortality ». Dans cet hebdomadaire, les décès sont recensés, selon leurs causes. On en distingue une quarantaine telle que « effroi », « scorbut » ou « peste » (voir la figure 2.1). En 1771, à Paris, paraît une nosologie méthodique [Boissier de Sauvages, 1771] qui constitue la première classification aboutie des maladies. Reprise par Pinel [Pinel, 1797], puis par Bertillon (1893), elle est finalement l'ancêtre des classifications internationales des maladies et des problèmes de santé connexes (voir page 37). Ces classifications sont principalement utilisées à des fins statistiques et épidémiologiques, elles permettent de s'assurer que les cas sont bien définis de la même manière, quel que soit le médecin établissant le diagnostic.

En 1929, pendant le symposium de l'académie de médecine de New York, une no-



The Diseases and Casualties this Week.

Abortive	5
Aged	43
Ague	2
Apoplexie	1
Bleeding	2
Burnt in his Bed by a Candle at St. Giles Cripplegate	1
Canker	1
Childbed	42
Chrisomes	18
Consumption	134
Convulsion	64
Cough	2
Dropsie	33
Feaver	309
Flox and Small-pox	5
Frighted	3
Gowt	1
Grief	3
Griping in the Guts	51
Jaundies	5
Imposthume	11
Infants	16
Killed by a fall from the Belfrey at Alhallowes the Great	1
Kingsevil	2
Lethargy	1
Palsie	1
Plague	7165
Rickets	17
Rising of the Lights	11
Scowring	5
Scurvy	2
Spleen	1
Spotted Feaver	101
Stilborn	17
Stone	2
Stopping of the stomach	9
Strangury	1
Suddenly	1
Surfeit	49
Teeth	121
Thrush	5
Timpany	1
Tissick	11
Vomiting	3
Winde	3
Wormes	15

Christned	Males	95	Buried	Males	4095
	Females	81		Females	4202
	In all	176		In all	8297

Plague 7165

Increased in the Burials this Week 607

Parishes clear of the Plague 4 Parishes Infected 126

The Assize of Bread set forth by Order of the Lord Maior and Court of Aldermen,
A penny Wheaten Loaf to contain Nine Ounces and a half, and three half-penny White Loaves the like weight.

Figure 2.1: Page du « London bills of mortality »

menclature standardisée des maladies (SND) est conçue. La nouveauté de ce système de représentation réside dans l'existence de plusieurs axes : pour décrire une maladie, le médecin utilise à la fois un code de topologie/anatomie et un code d'étiologie/physiopathologie. C'est le début de la compositionalité : toutes les maladies n'ont plus à être énumérées et prévues [Chute, 2000]. Ce principe va être conservé, et amplifié, pour le développement de la « Systematized NOmenclature of MEDicine » (SNOMED). La dernière version de la SNOMED Internationale (v3.5) est organisée en hiérarchie selon 11 axes et, avec plus de 100 000 concepts, couvre tous les champs de la médecine, de la dentisterie humaine, ainsi que de la médecine vétérinaire [Côté *et al.*, 1993].

Avec l'apparition de l'informatique, l'utilisation de systèmes terminologiques devient une évidence. Cependant, pour que l'ensemble des connaissances contenues dans ces systèmes terminologiques soit exploitable par des machines, il est nécessaire de formaliser les définitions des termes et les relations qui les lient les uns par rapport aux autres. Ainsi, et c'est le stade ultime de développement actuel, les systèmes terminologiques s'enrichissent de relations riches et formelles.

2.3 Constituants des systèmes terminologiques

Quoique les différents systèmes terminologiques soient variés, on retrouve les mêmes éléments constitutifs de base dans chacun d'entre eux. Tous ces éléments ne sont toutefois pas présents dans tous les systèmes terminologiques. Ces définitions sont inspirées des travaux de F. Gandon [Gandon, 2002] et de J. Euzenat [Euzenat & Shvaiko, 2007].
Élément de base de tous les systèmes terminologiques, le **concept** représente par exemple un groupe d'objets, de notions, d'idées partageant des caractéristiques communes. Le sens d'un concept n'est pas sensé évoluer avec le temps mais on utilise en général des termes (=libellé) dont le sens peut varier pour les désigner, ce qui est générateur d'ambigüité. Il peut exister plusieurs termes pour désigner un même concept (cas des synonymes). Certains systèmes terminologiques ne permettent pas de construire des concepts complexes à partir des concepts qui les constituent. Ils sont dit pré-coordonnés (cas de la CIM-10 par exemple). A contrario, d'autres systèmes terminologiques permettent de composer des concepts complexes à partir de leurs concepts primitifs (cas de la « SNOMED Clinical Terms » (SNOMED CT)). Les **attributs** permettent de préciser le sens, l'interprétation à faire des concepts.

Au sein d'un système terminologique, les concepts sont le plus souvent reliés entre eux par des **relations**. Elles permettent de caractériser les liens entre les concepts. Dans la plupart des systèmes terminologiques il n'existe que des relations hiérarchiques, le plus souvent de subsomption : un concept est une spécialisation d'un autre (par exemple le « diabète » est une « maladie endocrinienne »), et parfois de partition : un concept constitue une partie d'un autre (par exemple la « valve mitrale » est une partie du

« cœur »). Dans les systèmes terminologiques plus formels, on peut avoir des relations fortement typées entre les différents concepts : « est traité par », « est une substance active de »...

Il existe aussi des relations entre concepts de systèmes terminologiques différents, on parle alors de **correspondance**. De la même manière que les relations intra-terminologiques décrites ci-dessus, ces correspondances peuvent être hiérarchiques, de synonymie ou fortement typées, selon les besoins des personnes les ayant produites. Ces correspondances jouent un rôle important dans l'interopérabilité entre systèmes d'information.

2.4 Approche typologique

Terminologie : Ce terme est utilisé, de façon assez consistante, pour désigner des « listes de termes d'un domaine ou d'un sujet donné représentant les concepts ou notions les plus fréquemment utilisés ou les plus caractéristiques, ces listes étant ou non structurées » [Lefèvre, 2000]. La liberté que laisse cette définition quant à l'exhaustivité et la structuration desdites listes a induit une utilisation assez générique de ce terme pour désigner tout type de système terminologique, ce que nous ferons par la suite.

Classification : De Keizer et al. [de Keizer *et al.*, 2000] décrivent une classification comme un arrangement des concepts, basé sur leurs caractéristiques essentielles, dans des classes hiérarchiquement organisées selon un principe générique-spécifique. Cette définition n'a pas beaucoup évolué depuis Cournot [Cournot, 1851], il y a 160 ans déjà. Récemment, des auteurs [Runciman *et al.*, 2009] ont suggéré que les relations entre les classes pouvaient être plus riches, selon le contexte d'utilisation.

Nomenclature : Pour de Keizer et al. [de Keizer *et al.*, 2000], il s'agit d'un système terminologique composé selon des règles de composition préétablies, ou du système de règles lui-même. A contrario, Rossi Mori et al.[Rossi Mori *et al.*, 1998] cantonnent les nomenclatures aux expressions effectivement utilisées par les professionnels du domaine. Une nomenclature se veut exhaustive dans son domaine.

Thesaurus : Il s'agit de terminologies dont les termes sont ordonnés et reliés entre eux par des relations hiérarchiques, d'équivalence (synonymie) ou d'association (« voir aussi »). Ce terme semble réservé aux terminologies documentaires : les termes, ou descripteurs, servent à indexer, ou décrire, des ressources documentaires.

Ontologie : Guarino dénombre 7 définitions du terme ontologie en informatique [Guarino & Giaretta, 1995]. Néanmoins, Schulz [Schulz, 2013] estime que la tendance actuelle est de considérer une ontologie comme une représentation des entités réelles. Cette vision n'est pas partagée par tous et des définitions centrées sur l'interopérabilité ou l'utilisabilité sont aussi acceptées [Rzhetsky & Evans, 2011]. Il semble donc que cela

dépende, comme l'affirmait Charlet [Charlet *et al.*, 2006], de la finalité de l'ontologie. En pratique, il s'agit d'un ensemble de concepts et de relations dont la structure repose sur une formalisation mathématique. Ce formalisme permet la manipulation avec des algorithmes par des machines. Ces dernières peuvent alors raisonner sur des données et faire de l'inférence.

Comme on a vu, ces définitions sont parfois variables d'un auteur à un autre, et donc difficilement utilisables [Zweigenbaum, 1999]. On retiendra que l'ensemble de ces systèmes terminologiques diffèrent essentiellement par leur niveau d'organisation et de formalisme : des terminologies non structurées aux ontologies formelles. Cette échelle ne nous étant que de peu d'intérêt par la suite, on désignera par terminologie tous les types ci-avant énumérés.

2.5 Approche fonctionnelle

La multiplicité des terminologies [1] et des représentations [2] dans le domaine médical n'est pas que le fruit d'une volonté particulière des différents auteurs de se distinguer de leurs confrères, il s'agit surtout d'avoir à disposition des terminologies qui répondent à des besoins spécifiques [Cimino, 2006 ; Rector, 1998], dans des domaines d'intersection non-nulle. On distingue de nombreux types de besoins :

statistiques : besoins de terminologies permettant de faire des regroupements qui font sens au niveau de l'utilisateur final, le plus souvent des décideurs de santé publique ou d'économie de la santé (CIM-10 par exemple (voir page 37)). On parle aussi de terminologie administrative,

interface : besoin de terminologies qui permettent à un utilisateur de communiquer avec une machine. En limitant la complexité pour l'utilisateur tout en gardant un sens pour les machines, ces terminologies sont les seules à même de s'imposer en pratique pour l'ensemble des médecins qui n'ont pas l'envie ou les moyens de connaître des terminologies complexes sur le bout des doigts (Pathlex par exemple [3]),

interopérabilité : pour pouvoir échanger des informations, les machines doivent parler un même langage. La terminologie, au cœur des systèmes informatiques, ne sera pas affectée des mêmes contraintes qu'en cas d'interface puisque seules les spécialistes

1. À ce jour (18/08/2013), 355 terminologies/ontologies sont incluses dans le portail du National Center for Biomedical Ontologies : Bioportal (url : http ://bioportal.bioontology.org) ; 44 dans le Portail Terminologique de Santé (PTS) (url : http ://pts.chu-rouen.fr), développé par l'équipe Catalogue et Index des Sites Médicaux de langue Française (CISMeF)

2. On trouve plusieurs dizaines de résultats en cherchant « Wilson's disease », une maladie rare, dans toutes les terminologies incluses dans bioportal.

3. http ://www.ihe.net/Technical_Framework/upload/IHE_PAT_Suppl_APSR_Appendix_Value-_Sets_2011_03_31.xls

auront éventuellement à s'en servir. C'est le cas de « Logical Observation Identifiers Names and Codes » (LOINC) par exemple (voir page 34),

inférence : pour permettre à des machines de raisonner à partir de données, il est nécessaire de disposer d'ontologies formelles. On pourra ainsi mettre en place des alertes, donner des conseils aux cliniciens pour améliorer la qualité des soins,

descriptif : décrire un patient, un séjour, un document... est une étape importante en vue de la recherche d'informations, la terminologie doit alors inclure des connaissances dans de multiples domaines (thérapeutique, anatomie, pathologie...). C'est le cas du MeSH par exemple (voir page 38),

ainsi que de nombreux autres : maintenance de terminologies, traitement automatique des langues... [Rector, 1998]

Par ailleurs, des terminologies centrées sur des domaines spécifiques peuvent avoir besoin de concepts issus de domaines connexes [Schulz, 2013]. Par exemple, il n'est pas anormal de pouvoir représenter certaines données non biologiques dans un référentiel de biologie : température du patient et site de prélèvement sont en effet des informations importantes, même si elles sont non biologiques à strictement parler. Ces informations seront donc représentées dans de nombreuses terminologies, centrées sur des domaines différents et aux fonctions différentes.

Certaines terminologies sont susceptibles de répondre à plusieurs de ces besoins, mais il est admis depuis longtemps [Spackman *et al.*, 1997] qu'une terminologie qui les remplirait tous et qui couvrirait toute la santé *« is unlikely and impractical »* [4].

Alors que les problèmes d'utilisabilité des LAP plaideraient pour l'utilisation de terminologies de type interface, les soucis d'interopérabilité imposent l'utilisation de terminologies plus complexes, trop complexes pour être utilisables par les médecins. Ces deux fonctions ne sont malheureusement pas compatibles. C'est le *« fundamental conflict between the needs of software and the needs of human users »* [5] souligné par A. Rector dès 1999 [Rector, 1999]. La littérature distingue en fait les terminologies d'interface, qui répondent aux besoins d'interface et de description, les terminologies de référence, qui permettent notamment d'intéropérer et de faire de l'inférence et les terminologies administratives, utiles pour la gestion et la facturation des soins [Rosenbloom *et al.*, 2006 ; Spackman *et al.*, 1997].

2.5.1 Avènement des terminologies d'interface, de référence et administratives et flux de terminologies

Avant d'aller plus loin, nous excluons du cadre de ce travail la vision linguistique de la terminologie d'interface : un ensemble de termes à l'intersection de disciplines qui ne

4. « est improbable et peu pratique »
5. « conflit fondamental entre les besoins des logiciels et les besoins des utilisateurs »

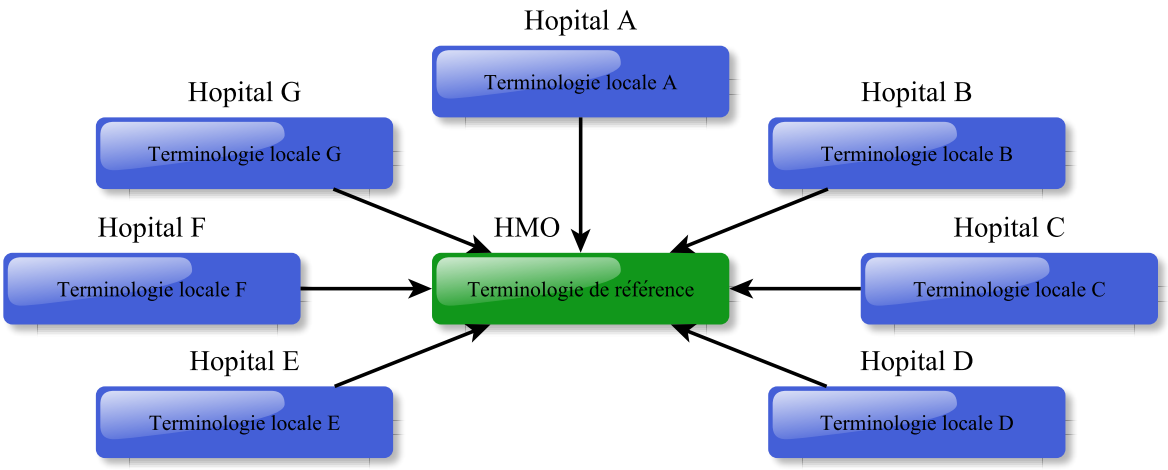


FIGURE 2.2: Correspondances entre terminologies d'interfaces et de référence.

sont classiquement pas perçues comme contiguës [Resche, 2000].

Les terminologies d'interface en santé dont nous allons parler ont pris naissance avec l'apparition de l'informatique au sein des établissements de santé. L'informatisation de formulaires contenant des cases à cocher, des listes de symptômes présents par exemple, à conduit à la création de terminologies locales reprenant les libellés de ces listes de choix. Ces ancêtres de TI, très frustes, ont été développés par chaque hôpital en fonction de ses formulaires papiers et de ses velléités d'informatisation.

Rapidement, il a été nécessaire, pour des utilisateurs travaillant sur des données de plusieurs hôpitaux, par exemple une « Health Maintenance Organization » (HMO), de disposer d'une vision unifiée, agrégée, de l'ensemble des données enregistrées par des utilisateurs périphériques (par exemple les hôpitaux dépendant de cette HMO) à l'aide de ces diverses terminologies locales [Spackman *et al.*, 1997]. Chaque terminologie périphérique devait être mise en correspondance avec la terminologie, dite de référence, de l'utilisateur central [Campbell *et al.*, 1998] (voir la figure 2.2).

Parallèlement, la mise en place de systèmes de tarification à l'activité aux Etats-Unis [Fetter *et al.*, 1980] (système des « Diagnosis Related Group » (DRG)), puis dans de nombreux pays (en France le PMSI), a conduit à l'utilisation d'un autre type de terminologie : les terminologies administratives. Elles ne permettent pas d'enregistrer précisément les informations cliniques du fait de leur faible granularité, mais permettent de faire des regroupements de patients utiles pour la facturation [Park & Hardiker, 2009]. Ce codage, médico-économique, est pendant longtemps resté distinct du codage médical à proprement parler. Rapidement, des auteurs ont suggéré de coupler la description clinique du patient à l'aide de TI à sa description économique à l'aide de Terminologie Administrative (TA) en passant par les Terminologie de Référence (TR) [Chute *et al.*, 1999] (voir la figure 2.3).

L'utilisation de TR directement par les utilisateurs finaux pouvait sembler séduisante : en limitant les problèmes d'interopérabilité et en évitant la fastidieuse tâche de

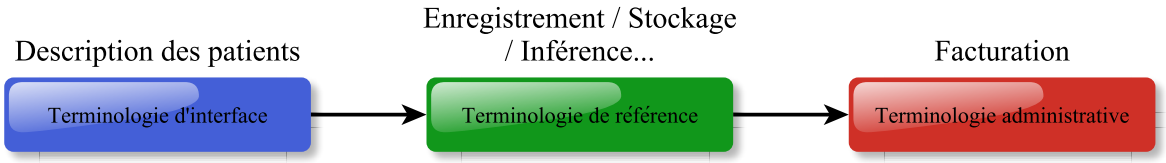


FIGURE 2.3: Optimisation du codage.

Le codage clinique à l'aide de terminologie d'interface est transformé en codage de référence. Cette référence, elle-même en correspondance avec les terminologies administratives, permet une facturation automatique.

création d'une terminologie et sa mise en correspondance avec la TR [Ingenerf & Pöppl, 2007]. Néanmoins, les mécanismes classiques de résistance aux changements, cumulés à l'absence de bénéfice immédiat évident, ont souvent eu raison de cette approche. En effet, de nombreux auteurs [Brown & Elkin, 2006 ; Campbell *et al.*, 2012 ; Dolin *et al.*, 2004 ; Lee *et al.*, 2013 ; Rogers *et al.*, 1999 ; Rosenbloom *et al.*, 2006 ; Passiment *et al.*, 2013] ont mis en évidence l'inadéquation des TR aux attentes des utilisateurs. Ainsi, les TI sont devenues un champs nouveau d'étude avec une définition [Rosenbloom *et al.*, 2006] et des méthodes d'évaluation [Rosenbloom *et al.*, 2008] plus formelles.

Dans le même temps, les terminologies de référence ont également évolué. D'une part, la référence ne se situe plus au niveau d'une HMO ou d'un regroupement d'hôpitaux, mais au niveau national, voire international [6]. D'autre part, l'extension de l'utilisation des TR aux fonctions d'aide à la décision, plus avancée, nécessite de disposer de terminologies très formalisées, répondant effectivement aux critères mis en avant par Cimino dans ses desiderata [Cimino, 1998].

2.5.2 Les terminologies d'interface

Aujourd'hui, les terminologies d'interfaces sont définies comme [Rosenbloom *et al.*, 2006] :

> « a systematic collection of health care–related phrases (terms) that supports clinicians' entry of patient-related information into computer programs, such as clinical "note capture" and decision support tools. Interface terminologies also facilitate display of computer- stored patient information to clinician-users as simple human- readable text. » [7]

6. En France : http ://esante.gouv.fr/services/referentiels/referentiels-d-interoperabilite/cadre-d-interoperabilite-des-systemes-d-inform, aux États-unis : 45 Code of Federal Regulation 170.207 - Vocabulary standards for representing electronic health information

7. « [Une terminologie d'interface est] une collection systématique de termes liés aux soins qui favorise la saisie, par les médecins, des informations concernant le patient dans les applications informatiques, comme des outils pour renseigner les données cliniques ou d'aide à la décision. Les terminologies d'interface permettent aussi l'affichage, sous forme de texte lisible par les médecins, des informations sur le patient stockées informatiquement. »

Cette courte définition peut laisser penser qu'une liste de termes à plat constitue en elle-même une TI. Il n'en est rien et pour être considérée comme une TI, une terminologie doit [Rosenbloom *et al.*, 2006 ; Daniel *et al.*, 2009] :

- être mise en correspondance avec une terminologie de référence. C'est cette caractéristique qui permet à une terminologie d'interface de s'affranchir de nombreuses contraintes des TR. Il n'est par exemple pas nécessaire d'avoir une description formelle des concepts de la TI dans la TI car l'alignement à une TR, dans laquelle tous les concepts sont définis formellement (voir page 31), permet, in fine, de disposer d'une définition formelle de l'information enregistrée,
- laisser la possibilité à l'utilisateur de composer des concepts complexes à partir de concepts simples (post-coordination), sans toutefois se reposer exclusivement sur ce mécanisme, qui est en général compliqué à maîtriser pour l'utilisateur, et proposer des termes pré-coordonnés. Le niveau précis de balance compositionnelle à atteindre pour une TI n'est cependant pas encore clairement défini. Certains auteurs suggèrent que les termes pré-coordonnés des TI doivent contenir entre 3 et 5 concepts élémentaires. Ce niveau permet à la fois de limiter la taille des listes de concepts pré-coordonnés, mais aussi de limiter la fréquence de post-coordination par l'utilisateur [Rosenbloom *et al.*, 2008],
- contenir des connaissances contextuelles qui, sans définir les concepts, permettent à l'utilisateur d'apprécier le sens et les conditions d'utilisation des termes. Qu'une « pneumonie à pneumocoque » soit due à un « pneumocoque » relève de la définition du terme, mais qu'elle soit traitable par une « pénicilline » est contextuel [Cimino, 1998]. Prévoir au sein de la terminologie d'interface qu'une radiographie de thorax peut être faite de face, de profil, en inspiration... permet de faciliter le travail de l'utilisateur mais ne définit aucunement la radiographie de thorax,
- être riche en synonymes, paraphrases, antonymes, acronymes... une richesse qui n'est pas toujours bienvenue dans les TR [Fung *et al.*, 2005].

La définition proposée par Rosenbloom [Rosenbloom *et al.*, 2006] distingue deux cas d'utilisation des TI. D'une part, ce sont des terminologies qui facilitent le travail de saisie de données structurées pour le clinicien. D'autre part, elles permettent d'afficher des informations de manière simple et lisible pour l'utilisateur. Dans tous les cas, il s'agit de disposer d'un outil qui soit adapté à un usage et à un type d'utilisateur [Chute *et al.*, 1998a].

2.5.2.1 Un outil d'aide à la saisie

Jusqu'à récemment, l'essentiel des travaux publiés portait sur des TI permettant de saisir les problèmes, signes, symptômes, diagnostics... des patients [Bakhshi-Raiez *et al.*, 2010 ; Coenen & Kim, 2010 ; Osornio *et al.*, 2007 ; Rosenbloom *et al.*, 2013]. Les informations ainsi structurées peuvent être réutilisées (aide à la décision, recherche clinique...) beaucoup plus simplement que le texte libre qui impose un intermédiaire supplémentaire :

les outils de Traitement Automatique du Langage Naturel (TALN).

Quelques initiatives états-uniennes ont vu le jour dans le domaine de la prescription et du retour de résultat informatisé et ont développé des ébauches de terminologies d'interface, articulées à des terminologies de référence. Ces TI sont génériques, en se sens qu'elles peuvent être réutilisées par tout hôpital, éditeur de LAP, professionnel de santé... intéressé, avec un faible effort d'adaptation. On dispose donc :

- dans le domaine du médicament : la National Library of Medicine a travaillé sur une vision simplifiée pour la prescription de la terminologie de référence du médicament [Fung *et al.*, 2008]. Ainsi, la liste des médicaments à laquelle le médecin est confronté pour prescrire passe de 33 213 références dans RxNorm à 23 266 dans RxTerm. Cette décroissance peut sembler relativement faible (29,9% ; $[29{,}5\text{-}30{,}4]_{\mathrm{IC95\%}}$), mais les auteurs mettent en évidence que les recherches des médecins contiennent moins de résultats en retour tout en contenant les médicaments les plus prescrits,
- dans le domaine de l'imagerie : la « Radiological Society of North America » (RSNA) édite RadLex (voir page 38), une terminologie qui doit permettre aux médecins d'imagerie médicale de décrire les images et de structurer les comptes-rendus qu'ils renvoient aux prescripteurs [Shore *et al.*, 2012]. Cette terminologie est un peu particulière puisqu'elle est sensée remplir les fonctions de terminologie d'interface et de référence.
- toujours dans le domaine de l'imagerie : la RSNA travaille aussi à l'édition d'un « playbook » qui a pour vocation de regrouper l'ensemble des examens d'imagerie médicale au niveau de la prescription [RSNA, n.d.]. Ce playbook est bien entendu fondé sur RadLex. À ce jour [8], le travail n'a été effectué que pour les examens d' Imagerie par Résonance Magnétique (IRM) et de scanner.

Ces terminologies, parfois incomplètes, présentent en outre les inconvénients majeurs d'être exclusivement disponibles en anglais et adaptées à la pratique états-unienne de la médecine. Elles ne sont donc pas d'un intérêt majeur pour un francophone, français de surcroît, sinon pour souligner le fait que Radlex permet de construire les termes de prescription et les comptes-rendus des examens d'imagerie. RxNorm n'est a priori pas d'intérêt en Europe où la terminologie majoritairement utilisée pour les médicaments est l'« Anatomical Therapeutic Chemical Classification System » (ATC) [9], une terminologie développée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

En France, les travaux sur les TI sont encore plus embryonnaires. La seule initiative recensée concerne PathLex, un vocabulaire permettant, pour le moment, de structurer les comptes-rendus d'anatomo-cyto-pathologie pour certaines pathologies cancéreuses [10]. Le projet TeRSan va s'appuyer sur ce travail pour proposer une solution consensuelle de ter-

8. 27 août 2013
9. http ://www.whocc.no/atc/structure_and_principles/
10. http ://esante.gouv.fr/services/referentiels/referentiels-d-interoperabilite/cadre-d-interoperabilite-des-systemes-d-inform

Tableau 2.1: Affichage : terminologie de référence vs. terminologie d'interface.

TR	Ce qu'offrent les TR	Ce que veut le clinicien
SNOMED	Fracture qui aUneLocalisation (Fémur qui estLaLocationDe Fracture)	Fracture du fémur
LOINC	Sodium [Moles/Volume] Sang ; Numérique	Natrémie

minologie de prescription multimodale. Le guide de bon usage des examens d'imagerie [11], édité par la Société Française de Radiologie (SFR) et la Société Française de Médecine Nucléaire (SFMN), s'intégrera aussi dans le projet TeRSan. Il précise les examens d'imagerie adaptés dans plus de 300 situations cliniques parmi les plus fréquentes (voir annexe D).

2.5.2.2 Un outil d'aide à la lecture

Dans le cas simple où une information est renseignée à l'aide d'un formulaire et de terminologies d'interface, il semble logique d'utiliser le même formulaire pour afficher ces informations, ou tout au moins, un document inspiré de ce formulaire. Dans la plupart des autres cas, par exemple si les informations sont directement structurées en TR par un automate en biologie, il est nécessaire de mettre en place une interface, et une terminologie d'interface, qui permette à l'utilisateur final de comprendre les informations tout en limitant sa charge cognitive. Cela n'est pas forcément le cas de toutes les TR, mais dans certains cas, c'est absolument nécessaire. Ainsi, les libellées de LOINC (voir page 34) par exemple, s'ils permettent à un biologiste de savoir précisément ce qui a été mesuré et comment cela a été mesuré, ne sont d'aucun intérêt, voir confus, pour le clinicien. De la même manière, les concepts SNOMED (voir page 35) ne seront pas lisibles par le clinicien sans un affichage convivial (voir le tableau 2.1).

Certains auteurs travaillent à la génération de textes à partir des données structurées [Shultz *et al.*, 2003]. Une approche originale pour limiter la charge cognitive des utilisateurs est d'utiliser un langage iconique tel que VCM (voir page 39). En théorie, sous certaines conditions [Oates & Reder, 2011], notamment si les icônes sont faciles à distinguer les unes des autres, on observe qu'elles sont plus faciles à mémoriser que des mots et qu'elles réduisent la charge cognitive pour l'utilisateur. C'est ce que l'on appelle le « picture superiority effect ». Ainsi, la représentation des données sous une forme iconique de faible granularité pourrait permettre à un médecin de naviguer aisément dans un dossier médical, de trouver rapidement les ressources pertinentes dans les résultats d'un moteur de recherche (voir le Chapitre 6) et, au sein de cette ressource, d'identifier aisément le passage qui va l'intéresser [Lamy *et al.*, 2010].

11. http ://gbu.radiologie.fr/

2.5.3 Les terminologies de référence

L'approche initiale des terminologies de référence consistait essentiellement à harmoniser des données structurées à l'aide de terminologies différentes (voir la figure 2.2). Les contraintes sur ces terminologies étaient relativement peu nombreuses : il fallait pouvoir retrouver des données d'intérêt et les analyser [Spackman *et al.*, 1997]. L'accent mis sur le raisonnement à partir de ces données pour la création de systèmes d'aide à la décision médicale qui soient utilisables, utilisés et utiles requiert des TR qu'elles soient très structurées, proches de l'ontologie : les concepts doivent être définis formellement à partir de concepts élémentaires et être liés entre eux par des relations riches [Cimino, 1998]. Chute [Chute, 2000] insiste, dans une vision centrée sur l'interopérabilité, sur la non ambigüité des concepts : deux utilisateurs doivent être certains qu'ils parlent de la même chose quand ils utilisent **un** concept d'une TR.

Aujourd'hui, on peut définir les TR ainsi [Rosenbloom *et al.*, 2008] :

> « Reference terminologies comprehensively and rigorously define the concepts and expressions within a biomedical domain, including interrelationships among concepts » [12].

Théoriquement, les données structurées à l'aide d'une telle terminologie sont réutilisables dans toutes les situations envisagées à la page 24 [Ingenerf & Pöppl, 2007]. On a cependant vu que pour les fonctions d'interface, ces TR n'étaient pas adaptées (voir le paragraphe 2.5). Il est important de souligner qu'à ce jour, aucune des terminologies existantes dans le domaine de la santé ne répond entièrement à la définition de TR. La SNOMED CT (voir page 36) est sans doute la terminologie qui se rapproche le plus de cette définition, mais elle présente parfois des défauts de granularité [Kanter *et al.*, 2008], sa couverture n'est pas parfaite [Rosenbloom *et al.*, 2009] et il existe des redondances, avec la possibilité d'exprimer un concept de plusieurs façons différentes. Certains auteurs suggèrent d'utiliser un réseau de terminologies comme TR [Nachimuthu & Lau, 2007]. Cela présente l'avantage de maximiser la couverture et les niveaux de granularité, mais multiplie les redondances et induit une grande hétérogénéité des relations (tantôt riches, tantôt pauvres, selon les terminologies considérées).

Il nous semble plus raisonnable aujourd'hui de considérer qu'une terminologie ne peut être de référence **que dans un objectif et/ou un domaine précis**. Ainsi, le MeSH (voir page 38) peut servir de terminologie de référence dans, et seulement dans, un objectif de recherche d'informations, LOINC (voir page 34) dans le domaine de la biologie (malgré l'existence de nombreux codes non biologiques)...

En fait, les besoins d'interopérabilité, poussés par la volonté d'unifier les différents dossiers médicaux que les patients peuvent avoir chez de multiples médecins / établissements

12. « Les terminologies de référence définissent rigoureusement et avec exhaustivité les concepts et expressions appartenant à un domaine biomédical, y compris les relations entre les concepts. »

de santé, tel que le Dossier Médical Personnel (DMP) [13], ont conduit les instances réglementaires des pays à choisir des terminologies de référence, peut-être imparfaites, mais qui permettent d'avancer. Ainsi en France, les terminologies mises en avant par l'Agence des Systèmes d'Information Partagés en santé (ASIP-santé) sont la SNOMED Internationale, pourtant faiblement formalisée, et LOINC [Agence des Systèmes d'Information Partagés de santé, 2013].

2.5.4 Les terminologies administratives

Les TA sont principalement utilisées dans les systèmes de type DRG et permettent de quantifier l'activité médicale et de la valoriser. Les différentes catégories de ces terminologies réalisent une partition exhaustive du domaine considéré (la CIM-10 permet de coder **toutes** les pathologies), notamment grâce à l'existence de catégories sans précision (« NOS », « NEC »), sans qu'il n'y ait d'intersection entre catégories (une pathologie est représentée par **une** catégorie de la CIM-10). Si cette structure permet de faire des regroupements statistiques ou des comparaisons de populations, elle induit aussi des pertes d'informations et une interprétation délicate des catégories sans précision [Ingenerf & Pöppl, 2007]. Dans l'objectif de limiter cela, le ministère de la santé a récemment imposé le codage des maladies rares à l'aide du thésaurus ORPHANET [14]. Les TA ont ainsi les limites des TR : elles sont peu utilisables pour un médecin, avec des logiques de classement et des termes non adaptés aux utilisateurs ; et les limites des TI : elles ne sont pas structurées très formellement.

Les TA ne sont détaillées dans ce travail qu'en tant que cas d'école pour les flux de terminologies.

2.6 Flux de terminologies

Aujourd'hui, les cas documentés de flux de terminologies sont, à notre connaissance :

- la mise en correspondance d'une TI et d'une TR [Bakhshi-Raiez *et al.*, 2010 ; Osornio *et al.*, 2007 ; Wade & Rosenbloom, 2008] (voir la figure 2.2). Ces mises en correspondance ont pour objectif l'enregistrement des informations cliniques sous une forme réutilisable, d'une manière ou d'une autre, sans modification de la terminologie habituellement utilisée par les cliniciens,
- la mise en correspondance d'une TI avec une TR et de cette même TR avec une TA [Kanter *et al.*, 2008 ; Park & Hardiker, 2009] (voir la figure 2.3). Cela permet, outre l'utilisation de SADM, de faciliter le codage médico-économique des séjours dans le cadre des DRG.

13. http ://www.dmp.gouv.fr/
14. instruction N° DGOS/PF2/2012/389 du 16 novembre 2012

Néanmoins, l'idée générale derrière ces flux de terminologies est de constituer un ensemble terminologique qui permette, théoriquement, de répondre à l'ensemble des besoins listés par Cimino [Cimino, 2006 ; Rector, 1998], ce qu'aucune terminologie ne parvient à faire seule à ce jour. Les applications sont donc potentiellement beaucoup plus nombreuses que celles listées dans la littérature aujourd'hui. La mise en correspondance d'une TI et d'une TR peut être un processus d'enregistrement des données, mais on peut imaginer :

- des TI d'investigation en recherche clinique permettant à un investigateur de formaliser les critères d'inclusions/exclusions à respecter. Il pourra ainsi aisément quantifier le nombre de sujets éligibles et éventuellement les identifier,
- des TI de visualisation. Souvent, c'est la même TI qui sert à renseigner et à lire une information, au sein d'un formulaire par exemple. Il peut aussi s'agir d'une reformulation de cette même TI [Shultz *et al.*, 2003], mais on peut aussi imaginer l'utilisation d'une autre TI, dédiée à un autre type d'utilisateur (lecture du dossier médical pour le patient par exemple) ou un autre type d'utilisation (affichage iconique plutôt que textuel),
- d'autres TR permettant, par exemple d'exploiter en recherche d'information (avec le MeSH) des informations initialement structurées à l'aide de la SNOMED CT.

Cette notion de flux nous semble importante car elle rend bien compte du retentissement que peuvent avoir les modifications d'une des terminologies sur l'ensemble du flux. Il est alors nécessaire de revoir l'ensemble des correspondances entre les terminologies. Wade a mis en évidence que 71% des correspondances qui mettaient en jeu des concepts SNOMED CT post-coordonnés avaient dû être révisées après un changement de version de la SNOMED-CT [Wade & Rosenbloom, 2010]. Ce résultat est d'autant plus marquant que le flux de terminologies mis en jeu ne contenait que deux terminologies (une TI et une TR).

Une autre problématique importante aux flux de terminologies est la perte d'informations qui peut résulter d'alignements successifs. Kanter et al. [Kanter *et al.*, 2008], dans le cas de l'enchaînement $TI \rightarrow TR \rightarrow TA$, et Cormont (communication personnelle), dans le cas de l'alignement d'une terminologie de laboratoire à un référentiel d'interopérabilité, ont mis en évidence que la granularité offerte par les TR n'était pas toujours suffisante par rapport à la granularité des TI et des TA (voir la figure 2.4), ce qui induirait une perte d'informations en cas de flux de terminologies direct. Aussi, il est toujours nécessaire de conserver des flux d'information supplémentaires. Rector [Rector, 1998] suggérait que des terminologies intermédiaires (ancêtres des TI) pouvaient pallier les carences des TR. En pratique, une telle utilisation des flux de terminologies limiterait considérablement l'interopérabilité sémantique entre des établissements qui ne partageraient pas la même TI.

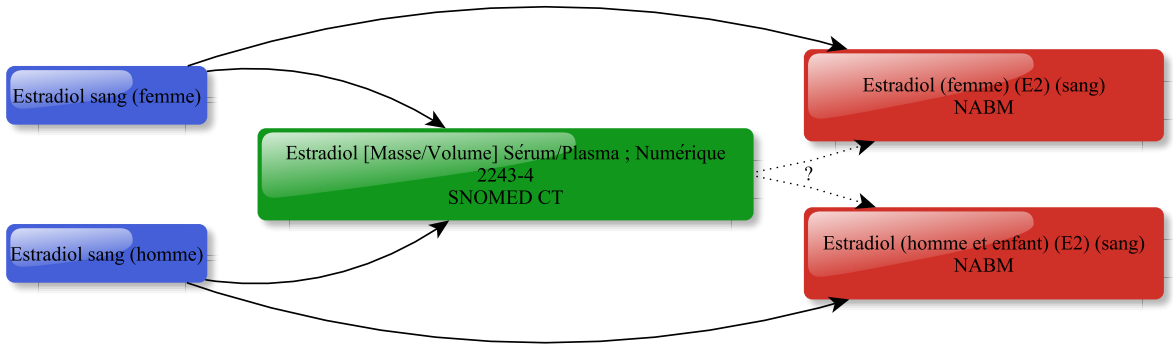


FIGURE 2.4: Limite des terminologies de référence

La SNOMED CT (en vert) n'a pas une granularité suffisante pour aller d'une TI (en bleu) à un référentiel de facturation (ici la Classification Internationale des Maladies - 9eversion (CIM-9), en rouge). On a une perte d'informations au passage entre TI et TR qui ne permet pas d'aller jusqu'à la TA.

2.7 Les terminologies utilisées dans ce travail

Nous utiliserons dans ce travail des terminologies nationales et internationales ainsi qu'une terminologie d'interface iconique. Toutes ces terminologies sont accessibles (sur inscription gratuite pour certaines) sur le PTS [15] ou sa version crosslingue : « Health Terminology/Ontology Portal » (HeTOP) [16] [Grosjean *et al.*, 2011].

2.7.1 Logical Observation Identifiers Names and Codes (LOINC)

LOINC est un système de codage édité par le « Regenstrief Institute » et mis à jour tous les 6 mois. Il permet d'identifier des observations cliniques, biologiques, radiologiques.... Il a pour vocation initiale de devenir la lingua franca pour l'échange de ce type d'observations : ses auteurs proposent d'utiliser LOINC pour limiter le problème d'interopérabilité sémantique posé par l'utilisation de référentiels locaux pour la transmission de résultats. Plusieurs standards (HL7, IHE, openEHR) recommandent d'utiliser LOINC.

La dernière version de LOINC (v2.42 du 28/12/2012) contient 71 464 enregistrements. Chaque enregistrement est composé de 6 champs spécifiant (voir le tableau 2.2) :

- le composant principal, par exemple le sodium ou le glucose,
- la grandeur, par exemple la concentration massique ou la susceptibilité,
- le temps, par exemple un recueil sur 24h ou ponctuel,
- le milieu, par exemple le liquide d'ascite ou le sang de cordon,
- l'échelle, par exemple quantitatif ou narratif
- et la technique, par exemple agglutination latex ou immuno-blot, cette dernière étant facultative.

15. http ://pts.chu-rouen.fr/
16. http ://www.hetop.eu/

Tableau 2.2: Exemples de codes LOINC

Code	Libellé	Composants	
2957-9	Sodium renal clearance in 24 hour	Composant principal	Sodium renal clearance ⇔ Clairance rénale du sodium
		Grandeur	VRat ⇔ Volume / temps
		Temps	24H ⇔ 24 heures
		Milieu	Urine+Ser/Plas ⇔ Urine et (sérum ou plasma)
		Échelle	Qn ⇔ Quantitative
5174-8	Helicobacter pylori Ab [Units/volume] in Serum by Immunoassay	Composant principal	Helicobacter pylori Ab ⇔ Anticorps anti Helicobacter pylori
		Grandeur	Units/volume ⇔ arbitraire/volume
		Temps	Pt ⇔ Ponctuel
		Milieu	Ser ⇔ Sérum
		Échelle	Qn ⇔ Numérique
		Méthode	EIA ⇔ Enzymo Immuno Analyse

De nombreuses informations sont disponibles pour chaque code LOINC, notamment la possibilité qu'offre ce code pour exprimer une prescription, un résultat ou les deux.

Ces différents éléments sont pré-coordonnés, ce qui signifie que seules les combinaisons prévues sont autorisées, mais il est possible de demander au « Regenstrief Institute » d'ajouter des codes. Initialement en anglais, LOINC est aujourd'hui traduit dans de multiples langues [Vreeman *et al.*, 2012], dont le français.

2.7.2 Les Systematized NOmenclature of MEDicine (SNOMED)

2.7.2.1 SNOMED Internationale (v3.5)

La SNOMED Internationale (SNOMED Int) est une nomenclature pluri-axiale couvrant tous les champs de la médecine et de la dentisterie humaine, ainsi que la médecine animale. Dans sa dernière version (v3.5), elle contient plus de 100 000 concepts organisés en hiérarchie selon 11 axes (topographie, maladie, procédure...). Il s'agit d'un système de classification permettant de normaliser de nombreux termes médicaux utilisés par les praticiens de santé. La SNOMED a pour fonction d'attribuer un code à chaque concept permettant un grand nombre de combinaisons entre eux. Elle comprend également une liste des diagnostics interfacés avec la CIM-10. La SNOMED permet ainsi de stocker des informations médicales individuelles dans des entrepôts de données afin d'établir des outils d'analyse décisionnelle, de faciliter des décisions thérapeutiques, de contribuer aux études épidémiologiques et à l'enseignement. L'utilisation de SNOMED garantit l'universalité du vocabulaire médical.

Cette terminologie évolue indépendamment de la SNOMED-CT depuis 1998 et n'est

plus maintenue depuis 2009 par l'« International Health Terminology Standards Development Organisation » (IHTSDO), organisme qui détient les droits sur les SNOMED. L'ASIP-santé a acheté les droits de la SNOMED Internationale et la met à disposition gratuitement sur son site [17] sous forme de fichier Excel.

2.7.2.2 SNOMED Clinical Terms

La SNOMED CT est issue de la réunion de la SNOMED RT, descendante de la SNOMED Internationale, et des « read codes » développés au Royaume-Uni [Wang *et al.*, 2001]. Cette terminologie contient plus de 360 000 termes actifs reliés par de nombreuses relations riches. Sa construction par fusion induit l'existence de redondances au sein de ses termes. Cette redondance, associée à une très grande compositionalité, a pour conséquence de permettrela formulation d'un même concept de plusieurs façons, on parle ainsi de quasi-ontologie.

La SNOMED CT est maintenue par l'IHTSDO qui édite une mise à jour tous les 6 mois. La France n'a pas acquis les droits lui permettant d'utiliser cette terminologie.

2.7.3 La Classification Commune des Actes Médicaux (CCAM)

La CCAM est une classification mise au point par le Ministère de la Santé et la Caisse nationale d'assurance maladie des travailleurs salariés pour recenser tous les actes réalisables par les professions médicales en France et pour allouer les ressources entre les différents fournisseurs de soins [Trombert-Paviot *et al.*, 2003].

Cette classification recense 7 745 codes différents (dans sa 29^{e}version). Il existe deux manières de naviguer dans la CCAM. D'une part, ces codes sont classés hiérarchiquement, par localisation anatomique d'abord, puis selon leur caractère diagnostique ou thérapeutique. D'autre part, les codes sont structurés (4 caractères alphabétiques et 3 caractères numériques) et contiennent de l'information. Ainsi, les deux premiers caractères désignent le site anatomique de l'acte, le 3^{e}caractère précise l'action qui est réalisée et le 4^{e}caractère renseigne sur la voie d'abord (voir le tableau 2.3).

Tous les médecins, y compris hospitaliers dans le cadre du PMSI, effectuant des actes techniques doivent les coder à l'aide de cette classification pour que la prestation soit prise en charge par l'assurance maladie [Union nationale des caisses d'assurance Maladie, 2005]. Ainsi, les actes techniques médicaux font partie des rares informations structurées dans les dossiers informatisés des patients.

La CCAM est disponible sur le site de l'assurance maladie [18] sous forme de liste à plat (de nombreuses autres informations sont disponibles mais de peu d'intérêt pour ce travail).

17. http ://esante.gouv.fr/
18. http ://www.ameli.fr/accueil-de-la-ccam/telechargement/version-actuelle/index.php

2.7.4 La Classification Internationale des Maladies, 10^{e}révision (CIM-10)

En 1893, Jacques Bertillon introduit la classification internationale des causes de décès. Cette classification est rapidement adoptée par de nombreux pays et il est décidé que, pour coller aux avancées de la science, cette classification serait revue et mise à jour tous les dix ans. En 1948, l'OMS se voit confier la mise à jour de cette classification et étend la couverture de cette terminologie au-delà des maladies et des traumatismes. La CIM-10, de son vrai nom classification statistique internationale des maladies et des problèmes de santé connexes, est publiée en 1994.

Les concepts, environ 20 000, sont répartis dans 22 chapitres correspondant à des regroupements logiques : étiologiques (par exemple les maladies infectieuses), anatomiques (par exemple l'œil et ses annexes), physiopathologiques (par exemple les malformations congénitales)... Malgré des règles de compositionalité frustes, la CIM-10 est considérée comme une terminologie mono-axiale, c'est à dire qu'**une** maladie ne peut être codée que par **un** code. Les concepts sont organisés hiérarchiquement, et des notes permettent de préciser l'utilisation des différents codes. Il existe en outre des relations d'exclusion permettant de limiter la redondance entre les différents chapitres, par exemple, la « maladie du légionnaire » ne doit pas être codée selon sa localisation anatomique, mais selon son étiologie. Chaque concept est identifié par un code alphanumérique permettant de retrouver sa place dans la hiérarchie.

Comme ses prédécesseurs, cette version a avant tout pour objectif 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 » [Organisation Mondiale de la Santé, 1995]. Elle est utilisée dans de nombreux pays à diverses fins : statistiques de mortalité, de morbidité, financement et organisation des services de santé... En France, la CIM-10 fait partie des référentiels utilisés dans le cadre du PMSI. À ce titre, cette terminologie est utilisée dans tous les centres hospitaliers français pour coder les morbidités des patients hospitalisés. Par ailleurs, l'Agence Technique de l'Infor-

Tableau 2.3: Exemples de codes CCAM

Code	Libellé	Structure
ZBQK002	Radiographie de thorax	ZB = Thorax, médiastin et diaphragme
		Q = Enregistrer
		K = Acte par rayons x, sans accès
NBCA010	Ostéosynthèse de fracture extracapsulaire du col du fémur	NB = Fémur et patelle
		C = Réunir
		A = Abord ouvert

mation sur l'Hospitalisation (ATIH) a introduit plusieurs modifications [19] et la version de la CIM-10 utilisée dans les hôpitaux français n'est pas celle éditée par l'OMS.

Le processus de révision de la CIM est en cours et devrait aboutir à une 11eversion, ontologique, de la CIM, commercialisée en 2015. Un beta draft est disponible en ligne [20].

2.7.5 Le Medical Subject Headings thesaurus (MeSH)

Le thésaurus MeSH est un vocabulaire contrôlé produit et mis à jour par la NLM depuis 1960. Il est utilisé pour l'indexation, le catalogage et la recherche d'information et de documents dans les domaines de la Santé et de la Biomédecine. Il s'agit certainement du premier thésaurus développé pour être utilisé dans un système bibliographique automatisé [21].

Les termes MeSH (aussi appelés descripteurs) sont organisés hiérarchiquement des plus génériques aux plus spécifiques. En 2013, on comptait 26 853 descripteurs répartis sur 12 niveaux de profondeur. Ces descripteurs sont accompagnés de 213 000 synonymes et renvois, ainsi que d'une liste non hiérarchisée de 214 000 noms de substances et de maladies rares [22].

Le MeSH permet d'assigner plusieurs descripteurs à une ressource et un descripteur peut appartenir à plusieurs hiérarchies. Cela permet de refléter au mieux le contenu des ressources, leur stockage physique étant assuré par d'autres moyens. On peut associer à ces descripteurs des mots-outils, appelés qualificatifs qui servent à en préciser le sens (compositionalité fruste). On peut également distinguer les descripteurs qui décrivent les thèmes principaux d'un document, appelés majeurs, des autres.

Il existe aujourd'hui 21 traductions complètes ou partielles de ce thésaurus. Il est utilisé principalement pour décrire les 20 millions d'articles de la base de données bibliographiques MEDLINE [23] mais également dans de nombreuses bibliothèques universitaires comme à la bibliothèque de l'OMS. En France, sa traduction est réalisée par l'Inserm et il sert à l'indexation de ressources au sein du catalogue du Système Universitaire de Documentation ou de CISMeF (voir page 6).

2.7.6 RadLex

RadLex est une terminologie développée par la RSNA - Radiological Society of North America [Langlotz, 2006]. RadLex contient près de 30 000 termes propres au domaine de l'imagerie médicale et a une structure avancée de terminologie de troisième génération ou ontologique qui permet de satisfaire les différents besoins d'expression des demandes

19. 536 modifications au 1er janvier 2013 (http ://www.atih.sante.fr/ ?id=000350001CFF)
20. http ://apps.who.int/classifications/icd11/browse/f/en
21. http ://www.nlm.nih.gov/mesh/intro_preface.html
22. http ://www.nlm.nih.gov/pubs/factsheets/mesh.html
23. La requête PubMed "MEDLINE[sb]" retournait 20 597 292 résultats le 8 août 2013

et résultats. Elle partage certains sous-domaines plus transversaux (anatomie, signes cliniques...) avec d'autres terminologies de santé telles que la SNOMED CT et le « Foundational Model of Anatomy » (FMA), une ontologie dédiée à l'anatomie [24].

RadLex remplace l'ACR Index for Radiological Diagnoses, une classification à deux axes permettant l'indexation rationnelle des images et des comptes-rendus. Ce nouveau système de classement bénéficie des avancées réalisées en termes de représentation des connaissances et de système terminologique, tout en s'enrichissant de nouveaux termes comblant les manques essentiels. La RSNA a également développé un navigateur pour parcourir les termes [25]. Ceci donne aux utilisateurs un moyen pratique de visualiser la structure de son contenu. RadLex peut être téléchargée via le « National Center for Biomedical Computing's Bioportal [26] ».

2.7.7 Visualisation des Connaissances Médicales (VCM)

VCM est un langage iconique créé par l'équipe du LIM&BIO [Lamy *et al.*, 2008a]. Il permet de représenter des symptômes, des maladies, des états physiologiques, des habitudes de vie, des médicaments, des examens para-cliniques... bref, des informations médicales.

En pratique, chaque icône est caractérisée par 7 composants [27], et chacun de ces composants accepte un nombre limité de primitives (n=221 dans la v2.0.7 de VCM). Ces primitives sont organisées hiérarchiquement, par exemple, dans la figure 2.5, la primitive « gros intestin » est un fils de la primitive « tube digestif ». On peut voir également sur la figure 2.5 qu'une icône ne nécessite pas que chaque composant prenne une valeur pour exister : l'icône « pathologie de l'enfant » ne requiert qu'une couleur, un modificateur de forme et un pictogramme central. A contrario, certains composants peuvent accepter plusieurs primitives simultanément, toujours sur la figure 2.5, l'icône représentant « traitement oral d'une parasitose colique » a deux modificateurs de forme : « pathologie » et « infection parasitaire ».

Le faible nombre de primitives permet à la fois de composer de très nombreuses icônes et de limiter la difficulté d'apprentissage de ce langage. Il a ainsi été montré que seulement 4 à 6 heures de travail suffisaient à des médecins pour maîtriser VCM [Lamy *et al.*, 2008a]. Cette facilité d'acquisition est obtenue par une granularité assez faible : les icônes VCM ne permettent que la représentation de concepts relativement généraux, les concepts plus précis étant représentés par des concepts plus généraux qui les englobent.

Dans le cadre du projet L3IM (voir page 7), les termes MeSH ont été mis en correspondance avec les icones VCM leur correspondant [Kerdelhué *et al.*, 2010]. Ceci permet

24. http ://sig.biostr.washington.edu/projects/fm/
25. www.radlex.org
26. www.bioportal.bioontology.org
27. Forme, couleur, pictogramme central, pictogramme en premier exposant, couleur du premier exposant, pictogramme en second exposant et relief

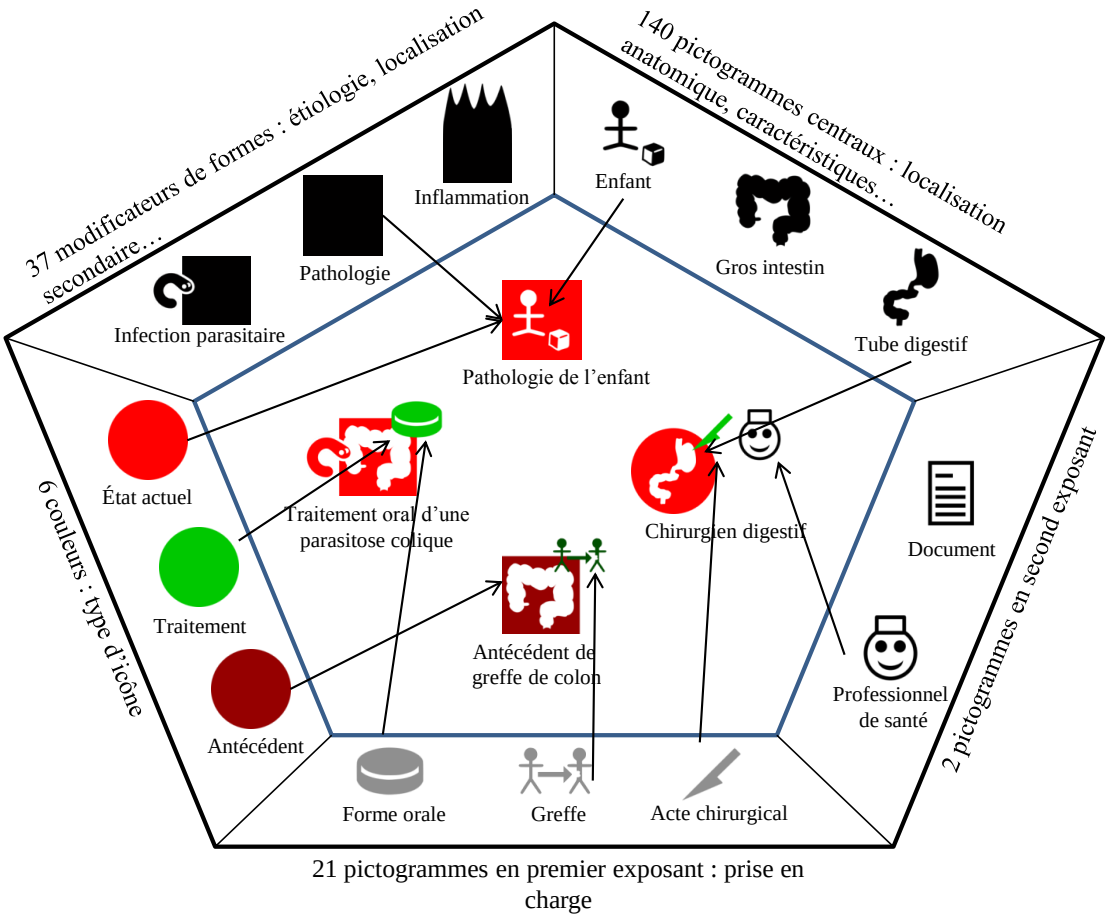


FIGURE 2.5: Construction des icônes dans le langage VCM

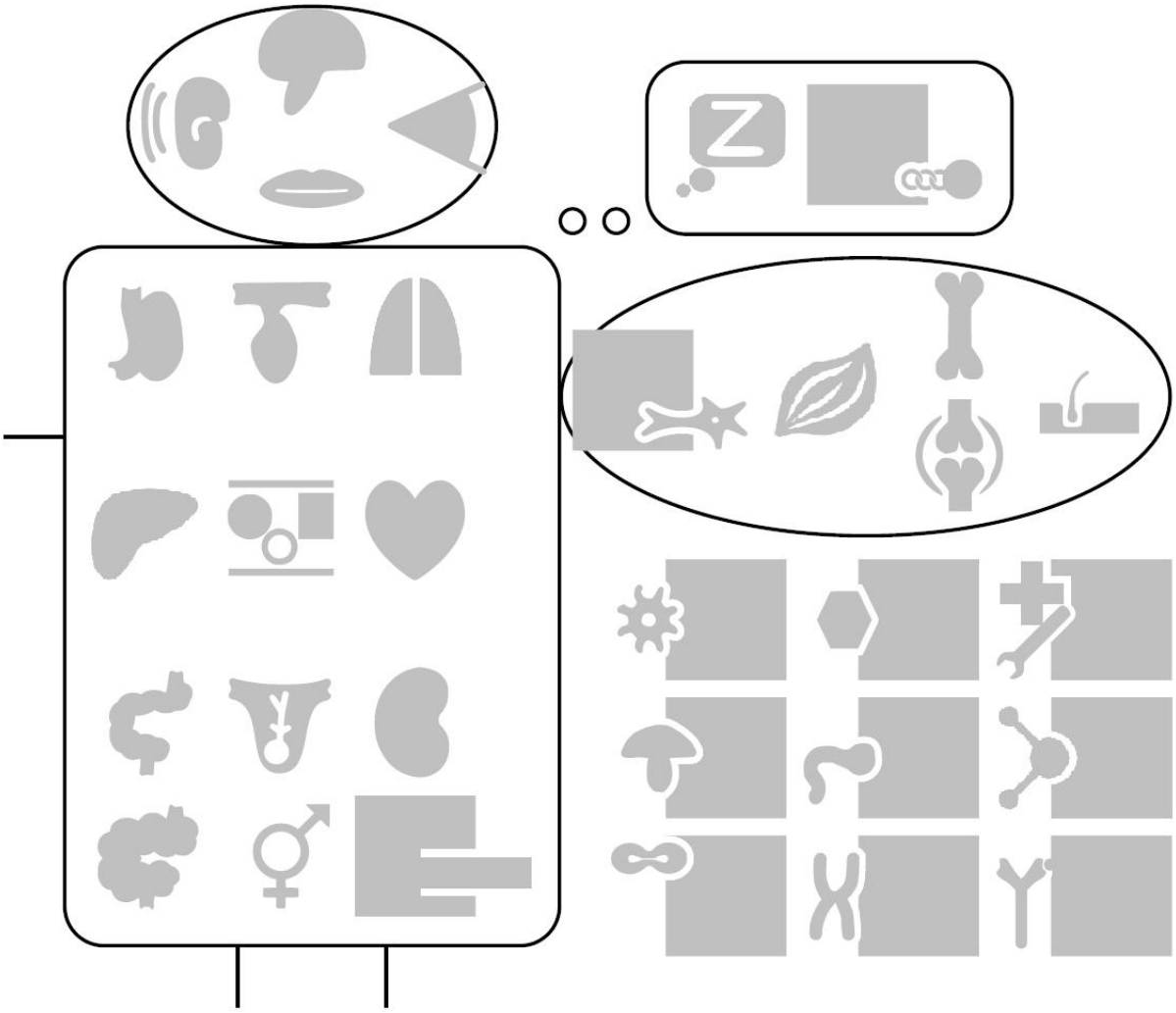


FIGURE 2.6: Monsieur VCM

l'utilisation de VCM dans les situations ou le MeSH sert de terminologie de référence.

Pour résumer les propriétés d'un médicament ou les problèmes d'un patient, une interface graphique interactive a été créée et dénommée Monsieur VCM (M. VCM). Cette représentation schématique est décomposée en 5 parties : la tête, les pensées, le tronc et le bras représentent un individu et une 5ᵉpartie permet la représentation des étiologies (voir la figure 2.6).

2.7.8 L'« Unified Medical Language System » (UMLS)

L'« Unified Medical Language System » (UMLS) n'est pas une terminologie à proprement parler. Il s'agit d'un projet de la NLM intégrant de multiples terminologies et ontologies de santé. Les termes qui appartiennent à plusieurs terminologies mais qui partagent un même sens sont regroupés dans un seul « Concept Unique Identifier » (CUI) [Lindberg *et al.*, 1993]. C'est la version 2010AB de l'UMLS qui a été utilisée dans ce travail.

La CIM-10, les SNOMED, LOINC et le MeSH sont intégrés dans l'UMLS et certains termes partagent le même CUI. On dispose ainsi d'une correspondance entre ces terminologies [Fung & Bodenreider, 2005].

2.8 Synthèse

Les terminologies d'interface ne sont pas une invention récente et la mise en correspondance de ces TI à des TR non plus. Néanmoins, les cas d'utilisation de ces flux de terminologies se sont trop souvent limités à la saisie des actes et de la morbidité hospitalière à des fins de tarification. L'application de ces techniques aux circuits de prescription d'examens complémentaires semble prometteuse : les TI facilitent, au même titre que l'interface elle même, la saisie des prescriptions et la lecture des résultats ; et la correspondance avec des TR permet l'interopérabilité sémantique entre les différentes applications.

Deuxième partie

De la prescription aux résultats : les flux de terminologies

Chapitre 3

Modélisation

Sommaire

3.1 Introduction **44**

3.2 Modélisation des processus **45**

3.2.1 En imagerie médicale 45

3.2.2 En biologie 47

3.2.3 Synthèse 49

3.3 Modélisation de flux de terminologies **49**

3.3.1 Paradigme de modélisation 51

3.3.2 Approche mixte 52

3.3.3 Approche unifiée 56

3.4 Synthèse **57**

3.1 Introduction

Nous venons de voir que l'utilisation du couple terminologie d'interface/terminologie de référence permettrait théoriquement une bonne utilisabilité des outils et une interopérabilité sémantique entre les différents systèmes. La manière de les mettre en place dans les cycles de production des examens d'imagerie et de biologie n'est pour autant pas évidente. Il faut d'abord avoir une bonne connaissance du déroulement pratique de ces cycles, aussi allons nous nous attacher, dans cette partie, à les analyser et à les décrire. Une fois les processus décrits, nous détaillerons deux modèles de flux de terminologies appliqués au cycle de production des examens complémentaires. Nous décrirons ensuite les terminologies susceptibles de tenir le rôle de terminologie de référence, leurs avantages et inconvénients respectifs. Enfin, nous instancierons ces modèles de flux pour les deux cas d'usage : cycle de production d'examens d'imagerie et de biologie médicale.

3.2 Modélisation des processus

Avant d'envisager d'informatiser les flux d'information entre les différents acteurs de la prise en charge, il convient d'identifier ces flux d'information et leur contenu. Dans cette optique, et dans le cadre du projet TerSan, les experts métiers (biologie et imagerie médicale) du CHU de Rouen et de l'AP-HP ont été mis à contribution pour décrire précisément leurs activités. Les profils d'intégration IHE (voir le paragraphe 1.3.5.1), qui décrivent les solutions interopérables syntaxiquement et les cas d'usage auxquels ils répondent ont aussi été utilisés. La réalisation conjointe de cette tâche dans deux structures distinctes et sa confrontation à des cas d'usage reconnus permettent de dégager des invariants et d'envisager des processus finaux, interopérables, entre deux établissements différents.

3.2.1 En imagerie médicale

L'imagerie interventionnelle et la médecine nucléaire sont exclues de cette description.

3.2.1.1 Processus métier

Après la prescription par un médecin dans le classeur de prescription, un membre de l'équipe soignante rédige la demande sur l'un des formulaires papiers mis à disposition par le service d'imagerie. Ce formulaire contient de multiples champs permettant d'apporter tous les renseignements potentiellement utiles pour la réalisation de l'examen : examen demandé, contexte clinique, hypothèses diagnostiques... et bien sûr d'identifier le patient. L'orientation de la demande vers le bon plateau technique est conditionnée par la connaissance de l'organisation de l'hôpital par le demandeur. Cette connaissance est suppléée par un tri au niveau du plateau technique permettant de ré-aiguiller les demandes mal adressées.

À la réception dans le service d'imagerie médicale, certaines demandes sont validées selon des règles automatiques, mais d'autres requièrent une révision par un médecin d'imagerie médicale. Celui-ci peut solliciter le demandeur pour des renseignements complémentaires et modifier la demande selon les renseignements cliniques dont il dispose. Une fois validé, l'examen est planifié par le secrétariat d'imagerie médicale. Enfin, la date du rendez-vous et les consignes de préparation sont transmises au demandeur/patient concerné.

À la date prévue, le patient se rend dans le service d'imagerie, il bénéficie de l'examen voulu par le médecin d'imagerie médicale. Le manipulateur code le protocole effectué dans le « Radiology Information System » (RIS) (voir page 61). Les images sont rapidement mises à disposition sur le « Picture Archiving and Communication System » (PACS). Les versions audio et définitive (rédigée en langage naturel) des comptes-rendus sont dispo-

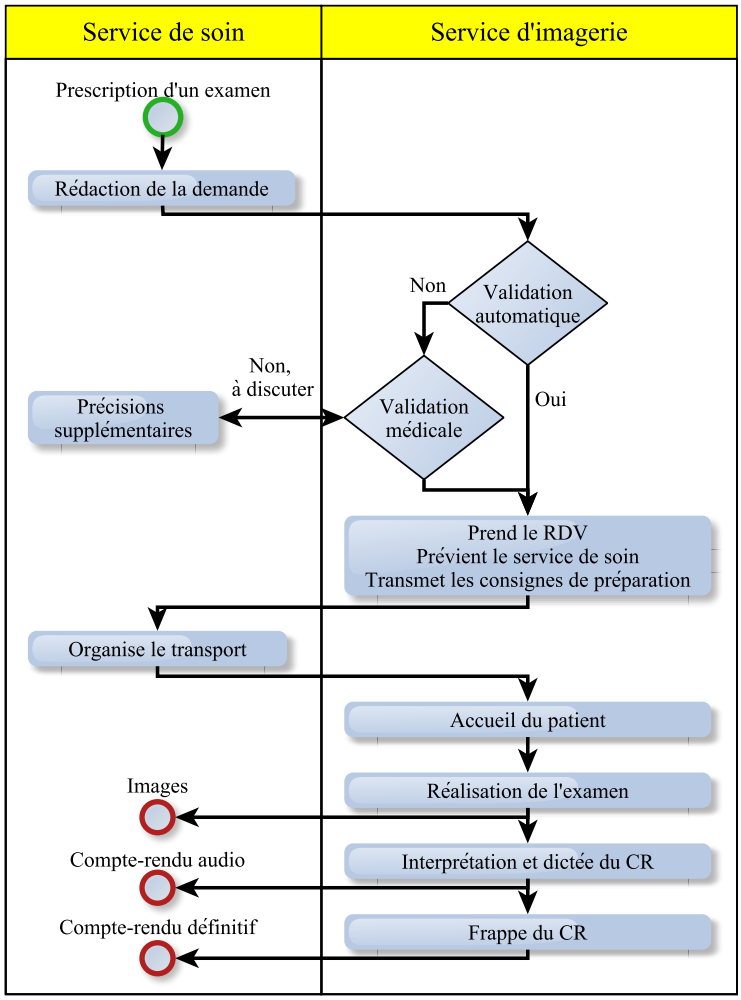


FIGURE 3.1: Diagramme d'activité pour l'imagerie médicale à Rouen.

nibles dans le dossier patient dès leur production (voir la figure 3.1).

3.2.1.2 Cas particuliers

Ce processus peut varier dans certaines situations. Lors de ces cas d'usage, certaines étapes du processus peuvent se dérouler différemment.

Urgences : Les informations sont essentiellement transmises à l'oral, mais les documents sont tout de même remplis pour des raisons de traçabilité et de suivi d'activité, a posteriori si besoin. Les résultats sont transmis par téléphone dès que disponibles.

Prescription externe : Le patient demande un rendez-vous au secrétariat du service d'imagerie (il a abouti, par ses propres moyens, au bon service d'imagerie). Le patient organise sa venue lui-même ou avec le prescripteur. Il doit passer à l'accueil administratif pour créer un dossier dans le système d'information de l'hôpital.

3.2.2 En biologie

Le cas des automates de biologie décentralisés dans les unités de soins n'entre pas dans le champ de cette thèse.

3.2.2.1 Processus métier

Après la prescription d'examens de biologie par le médecin, un membre de l'équipe soignante effectue les prélèvements nécessaires selon les protocoles diffusés par le laboratoire, rédige la demande sur un des formulaires papiers mis à disposition par le laboratoire et envoie l'ensemble. Les formulaires contiennent quelques champs permettant d'apporter les renseignements potentiellement utiles pour la réalisation de l'examen : examen demandé, contexte clinique... et l'identité du patient. Les tubes sont eux-mêmes étiquetés au nom du patient.

Au triage, les tubes sont enregistrés dans le Système de Gestion de Laboratoires (SGL) par lecture optique. Une terminologie, propre à chaque laboratoire de biologie, permet d'associer à chaque tube un processus analytique pour l'obtention des résultats voulus. Cela permet de les orienter vers les bonnes paillasses. Les analyses sont effectuées puis validées techniquement et biologiquement avant d'être transmises au serveur de résultats (dossier médical). Ces résultats sont structurés selon un référentiel local, loin d'être interopérable. Les cliniciens pourront alors les consulter (voir la figure 3.2).

3.2.2.2 Cas particuliers de demandes

Demande urgente : Certaines demandes doivent être traitées de manière urgente. Le caractère urgent est spécifié dans la demande et les étapes ultérieures (prélèvement, acheminement des échantillons, réception, analyse et communication des résultats)

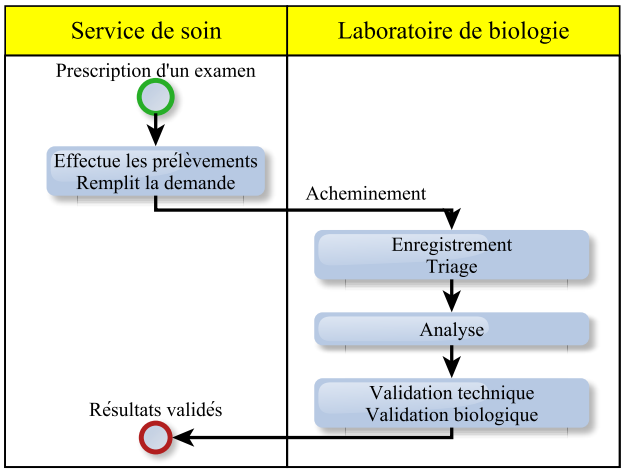


FIGURE 3.2: Diagramme d'activité pour la biologie à Rouen.

sont adaptées au degré d'urgence. L'organisation décrite, très linéaire, doit permettre notamment de réaliser un prélèvement avant que l'examen ne soit prescrit.

Demande externalisée à un autre laboratoire : Tout ou partie de certaines demandes peut être transmis par le service clinique ou par le laboratoire, à un laboratoire exécutant hors de l'hôpital. Les procédures sont alors celles dictées par le laboratoire exécutant. Les résultats sont reçus par courrier papier.

Demande transmise par un laboratoire externe : La demande et les prélèvements doivent respecter les règles émises par le laboratoire du CHU et sont pris en charge au centre de tri de manière similaire aux demandes internes. Les résultats ne sont pas envoyés dans le serveur de résultat mais au laboratoire demandeur, au format papier. Le patient n'est alors pas identifié dans le serveur d'identité.

3.2.2.3 Cas particulier de triage

Réception décentralisée : Certains laboratoires ne sont pas gérés par le centre de tri, il revient au personnel soignant et aux coursiers de leur faire parvenir directement les échantillons.

3.2.2.4 Résultats particuliers

Résultats urgents : Les résultats dont les valeurs sont critiques (par exemple engageant le pronostic vital) sont identifiés et communiqués selon des modalités adaptées (téléphone par exemple) en plus d'être transmis au serveur de résultats.

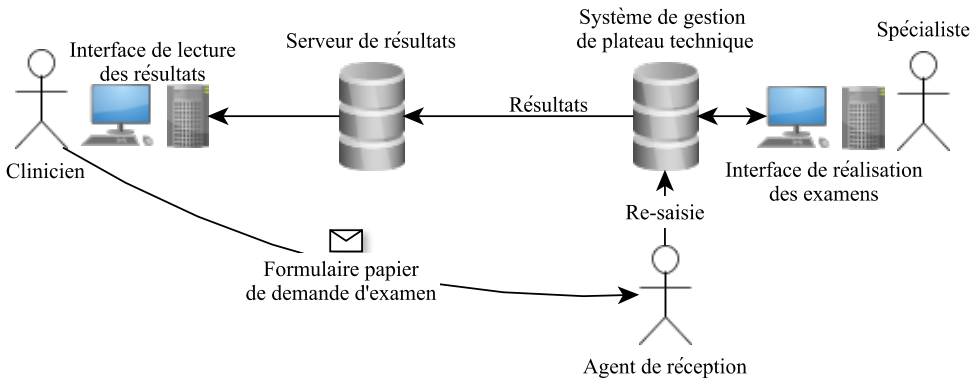


FIGURE 3.3: Flux d'information avant l'informatisation de la prescription.

3.2.3 Synthèse

L'analyse de ces processus nous a permis de mettre en évidence les échanges d'information effectifs entre les différents intervenants. Nous constatons l'existence de deux principaux flux d'information : un premier lors de la transmission initiale de la demande (papier) et un second lors du retour des résultats (informatique ; on exclut volontairement les images et le son qui sont des données dont la structuration sort du cadre de cette thèse). Nous observons deux autres flux accessoires dans le cadre de l'imagerie médicale : un flux permettant de fixer le rendez-vous et un flux de communication directe entre médecin d'imagerie et médecin demandeur. Le premier est à la fois simple et structuré (une prescription et une date) et ne nécessite donc pas de travail d'interface. Le second au contraire concerne un échange d'informations pointu entre spécialistes, très dépendant du contexte et par ailleurs rarement utilisé. Nous avons donc décidé de laisser ce cas particulier de côté dans le présent travail.

Ce sont donc les flux d'information de demande et de résultat qu'il convient de structurer à l'aide de terminologies d'interface. Cela permettra aux systèmes informatiques de deux services (soins et plateau technique par exemple) d'interopérer même s'ils ne dépendent pas du même établissement. La figure 3.3 schématise ces flux d'information génériques précédant la mise en place de la prescription informatisée, la figure 3.4, quant à elle, décrit ces mêmes flux : une fois la prescription informatisée et en individualisant les intervenants de manière à faire ressortir la prise en charge partageable entre des acteurs indépendants.

3.3 Modélisation de flux de terminologies

L'objectif de notre travail est de permettre une identification et une interopérabilité au niveau des examens demandés ou faits. L'expression du contexte clinique et des résultats proprement dits n'a donc pas été étudiée.

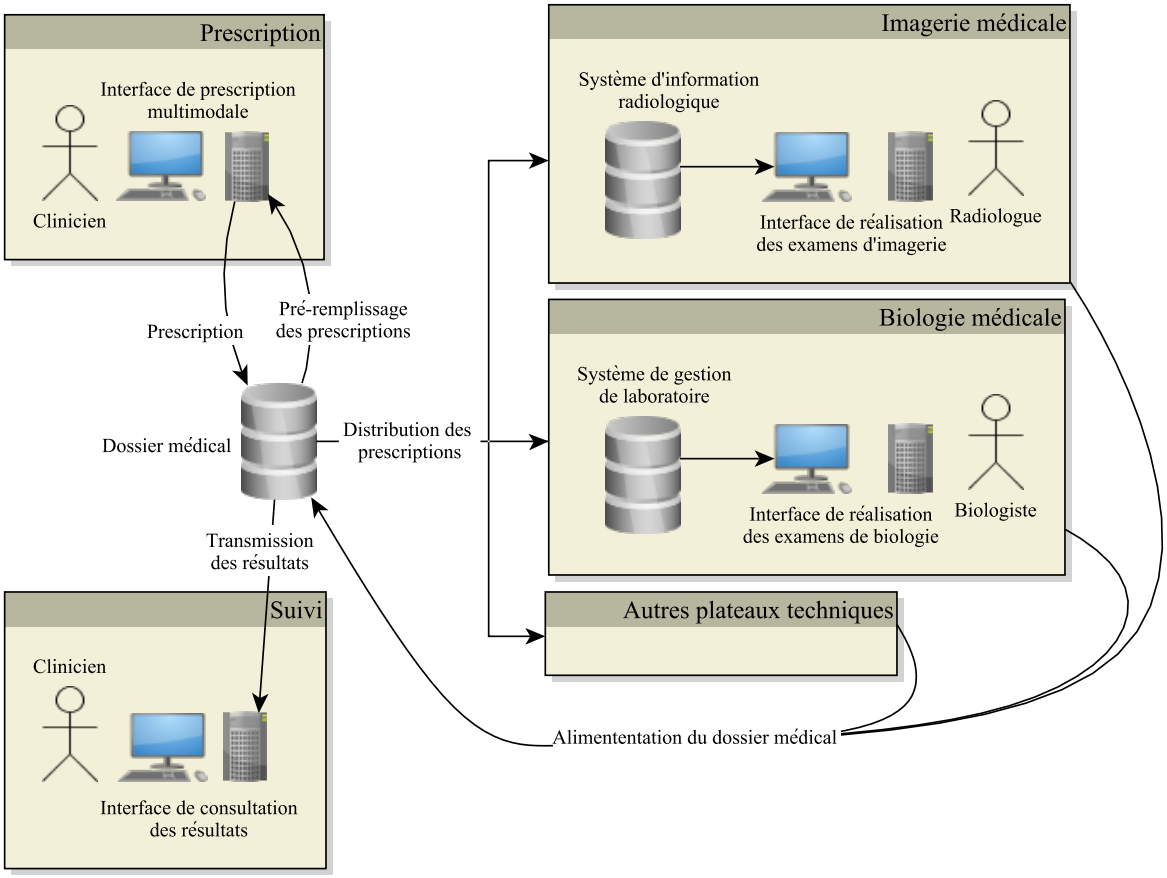


FIGURE 3.4: Flux d'information une fois la prescription informatisée.

L'outil de prescription multimodale permet de centraliser l'ensemble des prescriptions dans un seul outil.
L'outil se charge de distribuer les prescriptions aux différents plateaux techniques.
La structuration des informations permet de compléter certaines informations de prescription automatiquement.
Chaque encadré (prescription, imagerie médicale...) peut être indépendant des autres, d'où la séparation entre le médecin prescripteur et le médecin assurant le suivi des résultats.

3.3.1 Paradigme de modélisation

La prescription se fait au mieux dans le cadre d'une prescription globale (ou multimodale : toutes les prescriptions se font à l'aide d'un seul outil) par l'intermédiaire d'une application intégrant les fonctions d'un LAP. Cette prescription doit pouvoir générer une demande d'examen(s), qui devra être transmise et prise en compte par le ou les systèmes de gestion de plateau technique (SGL/RIS) concernés par la demande. Ces systèmes doivent assurer le retour des résultats dans le Dossier Patient Informatisé (DPI). Ces résultats doivent être identifiables comme correspondant à la prescription.

Pour assurer l'utilisabilité des différents systèmes (LAP, SGL/RIS, DPI), il convient d'utiliser à chaque fois des terminologies d'interface dédiées à ces logiciels. On a ainsi trois terminologies d'interface : la TI de prescription, la TI d'exécution et la TI de résultat.

Pour assurer l'interopérabilité entre logiciel d'aide à la prescription et le système de gestion de plateau technique d'une part, et le système de gestion de plateau technique et le serveur de résultat (ou le dossier médical) d'autre part, les terminologies d'interface utilisées dans chacun des systèmes doivent être mises en correspondance. Trois approches sont envisageables (voir le paragraphe 1.3.5.2) :

Approche libre : chaque établissement de santé utilise les terminologies d'interface qu'il souhaite. S'il veut interopérer avec un autre établissement, il est alors nécessaire de mettre en correspondance les TI des deux établissements.

Approche unifiée : tous les établissements utilisent les mêmes terminologies d'interface (qui deviennent donc des TI de référence), l'interopérabilité est donc obtenue naturellement.

Approche mixte : chaque établissement de santé utilise les terminologies d'interface qu'il souhaite, et les met en correspondance avec les terminologies de référence. L'interopérabilité est obtenue par la mise en correspondance de toutes les terminologies d'interface à des TR.

L'approche libre est la plus simple à mettre en place initialement mais requiert un nombre de mises en correspondance très élevé pour la prescription et autant pour les résultats (voir l'équation 1.1 page 18). L'approche unifiée est plus compliquée à mettre en œuvre puisqu'il faut que chaque établissement accepte une terminologie qui lui serait imposée (par les tutelles ou la loi). C'est néanmoins l'approche où l'interopérabilité est obtenue de la manière la plus simple. L'approche mixte est à la fois simple à mettre en œuvre et l'obtention de l'interopérabilité ne nécessite plus que n mises en correspondance pour n établissements pour la prescription, et autant pour les résultats (voir l'équation 1.2 page 18).

L'approche libre ne parait pas réaliste et ne sera donc plus évoquée. L'approche unifiée limite l'adaptabilité des TI aux utilisateurs et aux utilisations locales mais sera néanmoins envisagée en tant que solution de repli, l'approche mixte ayant notre préférence pour la

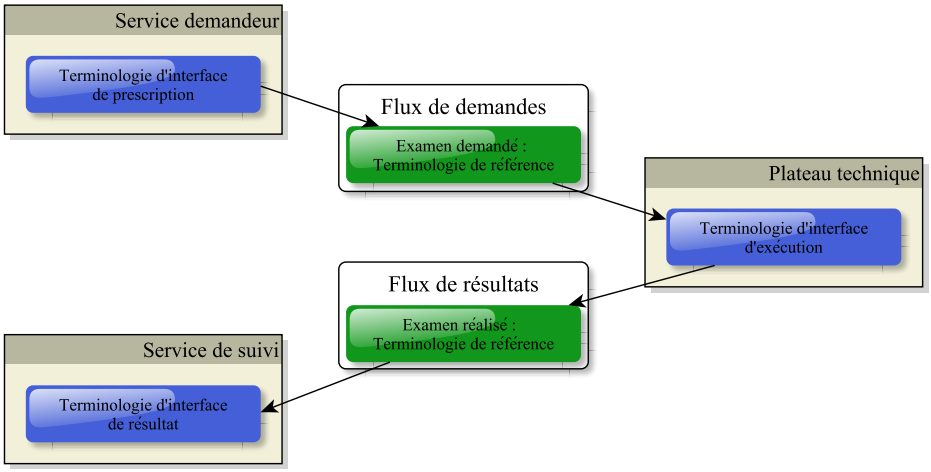


FIGURE 3.5: Approche mixte : flux de terminologies entre les différents systèmes.

suite de ce travail. Les deux solutions choisies se rapprochent de celle proposée par Chute [Chute, 2000] :

- un contexte global est défini pour tout le monde, que ce soit des terminologies d'interface de référence ou des terminologies de référence,
- localement, il convient soit de migrer vers ce contexte global (approche unifiée) soit de s'aligner avec (approche mixte).

3.3.2 Approche mixte

Pour chaque flux (flux de demandes et flux de résultats), chaque terminologie d'interface est mise en correspondance avec une terminologie de référence, idéalement commune aux deux systèmes. La figure 3.5 représente ce schéma idéal. Il n'est pas exclu que :

- une même terminologie de référence soit utilisée pour le flux de demandes et pour le flux de résultats.
- plusieurs terminologies de référence soient nécessaires pour transmettre l'ensemble des informations de demande ou de résultat.

3.3.2.1 Terminologies disponibles

Nous avons listé dans le tableau 3.1 les terminologies qui pouvaient être d'intérêt dans l'instanciation de ce modèle en imagerie médicale et en biologie. Ces terminologies ont chacune des domaines d'application différents. Nous nous attacherons à détailler les avantages et inconvénients pour une utilisation en tant que terminologie de référence.

Tableau 3.1: Avantages et inconvénients des terminologies disponibles.

Terminologie	Domaine	Avantages	Inconvénients
SNOMED CT	Imagerie + Biologie +	Référentiel très riche qui permet théoriquement d'exprimer un maximum de concepts médicaux. Quasi-ontologie permettant l'utilisation de raisonneur pour l'aide à la décision médicale.	La France ne participe pas à l'élaboration de ce référentiel, son utilisation en France n'est donc pas libre. Disponible uniquement en anglais.
SNOMED Int	Imagerie + Biologie +	Les droits ont été acquis par l'ASIP qui la met librement à disposition des professionnels de santé, des éditeurs de solutions informatiques...	N'évolue plus depuis 1998 : certains concepts récents n'existent pas, certaines traductions sont surannées... Règles de compositions confuses.
RadLex	Imagerie +++ Biologie -	Articulé avec référentiel d'anatomie (FMA), clinique (SNOMED CT). Porté par le RSNA et donc a priori pérenne et partagé par de nombreux professionnels dans le domaine de l'imagerie médicale. Mise à disposition gratuitement par le RSNA.	Disponible uniquement en anglais. Règles de compositions confuses.
LOINC	Imagerie + Biologie +++	Terminologie très riche et très précise en biologie. Procédure d'ajout de termes relativement aisée. Procédure de maintenance en français mise en place par l'ASIP-santé. L'ASIP-santé l'a élevée au statut de terminologie d'interopérabilité. Disponible gratuitement.	Quoique le processus de traduction soit formalisé et financé par l'ASIP, la traduction en français n'est que partielle. Décrit les analyses, non leurs résultats. Peu utilisée en France.

Tableau 3.1 – Avantages et inconvénients des terminologies disponibles (suite)

Terminologie	Domaine	Avantages	Inconvénients
NABM	Imagerie - Biologie ++	Utilisée par tous les biologistes de France pour la facturation. Disponible gratuitement.	Décrit les analyses, non leurs résultats. Elle ne permet pas de composer de nouveau concepts, il est donc difficile de palier ses carences. Objectif de facturation primant sur l'objectif d'interopérabilité. Couverture incomplète des actes de biologie médicale
CCAM	Imagerie ++ Biologie -	Principe de l'acte global : en théorie, un code décrit entièrement un acte. Utilisée par tous les médecins d'imagerie médicale en France. Référentiel mis à disposition gratuitement pour tous les professionnels de santé français.	En pratique, des codes CCAM peuvent correspondre à plusieurs actes et des actes peuvent correspondre à plusieurs codes, entrainant une ambigüité. La CCAM ne permet pas de composer de nouveaux concepts, il est donc difficile de palier ses carences. Objectif de facturation primant sur l'objectif d'interopérabilité.

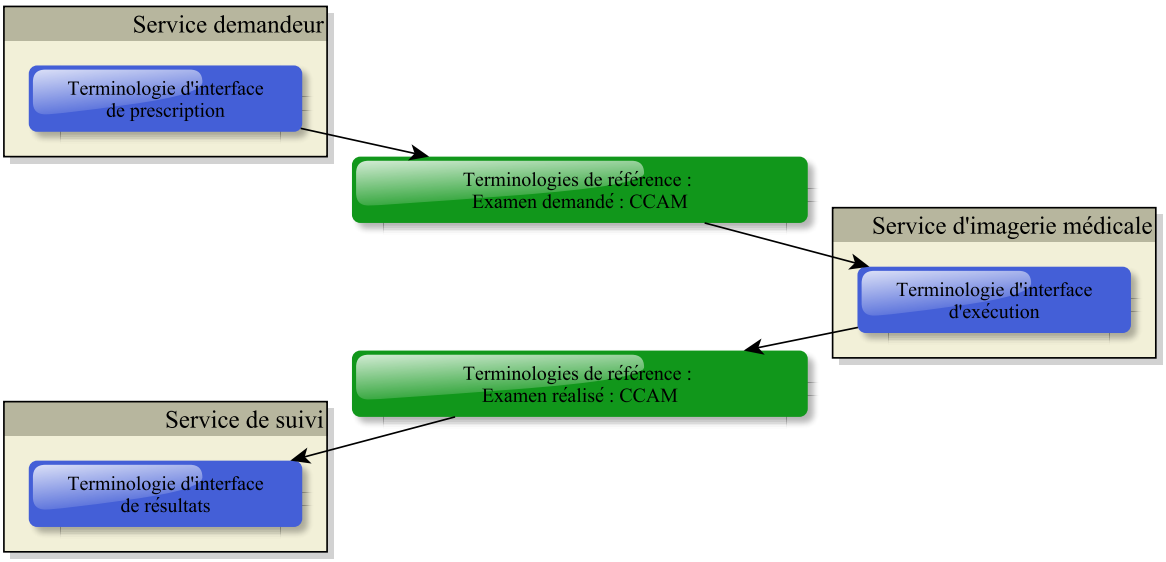


FIGURE 3.6: Approche mixte : terminologies utilisées pour assurer le flux de terminologies de la prescription au résultat en imagerie médicale.

3.3.2.2 Instanciation du modèle en imagerie

RadLex semble être la terminologie la plus adaptée au statut de TR dans le domaine de l'imagerie, cependant, les terminologies exclusivement en langue anglaise ont rapidement été exclues des terminologies candidates. Il ne restait donc que la SNOMED Int et la CCAM. La forte dissémination (réglementaire [Union nationale des caisses d'assurance Maladie, 2005]) de la CCAM et le principe de l'acte global ont plaidé en sa faveur pour une utilisation en terminologie de référence pour le flux de demandes et le flux de résultats (voir la figure 3.6).

3.3.2.3 Instanciation du modèle en biologie

Une analyse peut être exprimée soit avec LOINC, soit avec la Nomenclature des Actes de Biologie Médicale (NABM). La première terminologie est à la fois plus complète et plus susceptible d'être modifiée selon les besoins des utilisateurs que la seconde. LOINC n'est pas encore entièrement disponible en Français, mais une grande partie a déjà été traduite par l'AP-HP et les processus de maintenance sont en place [1]. LOINC a été créé dans l'objectif de permettre la transmission d'observations (quoi qu'il n'identifie que l'observation, pas son résultat) et n'est donc, a priori, pas adapté à la prescription ; néanmoins, l'existence d'une métadonnée « Prescription/Observation » pour chaque code LOINC, la création de batteries d'examens a priori réservées à la prescription et la mise à disposition des 300 prescriptions les plus fréquentes sur le site de LOINC [LOINC, 2011] suggèrent que l'on peut s'écarter de cette objectif de résultats pour un objectif de prescriptions.

Au total, il nous a semblé plus pertinent de nous servir de LOINC que de la NABM : que ce soit pour les demandes — on se sert alors de code LOINC peu précis (sans méthode par exemple)

1. http ://www.bioloinc.fr/loinc/

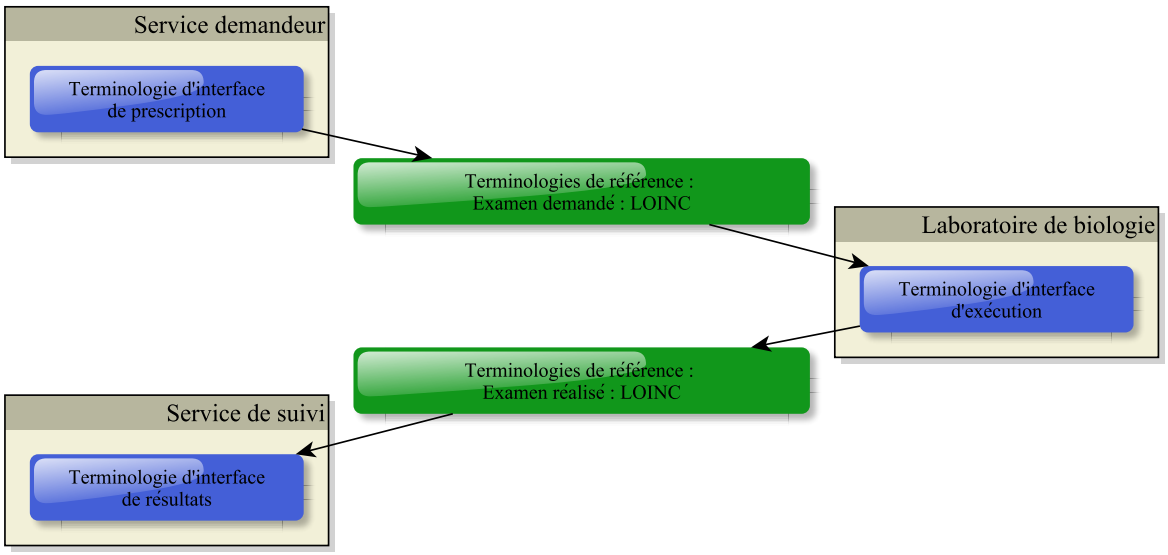


FIGURE 3.7: Approche mixte : terminologies utilisées pour assurer le flux de terminologies de la prescription au résultat en biologie.

— ou pour les résultats — auquel cas les codes reflètent exactement l'examen fait (voir la figure 3.7).

3.3.3 Approche unifiée

Dans le cadre de l'approche unifiée, il n'est pas question de terminologie de référence s'intercalant entre les terminologies d'interface, les terminologies d'interface de prescriptions et de résultats sont des terminologies de référence (voir la figure 3.8). Cette approche est similaire à ce qui est fait au Danemark : tous les centres de soins et les laboratoires communiquent à l'aide de messages standardisés, utilisant une terminologie définie au niveau national, fondée sur la nomenclature IUPAC [2] (Ib Johansen, communication personnelle). Cette solution a montré des résultats très intéressants [Johansen & Rasmussen, 2010], mais la différence d'échelle ($\approx$ 100 laboratoires d'analyses médicales au Danemark vs. quelques milliers en France [Pollen Conseil, 2012 ; Lalande *et al.*, 2006]) et les profondes différences entre les systèmes de santé rendent la transposition de cette solution à la France incertaine.

Les terminologies d'exécution, implantées dans les systèmes d'information des plateaux techniques parfois depuis fort longtemps, et donc complexes à faire évoluer, n'ont pas à être unifiées entre tous les plateaux techniques. Il suffit, pour chaque système d'information concerné, de mettre en correspondance ses terminologies avec les terminologies d'interface de prescriptions et de résultats de référence. Il est illusoire d'espérer atteindre l'interopérabilité à un niveau supranational avec cette approche (de même qu'avec l'utilisation de TR strictement nationale toutefois, telle que la CCAM).

2. Nomenclature de l'« International Union of Pure and Applied Chemistry » pour la désignation des molécules chimiques : http ://www.iupac.org/home/publications/e-resources/nomenclature-and-terminology.html

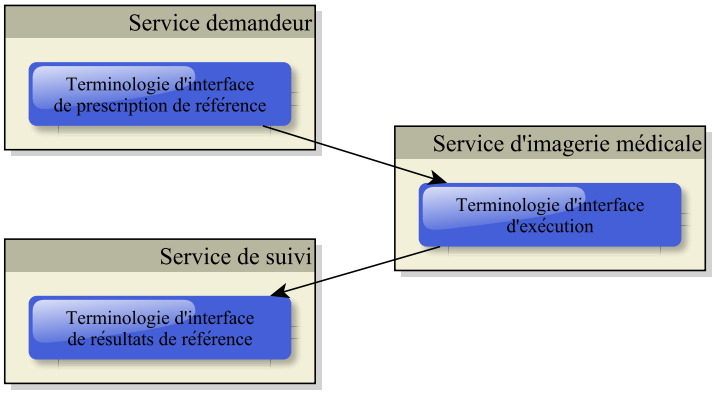


FIGURE 3.8: Approche unifiée.

3.4 Synthèse

L'analyse des processus de production des examens complémentaires a mis en évidence deux principaux flux d'information, l'un contenant la demande et l'autre contenant les résultats.

L'approche principale proposée ici consiste à :

- maximiser l'utilisabilité des systèmes par l'utilisation de terminologies d'interface adaptées à chaque type d'utilisateur et d'utilisation,
- maximiser l'interopérabilité entre systèmes par l'alignement de ces TI à des terminologies de référence.

Dans le domaine de l'imagerie médicale, la terminologie la plus adaptée nous semble être la CCAM, que ce soit pour le flux de demandes ou pour le flux de résultats. Dans le domaine de la biologie, LOINC semble adapté pour les deux flux. La création proprement dite de ces flux de terminologies, et leur évaluation permettront de confirmer ou d'infirmer ces choix. La solution de repli consisterait à envisager des terminologies de prescriptions et de résultats consensuelles au niveau national.

Chapitre 4

Création des flux de terminologies

Sommaire

4.1 Introduction **58**

4.2 Flux en imagerie médicale **59**

4.2.1 Méthode 59

4.2.2 Résultats 65

4.2.3 Discussion 68

4.3 Flux en biologie **71**

4.3.1 État des lieux 71

4.3.2 Méthode 73

4.3.3 Résultats 76

4.3.4 Discussion 76

4.4 Autres terminologies d'interface **77**

4.4.1 Terminologie d'interface de prescription des actes médicaux . . 77

4.4.2 Terminologie d'interface de demande d'avis 77

4.5 Synthèse **78**

4.1 Introduction

Nous avons vu qu'à part une tentative états-unienne de produire un catalogue des examens d'imagerie [RSNA, n.d.], en anglais, il n'existe pas de ressource disponible pour faciliter la mise en place d'un logiciel d'aide à la prescription au sein d'un établissement de santé en France. Dans l'état actuel de la situation, chaque établissement doit développer sa terminologie de prescription à partir des référentiels dont il dispose localement (dictionnaire d'analyse, référentiels des systèmes de gestion...) ou nationalement (CCAM). Cet état de fait engendre :

- une perte de temps pour l'établissement d'autant plus dommageable qu'un changement de système d'information requiert déjà beaucoup de ressources,

- une limitation de l'interopérabilité entre les établissements, puisque chacun va développer sa propre solution.

Cela pourrait expliquer pourquoi l'informatisation de la prescription des examens de biologie et d'imagerie semble prendre du retard par rapport à l'évolution d'autres sous-systèmes hospitaliers [DGOS, 2013], les pressions réglementaires étant moins fortes sur les examens complémentaires que sur le médicament [1].

Le CHU de Rouen, et l'AP-HP, ont été confrontés à cette situation. Notre objectif était donc de développer des terminologies d'interface, en correspondance avec des terminologies de référence, qui soient réutilisables par d'autres établissements. Ces TI devaient donc être relativement génériques, amendables et faciles à enrichir. Rappelons qu'une TI de prescription ne consiste pas qu'en une liste de libellés adaptés au vocabulaire utilisé par les cliniciens, mais qu'il s'agit surtout d'un ensemble de termes organisés, riches de multiples annotations et correspondances avec des TR.

Les TI produites et les correspondances seront ensuite mises à disposition des éditeurs de solutions informatiques et des établissements hospitaliers sur le site de l'ASIP-santé. Cette solution se distingue de l'approche unifiée (voir le paragraphe 3.3.3) par le caractère facultatif de ces TI et la liberté, laissée aux utilisateurs, de les adapter fortement. Les TR sont donc toujours nécessaires pour atteindre l'interopérabilité, même s'il est certain qu'une diffusion importante des TI devrait favoriser l'obtention d'une interopérabilité entre établissements.

4.2 Flux en imagerie médicale

Comme annoncé au paragraphe 3.3, nous nous limiterons ici aux informations relatives aux examens demandés ou réalisés, seule information que la CCAM est susceptible de véhiculer. Le flux de résultats existe déjà au sein du système d'information radiologique : la terminologie d'exécution est déjà en correspondance avec la CCAM et avec un libellé correspondant à l'acte réalisé.

Nous avons donc construit la terminologie de prescription, selon la méthode de Bakhshi-Raiez [Bakhshi-Raiez *et al.*, 2010], et complété le flux de prescriptions par transitivité.

4.2.1 Méthode

Bakhshi-Raiez [Bakhshi-Raiez *et al.*, 2010] a proposé une méthode générique de création de terminologie d'interface. Cette méthode consiste en 6 étapes :

1. Analyse du domaine. Cela consiste à identifier les informations pertinentes pour la création de la terminologie d'interface.

1. Arrêté du 6 avril 2011 relatif au management de la qualité de la prise en charge médicamenteuse et aux médicaments dans les établissements de santé,
Décret n° 2005-1023 du 24 août 2005 relatif au contrat de bon usage des médicaments et des produits et prestations mentionné à l'article L. 162-22-7 du code de la sécurité sociale,
http ://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_1246165/fr/preparer-et-conduire-votre-procedure-de-certification-v2010-revision-2011

2. Mise en correspondance des concepts du domaine avec les termes de la terminologie de référence.
3. Création d'un extrait de la terminologie de référenceconstitué de l'ensemble des concepts d'intérêt pour la terminologie d'interface.
4. Extension de la terminologie d'interface en l'adaptant aux besoins.
5. Restriction de la terminologie de référence aux seuls éléments pertinents.
6. Intégration de cet extrait à un serveur de terminologie.

Nous avons appliqué ce cadre méthodologique en l'adaptant à la situation qui est la notre : créer une terminologie d'interface de prescription d'examen d'imagerie médicale en utilisant la CCAM comme terminologie de référence.

4.2.1.1 Analyse du domaine

Il existe au CHU de Rouen neuf formulaires papiers (voir annexe A) qui permettent aux cliniciens de prescrire tous les examens d'imagerie médicale. Ces formulaires contiennent de nombreux champs pour les informations susceptibles d'être utiles au radiologue au moment de valider/planifier/réaliser l'examen. S'il est possible pour le demandeur d'annoter tous ces formulaires pour préciser sa demande, ils n'ont pas tous le même niveau de structuration : certains offrent au demandeur plusieurs choix sous la forme de listes avec des cases à cocher, d'autres en revanche, ne proposent quasiment que des champs en texte libre (voir le tableau 4.1). Outre l'examen désiré, le demandeur doit fournir de nombreuses autres informations. Certaines pourront être renseignées automatiquement par l'outil informatique (identité, créatininémie du patient...) mais certaines devront toujours être renseignées par le demandeur (question posée au radiologue par exemple).

Les formulaires de demande d'examens adressés au service de radiologie pendant 2 jours consécutifs (n=1 049) ont été étudiés pour adapter le vocabulaire de la TI au vocabulaire effectivement utilisé par les prescripteurs. Pour les scanners et les IRM, cela a permis de confirmer que la structure du formulaire était respectée dans la majeure partie des cas. Nous avons toutefois pu observer que dans certains cas, la structure n'était pas assez fine pour exprimer les besoins du clinicien. Pour la radiographie et l'échographie en revanche, nous avons pu relever les termes de prescription utilisés par les cliniciens, avec de nombreuses variations morphosyntaxiques pour des prescriptions identiques. Par exemple, les termes « radio de thorax », « rx pulm », « RT » désignent tous trois le même examen. Parfois, des précisions techniques sont ajoutées (essentiellement pour les scanners avec l'injection ou non de produit de contraste).

Par ailleurs, cette analyse nous a permis de relever les nombreuses informations qui peuvent composer une demande d'examen radiologique telle que définie par les radiologues du CHU de Rouen. Ces informations permettent au radiologue : d'évaluer le bien-fondé de la demande, les risques à la réalisation de l'examen, d'orienter la lecture de l'examen qu'il va faire... Sur chaque formulaire, de nombreux champs sont présents et constituent, au même titre que l'examen demandé, la demande. Il était donc important d'inclure un maximum de ces informations au sein de la terminologie d'interface, qu'elles aient à être renseignées par le demandeur ou qu'elles puissent être récupérées automatiquement dans le dossier patient informatisé.

Tableau 4.1: Niveau de structuration des différents formulaires papiers utilisés au CHU de Rouen.

Chez l'adulte		Chez l'enfant	
Formulaire de demande :	Niveau de structuration	Formulaire de demande :	Niveau de structuration
d'IRM	++	d'IRM	++
de scanner	++	de scanner	+
de radiographie	-	de radiographie	-
d'échographie	+	d'échographie	+
d'échographie-doppler	+		

++ : le demandeur est contraint de sélectionner l'examen qu'il désire dans une liste fermée (même si éventuellement certaines prescriptions nécessitent des précisions). Les choix proposés sont sensés couvrir toutes les possibilités.
+ : Le demandeur peut sélectionner l'examen parmi une liste ouverte ou demander un "autre" examen. Tout examen non listé est prescrit dans la case autre.
- : Le demandeur doit écrire l'examen qu'il désire, aucun choix ne lui est proposé.

4.2.1.2 Mise en correspondance des TI et des TR

Tous les actes réalisés par des professionnels de santé en France doivent être codés à l'aide de la CCAM pour être pris en charge par l'assurance maladie (voir page 36). Cependant, la CCAM n'est pas adaptée à une utilisation par les manipulateurs radio, en charge du codage dans les services d'imagerie médicale du CHU de Rouen pour plusieurs raisons : (1) elle contient l'ensemble des actes médicaux (n = 7 745, v29) et pas seulement ceux d'imagerie médicale (n ≈ 500), (2) les actes d'imagerie sont dispersés dans l'ensemble de la hiérarchie de la CCAM et (3) les libellés sont très verbeux (11,7 mots par libellé dans l'ensemble de la CCAM, 10,7 si on se limite aux actes d'imagerie médicale) et ne diffèrent parfois que de quelques mots, par exemple les termes :

- « Scanographie unilatérale ou bilatérale de segment du membre supérieur, **avec** injection de produit de contraste »
- « Scanographie unilatérale ou bilatérale de segment du membre supérieur, **sans** injection de produit de contraste »

Pour faciliter le travail de codage des manipulateurs radio, une terminologie d'interface d'exécution a été créée et mise en correspondance avec la CCAM par les radiologues du CHU. Cette TI d'exécution a été extraite du système d'information radiologique sous la forme d'un fichier Excel détaillé dans le tableau 4.2. Nous disposons ainsi de la liste des examens pouvant être réalisés par Unité Fonctionnelle (UF), de leur hiérarchisation et de leurs correspondances au sein de la CCAM. Ce fichier était constitué de 1 437 lignes correspondant à 1 201 actes.UF différents. Ces actes.UF représentent moins d'actes distincts puisque le même acte peut être réalisé dans plusieurs UF différentes. Cette quantification est toutefois malaisée en l'absence de normalisation des codes et libellés dans cette TI.

Contrairement aux libellés et à l'arborescence complexe de la CCAM, la TI d'exécution mise en place est adaptée à l'utilisation par des manipulateurs radio et aux actes qu'ils réalisent. Ils peuvent donc choisir aisément l'acte qui a été réalisé parmi une liste réduite. Le codage CCAM

Tableau 4.2: Liste des informations disponibles dans la TI d'exécution de radiologie du CHU de Rouen

Unité fonctionnelle
Code de 1er niveau hiérarchique
Libellé de 1er niveau hiérarchique
Code de 2nd niveau hiérarchique
Libellé de 2nd niveau hiérarchique
Code de 3ème niveau hiérarchique
Libellé de 3ème niveau hiérarchique
Code(s) CCAM associé(s)

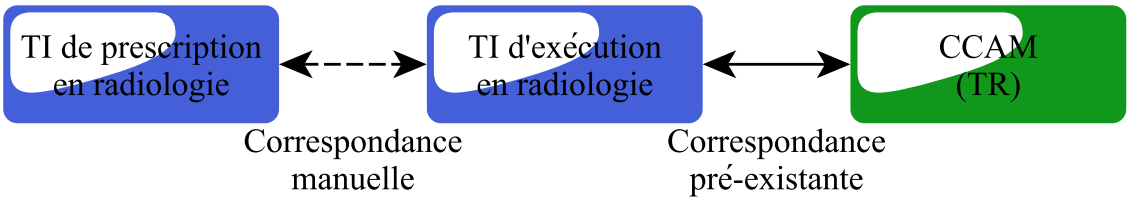


FIGURE 4.1: Correspondances entre les terminologies.

est obtenu automatiquement grâce aux correspondances avec la TI d'exécution. Cette TI n'est pas adaptée aux prescripteurs, mais mettre la TI de prescription en correspondance avec la TI d'exécution :

- était plus facile que de mettre en correspondance TI de prescription et CCAM, les libellés étant souvent plus adaptés,
- permettait d'obtenir une TI de prescription adaptée aux pratiques locales,
- fournissait les correspondances entre TI de prescription et CCAM par transitivité (voir la figure 4.1)

En outre, cette TI d'exécution constituait une liste de libellés susceptibles d'être utilisés comme synonymes au sein de la TI de prescription.

4.2.1.3 Création d'un extrait de la terminologie de référence

Pour une utilisation locale, la restriction de la CCAM aux codes qui sont effectivement utilisés localement (c'est à dire dans la terminologie d'interface d'exécution) est suffisante. C'est ce que nous avons fait à Rouen.

Pour une réutilisation de cette TI dans d'autres établissements, il pourrait être nécessaire de créer des prescriptions correspondant aux codes CCAM non utilisés à Rouen. Plusieurs approches sont envisageables pour identifier ces codes :

- Utilisation de la structure des codes CCAM. Un « Q » en troisième position signifie que l'acte permet de « Guider », « Enregistrer », « Examiner » ou « Mesurer ». Un « H » ou un « K » en quatrième position caractérise un acte par rayon X, un « J » ou un « M » un

acte par ultrason et un « J » ou un « N » un acte par remnographie [ATIH, 2008]
- Utilisation de la hiérarchie de la CCAM : étendre la sélection actuelle à tous les frères des termes sélectionnés dans la CCAM.
- Utilisation du métaterme (voir la page 6) CISMeF « Diagnostic par imagerie » [Massari *et al.*, 2008].
- Utilisation des codes CCAM employés par les autres institutions : la confrontation des TI de Rouen et de Paris permettra d'identifier la plupart des codes fréquemment utilisés dans les Centre Hospitalier (CH) français en laissant de côté les codes peu ou pas utilisés.

C'est cette dernière option qui sera détaillée ultérieurement (voir le Chapitre 7).

4.2.1.4 Extension et adaptation de la terminologie d'interface

Un des objectifs d'une terminologie d'interface de prescription en imagerie médicale est de permettre aux cliniciens de prescrire les actes qu'ils désirent au niveau de granularité qu'ils souhaitent. Pour autant, l'objectif principal d'une TI est d'être facile à utiliser, il est, par exemple, peu acceptable pour un clinicien d'avoir à remplir 4 prescriptions pour un scanner abdomino-pelvien sans et avec injection de produit de contraste : *scanner pelvien sans produit de contraste*, *scanner pelvien avec produit de contraste*, *scanner abdominal sans produit de contraste*, *scanner abdominal avec produit de contraste*. Aussi, les combinaisons de prescriptions fréquentes, à la lecture des formulaires de prescription papier, ont été intégrées dans la TI de prescription. Un tel travail devra être adapté à chaque établissement, en fonction des habitudes des cliniciens.

La TI d'exécution a aussi été utilisée pour enrichir la TI de prescription : nous nous sommes assurés de l'existence d'un terme de prescription pour tous les termes de la TI d'exécution, les créant le cas échéant.

La hiérarchie de la TI d'exécution reposait en premier lieu sur les UF, de peu d'intérêt en prescription. Aucune information ne permettait de savoir si deux actes, réalisés dans deux UF différentes étaient équivalents en terme de prescription alors même que ce cas était fréquent. Cette hiérarchie n'était donc pas réutilisable. La hiérarchie de la CCAM ne présentait pas de caractère poly-hiérarchique et ne pouvait donc pas avoir de problème de redondance. La segmentation par appareil de cette hiérarchie aurait théoriquement pu permettre de retrouver aisément chaque examen, mais la non-superposition des appareils CCAM et de la topographie anatomique des examens rendait cette hiérarchie peu utilisable en pratique. Aussi, nous avons créé une hiérarchie spécifique pour l'ensemble des termes de prescriptions. Cette hiérarchie est composée de 6 niveaux qui partitionnent les actes d'imagerie par modalité d'abord (par exemple : scanner, IRM), puis par région anatomique (par exemple : tête, cou). Les autres niveaux hiérarchiques permettent de préciser la prescription : sous-région anatomique, précision quant à la position du patient, l'utilisation de produit de contraste, etc...

Enfin, nous avons essayé d'être consistants quant à la structuration des libellés préférés : le plus souvent, il est constitué du type d'imagerie (par exemple : écho-doppler, angio-scanner) et de l'élément anatomique concerné (par exemple : thorax, foie, vaisseaux du cou). Pour certains examens spécifiques, nous avons préféré employer des libellés plus en accord avec l'usage, dans ces cas, le libellé structuré était un synonyme.

4.2.1.5 Restriction de la terminologie d'interface

De nombreux termes des TI d'exécution et de la CCAM sont trop fins pour la prescription : aucun clinicien ne prescrira une « Échographie biométrique et morphologique d'une grossesse multi-fœtale au 2^e^trimestre » mais plutôt une « Échographie du 2^e^trimestre » ; l'utilisation de gadolinium pour un examen d'IRM relève de l'expertise du radiologue et n'a que peu d'intérêt pour le prescripteur... Ces termes n'ont pas été inclus dans la TI de prescription mais rassemblés dans des termes de prescription plus génériques. D'une manière générale, les termes de prescription qui n'étaient pas pertinents ont été supprimés.

4.2.1.6 Intégration dans un serveur de terminologies

Toutes les terminologies sus citées (TI de prescription, CCAM, TI d'exécution) ont été intégrées dans le PTS[2] et sont dorénavant gérées et éditées au sein de ce portail. Il est possible, pour toute machine, d'interroger ce portail en SKOS et ainsi d'exploiter l'ensemble de ces terminologies. Cet outil permet en outre à tout utilisateur, possédant un compte d'accès au portail (gratuit), de proposer des synonymes ou tous autres commentaires pour chaque concept, permettant éventuellement la création/amélioration collaborative de la terminologie [Chute, 2010].

La terminologie d'interface de prescription en radiologie a en outre été intégrée dans l'outil de prescription de McKesson : HEO, déployé au CHU de Rouen. Il serait intéressant d'intégrer dans cet outil un procédé d'enrichissement par les utilisateurs.

4.2.1.7 Validation

La création de cette terminologie d'interface de prescription en imagerie médicale s'est appuyée sur des critères connus et publiés de validation des terminologies. Pour ce qui est des terminologies de santé en générale, on citera les travaux de Cimino [Cimino, 1998- 2006], de Chute [Chute *et al.*, 1998b] et de Cornet [Cornet *et al.*, 2006] qui énumèrent de nombreux critères de bonne pratique pour la construction de terminologies :

1. maximiser la couverture de la terminologie,
2. séparer le langage (les termes) et les concepts (les codes),
3. permanence des concepts (le sens d'un concept ne doit pas changer),
4. identifiants des concepts non informatifs/sémantiques,
5. poly-hiérarchie (un concept peut être classé de plusieurs manières),
6. définition formelle des concepts,
7. absence de « non-classé ailleurs »,
8. plusieurs niveaux de granularité, en fonction des utilisateurs ou des utilisations
9. mécanismes de reconnaissance des redondances,
10. mécanismes d'évolution élégants,
11. consistance de multiples visualisations,

2. http ://pts.chu-rouen.fr

12. indépendance de la langue,
13. permet d'enregistrer les informations concernant le patient,
14. permet de retrouver cette information,
15. permet d'agréger les données,
16. permet de faire de l'inférence,
17. permet de réutiliser les données,
18. minimise les pertes d'information.

Les critères plus spécifiques aux terminologies d'interface (voir page 27) : mise en correspondance avec une terminologie de référence, présence de connaissances contextuelles, balance compositionnelle équilibrée, consistance syntaxique, indépendance vis-à-vis de l'application et facilité d'utilisation ont naturellement été pris en compte. Tous ces critères ont été employés dans l'étape de validation.

La terminologie d'interface mise au point a été validée par un radiologue et deux prescripteurs du CHU de Rouen : la consistance et l'organisation de la terminologie ont été revues et modifiées et de nombreux synonymes ont été proposés et ajoutés.

4.2.2 Résultats

Deux cent quatre-vingt dix examens d'imagerie sont prescriptibles à l'aide de la terminologie d'interface de prescription. Ces termes correspondent à 249 codes parmi les 7 718 que compte la CCAM. Les termes de prescription sont significativement plus lisibles avec 3,6 mots par terme contre 10,7 dans la CCAM ($p<10^{-4}$; test de Student) et ont significativement plus de synonymes : 1,7 synonymes par terme contre 1,0 ($p<10^{-4}$; test de Student).

La TI de prescription contient en fait beaucoup plus de concepts (n=610) qui peuvent correspondre :

- à des niveaux hiérarchiques trop génériques pour être utilisables (par exemple « Scanner » ou « écho-doppler »),
- à des niveaux de granularité trop fins pour les prescripteurs (par exemple « IRM de la base du crâne non injecté »).

Les niveaux de granularité plus faibles ont été conservés pour permettre aux utilisateurs de naviguer au sein de la hiérarchie de la terminologie et d'y trouver les examens qu'ils souhaitent prescrire. Les niveaux de granularité trop fins ont été conservés :

- car dans certaines situations, certains prescripteurs peuvent estimer utile de pouvoir prescrire avec plus de finesse. Ce choix n'a pas été fait à Rouen, mais il est possible que dans des établissements très spécialisés, certains de ces termes puissent être utiles. A contrario, il est possible que certains termes, prescriptibles au CHU de Rouen, soient trop précis pour d'autres établissements ou prescripteurs, auquel cas ils pourraient les masquer.
- pour affiner la mise en correspondance avec la terminologie de référence.

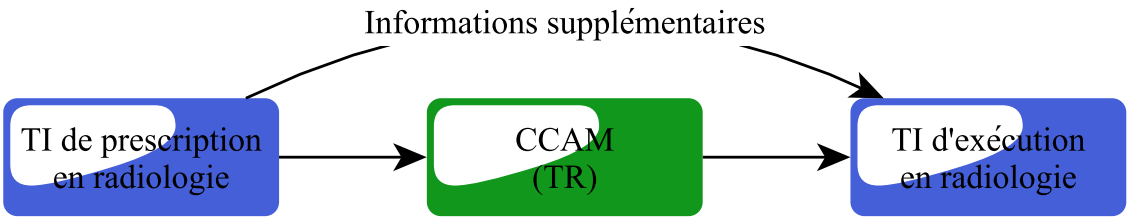


FIGURE 4.2: Flux de prescriptions en imagerie.

La CCAM ne permet pas de véhiculer toutes les informations de prescription à l'exécutant. Il est nécessaire d'y adjoindre d'autres informations.

4.2.2.1 Flux de terminologies

Les correspondances entre la terminologie d'interface de prescription et la terminologie d'interface d'exécution, telles que présentées sur la figure 4.1, permettent, par transitivité, d'obtenir les correspondances entre terminologie d'interface de prescription et terminologie de référence (voir la figure 4.2). On note toutefois que l'imprécision de certains codes de la CCAM requiert parfois que des informations supplémentaires soient transmises entre la prescription et l'exécution.

Par exemple, un praticien pourra demander une « radio des poumons ». Cette prescription correspond au code CCAM : « ZBQK002 - Radiographie du thorax », acte CCAM qui correspond à de multiples codes d'exécution (un par UF) : « radiographie des poumons ». Il peut y avoir une perte d'information au niveau du code CCAM, c'est souvent le cas en imagerie par résonnance magnétique. Ainsi, un clinicien peut demander une « IRM hépatique », seul le code CCAM « ZZQN001 - Remnographie [IRM] comportant 6 séquences ou plus » correspond à cet examen, mais ce code CCAM correspond à de multiples examens (« IRM hépatique avec injection », « IRM pelvienne »...), aussi est-il nécessaire de préciser le code CCAM avec des informations non contenues dans la CCAM. Selon l'ampleur de ce problème l'obtention d'un flux interopérable fondé sur la CCAM peut être délicate.

4.2.2.2 Validation

Le tableau 4.3 liste les critères qui nous ont semblés pertinents pour la validation d'une terminologie d'interface :

Tableau 4.3: Validation de la terminologie d'interface de demande d'examen de radiologie.

Critères d'évaluation	Commentaires
Couverture	Par construction, cette TI de prescription permet de prescrire tous les actes d'imageries réalisés au CHU de Rouen et a donc une couverture de 100

Tableau 4.3 : Validation de la terminologie d'interface de demande d'examen de radiologie. (suite)

Critères d'évaluation	Commentaires
Base conceptuelle	Oui
Permanence des concepts	Oui
Identifiants des concepts non informatifs	Non. L'identifiant des concepts contient des informations sur le type d'examen et la région anatomique concernée.
Définition formelle des concepts	La hiérarchie des termes constitue l'unique formalisme des concepts présents dans la TI de prescription : type d'examen et région anatomique concernée.
Poly-hiérarchie	Oui. Par exemple, les angio-scanners sont regroupés sous le terme « angio-scanner » mais aussi sous leurs organes spécifiques.
Absence de "non-classé ailleurs"	Oui
Granularités multiples	Oui. Le médecin peut prescrire un “scanner cérébral injecté” ou un “scanner cérébral” et laisser le radiologue libre de l'examen qu'il va réaliser.
Multiples visualisations consistantes	Oui. La structure de la TI de prescription (graphe acyclique direct) permet l'existence de multiples visualisations consistantes.
Évolution élégante	Les modifications (ajout, changement de hiérarchie, dépréciation...) apportées à la terminologie et leurs dates sont enregistrées dans le PTS. Les raisons de ces modifications ne le sont pas.
Reconnaissance des redondances	Peu utile dans le cadre des TI de prescription qui ne sont pas post-coordonnées. Aucun mécanisme n'a été mis en place pour reconnaître/limiter la redondance des concepts.
Permet d'enregistrer les informations concernant le patient	Cette TI permet d'enregistrer les prescriptions d'imagerie médicale d'un patient, rien d'autre. Elle va aider les radiologues/manipulateurs radio à coder leur activité.
Permet de retrouver les informations	Même si la TR est théoriquement plus adaptée à cette tâche, la TI devrait permettre de la faciliter en « démocratisant » le langage d'indexation.
Permet l'agrégation des données	La hiérarchie de la TI de prescription permet d'agréger les données par type d'examen et par région anatomique. C'est normalement le rôle de la TR.
Permet de réutiliser les données	Essentiellement par l'intermédiaire de la TR, mais avec quelques améliorations.
Permet de faire de l'inférence	Ce n'est pas l'objet de la TI mais celui de la TR en correspondance. Malheureusement, la CCAM n'est pas adaptée pour faire de l'inférence.

Tableau 4.3 : Validation de la terminologie d'interface de demande d'examen de radiologie. (suite)

Critères d'évaluation	Commentaires
Limite les pertes d'information	Les multiples niveaux de granularité limitent la perte d'information au niveau de la TI, mais le passage par la TR induit une perte d'information.
Correspondance à une TR	Il n'existe pas de TR pour les procédures au niveau international. Nous avons utilisé la CCAM, qui fait référence en France.
Présence de connaissances contextuelles	Les termes de la TI de prescription peuvent être précisés par des attributs : l'utilisation de produit de contraste, l'UF d'exécution de l'acte... D'autres informations requises pour la prescription (latéralité, incidences...) sont rassemblées dans des value-set associés aux termes de prescriptions
Balance compositionnelle équilibrée	Certains examens constitués de plusieurs sous examens sont pré-coordonnés (par exemple le scanner thoraco-abdomino-pelvien). Du fait de l'explosion combinatoire, cette approche est réservée aux examens fréquemment prescrits.
Consistance syntaxique	Autant que faire se peut, les libellés sont structurés : d'abord le type d'examen, ensuite la zone anatomique concernée et, éventuellement, d'autres éléments (produits de contraste par exemple) ; et les mêmes mots sont utilisés de la même manière.
Facile à utiliser	La poly-hiérarchie, les multiples granularités et la richesse en synonymes devraient faciliter l'utilisation de la TI.
Indépendance vis-à-vis de l'application	L'application de prescription utilisée à Rouen, HEO, utilise des codes à 8 caractères, pour l'heure les codes de la TI de prescription sont également limités à 8 caractères.
Indépendance vis-à-vis de la langue	La TI de prescription n'est pas indépendante de la langue française

4.2.3 Discussion

La TI de prescription en imagerie médicale est intégrée au PTS et au logiciel d'aide à la prescription en cours de déploiement au CHU de Rouen. Cette terminologie, utilisant des termes courants et riches en synonymes, devrait faciliter l'acceptation de l'outil de prescription informatisée par les cliniciens.

La mise en correspondance avec la terminologie de référence permet de bénéficier des avantages de ces terminologies : inférence, interopérabilité, réutilisation des données... à un moindre coût pour le clinicien. La TI enrichit même ces avantages en :

- facilitant la saisie des données,

- facilitant les recherches d'information, les utilisateurs connaissant le vocabulaire de prescription, ils pourront mieux cibler leurs recherches. A ce titre, la TI de prescription d'examen d'imagerie, et celles développées ci-après, ont étés transmises au consortium « Retrieval And Visualization in ELectronic health record » (RAVEL). Ce consortium a pour objectif de développer un moteur de recherche d'information au sein du dossier patient,
- permettant d'agréger les informations selon les principes de la TI, qui peuvent être différents de ceux des TR.

Créer une terminologie d'interface à partir d'une terminologie de référence demande un travail important : déterminer les expressions pertinentes pour la TI, sélectionner les termes et les synonymes, créer des relations entre les termes... Quand cela est possible, partir d'autres référentiels existants, ici une autre terminologie d'interface, de formulaires structurés et d'exemples concrets permet a priori de faciliter cette tâche. Par ailleurs, notre approche nous a permis d'atteindre un niveau de couverture de la TI par la TR de 100%, soit un meilleur résultat que ceux de Rosenbloom [Rosenbloom *et al.*, 2009]. Dans cette étude, il trouvait une correspondance SNOMED CT pour MEDCIN dans 92,4% des cas et pour CHISL dans 95,6% des cas, MEDCIN et CHISL étant des terminologies d'interface pour la rédaction d'observations cliniques.

La validation a mis en évidence plusieurs limites, qui n'ont toutefois qu'un impact limité. (1) Les identifiants des concepts contiennent de l'information (modalité d'examen et zone anatomique concernée), mais cette information est propre au concept et ne saurait être modifiée sans modification profonde du concept. (2) Il n'y a pas de mécanisme de reconnaissance des redondances, mais la non compositionnalité de cette TI limite l'existence de redondance. (3) Certaines fonctions ne sont pas ou peu supportées par les TI, mais il revient au TR de permettre cet usage du flux de terminologies. (4) La TI est exclusivement disponible en Français. L'une des raisons d'être des TI est leur adaptation au vocabulaire des cliniciens, qui dépend essentiellement du langage. On ne sait par ailleurs toujours pas si ce type de terminologie est réutilisable dans un autre établissement que celui de création, ce critère plébiscité par Chute [Chute *et al.*, 1998b] ne semble donc pas être très pertinent dans notre situation. (5) La consistance syntaxique doit être évaluée plus précisément, mais comme les libellés préférés des termes de la TI doivent être les plus naturels pour les cliniciens, il ne semble ni faisable, ni raisonnable de viser une consistance totale.

Le choix de la CCAM en tant que TR est sans doute l'élément le plus limitant de ce travail. La CCAM est la terminologie de référence pour les actes en France, mais elle est à mi-chemin entre TI, TR et TA. Cela implique notamment :

- une perte d'information au moment du passage de la TI à la TR [Kanter *et al.*, 2008],
- que certaines des fonctions des terminologies [Cimino, 2006], telles que l'inférence ou l'agrégation de données, sont faiblement supportées par la CCAM et donc par la TI de prescription.

Pour éviter ces pertes d'information et de fonctions, il faudrait travailler avec une terminologie plus riche et plus structurée que la CCAM, telle que la SNOMED Internationale (voir page 35) ou RadLex (voir page 38). Ces deux terminologies ne sont ni très utilisées, ni très connues en France. Leur utilisation en tant que TR obérerait la réutilisabilité de la TI dans les établissements

intéressés puisque ces derniers auraient alors à intégrer en sus de la TI une TR assez complexe, en anglais de surcroît pour Radlex.

Une importante difficulté de ce travail a été de créer une terminologie avec l'outil d'édition associé au PTS. Quoique suffisant pour la modification ponctuelle des terminologies stockées dans le PTS, cet outil n'était pas fait, au départ de cette thèse, pour l'édition et la création de terminologies ou de flux de terminologies. Un outil qui permettrait la maintenance des flux (les terminologies et les correspondances) serait d'un intérêt considérable pour les terminologues. L'un des objectifs du projet TeRSan consiste à mettre au point un tel outil. Il s'agit également d'un des objectifs de la thèse de Julien Grosjean de l'équipe CISMeF, à partir de l'outil actuel du PTS.

L'imparfaite validation réalisée n'est qu'une première étape préalable aux évaluations plus formelles détaillées dans les chapitres ultérieurs qui porteront sur l'interopérabilité et l'utilisabilité de cette TI. L'étude de la couverture de cette TI ne pourra se faire, faute de gold standard, qu'avec la mise en production et les retours des utilisateurs. Si pour le CHU de Rouen il y a peu de risque d'avoir des défauts de couverture, du fait du processus de création, cela n'est pas du tout certain pour d'autres établissements hospitaliers. La mise en commun de notre travail avec l'AP-HP devrait permettre d'obtenir une terminologie beaucoup plus satisfaisante en termes de couverture. La TI de prescription obtenue devrait ainsi être plus facilement réutilisable dans tous les établissements de santé français [Bobb *et al.*, 2007]. La contrainte imposée par le LAP du CHU de Rouen (taille des identifiants) ne devrait pas poser de problème pour l'utilisation de la TI dans un autre système d'information. Il sera malgré tout toujours nécessaire : de choisir le niveau de granularité adapté à l'établissement, de limiter la TI aux actes prescrits localement, de créer des synonymes et des regroupements d'examens fréquemment utilisés... mais cela devrait être moins chronophage que de créer une terminologie de novo. Une TI de prescription normalisée au niveau national pourrait accélérer l'informatisation des prescriptions de biologie et d'imagerie. On peut en effet penser que si l'informatisation des prescriptions médicamenteuses a progressé plus vite que la prescription des examens complémentaires, c'est certes à cause de la pression réglementaire exercée sur le circuit du médicament [3] mais aussi grâce à l'existence de bases de données médicamenteuses agréées par la HAS [4].

Le flux de résultats avec la CCAM et les actes réalisés préexistaient à ce travail et nous disposons maintenant du flux de terminologies pour l'imagerie dans son ensemble.

3. Arrêté du 6 avril 2011 relatif au management de la qualité de la prise en charge médicamenteuse et aux médicaments dans les établissements de santé,
Décret n° 2005-1023 du 24 août 2005 relatif au contrat de bon usage des médicaments et des produits et prestations mentionné à l'article L. 162-22-7 du code de la sécurité sociale,
http ://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_1246165/fr/preparer-et-conduire-votre-procedure-de-certification-v2010-revision-2011

4. www.has-sante.fr/portail/jcms/c_672761/agrement-des-bases-de-donnees-sur-les-medicaments

Tableau 4.4: Référentiel du SGL (fichier à plat de niveau résultat).

Liste des informations disponibles
Identifiant de paillasse
Code de paillasse
Identifiant de l'analyse
Libellé court de l'analyse
Libellé long de l'analyse
Code NABM correspondant à l'analyse
Code BHN correspondant à l'analyse
Technique pour l'obtention du résultat
Nature du prélèvement
Code de résultat
Unité du résultat
Libellé court du résultat

4.3 Flux en biologie

4.3.1 État des lieux

4.3.1.1 Référentiel du Système de Gestion de Laboratoires

Les laboratoires de biochimie, d'hématologie, d'immunologie et de pharmacologie sont informatisés de longue date au CHU de Rouen (1989). Il en va de même du retour des résultats de ces laboratoires vers le clinicien [Darmoni *et al.*, 1992]. Actuellement le système de gestion de laboratoire utilisé est DXLAB (depuis 2005). La nomenclature utilisée a été créée localement et nous a été fournie sous forme d'un fichier à plat de niveau résultat (voir le tableau 4.4) et d'un fichier d'analyse mère. Structurellement la nomenclature comprend :

- un niveau analyse, au sein duquel on distingue des analyses mères et des analyses filles,
- un niveau résultat,
- des dictionnaires fournissant les listes de données de certaines variables (nature du prélèvement, paillasses et technique).

Il est de plus fait référence à deux référentiels externes : la NABM et la Biologie Hors Nomenclature (BHN) qui sont utilisées au niveau national pour la facturation. Cette structure a été reproduite dans une base de données, afin d'effectuer les tâches nécessaires.

Le fichier n'est pas structurellement homogène, fonction du laboratoire et probablement de l'historique. La plupart des analyses filles correspondent à des examens biologiques « uniques » et comprennent un ou plusieurs résultats. Dans certains cas, une analyse est en fait un regroupement d'examens, les examens se trouvent alors au niveau résultats (cas du dosage des acides aminés, des recherches d'allergènes...). Ainsi, l'existence de plusieurs résultats pour une analyse fille correspond :

- soit à l'expression de résultats dans des unités différentes,
- soit à l'expression de résultats intermédiaires (temps témoins et temps malade pour un « International Normalized Ratio » (INR)),

- soit à l'existence de lignes de commentaires nécessaires à la bonne compréhension du résultat, pour le biologiste comme pour le clinicien (par exemple l'heure de prélèvement),
- soit au fait que l'analyse fille correspond à plusieurs examens biologiques.

Les analyses mères quant à elles servent à regrouper plusieurs analyses filles. Dans le fichier des analyses mères, chaque analyse mère est reliée aux analyses filles qui la constituent par l'intermédiaire du code analyse.

Au total, la nomenclature utilisée au CHU de Rouen compte 463 analyses mères qui correspondent à des regroupements variés de 1 322 analyses filles. Ces analyses filles renvoient à 4 093 résultats. La plupart des analyses filles ne renvoient qu'un résultat (n=604) mais certaines en renvoient beaucoup plus (max=52). Des correspondances existent entre les résultats et la NABM ou la BHN dans 57.4% des cas.

4.3.1.2 Référentiel de demande

Les services cliniques transmettent aux laboratoires les analyses qu'ils désirent avoir par l'intermédiaire de feuilles de demandes. À partir des 19 feuilles de demandes existantes au CHU de Rouen, on peut constituer une liste des examens pouvant faire l'objet d'une demande. Pour chacun de ces examens, on dispose : du code de demande, du libellé de demande, du laboratoire d'exécution, d'une référence de feuille de demande, d'une URL de feuille de demande, du type de tube à prélever, de la faculté de l'examen biologique à être réalisé en urgence et de commentaires. On trouve 679 demandes structurées sur ces feuilles, chacune d'entre elles correspondant à un code analyse (mère ou fille). Néanmoins, il faut noter que :

- sur chaque feuille, on trouve des champs non-structurés pour prescrire d'autres examens,
- certains codes de demande correspondent à plusieurs demandes (52 demandes concernent 20 codes). Cela correspond à la même analyse dans des contextes différents (par exemple un dosage de la prolactine après un test à la TRH ou après un test au PRIMPÉRAN®),
- certaines demandes correspondent à des analyses n'existant pas dans le référentiel du SGL.

Au total, 230 codes de demande correspondent à une analyse mère et 376 codes de demande correspondent à une analyse fille.

4.3.1.3 Terminologie d'interface de résultats

Le retour des résultats de biologie est d'ores et déjà informatisé et utilisable dans de nombreux établissements de santé. La difficulté se situe au niveau de l'interopérabilité : chaque laboratoire d'analyses médicales dispose de son dictionnaire d'analyses avec ses codes et ses libellés.

Le CHU de Rouen ne déroge pas à cette règle et c'est la nomenclature de DXLAB, décrite dans le paragraphe 4.3.1.1, qui sert de support à la terminologie de résultat. En effet, ce sont les mêmes codes qui vont être utilisés pour le transfert et le stockage des résultats dans le serveur de résultats, toutefois, ce ne sont pas toujours les mêmes libellés qui sont affichés : d'autres réalisations lexicales de même sens ont parfois été préférées pour faciliter la lisibilité des résultats pour les cliniciens.

L'affichage des résultats est le même pour tous les praticiens de l'hôpital : certains examens, dits standards, voient leurs dernières valeurs synthétisées sur l'écran d'accueil (voir la figure 4.3).

EXAMENS DU : 07/01/2013 à 07:00

VS			Fer			Urée		15,0
Hématies		2,98	Ferritine			Créatinine		95
Hémoglobine g/dL		8,6	Cholestérol			Ac. Urique		
Hématocrite		0,24	Triglycérides			Glycémie		5,6
V.G.M.		79,2	Bili.Totale			Sodium		137
Leucocytes		1,6	Amylase			Potassium		4,3
PN.Neutro		0,00	Phos. Alcalines			Chlore		107
PN.Eosino		0,02	GGT			Rés. alcaline		21
PN. Baso.		0,02	TGO			Protides		51
Lymphocytes		0,37	TGP			Calcium		1,95
Monocytes		0,02	CK Totale			Phosphore		
Autres	*		CK-MB I.R.			U Volume		
Plaquettes		7	Gaz du Sang	*		U Sodium		
T.P			pO2	*	Annulé	U Potassium		
T.C.A mal./tém.	*	1,33	sO2	*	Annulé	U Urée		
Complexes sol.			pH	*	Annulé	U Glucose		
P.D.F. plasmatiq			pCO2	*	Annulé	U Protides		
Fibrinogène			HCO3	*	Annulé	U Calcium		

DATE	HEURE	ANALYSES	RESULTATS	ETAT
07/01/2013	15:00	Lipase	77	
07/01/2013	07:00	Hémoglobine mmol/l	5,3	
07/01/2013	07:00	commentaire GB	*	
07/01/2013	07:00	commentaire	*	

AIDE
Pour accéder aux normales et unités, (ou commentaires et résultats complément., signalés par un #), doublecliquez dans la case concernée.

FIGURE 4.3: Écran d'accueil du serveur de résultats pour un patient.

Les autres examens sont regroupés dans un autre onglet et sont affichés dans l'ordre chronologique inverse (voir la figure 4.4).

4.3.2 Méthode

La nomenclature des examens biologiques de DXLAB doit être intégrée dans le flux de terminologies et le référentiel de demande y être adapté. Ceci nécessite :

- que la nomenclature DXLAB soit mise en correspondance avec la nomenclature de référence LOINC, ceci ne peut être fait qu'au niveau résultat ;
- la définition d'une terminologie de prescription permettant de prescrire tous les examens demandables et dont les relations avec la nomenclature de DXLAB seront définies au niveau analyse.

4.3.2.1 Mise en correspondance de la nomenclature locale et de LOINC

Pour des raisons de facturation, les différents examens réalisables au CHU de Rouen sont mis en correspondance avec des codes de la NABM ou de la BHN. Par ailleurs, la Société Française d'Informatique de Laboratoire (SFIL) [5] a mis à disposition des correspondances entre LOINC et ces deux terminologies pour faciliter le travail de mise en correspondance des référentiels locaux et de LOINC. Ces relations ont été exploitées et validées à l'aide d'un formulaire développé pour l'occasion (voir la figure 4.5). Pour les autres résultats, la mise en correspondance a été faite manuellement en recherchant les codes LOINC dans le PTS, dans Bioportal ou grâce aux outils de recherche du site loinc.org. Toutes les correspondances créées ont été validées par une

5. http ://sfil.asso.fr/images/stories/pdf/CLUABM-V7-07Janv09.xls ?phpMyAdmin=N3sl8xmlaqPOTu6G%2C-JX0SzHCA7

EXAMENS	04/01/13 07:00	04/01/13 09:00	04/01/13 14:00	05/01/13 07:00	05/01/13 14:50	05/01/13 21:00	06/01/13 07:00	07/01/13 07:00	07/01/13 15:00
Lipase									77
NUMERATION GLOBULAIRE									
Hémoglobine mmol/l	5,1			4,8		5,6	5,7	5,3	
commentaire GB								¤	
commentaire								¤	
Acide lactique	1,51							1,40	
Albumine								15,80	
Transthyrétine (Préalbumine								0,04	
Zinc									
Sélénium									
Procalcitonine	162,55						66,09		
Digoxine									
Concentration	0,39			1,00			1,69		
Amikacine									
Concentration résiduelle	< 2,5						< 2,5		
Commentaire	¤						¤		
Commentaire	¤						¤		
commentaire plaquettes	¤					¤			
commentaire plaquettes	¤								

Antériorités...

FIGURE 4.4: Historique de l'ensemble des résultats des analyses biologiques réalisées pour un patient.

biologiste dédiée à cette tâche pendant six mois, à raison d'un jour par semaine. Selon les besoins, elle pouvait demander l'aide des spécialistes concernés par les examens considérés.

4.3.2.2 Création de la terminologie de prescription

Ce travail a été réalisé après la mise en correspondance des résultats et de LOINC. Pour chaque examen demandable au CHU de Rouen, et pour certaines analyses susceptibles d'être demandées par l'intermédiaire des champs « autres » des feuilles de demande, plusieurs termes de prescription candidats ont été automatiquement générés :

- le libellé de l'analyse dans DXLAB,
- le libellé de la SFIL,
- la concaténation du « component » et du « system » des codes LOINC. Les composants non cellulaires du sang ont été regroupés sous la dénomination « sang ». Pour la création de ce libellé, les codes LOINC mis en correspondance avec les résultats ont été poussés vers les termes de demandes associés à ces résultats.

Parmi ces libellés, le terme préféré et les synonymes ont été choisis à l'aide d'un formulaire (voir la figure 4.6). Des libellés ont été créés de novo quand l'usage le requérait. Ces termes de prescription étaient, par construction, en correspondance avec les analyses correspondantes du SGL.

NABM_DXLAB_SFIL

NABM 173 LIBELLE FACTEUR DE STABILISATION DE LA FIBRINE (FACT. XIII) : DOSAGE ☑ FAIT ☐ A REVOIR

ANALYSE_DXLAB sous-formulaire

ANALYSE	LIN_ANALYSE	NABM	TECHNIQUE	NATUR	LIBELLE	INTERNAL_UNIT	CODE_LOINC
F13	FACTEUR XIII c	173	F13	sang	FACTEUR XIII c	%	3240-9
		173					

Enr: 1 sur 1

SFIL_LIBLOINC sous-formulaire

Libellé libre	Technique	LOINC N	CODE NABM	DESCRIPTEUR
Facteur XIII patient/témoin	ENZYMO	27815-0	173	Facteur XIII activité patient [Activité catalytique relative] Plasma pauvre en plaqu
Facteur XIII	COAG	3240-9	173	Facteur XIII lyse du caillot [Arbitraire/Volume] Plasma pauvre en plaquettes ; Nu

Enr: 1 sur 2

120 sur 371

FIGURE 4.5: Exemple de mise en correspondance entre un code local (Facteur XIII c) et des codes LOINC par la NABM et les correspondances SFIL.

L'analyse « Facteur XIII c » correspond au code NABM « 173 ». Ce code correspond, selon la SFIL, à deux codes LOINC. L'expert doit trancher entre ces deux codes (et parfois en choisir un autre au sein de LOINC).

ANALYSE CHOL LIN_ANALYSE Cholestérol

LIN_ANALYSE_LONG

NATURE sang

FAIT ☑ A REVOIR ☐ NON PRESCRIVABLE ☐

Term_Prescription sous-formulaire

ANALYSE	Origine	Libelle	Prefere	Synonyme	Supprimer
CHOL	'SFIL	Cholesterol	☐	☐	☑
CHOL	DXlab_Court	Cholestérol	☐	☐	☑
CHOL	Autre	Cholesterolémie	☑	☐	☐
CHOL	LO_CO_SYS	Cholestérol Sang	☑	☐	☐
CHOL	'SFIL	Cholesterol	☐	☐	☑
CHOL			■	■	■

FIGURE 4.6: Choix des termes de prescription : exemple pour le dosage du cholestérol dans le sang.

4.3.3 Résultats

4.3.3.1 Correspondance entre la nomenclature locale et LOINC

Les correspondances de la SFIL ont permis de créer 529 correspondances entre résultat et LOINC. Ces correspondances SFIL sont d'une aide précieuse mais ne permettent pas une automatisation de la mise en correspondance entre la nomenclature DXLAB et LOINC : la SFIL propose plusieurs codes LOINC par code NABM (voir la figure 4.5), et celui pertinent pour le CHU de Rouen ne fait pas toujours partie de cette liste. Les autres correspondances ont été créées entièrement manuellement et ont donc été très chronophages. Au total, sur les 1 322 analyses, 93,9% $[92{,}7\text{-}95{,}2]_{IC95\%}$ ont été mises en correspondance avec LOINC. Ceci correspond à 1 892 lignes résultats mises en relation avec 1 310 codes LOINC différents. Les analyses pour lesquelles aucune correspondance n'a été trouvée dans LOINC concernent le plus souvent des analyses très spécifiques, souvent à la limite de la recherche.

4.3.3.2 Terminologie de prescription

Des termes de prescription ont été définis pour 1 174 prescriptions dont seulement 678 sont actives à Rouen. En plus des libellés préférés, nous avons défini 352 synonymes. Par construction, de nombreux termes de prescription sont composés de l'élément qui est mesuré et de l'élément dans lequel il est mesuré, toutefois, ce n'est pas systématiquement le cas. De la même manière que pour l'imagerie, une intransigeance vis-à-vis de la consistance syntaxique serait contre-productive en donnant à des analyses communes des noms non intuitifs pour les prescripteurs. Ces termes ont le plus souvent été ajoutés comme synonymes.

4.3.4 Discussion

La terminologie d'exécution de biologie du CHU de Rouen a été mise en correspondance avec LOINC, le référentiel international pour les résultats de biologie. La couverture de cette terminologie par LOINC est excellente avec près de 94% de correspondances trouvées. Cette couverture était prévisible [Lin *et al.*, 2011] : les analyses usuelles ont pu être mises en correspondance, mais cela a été plus délicat pour les analyses spécialisées. Par transitivité, les résultats proprement dits, tels que stockés sur le serveur de résultats, sont également en correspondance avec LOINC. Pour la création des libellés et l'achèvement du flux de terminologies, les correspondances entre résultats et LOINC ont été poussées à la terminologie de prescription grâce à la relation entre prescription et terminologie d'interface d'exécution.

La TI de prescription est loin de couvrir l'ensemble des prescriptions possibles. Le gros millier de résultat que l'on peut obtenir à l'aide de cette TI doivent être comparés aux dizaines de milliers d'analyses biologiques différentes contenues dans LOINC, qui n'est pas encore exhaustif [Lin *et al.*, 2011]. Il est donc certain que la couverture de cette TI est loin d'être totale. Cependant, il est important de noter que 332 termes prescriptions couvrent plus de 95% des prescriptions effectivement faites aux États-Unis [LOINC, 2011]. La TI que nous avons créée, si elle ne permet pas de tout prescrire, permet sans doute de réaliser la majorité des prescriptions. Le rapprochement avec l'AP-HP permettra certainement d'en améliorer la couverture.

4.4 Autres terminologies d'interface

Dans le cadre de l'informatisation de la prescription multimodale au CHU de Rouen avec l'outil HEO de McKesson, nous avons été amenés à créer d'autres terminologies que les deux susmentionnées. Nous avons ainsi travaillé sur les actes médicaux, hors imagerie et chirurgie, et sur les demandes d'avis et de consultations spécialisées. Pour ces domaines, il n'était pas question de mettre en place un flux de terminologies, mais juste de pouvoir effectuer des prescriptions à l'aide de l'outil de prescription multimodale.

4.4.1 Terminologie d'interface de prescription des actes médicaux

Pour la création de cette terminologie d'interface, nous avons d'abord extrait de la base PMSI, pour chaque UF du CHU de Rouen, la liste des actes CCAM effectivement saisis sur une période de 6 mois. Ainsi, 1 977 actes.UF ont été considérés.

Chaque acte.UF a été considéré pour évaluer la nécessité de pouvoir le prescrire. Dans l'affirmative, soit un code de prescription correspondant existait déjà et l'acte.UF était rattaché à ce code, soit aucun code de prescription correspondant n'existait et un code était alors créé. On a ainsi une terminologie de prescription directement mise en correspondance avec la CCAM. Par ailleurs, chaque code de prescription était mis en correspondance avec la SNOMED (CT et/ou Internationale).

La hiérarchie de cette terminologie est calquée sur celle de la CCAM. Ainsi, les menus de la CCAM sont conservés et les codes de prescription sont rattachés aux menus correspondant aux codes CCAM auxquels ils sont liés. Par exemple : nous avons créé un code de prescription « Rectosigmoïdoscopie » pour le code CCAM « HJQE001 – Rectosigmoïdoscopie ». Le code CCAM étant un fils du menu CCAM « 7.1.9.1 - Endoscopie du tube digestif », le code de prescription est un fils du même menu. Les parents sont les mêmes jusqu'à la racine de l'arborescence.

La terminologie d'interface de prescription des actes médicaux comprend 252 termes de prescription. Ils correspondent à 434 codes CCAM. Pour 238 d'entre eux, nous avons créé des correspondances avec les SNOMED, essentiellement la SNOMED CT (n=231), la SNOMED Internationale ayant permis de récupérer 7 correspondances supplémentaires.

4.4.2 Terminologie d'interface de demande d'avis

Cette terminologie a été simplement construite à partir du fichier structure du CHU de Rouen. Pour chaque service du CHU, nous avons déterminé s'il y avait lieu de créer un terme de demande de consultation ou de demande d'avis.

Quatre-vingt-dix termes de demande de consultation et 67 termes de demande d'avis ont été créés. La dénomination de chaque service a servi de référence pour définir le libellé du code de prescription de consultation ou d'avis.

4.5 Synthèse

Les terminologies créées et leurs relations sont accessibles sur le PTS et seront pour la biologie et l'imagerie, livrées à l'ASIP-santé pour être disponibles en France. Plusieurs méthodes de création des terminologies d'interface ont été employées durant ce travail. Très formellement d'abord, selon la méthode proposée par Bakshi-Rayez et al. [Bakhshi-Raiez *et al.*, 2010] mais aussi plus simplement à l'aide des ressources déjà disponibles au sein de l'établissement : référentiels d'exécution, fichier structure ou référentiel de facturation. Il ne nous semble pas qu'une méthode se dégage particulièrement. Le choix de l'une ou l'autre dépendra plutôt de l'objectif et des ressources disponibles que de leurs éventuels avantages et inconvénients. Il est à noter que les volumétries mises en jeux dans ces terminologies sont raisonnables (quelques milliers de termes tout au plus) et il est possible qu'un changement d'échelle implique la mise en œuvre d'autres méthodes.

Les terminologies d'interfaces créées sont pour la plupart limitées à ce qui se fait au CHU de Rouen. Le travail avec l'AP-HP devrait permettre de maximiser la couverture pour aboutir à des TI ne demandant qu'un effort limité d'adaptation pour tous les établissements de santé. Cela requiert néanmoins de s'assurer que l'autre aspect de ces TI : la mise en correspondance avec des TR, permet d'aboutir à l'interopérabilité. Le processus de création des flux de terminologies a déjà mis en évidence des lacunes qui pourraient réduire cette interopérabilité et imposer le choix de l'approche unifiée. La prochaine étape consiste donc à confirmer ou infirmer ce sentiment en évaluant la performance de ces référentiels dans le cas d'usage qui est le nôtre : est-il possible pour un système d'information hospitalier de comprendre des informations en provenance d'un autre SIH ?

Troisième partie

Évaluation des terminologies d'interface et des flux de terminologies

Chapitre 5

Validation des alignements entre terminologie d'interface et terminologie de référence

Sommaire

5.1 Introduction **81**
5.2 Méthode **82**
5.2.1 Création des correspondances 82
5.2.2 Évaluation de la concordance entre experts via l'UMLS 84
5.3 Résultats **85**
5.3.1 Correspondances 85
5.3.2 Concordances entre experts 87
5.4 Discussion **87**
5.4.1 Situation de ces résultats par rapport à la littérature 87
5.4.2 Les discordances 88
5.4.3 Limites 89
5.4.4 Perspectives 89
5.5 Synthèse **90**

Il est essentiel pour le fonctionnement des flux de terminologies qu'il n'y ait pas de perte ou de modification de l'information entre différentes étapes. Tant qu'il ne s'agit que d'informations de facturation, ces erreurs ont pour pires conséquences de sur ou sous-facturer des séjours. À partir du moment où des données médicales entrent en jeu, toute approximation peut induire une erreur médicale et potentiellement mettre en danger un patient. La mise en correspondance des TI et des TR est un élément sensible dans cette logique. Il est donc important de s'assurer que les termes mis en correspondance ont bien le même sens, dans tous les cas où ils sont utilisés. C'est le fondement même de l'interopérabilité sémantique (voir le paragraphe 1.3.5.2).

La création de correspondances entre terminologies est un processus complexe. Les correspondances ne peuvent être créées que par des experts et ces derniers ne réussissent pas toujours à se

mettre d'accord dans la mesure où plusieurs solutions sont potentiellement correctes [McCulloch *et al.*, 2005]. De nombreux auteurs se sont attachés à valider des techniques automatiques de mise en correspondance en se comparant à des « gold standard », des correspondances de référence, construits par des experts [Cantor *et al.*, 2003], mais nous n'avons rien trouvé dans la littérature concernant la validité des correspondances dans l'absolu. Cette situation se présente pourtant à chaque intégration d'une nouvelle terminologie au sein de l'UMLS, un processus pourtant standardisé [1].

Le même type de problème a surgi lorsqu'il s'est agi d'évaluer la qualité de l'indexation manuelle des ressources au sein de MEDLINE à l'aide du MeSH : différents indexeurs produisent différentes indexations sans qu'il soit trivial d'identifier la meilleure d'entre elles, si tant est qu'elle existe [Funk & Reid, 1983]. La solution retenue pour assurer la meilleure qualité d'indexation possible a été d'évaluer, et d'améliorer, la concordance entre indexation [Leonard, 1975], qu'il s'agisse de concordance inter ou intra indexeur.

Nous avons participé, durant notre travail, à l'intégration d'une terminologie d'interface iconique (VCM) à un dossier médical informatisé et à un portail de recommandations en santé, pour en faciliter la lecture. Ces intégrations ont été l'occasion d'évaluer la concordance entre deux experts ayant aligné VCM à des TR.

5.1 Introduction

De nombreux auteurs dénoncent la difficulté, pour les médecins, à trouver des informations, que ce soit au sein d'un dossier médical [Christensen & Grimsmo, 2008 ; Coumou & Meijman, 2006 ; Payne *et al.*, 2010] ou des recommandations [Graber *et al.*, 2008 ; Coumou & Meijman, 2006 ; Bernard *et al.*, 2012]. Les terminologies d'interface pourraient favoriser cette recherche d'informations d'au moins 2 manières :

- par une meilleure connaissance des termes utilisés dans ces systèmes d'information : si un médecin connait le terme utilisé pour enregistrer une information, il sera à même de l'utiliser en recherche d'information, ce qui devrait améliorer les performances d'un moteur de recherche. Par ailleurs, les relations existant entre les différents référentiels d'un établissement, peuvent permettre, par exemple, à un médecin de retrouver l'acte CCAM réalisé à partir du terme de prescription. Cet aspect n'a pas été étudié.
- par une facilitation de la navigation : nous avons travaillé, dans le cadre du projet L3IM (voir page 7), à l'intégration de VCM au sein du dossier médical et d'un moteur de recherche de recommandations.

Le langage iconique VCM a déjà été utilisé dans des interfaces graphiques pour faciliter l'accès à des informations sur les médicaments. Il a été démontré que cette interface graphique permettait aux médecins d'accéder aux informations plus rapidement et plus sûrement qu'avec une interface textuelle classique [Lamy *et al.*, 2008b]. Par analogie, l'utilisation de VCM dans les dossiers médicaux ou les moteurs de recherche de recommandations, sous forme de résumé iconique ou de filtre visuel, pourrait faciliter l'accès des médecins aux informations pertinentes.

1. http ://www.nlm.nih.gov/research/umls/knowledge_sources/metathesaurus/mapping_projects/

Pour cela, il importe de le mettre en correspondance avec la terminologie utilisée au sein des différents systèmes, la CIM-10 pour les dossiers médicaux, et le MeSH pour le moteur de recherche de recommandations, c'est à dire d'assigner une ou plusieurs icônes VCM à chaque terme de la CIM-10 et du MeSH.

Dans ce cadre, nous avons évalué la qualité de l'alignement entre la TI (VCM) et les TR (CIM-10 et MeSH) par la concordance entre experts. Pour un même concept de la TR, les icônes mises en correspondance par les deux experts pouvaient être comparées :

- Au niveau de l'icône : les icônes sont-elles identiques ?
- Au niveau des primitives des icônes : les primitives sont-elles les mêmes ?
- Au niveau sémantique : les icônes ont-elles le même sens ?

Nous avons donc étudié la concordance entre deux experts pour évaluer la qualité des alignements entre TI et TR. Trois méthodes de mesure ont été utilisées : une comparaison simple et deux fondées sur l'index de Dice [Dice, 1945], avec ou sans sémantique [Lin, 1998].

5.2 Méthode

5.2.1 Création des correspondances

Dans le cadre de l'intégration de VCM au dossier médical, la CIM-10 a été mise en correspondance avec VCM. En pratique, nous avons manuellement attribué à chaque terme de la CIM-10 une ou plusieurs icônes VCM.

Dans le cadre de l'intégration de VCM à un moteur de recherche de recommandations, le MeSH a été mis en correspondance avec VCM par Gaétan Kerdelhué [Kerdelhué *et al.*, 2010], documentaliste au sein de l'équipe CISMeF. Ces correspondances ont été validées par les inventeurs de VCM, pharmaciens et médecins du LIM&BIO. Certaines catégories du MeSH, telles que les « organismes » (arborescence B du MeSH) ou les « lieux géographiques » (arborescence Z), n'ont pas été alignées à VCM car elles étaient en dehors du domaine de VCM. Chaque descripteur MeSH des catégories pertinentes (par exemple les « maladies » - arborescences C et F03 - ou « l'anatomie » - arborescence A) a été examiné. Il pouvait être aligné à VCM (1) manuellement ou, (2) si le terme MeSH était trop précis par rapport à la granularité de VCM, automatiquement. Dans ce dernier cas, l'icône est héritée du plus proche parent traité manuellement (voir la figure 5.1).

Les correspondances entre le MeSH et la CIM-10 ont été extraites de l'UMLS (voir le paragraphe 2.7.8). Pour chaque correspondance entre la CIM-10 et le MeSH nous avons utilisé les informations suivantes : le descripteur MeSH, le type de relation entre MeSH et VCM (manuelle vs. automatique), les icônes VCM en correspondance avec le descripteur MeSH, le code CIM-10 et les icônes VCM en correspondance avec le code CIM-10. La figure 5.2 représente les relations exploitées.

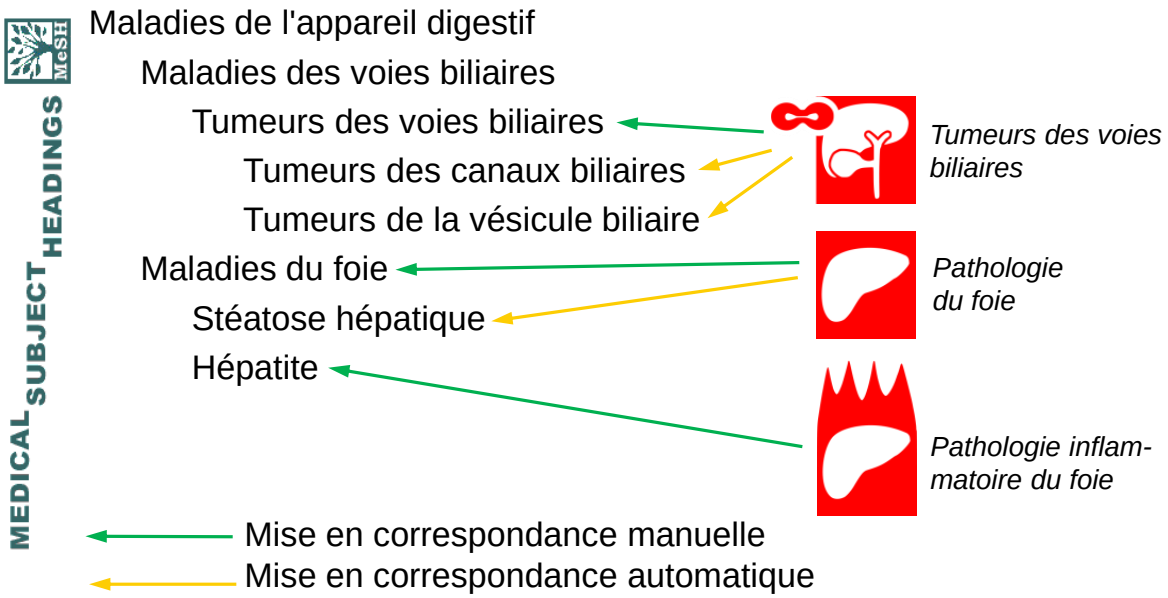


FIGURE 5.1: Mise en correspondance entre icônes VCM et termes MeSH : extrait de l'arborescence C06.

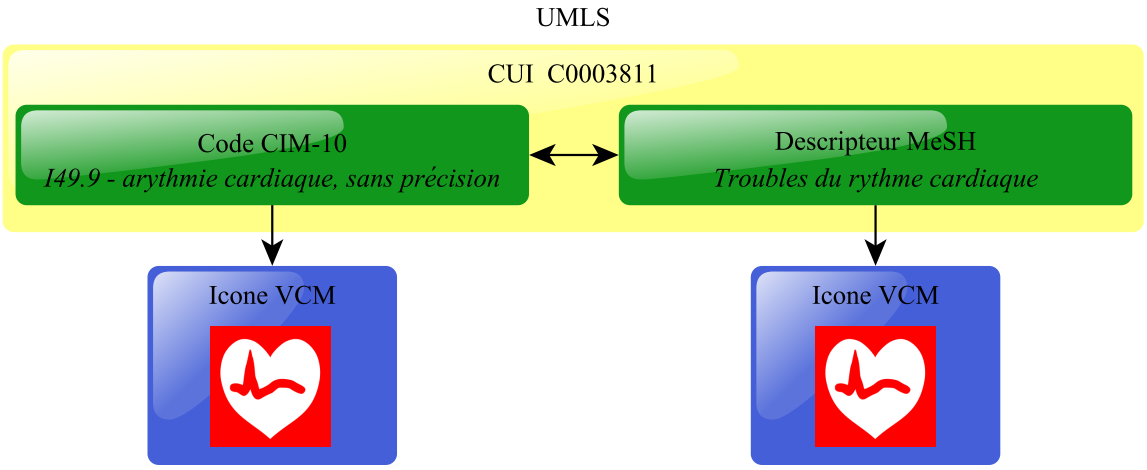


FIGURE 5.2: Relations entre les différentes terminologies utilisées pour ce travail.

5.2.2 Évaluation de la concordance entre experts via l'UMLS

La méthode d'évaluation utilisée la plus fruste était la concordance entre experts. Il s'agit en fait de la proportion de couples CIM-10/MeSH dont les icônes correspondantes étaient strictement identiques (toutes leurs primitives sont identiques) :

$$concordance = \frac{n_{coupleVCMidentique}}{n_{couple}} \tag{5.1}$$

Pour affiner cette mesure, nous avons utilisé le Coefficient de Similarité de Dice (CSD) [Dice, 1945] pour comparer les icônes selon les primitives qui les constituent. Ce coefficient est équivalent à la mesure de Rolling [Rolling, 1981], au « Positive specific agreement » de Fleiss [Fleiss, 1975] et, quand le nombre de primitives est élevé, au coefficient kappa [Cohen, 1960 ; Hripcsak & Rothschild, 2005].

Deux CSD sont calculés, un CSD brut (CSD_{brut}) et un CSD sémantique ($\text{CSD}_{\text{sémantique}}$). Le CSD_{brut} compare strictement les primitives des icônes VCM (échelle de similarité binaire : primitives identiques = 1 vs. primitives différentes = 0) alors que le $\text{CSD}_{\text{sémantique}}$ tient compte du sens des primitives (échelle de similarité continue : de 0 pour des primitives ayant un sens totalement différent à 1 pour des primitives identiques). Le CSD_{brut} est calculé comme suit :

$$CSD_{brut}(I1, I2) = \frac{2 \times |Pr_{I1} \cap Pr_{I2}|}{|Pr_{I1}| + |Pr_{I2}|} \tag{5.2}$$

Avec Ii une icône VCM ; Pr_{Ii} l'ensemble des primitives de l'icône i.

Le $\text{CSD}_{\text{sémantique}}$ est construit en associant le CSD tel que présenté ci-dessus à la similarité sémantique telle que la mesure Lin [Lin, 1998] :

$$sim(Pr_i, Pr_j) = \frac{2 \times \max_{Pr \in S(Pr_i, Pr_j)} \{\log[p(Pr)]\}}{\log[p(Pr_i)] + \log[p(Pr_j)]} \tag{5.3}$$

Où $S(Pr_i, Pr_j)$ représente l'ensemble des parents communs aux primitives Pr_i et Pr_j ; et $p(Pr)$ la probabilité de trouver Pr ou un de ses descendants dans un corpus de référence (ici l'ensemble des correspondances entre la CIM-10, le MeSH et VCM). Le résultat est compris entre 0 (pour des primitives dont le seul parent commun est la racine de l'arborescence) et 1 (lorsque $Pr_i = Pr_j$).

L'idée, empruntée à Névéol et al. [Neveol *et al.*, 2006], est de modifier l'équation 5.2 en remplaçant le numérateur par la similarité de Lin : la présence d'une primitive au sein de l'intersection est remplacée par la meilleure similarité sémantique obtenue pour cette primitive au sein du jeu de primitives de l'autre icône. La formule du $\text{CSD}_{\text{sémantique}}$ est donc :

$$CSD_{sémantique}(I1, I2) = \frac{\sum_i \max_j [sim(Pr_i, Pr_j)] + \sum_j \max_i [sim(Pr_i, Pr_j)]}{|Pr_{I1}| + |Pr_{I2}|} \tag{5.4}$$

Où $sim(Pr_i, Pr_j)$ est calculée à l'aide de l'équation 5.3 ;

Les trois métriques utilisées varient de 0 à 1 et, dans tous les cas, un 1 signifie que les icônes sont identiques. Le tableau 5.1 présente la décomposition en primitives des icônes correspondant au CUI C0040149. Les meilleures similarités entre ces primitives (pour le $\text{CSD}_{\text{sémantique}}$) ou leur

Tableau 5.1: Décomposition des icônes de deux termes mis en correspondance par l'UMLS.

	Termes partageant le même CUI (C0040149)	
	Thyroïdite subaiguë (MeSH, correspondance automatique)	E06.1 - thyroïdite subaiguë
Icônes VCM	$I_1 =$	$I_2 =$
Primitives	État actuel Pathologie Glande, système endocrine	État actuel Pathologie Inflammation Thyroïde

intersection (pour le CSD_{brut}) sont résumées dans le tableau 5.2. Ainsi, pour ces deux icônes, on obtient :

- $concordance = 0/1$
- $CSD_{brut}\,(I1, I2) = 4/7$
- $CSD_{sémantique}\,(I1, I2) = 6,05/7$

Seules les correspondances impliquant **une** icône pour le code CIM-10 et **une** icône VCM pour le descripteur MeSH ont été utilisées du fait des difficultés pour comparer plusieurs icônes VCM simultanément. Aussi, tout couple dont le code CIM-10 ou le descripteur MeSH était en correspondance avec plus d'une icône VCM était exclu de l'étude. Une analyse de sensibilité incluant tous ces couples comme des couples discordants a été réalisée.

5.3 Résultats

5.3.1 Correspondances

Les icônes VCM correspondant aux descripteurs MeSH ont été assignées manuellement pour 1 830 d'entre eux et automatiquement (selon la hiérarchie du MeSH) pour 8 953 descripteurs MeSH. Ce travail d'alignement a en outre permis de spécifier le langage VCM et a par conséquent été très chronophage (plusieurs mois-hommes). Tous les termes de la CIM-10 se sont vus assigner une ou plusieurs icônes VCM. Cela a pris environ 70 heures pour réaliser les 19 852 correspondances.

Il existe au sein de l'UMLS 1 887 correspondances entre la CIM-10 et le MeSH (soit respectivement 9,5% et 13,6% des termes iconisés). Deux cent quatre-vingt-une d'entre elles concernent des termes représentés par plusieurs icônes VCM et ont donc été exclues de cette étude. Sur les 1 606 correspondances restantes, 528 impliquaient des termes MeSH associés manuellement à des icônes VCM, les autres étant associés automatiquement (voir la figure 5.3).

Tableau 5.2: Calcul du numérateur décomposé par primitive.

	Primitives		CSD	
	MeSH	CIM-10	Brut	Sémantique
Meilleures similarités pour les primitives MeSH	État actuel	État actuel	1	1
	Pathologie	Pathologie	1	1
	Glande, système endocrine	Thyroïde	0	0,85
Meilleurs similarités pour les primitives CIM-10	État actuel	État actuel	1	1
	Pathologie	Pathologie	1	1
	Glande, système endocrine	Thyroïde	0	0,85
	Pathologie	Inflammation	0	0,35
Total numérateur			4	6,05

Pour le CSD_{brut} le nombre correspond à l'intersection des éléments des colonnes primitives.
Pour le $CSD_{sémantique}$ le nombre correspond à la similarité maximale obtenue entre les éléments des colonnes primitives.

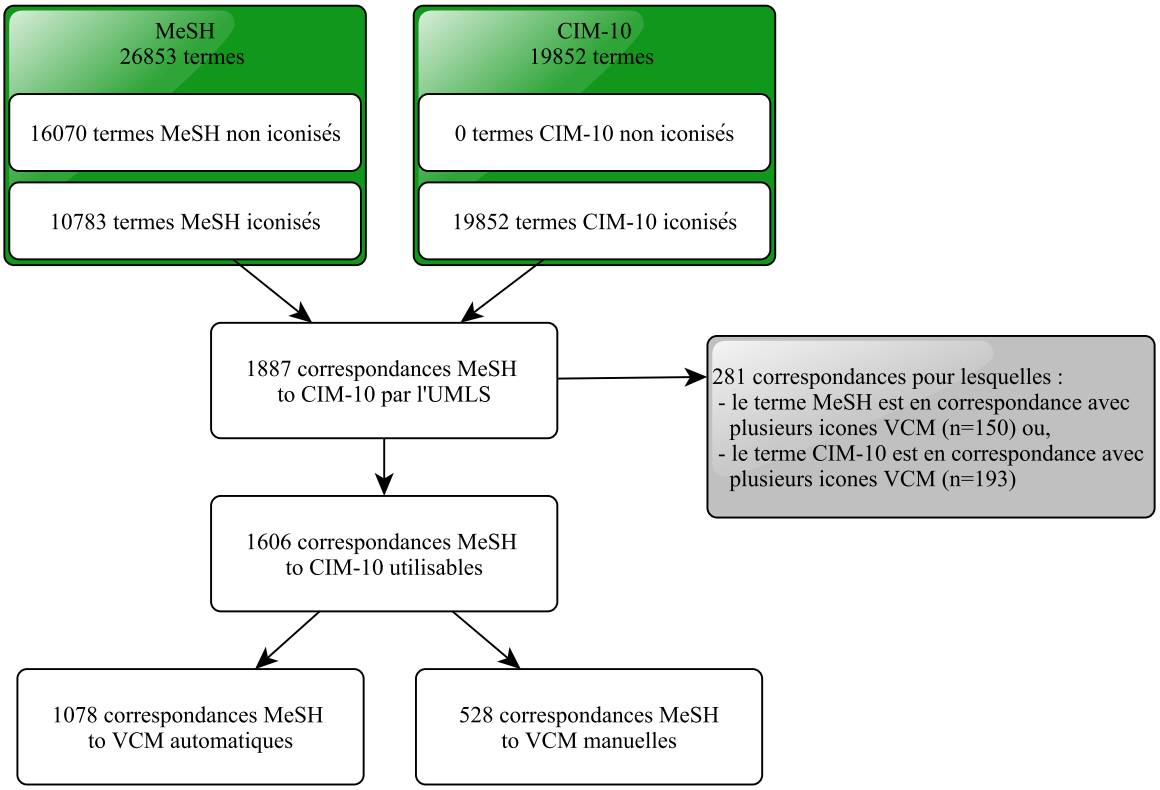


Figure 5.3: Correspondances entre la CIM-10 et le MeSH.

Tableau 5.3: Comparaison des concordances selon le mode de création des correspondances (manuelle vs. automatique).

	Correspondance entre MeSH et VCM				p
	Manuelle (n=528)		Automatique (n=1 078)		
Concordance	74,2%	$[70,5\text{-}78,0]_{IC95\%}$	60,5%	$[57,6\text{-}63,4]_{IC95\%}$	$^{*}p<10^{-4}$
CSD_{brut}	92,7%	$[91,4\text{-}93,9]_{IC95\%}$	88,1%	$[87,1\text{-}89,2]_{IC95\%}$	$\$p<10^{-4}$
$CSD_{sémantique}$	95,6%	$[94,8\text{-}96,4]_{IC95\%}$	92,4%	$[91,6\text{-}93,1]_{IC95\%}$	$\$p<10^{-4}$

* : test du χ^2. $: test de Mann-Whitney.

5.3.2 Concordances entre experts

Sur les 1 606 couples MeSH-CIM-10 étudiés, la concordance brute est de 65,0% $[62,7\text{-}67,3]_{IC95\%}$. Les CSD, qui descendent jusqu'aux primitives, sont sensiblement meilleurs : les CSD_{brut} et $CSD_{sémantique}$ moyens sont respectivement de 89,6% $[88,8\text{-}90,5]_{IC95\%}$ et de 93,4% $[92,9\text{-}94,0]_{IC95\%}$. La concordance entre experts varie selon la méthode utilisée pour la création des correspondances. Les correspondances manuelles sont plus concordantes que les correspondances automatiques, quelle que soit la méthode de mesure utilisée (voir le tableau 5.3). Le tableau 5.1 fournit un exemple de discordance entre icônes basé sur le concept UMLS « thyroïdite subaiguë ».

L'analyse de sensibilité met en évidence des scores de concordance inférieurs à ceux observés dans l'analyse principale avec :

Concordance brute : 55,3% $[53,1\text{-}57,6]_{IC95\%}$

CSD_{brut} : 76,3% $[74,7\text{-}77,9]_{IC95\%}$

$CSD_{sémantique}$: 79,5% $[77,9\text{-}81,1]_{IC95\%}$

5.4 Discussion

Cette étude a révélé une concordance inter-expert de 65%. De façon assez prévisible, les résultats étaient significativement meilleurs pour les correspondances manuelles (74,2%) que pour les correspondances automatiques (60,5%). Les CSD, qui prennent plus en compte le sens global des icônes affichent des résultats meilleurs, avec un CSD sémantique à 93,4% en moyenne.

5.4.1 Situation de ces résultats par rapport à la littérature

La seule étude qui soit vraiment comparable à la nôtre est celle de Wieteck [Wieteck, 2008]. Son travail avait pour objectif de mettre en correspondance l'« European Nursing care Pathway » (ENP) et l'« International Classification for Nursing Practice » (ICNP), deux terminologies dédiées aux soins infirmiers, respectivement mono et multiaxiales. Des concordances brutes inter-experts ont été mesurées pour chacun des axes, allant de 73% à 100%. La publication ne révèle toutefois pas la concordance au niveau des termes post-coordonnés, celle qui serait comparable à nos 65% de concordance brute.

La concordance inter-indexeur a été plus étudiée. L'étude princeps de la concordance inter-indexeur pour les ressources de MEDLINE montrait une concordance de 48% pour les termes d'indexation simples, cas le plus comparable au notre [Funk & Reid, 1983]. Il s'agit toutefois de la consistance selon Hooper [Hooper, 1965] qui est par définition inférieure au CSD_{brut} mesuré ici, sans qu'il soit évident d'estimer ce biais. Leininger [Leininger, 2000] a mesuré la concordance inter-indexeur au sein d'une autre base de données (PsycINFO), fondée sur une autre terminologie. La concordance selon Hooper était de 49% alors que celle selon Rolling (et donc équivalente au CSD_{brut}) était de 63%, de manière consistante avec l'ensemble de la littérature sur le sujet. Nos résultats semblent donc très satisfaisants.

Selon le classement usuel des valeurs de coefficient kappa [Landis & Koch, 1977], les CSD observés ici sont excellents (>0,8). Le CSD_{brut} n'est équivalent au coefficient kappa que lorsque le nombre de primitives tend vers l'infini, ce qui n'est pas le cas (n=221). Le nombre de primitives semble toutefois suffisant pour pouvoir considérer que le biais est limité.

Une explication possible de ces bons résultats réside dans la faible granularité de VCM. Même s'il est possible de composer plusieurs millions d'icônes différentes à l'aide de VCM, les 221 primitives, réparties sur 6 niveaux hiérarchiques sont plus grossières que les ≈ 20 000 termes de la CIM-10 ou du MeSH.

5.4.2 Les discordances

Plusieurs hypothèses sont envisageables pour expliquer les discordances observées.

D'abord, les deux experts n'ont pas la même formation. L'un est documentaliste, rompu à l'utilisation du MeSH, et l'autre est médecin de santé publique, familier de la CIM-10. Landes et Spidal [Landes & Spidal, 2003] ont montré que cela pouvait entraîner des différences d'indexation. Cela pourrait avoir le même effet sur les mises en correspondance. Ainsi les différences dans les correspondances à VCM peuvent s'expliquer en partie par une différence de point de vue sur la maladie. La modification du CSD pour prendre en compte la sémantique des primitives permet de limiter ce type de discordance [Sánchez & Batet, 2011].

Ensuite, le fait, pour deux termes de partager un même CUI au sein de l'UMLS est parfois discutable au regard des utilisations différentes des terminologies [Bodenreider *et al.*, 2002]. C'est d'ailleurs pourquoi nous avons introduit une nouvelle relation au sein de notre portail terminologique de santé : « Correspondance UMLS erronée », qui signifie que, dans notre contexte d'utilisation de l'UMLS, nous ne souhaitons conserver que les relations « Exact Match » (au sens SKOS du terme). Malheureusement, il arrive régulièrement que ces correspondances UMLS soient en fait des relations « Broader Than-Narrower Than » (BT-NT), « Narrower Than-Broader Than » (NT-BT) voire « close match ».

Enfin, VCM est un langage compositionnel multiaxial, de ce fait, un concept peut être représenté de plusieurs manières différentes (redondance que Cimino [Cimino, 1998] juge indésirable). Cette limite s'applique essentiellement aux cas ou plusieurs icônes sont utilisées. Dans le cas ou une seule icône est utilisée, les représentations différentes ont rarement le même sens : il s'agit plus souvent d'une différence de point de vue quant au concept représenté que de redondance, les deux étant tout autant indésirables.

5.4.3 Limites

L'exclusion des correspondances mettant en jeux plusieurs icônes VCM est une première limite importante de cette étude. En effet, il est tout à fait possible que ces correspondances, plus complexes, soient plus sujettes à erreur et à variation que les correspondances ne mettant qu'un icône en jeu. Dans cette hypothèse, les concordances observées seraient artificiellement supérieures aux concordances réelles ce qui pourrait remettre en cause le bien-fondé de l'utilisation de ces terminologies dans des applications médicales. Néanmoins, l'analyse de sensibilité incluant les 281 correspondances multi-icônes, en considérant qu'elles sont toutes discordantes, met en évidence des niveaux de concordance toujours comparables à ceux observés dans la littérature et un bon coefficient kappa [Landis & Koch, 1977].

Une deuxième limite de ce travail est la réalisation ouverte des correspondances entre la CIM-10 et VCM. En effet, les correspondances MeSH-CIM-10 et les correspondances MeSH-VCM étaient disponibles dans le PTS au moment où les correspondances CIM-10-VCM ont été réalisées. Néanmoins, le PTS n'a été utilisé que dans un nombre limité de cas et il est peu probable que cela ait un impact important sur les résultats.

Enfin, ces résultats ne concernent que 15% (1 606/10 783) et 8% (1 606/19 852) respectivement des termes MeSH et CIM-10 iconisés. Néanmoins, il n'y a pas de raison de penser que la qualité des correspondances avec VCM soit différente dans les parties complémentaires du MeSH et de la CIM-10. Aussi, nous avons estimé que VCM, et M. VCM (voir page 39), étaient utilisables au sein d'applications médicales reposant sur la CIM-10 ou le MeSH, avec un niveau de confiance élevé sur la qualité des correspondances.

5.4.4 Perspectives

Les deux jeux de correspondances (MeSH-VCM et CIM-10-VCM) seront conservés, pour les activités de recherche, dans le PTS et son successeur, HeTOP, qui est accessible dans de multiples langues (16 pour le MeSH et 11 pour la CIM-10). Il est intéressant de noter que VCM est indépendant du langage et qu'on peut donc utiliser ces icônes dans les outils fondés sur le MeSH et la CIM-10, quelle que soit leur langue. Néanmoins, si on envisage des solutions pour la pratique courante des médecins incluant un dossier médical iconisé et un outil de recherche de recommandations iconisé, on imagine mal que le même concept soit représenté différemment dans les deux outils. Un important travail d'adjudication, et peut être des modifications profondes de VCM, sera donc nécessaire avant de pouvoir exploiter pleinement ces correspondances en production. Une amélioration du processus automatique de mise en correspondance du MeSH et de VCM, de manière à obtenir une meilleure concordance entre les correspondances CIM-10 et MeSH pourrait faciliter ce travail. Les membres du consortium L3IM ont prévu de travailler sur ce sujet en utilisant la version ontologique de VCM [Lamy *et al.*, 2013].

5.5 Synthèse

Nous avons vu qu'il était possible d'obtenir une bonne qualité d'alignement entre TI et TR. Ce niveau n'est toutefois pas suffisant pour des applications sensibles telles que la prescription de médicaments ou d'examens invasifs ou irradiants. Il est donc essentiel d'apporter un soin particulier à la constitution des correspondances. Les référentiels pour les médicaments, déjà utilisés dans la distribution depuis longtemps, ont atteint un niveau élevé de sécurité quant aux correspondances entre les noms commerciaux, les Dénomination Commune Internationale (DCI), les codes Code Identifiant de Présentation (CIP), ATC [2]... Le même niveau de sécurité est à atteindre dans le domaine des examens complémentaires en biologie et imagerie.

Il reste à développer des méthodes permettant de faciliter la conservation d'une bonne qualité des correspondances avec l'évolution des différentes terminologies. En effet, Wade et Rosenbloom [Wade & Rosenbloom, 2010] ont mis en évidence que les évolutions d'une terminologie pouvaient avoir un impact très important sur la validité des correspondances avec cette terminologie. Certaines terminologies, comme la CIM-10 ou VCM évoluent peu et la maintenance des correspondances entre ces terminologies devrait être aisée. Le MeSH, mis à jour tous les ans, ou LOINC, mis à jour deux fois par an, nécessiteraient par contre beaucoup plus de travail. La maintenance des correspondances entre les TI de biologie et LOINC va donc nécessiter un travail régulier de la part de tous les utilisateurs, et notamment des laboratoires de biologie médicale. Tous n'auront sans doute pas les mêmes moyens à affecter à ce travail et il faudra donc trouver, dans le cadre du projet TeRSan ou après, des méthodes permettant de réconcilier des correspondances à des versions différentes de la TR.

2. Il s'agit de différentes classifications des médicaments

Chapitre 6

Évaluation de l'utilisabilité d'un moteur de recherche avec TI iconique

Sommaire

6.1 Introduction **92**

6.2 Matériel **92**

6.2.1 CISMeF-BP & Doc'CISMeF 92

6.2.2 Intégration de VCM dans Doc'CISMeF 93

6.2.3 Étude d'utilisabilité 94

6.2.4 Analyses statistiques 95

6.3 Résultats **95**

6.3.1 Intégration de VCM dans Doc'CISMeF 95

6.3.2 Étude d'utilisabilité 97

6.4 Discussion **99**

6.4.1 Effet de supériorité des images 99

6.4.2 Temps et recherche d'information 100

6.4.3 Limites 100

6.4.4 Perspectives et conclusions 101

6.5 Synthèse **101**

Les terminologies d'interface ont pour principale vocation d'améliorer l'utilisabilité des outils et, par l'intermédiaire des TR, l'interopérabilité entre différents systèmes. Il est toutefois nécessaire d'objectiver ces deux points par des évaluations. Nous venons de voir que la qualité des correspondances entre le MeSH et VCM était tout à fait acceptable pour une utilisation au sein d'un moteur de recherche de recommandations médicales. Dans cette partie, nous allons présenter plus en détail l'intégration de VCM au sein de ce moteur de recherche, et son évaluation en termes d'utilisabilité.

6.1 Introduction

Internet est une mine d'informations en santé, néanmoins, il n'est pas toujours évident, pour un médecin, de trouver la bonne recommandation au bon moment [Coumou & Meijman, 2006 ; Graber *et al.*, 2008 ; Bernard *et al.*, 2012]. Des portails de santé, disponibles sur internet, qui visent à faciliter ce travail : medhunt [1], CISMeF, ... Koch [Koch, 2000] définit ces portails comme des services internet qui appliquent des critères standardisés de qualité pour trouver et sélectionner les ressources qu'ils référencent. CISMeF-Bonnes Pratiques (CISMeF-BP) [2] est un de ces portails. DC est un moteur de recherche sémantique [Darmoni *et al.*, 2001a] qui permet de naviguer parmi les 4 000 recommandations ou conférences de consensus référencées dans CISMeF-BP. Ce type de moteur de recherche facilite la recherche de ressources, mais a ses limites : les résultats des requêtes peuvent ne pas être pertinents car l'utilisation de ce type d'outil requiert des compétences en recherche d'information que les médecins n'ont pas nécessairement [Davies & Harrison, 2007].

Lamy et al. [Lamy *et al.*, 2010] ont suggéré que VCM pourrait faciliter l'utilisation de moteurs de recherche médicaux. Deux implémentations ont déjà été réalisées [Lamy *et al.*, 2008b-a] et ont montré de bons résultats : les tâches étaient réalisées plus rapidement et plus précisément. Les icônes sont à la fois plus faciles, plus rapides et plus attrayantes à lire que du texte [Horton, 1994]. L'utilisation de VCM dans DC devrait donc améliorer le vécu des médecins effectuant des recherches d'information dans CISMeF-BP. L'objectif de ce travail était donc d'intégrer VCM dans DC et d'évaluer l'utilisabilité de la nouvelle version de DC.

6.2 Matériel

6.2.1 CISMeF-BP & Doc'CISMeF

Les milliers de ressources rassemblées dans CISMeF-BP sont manuellement décrites à l'aide des métadonnées définies par le Dublin Core [Darmoni *et al.*, 2001b] et indexées à l'aide du thesaurus MeSH (voir page 38). De la même manière que dans MEDLINE, les indexeurs doivent sélectionner les « check-tag » pertinents (des termes d'indéxation très généraux caractérisant notament les populations concernée par le document – tranche d'âge, sexe... de la population concerné) et peuvent pondérer l'indexation MeSH en « majeur » ou « mineur ».

Le moteur de recherche sémantique DC a été développé pour permettre aux médecins de trouver les ressources d'intérêt au sein de CISMeF-BP[Darmoni *et al.*, 2001a]. Ce moteur de recherche extrait les descripteurs MeSH ou les termes de métadonnées des requêtes des utilisateurs et retourne les ressources correspondantes. Les ressources indexées à l'aide de descripteurs majeurs apparaissent en premier dans la liste de résultats. Les ressources avec la même pondération, cas qui arrive très fréquemment, sont affichées dans l'ordre chronologique inverse : les ressources les plus récentes apparaissent avant les plus anciennes. Il est possible d'affiner une recherche à l'aide de facettes [Tunkelang, 2009] qui permettent de préciser certaines métadonnées de la

1. http ://www.hon.ch/HONsearch/Patients/medhunt.html
2. http ://doccismef.chu-rouen.fr/dc/#env=bp

ressource cherchée telles que l'éditeur, le type, le pays de publication. Néanmoins, trouver la bonne ressource au bon moment reste difficile puisque les requêtes ramènent souvent beaucoup de ressources.

6.2.2 Intégration de VCM dans Doc'CISMeF

6.2.2.1 Alignement à une TR

DC fonctionne avec le MeSH en tant que terminologie de référence. Pour pouvoir utiliser VCM dans DC en tant que terminologie d'interface on a exploité les correspondances précédemment réalisées entre ces deux terminologies (voir le paragraphe 5.2.1 et la figure 5.1). Ainsi, par transitivité, il est possible de représenter les ressources indexées dans CISMeF-BP à l'aide des icônes VCM et non plus seulement à l'aide des descripteurs MeSH.

6.2.2.2 Conception de l'interface

Des focus groups dirigés par 4 ergonomes expérimentés et incluant 8 généralistes ont été organisés sur deux demi-journées distantes de 15 jours. Pendant ces deux semaines, les généralistes pouvaient se connecter à une plateforme web leur permettant d'apprendre à manipuler le langage VCM avec des explications, des exemples et des exercices [Lim&Bio, n.d.]. Trois quarts des participants se sont connectés à cette plateforme, mais aucun d'entre eux n'y a passé 4 heures, aussi, une session d'entraînement rapide a été mise au point par les créateurs de VCM et montrée à tous les médecins avant la deuxième session. Cette session permettait de comprendre le mécanisme de compositionalité des icônes VCM ainsi que les primitives les plus couramment utilisées en 20 minutes.

La première session des focus groups avait pour objectif d'identifier les difficultés rencontrées par les médecins pour accéder aux informations dans leur pratique quotidienne. À ce titre, deux cas cliniques étaient proposés, sur la dyslipidémie et l'asthme. Chacun des cas cliniques s'achevait par une requête à lancer dans DC. Les résultats de ces requêtes étaient fournis aux médecins au format papier (les écrans de résultats étaient imprimés) de manière à leur permettre d'annoter, modifier, souligner les différents éléments présents sur les pages. Dans un second temps, ils avaient accès à la version informatique de ces résultats et leurs commentaires étaient enregistrés. À aucun moment, les médecins n'accédaient aux recommandations proprement dites, ils ne travaillaient qu'avec les pages de résultats fournis par DC.

Durant la seconde session des focus groups, les médecins, par groupe de deux, réfléchissaient à l'utilisation de VCM pour résoudre les problèmes détectés durant la première session : quelle information représenter ? Où mettre les icônes ? Combien en mettre ? Les solutions envisagées étaient ensuite présentées aux autres médecins et argumentées. Là encore, les commentaires étaient enregistrés.

Les informations recueillies durant ces focus groups et l'analyse des requêtes les plus fréquentes ont permis à l'équipe CISMeF de mettre au point un prototype d'interface iconique. Ce prototype a bénéficié d'une analyse ergonomique fondée sur les critères de Bastien et Scapin [Bastien & Scapin, 1993]. Chaque problème ergonomique rencontré était documenté : composant

de l'interface présentant le problème, problème présenté, conséquence du problème pour l'utilisateur et gravité du problème pour l'utilisateur. Si possible, les ergonomes proposaient des pistes d'améliorations du prototype. L'équipe CISMeF s'est concentrée sur les problèmes sérieux et les problèmes faciles à résoudre pour la version finale de DC intégrant VCM.

6.2.3 Étude d'utilisabilité

Quatre scénarios ont été utilisés pour l'évaluation (asthme, dyslipidémie, pneumopathie et infection urinaire). Chacun était constitué d'un court cas clinique, d'une question sur ce cas et d'une requête à lancer dans DC, par exemple :

> « Vous constatez une infection urinaire chez une patiente enceinte. Vous vous rendez sur CISMeF Bonnes pratiques et tapez "infections urinaires" dans le but de rechercher les options thérapeutiques disponibles. »

Les évaluateurs ne pouvaient pas modifier les requêtes mais pouvaient utiliser la recherche par facette. Il leur était demandé de sélectionner les ressources qui leur semblaient pertinentes. Dans l'objectif de limiter la durée des évaluations, les évaluateurs n'avaient pas à accéder aux ressources proprement dites, une étude précédente ayant montré que 90% des médecins généralistes trouvent l'information qu'ils cherchent quand ils ont trouvé la ressource qui la contient [Baert-Quibel, 2004].

Les requêtes manquaient volontairement de précision pour augmenter le nombre de résultats (en moyenne 34) et donc la difficulté pour les évaluateurs. Par ailleurs, l'analyse des logs de DC montre que les requêtes les plus fréquentes ne contiennent que le nom d'une maladie. Chacun des résultats des requêtes était classé pertinent ou non pertinent. Contrairement aux évaluateurs, l'expert devait accéder aux ressources pour être certain de la présence ou de l'absence de la réponse. Vingt médecins ont été recrutés pour cette étude : 10 du CHU de Rouen (principalement des urgentistes) et 10 généralistes affiliés à la Société Française de Médecine Générale (SFMG). Chacun d'entre eux a réalisé les 4 scénarios : 2 avec la version classique de DC (sans VCM) et 2 avec la version iconisée (avec VCM). Les ordres de passation des scénarios et de l'utilisation de VCM étaient contrôlés dans le plan expérimental :

- 5 évaluateurs passaient les scénarios 1 et 2 avec VCM puis les scénarios 3 et 4 sans VCM
- 5 évaluateurs passaient les scénarios 1 et 2 sans VCM puis les scénarios 3 et 4 avec VCM
- 5 évaluateurs passaient les scénarios 3 et 4 avec VCM puis les scénarios 1 et 2 sans VCM
- 5 évaluateurs passaient les scénarios 3 et 4 sans VCM puis les scénarios 1 et 2 avec VCM

Les évaluateurs étaient sensés utiliser la plateforme d'apprentissage de VCM avant l'évaluation, mais l'historique des connections a montré que seuls 30% à 40% des évaluateurs l'avaient fait. Pour limiter le biais contre VCM, les évaluateurs ont réalisé la même session d'entraînement rapide que pour les focus groups. Par ailleurs, un scénario supplémentaire a été créé pour permettre aux évaluateurs de découvrir la nouvelle version de DC. L'évaluation ne commençait que lorsque l'évaluateur se sentait confiant dans sa capacité à exploiter le nouveau DC. Le consentement éclairé de chaque évaluateur était documenté avant toute évaluation.

Les évaluations étaient réalisées dans une salle dédiée, calme, sur des ordinateurs fournis par l'équipe en charge de l'évaluation (disposant d'un logiciel d'enregistrement des actions (clavier,

souris), d'une webcam et d'un microphone). Les médecins hospitaliers disposaient d'une salle mise à disposition par le CHU de Rouen, tandis que les généralistes réalisaient les évaluations dans une salle mise à disposition par la SFMG.

Les évaluateurs avaient pour consigne de « penser à voix haute » et étaient enregistrés pour permettre la mesure des temps et l'analyse de leur satisfaction [Cimino *et al.*, 2001]. Après l'évaluation, les évaluateurs devaient remplir une « System Usability Scale » (SUS) [John Brooke, 1996 ; Bangor, 2009] et étaient interrogés par des ergonomes pour évaluer leur satisfaction. Le SUS est composé de 10 affirmations à coter de 1 à 5 (voir annexe B). Le score final est compris entre 0 et 100, l'utilisabilité et la satisfaction du répondeur augmentent avec le score.

Les critères de jugement utilisés sont les suivants :

- Le succès de la recherche d'information : est-ce que l'évaluateur à choisi une ressource pertinente ? Il s'agit du critère principal de jugement permettant de savoir quelle version de DC permet un meilleur taux de succès des recherches d'information.
- Pour les évaluations pour lesquelles la première ressource sélectionnée est pertinente, le temps passé à rechercher l'information (t_{RI}). Ce temps est mesuré entre le lancement de la requête dans DC et la sélection de la première ressource. On peut ainsi déterminer quelle version de DC permet aux utilisateurs de gagner du temps.

6.2.4 Analyses statistiques

Les taux de succès selon les facteurs contrôlés ont été comparés à l'aide du test exact de Fisher ou du test du χ^2. Les t_{RI} ont été comparés par Analyse de variance (ANOVA), l'homoscedasticité vérifiée par le test de Bartlett. Les facteurs contrôlés ont été ajoutés au modèle. Des courbes de Kaplan-Meyer ont été dessinées, représentant les taux de succès en fonction du temps et de la version de DC. Les courbes ont étés comparées à l'aide du test du log-rank.

6.3 Résultats

6.3.1 Intégration de VCM dans Doc'CISMeF

Les participants aux focus groups ont relevé 3 difficultés principales :

- les notices des ressources sont trop longues et il y a trop de mots clés : c'est difficile à lire,
- certains résultats sont surprenants au vu de la requête : ils n'ont aucun rapport (problème de mot clé ambigu, d'indexation trop fine par rapport au titre de la recommandation...),
- ces requêtes ramènent trop de résultats qu'il est fastidieux de trier à la main.

Dans l'objectif de limiter ces difficultés, VCM a été intégré à l'interface selon deux modalités :

- Les mots clés MeSH de chaque ressource ramenée par DC ont été supprimés et remplacés par les icônes correspondantes aux mots clés majeurs et aux « check tags » (voir la figure 6.1). Cela facilite à la fois la lecture des notices et l'élimination des ressources non-pertinentes.
- Un filtre basé sur VCM permet d'affiner les résultats de la requête rapidement (voir la figure 6.2). Ce filtre rassemble toutes les icônes présentes au moins dans un résultat. Celles-ci

FIGURE 6.1: Les notices dans Doc'CISMeF classiques (A) ou avec icônes VCM (B).

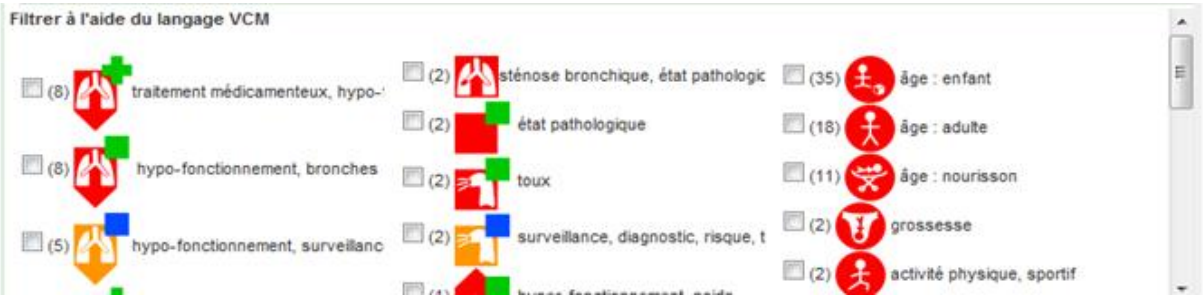


FIGURE 6.2: Le filtre de recherche basé sur VCM.

sont réparties dans trois colonnes, chacune triée par fréquence d'apparition des icônes. La colonne de gauche rassemble les icônes ayant le même pictogramme central que le terme de la requête. La colonne de droite rassemble les icônes des « check-tag ». La dernière colonne rassemble toutes les autres icônes.

L'étude ergonomique a mis en évidence 31 problèmes dont 7 ont été corrigés (par exemple la superposition d'icônes, le temps d'apparition des infos-bulles...). Les autres problèmes n'ont pas été corrigés car :

- certains n'étaient pas du ressort de l'équipe CISMeF (n=5) : par exemple la définition précise des tranches d'âges concernées par les pictogrammes « enfant », « adultes », « adolescents »,
- d'autres nécessitaient une quantité de travail disproportionnée (n=6) : par exemple faire fonctionner le filtre non sur les icônes, mais sur les primitives,
- enfin, beaucoup n'ont pas été jugés suffisamment graves pour justifier le travail nécessaire à leur correction (n=13) : par exemple, les cases à cocher sont situées à gauche des icônes dans le filtre (voir la figure 6.2) et à droite dans la zone de désélection.

Tableau 6.1: Facteurs associés à l'échec de l'évaluation (analyse univariée ; n=80).

		OR	IC95%§	p
Version de DC	Avec VCM	Réf*		0,03
	Sans VCM	9,5	$[1,2-442]$	
Ordre d'utilisation des versions de DC	Version iconisée d'abord	Réf*		1
	Version classique d'abord	0,8	$[0,1-4]$	
Rang de passation des scénarios	Les deux premiers	Réf*		1
	Les deux derniers	0,8	$[0,1-4]$	
Scénario	Asthme	Réf*		0,61
	Dyslipidémie	2,2	$[0,3-27]$	
	Infection urinaire	1,0	$[0,1-15]$	
	Pneumonie	0,5	$[0,1-10]$	

Comment lire ce tableau : Les évaluateurs avaient 9,5 fois plus de chances de sélectionner une ressource non pertinente quand ils utilisaient l'interface classique de DC. Ce résultat est significatif avec p=0,03.
* La catégorie notée "Réf" sert de référence pour les comparaisons.
§ Intervalle de confiance à 95%

6.3.2 Étude d'utilisabilité

Chacun des 20 évaluateurs a répondu aux 4 scénarios. Sur les 80 évaluations, 9 n'ont pas donné lieu à la sélection d'une ressource pertinente (11,3% $[6\%\text{-}21\%]_{\text{IC95\%}}$). Il existait une différence significative (p=0,03, test exact de Fisher) selon la version de DC utilisée : le taux d'échec était de 2,5% $[0\%\text{-}15\%]_{\text{IC95\%}}$ pour la version iconisée et de 20,0% $[10\%\text{-}36\%]_{\text{IC95\%}}$ pour la version classique. Les autres facteurs testés n'étaient pas significativement associés à la sélection d'une ressource pertinente (voir le tableau 6.1).

Le temps moyen pour la sélection d'une ressource pertinente était de 85 secondes $[69\text{-}100]_{\text{IC95\%}}$. Ce temps variait significativement selon l'interface utilisée. Les autres facteurs n'étaient pas associés à t_{RI} (voir le tableau 6.2). La figure 6.3 représente la probabilité cumulée de succès de l'évaluation en fonction du temps et de l'interface utilisée. Le test du log-rank confirme le résultat de l'ANOVA : l'interface iconisée de DC est plus chronophage que l'interface classique.

La satisfaction a été mesurée par le SUS à 74/100 (voir la figure 6.4). L'analyse des enregistrements audio et vidéo, ainsi que les entretiens menés par les investigateurs ont montré que cette nouvelle interface avait plusieurs points forts :

- la plupart des évaluateurs ont apprécié la possibilité de limiter leurs recherches à l'aide du filtre VCM, ce filtre étant susceptible d'accélérer leurs recherches,
- la colonne de droite du filtre, concernant le contexte, est intuitive et efficace pour limiter les résultats.

Néanmoins, cette analyse qualitative révèle aussi que de nombreux utilisateurs n'ont pas compris les deux premières colonnes du filtre ou les ont trouvées trop complexes du fait notamment de la similarité existant entre de nombreuses icônes.

Tableau 6.2: Facteurs associés au temps de sélection des ressources (analyse univariée ; n=63).

	t_{RI} (en secondes)		
	Moyen	IC95%§	p*
Toutes évaluations	85	[69 – 100]	
Version de DC			0,02
Avec VCM	101	[76 – 125]	
Sans VCM	65	[49 – 81]	
Scénario			0,3
Asthme	81	[56 – 105]	
Dyslipidémie	102	[65 – 140]	
Infection urinaire	99	[43 – 154]	
Pneumonie	66	[47 – 85]	
Ordre d'utilisation des versions de DC			0,56
Version iconisée d'abord	81	[63 – 98]	
Version classique d'abord	90	[62 – 117]	
Rang de passation des scénarios			0,41
Les deux premiers	91	[74 – 108]	
Les deux derniers	79	[53 – 104]	

§ Intervalle de confiance à 95%

* ANOVA

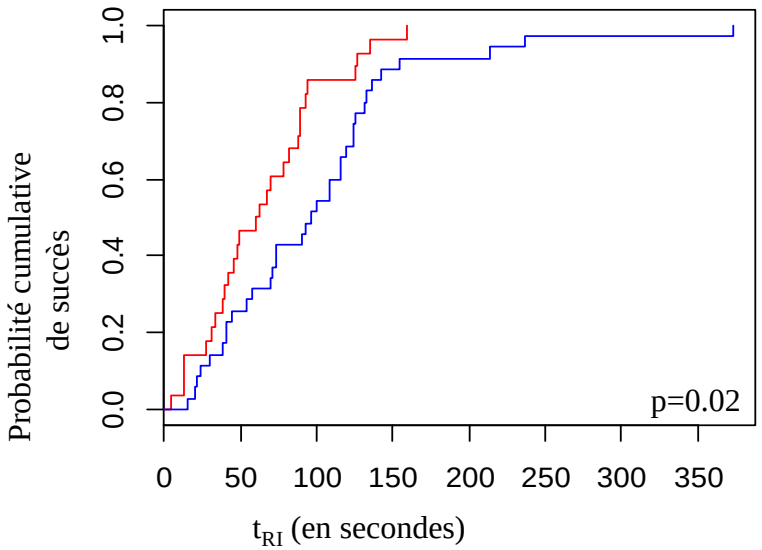


FIGURE 6.3: Probabilité de succès en fonction du temps et de l'interface.

En rouge l'interface classique, en bleu l'interface iconisée
t_{RI} le délai entre le lancement de la requête et la sélection de la première ressource. Si la ressource n'est pas pertinente, l'évaluation est exclue de cette analyse.
: test du log-rank

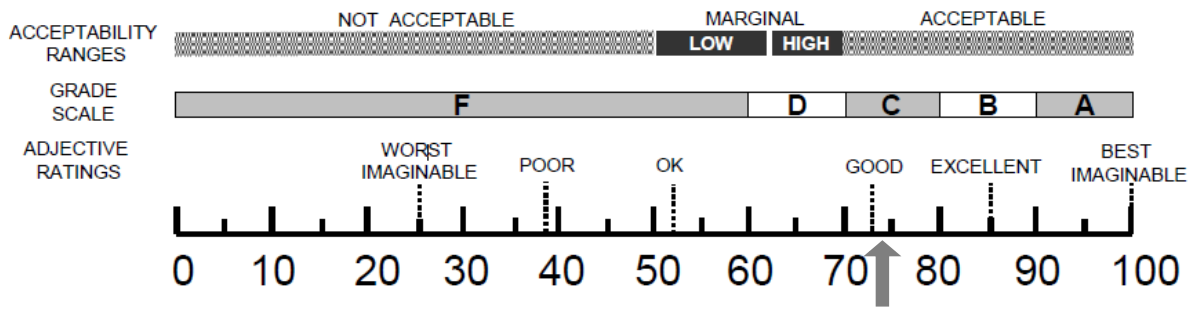


FIGURE 6.4: Satisfaction des évaluateurs à l'utilisation de l'interface iconisée de DC.

La flèche grise correspond au score de l'interface de DC utilisant VCM.
Échelle empruntée à Bangor et al. [Bangor, 2009]

6.4 Discussion

Cette étude met en évidence que la version iconisée de VCM améliore significativement la proportion de ressources pertinentes trouvées. Néanmoins, pour ceux qui trouvent une ressource pertinente, cela prend significativement plus de temps. La nouvelle interface est bien acceptée par les utilisateurs avec un score SUS à 74 sur 100.

6.4.1 Effet de supériorité des images

Nelson et al. [Nelson *et al.*, 1976] ont suggéré que des indices graphiques permettaient d'accéder facilement à des connaissances sémantiques. Wiedenbeck et al. [Wiedenbeck, 1999] ont listé certains des avantages supposés des icônes par rapport au texte : (1) meilleure représentation des concepts visuels ou spatiaux subtils, (2) accélération des recherches, (3) reconnaissance instantanée des concepts, (4) amélioration du rappel, (5) réduction de la nécessité de lire, (6) limitation du travail de localisation puisque leur traduction n'est pas nécessaire... Cet effet de supériorité des images requiert des images :

- qu'elles soient aisément distinguables les unes des autres et,
- qu'il soit facile pour l'utilisateur, de mettre un titre ou un libellé à cette image [Oates & Reder, 2011].

Dans ce travail, les évaluateurs ont apprécié et utilisé la colonne de droite (les « check-tag »). Cette dernière ne contenait que quelques icônes représentant des concepts très courants : la tranche d'âge, le sexe et la grossesse. Il est donc vraisemblable que l'effet de supériorité des images s'y soit appliqué et ait permis aux évaluateurs de mettre en place un filtre efficace facilitant la sélection de ressources pertinentes. A contrario, plusieurs évaluateurs se sont plaints du trop grand nombre d'icônes et de leur grande similarité au sein des autres colonnes (voir la figure 6.2). Là, il est peu vraisemblable que les icônes VCM aient été d'un quelconque secours, l'analyse des vidéos indique même qu'elles ont plutôt fait perdre du temps aux évaluateurs.

6.4.2 Temps et recherche d'information

Le temps est le facteur limitant de nombreux médecins lorsqu'ils cherchent de l'information sur internet [Coumou & Meijman, 2006 ; Graber *et al.*, 2008 ; Bernard *et al.*, 2012]. La perte de temps mise en évidence par l'utilisation de VCM pourrait ainsi limiter considérablement l'intérêt d'un tel outil. Néanmoins, ce travail ne tient pas compte de la perte de temps induite par la sélection de ressources non-pertinentes, cas moins fréquent avec VCM. Bien que cela n'ait pas été quantifié dans cette étude, il est vraisemblable que la lecture fine d'une ressource non-pertinente et le retour au moteur de recherche constitue une perte de temps bien supérieure, même si plus rare, à celle induite par l'utilisation de VCM. Il n'est donc pas possible de conclure sur l'intérêt de VCM en termes de gain de temps, mais certains indices laissent penser que la perte de temps avec VCM pourrait s'amenuiser avec le temps, augmentant l'intérêt des solutions fondées sur VCM :

- L'analyse vidéo montre que les évaluateurs passent beaucoup de temps sur le filtre VCM (voir la figure 6.2). Cela est dû aux difficultés liées aux deux premières colonnes (nombre et similarité des icônes) : de nombreux évaluateurs ont testé de nombreux filtres différents pour comprendre les différences entre les icônes. Cette faible utilisabilité devrait donc entraîner : la refonte ou le retrait de ces colonnes par l'équipe CISMeF ou leur non-utilisation par les usagers qui les occulteront naturellement. En tout état de cause ces derniers ne perdront plus leur temps sur ces colonnes.
- Par ailleurs, malgré la session d'entraînement rapide et le scénario d'essai, peu d'évaluateurs connaissaient bien VCM. Cela explique en partie la perte de temps liée à VCM. L'intégration de VCM dans de multiples applications médicales [Lamy *et al.*, 2010] : dossier patient, monographies médicamenteuses, moteur de recherche en santé... devrait améliorer la compréhension de VCM par les cliniciens et l'efficience des interfaces.
- Enfin, l'aspect ludique de VCM peut entraîner certains médecins à « jouer » un peu avec le filtre et les icônes. L'utilisation régulière de VCM devrait rapidement faire décroître cette partie du temps perdu, sans altérer la convivialité.

6.4.3 Limites

Les requêtes étaient volontairement imprécises de manière à rendre la tâche de recherche d'informations plus compliquée, avec notamment plus de résultats. Elles ne contenaient donc pas d'information concernant le contexte. Le fait que la majorité des requêtes lancées dans DC soit constituée d'un seul mot clé (analyses des logs de DC) ne signifie pas que, dans les scénarios utilisés dans ce travail, les évaluateurs auraient fait de même. Ainsi, l'intérêt de la troisième colonne du filtre (contexte) est peut-être artificiellement augmenté et on ne peut pas exclure un impact sur la pertinence des ressources sélectionnées et le temps de sélection des ressources.

L'intégration de VCM dans DC s'est faite sous forme d'un filtre et d'un index pour chaque ressource. Le premier élément permet d'éliminer a priori des ressources non-pertinentes, le second permet une vérification visuelle du contenu d'une ressource avant de la sélectionner. De nombreux choix ont été faits pour aboutir à cette interface : comment trier les icônes au sein du filtre ?

Comment trier les icônes dans les index ? Où mettre le filtre ? Où mettre l'index ? Comment limiter le nombre d'icônes visibles simultanément ?... Ces choix ont été faits selon les résultats des focus groups et de l'étude d'ergonomie, néanmoins, une seule intégration a réellement été testée. Il est possible que d'autres intégrations soient plus efficaces : réduire le filtre à une facette concernant le contexte pourrait limiter le temps « perdu » avec l'interface testée sans avoir d'impact important sur la pertinence des résultats sélectionnés. Quoi qu'il en soit, les évaluateurs ont exprimé un intérêt certain pour cette terminologie d'interface, justifiant plus de travail pour l'intégrer à leur quotidien.

6.4.4 Perspectives et conclusions

Les meilleurs résultats de la version iconisée de DC, malgré le faible niveau de connaissance de ce langage des évaluateurs, la bonne utilisabilité et l'enthousiasme des évaluateurs nous ont conduits à étendre cette version iconisée de DC à d'autres domaines. Initialement prévues pour la recherche de recommandations dans l'interface dédiée aux professionnels de santé, les icônes VCM seront mises à disposition dans toutes les interfaces de DC : celle dédiée aux étudiants en médecine, pour la recherche de cours, celle dédiée aux patients et l'interface générale de DC [3].

6.5 Synthèse

Ce travail ne permet malheureusement pas de distinguer l'effet du changement de terminologie du changement d'interface. Il était en effet impossible d'intégrer un langage iconique à l'interface de CISMeF-BP sans modifier l'interface elle-même. Néanmoins, les résultats semblent indiquer que l'utilisation d'une terminologie d'interface adaptée permet de modifier sensiblement l'efficacité et l'utilisabilité d'un outil.

Cette évaluation a en plus permis d'identifier des méthodes réutilisables pour l'évaluation d'autres terminologies d'interface, en prescription notamment. Il s'agit donc d'une expérience précieuse pour la mise en place de l'étude d'utilisabilité des terminologies d'interface de prescription.

3. http ://doccismef.chu-rouen.fr/dc/

Chapitre 7

Évaluation de l'interopérabilité des flux de terminologies

Sommaire

7.1 Introduction **102**
7.2 Méthode **103**
7.2.1 Terminologies utilisées 103
7.2.2 Mises en correspondance des terminologies d'interface 104
7.2.3 Critères d'évaluation 106
7.3 Résultats **106**
7.3.1 En biologie 106
7.3.2 En imagerie 106
7.4 Discussion **107**
7.4.1 Analyse des discordances 108
7.4.2 Couverture des terminologies de référence 109
7.4.3 Création du gold-standard et analyse de sensibilité 110
7.4.4 Choix des terminologies utilisées pour l'évaluation 110
7.5 Synthèse **112**

7.1 Introduction

Nous avons instancié les modèles proposés dans le Chapitre 3 en biologie et en imagerie médicale. Ces modèles présentent les avantages théoriques d'être utilisables et interopérables. Néanmoins, un élément essentiel de l'interopérabilité est la capacité à ne perdre aucune information lors des échanges. Structurer l'information peut induire des modifications de celle-ci [Cimino *et al.*, 2001], en général du fait des limites des terminologies utilisées. Cela peut être lié à un problème de couverture : le terme correct pour le codage n'existe pas au sein de la terminologie, ou un problème d'utilisabilité : le terme existe, mais n'est pas trouvé par le codeur. Ici, on ajoute

artificiellement plusieurs transcodages (des TI vers les TR et inversement) qui, à chaque fois, induisent un risque de modification de l'information initiale. Plusieurs auteurs [Brown *et al.*, 2007 ; Zhang & Bodenreider, 2007] ont comparé des correspondances directes à des correspondances indirectes et conclu que les correspondances indirectes étaient imparfaites, certes, mais efficientes. Nous avons donc évalué cette approche dans notre situation pour mesurer la qualité de l'interopérabilité obtenue.

L'absence de terminologie existante en prescription d'imagerie et de biologie a conduit l'AP-HP [Vandenbussche *et al.*, 2013] et le CHU de Rouen à développer parallèlement des TI dans ces domaines. Si la TR est la même pour l'imagerie entre les deux établissements, il n'en va pas de même pour la biologie. Le CHU de Rouen a prévu d'utiliser LOINC tandis que l'AP-HP envisageait d'utiliser la SNOMED Internationale. Cette situation, a priori contre-productive (développement de deux terminologies dans le même objectif dans deux établissements différents), va néanmoins nous permettre de vérifier si les relations entre les TI obtenues à l'aide des TR permettent l'interopérabilité.

Nous allons donc succinctement décrire les TI de l'AP-HP avant de créer des correspondances expertes entre les TI de l'AP-HP et les TI du CHU de Rouen, ce qui nous permettra d'évaluer la qualité des correspondances sémantiques indirectes (c'est à dire en passant par la TR). La résolution des discordances devrait nous permettre de progresser vers l'obtention de systèmes de prescription interopérables.

7.2 Méthode

La logique des flux de terminologies dans l'approche mixte (voir le paragraphe 3.3.2) exige une interopérabilité sémantique entre TI de prescription d'un établissement et TI d'exécution de l'autre. Nous n'avons pas évalué ces correspondances. La structure des terminologies d'exécution induit que certaines prestations, réalisées par plusieurs UF existent en plusieurs exemplaires. Si la relation par la TR est correcte, on aura d'un coup artificiellement augmenté le rappel et la précision. Il aurait donc fallu mettre au point des indicateurs exotiques, ou travailler de manière importante sur les terminologies d'exécution. Par ailleurs, la méthode que nous avons utilisée permet plus facilement de se rabattre sur la solution de repli : l'approche unifiée, qui consiste à mettre au point une TI de prescription consensuelle entre plusieurs établissements (voir le paragraphe 3.3.3). En effet, l'expérience acquise quant aux TR lors de la création des flux nous laissait supposer que les résultats de l'évaluation n'allaient pas être concluants. Au lieu de cela, nous avons évalué les correspondances entre les terminologies d'interface de prescription des deux établissements : « Les relations sémantiques entre les terminologies permettent-elles d'associer correctement les termes de prescriptions des deux établissements qui sont équivalents ? »

7.2.1 Terminologies utilisées

En plus des terminologies d'interface de prescription du CHU de Rouen (décrites dans le Chapitre 4), de la CCAM, des SNOMED et de LOINC (décrites au paragraphe 2.7), nous allons utiliser les terminologies d'interface de prescriptions de l'AP-HP.

7.2.1.1 Terminologie d'interface de prescription de biologie à l'AP-HP

La TI de prescription des examens de biologie de l'AP-HP comprend, dans sa version de juin 2012, 1 728 prescriptions unitaires et 126 batteries, qui correspondent à des regroupements de plusieurs prescriptions unitaires. Ces termes sont, si possible, mis en correspondance avec la SNOMED Internationale. Les termes sont classés selon une hiérarchie à trois niveaux :

- les chapitres, qui correspondent grossièrement aux différents domaines de biologie spécialisée (n=8),
- les sous-chapitres, qui constituent une partition du chapitre selon des axes dépendants du chapitre (ex : spécialité médicale, milieu étudié, techniques utilisées) (n=67),
- les termes, qui n'appartiennent qu'à un seul sous-chapitre d'un seul chapitre.

Les termes de microbiologie (n=433), les termes qui ne sont pas mis en correspondance avec la SNOMED Internationale (n=1 221) et les batteries sont exclus de cette étude, ainsi, seuls 374 termes seront étudiés.

7.2.1.2 Terminologie d'interface de prescription d'imagerie à l'AP-HP

L'AP-HP a développé une terminologie de prescription des examens d'imagerie mise en correspondance avec la CCAM. La version de ce référentiel que nous avons utilisée (version de travail) décrit les examens d'imagerie diagnostique prescriptibles selon trois axes :

- la modalité d'examen employée (4 modalités possibles),
- la région anatomique concernée (très générale, 8 régions anatomiques possibles),
- des précisions anatomiques et/ou techniques.

Il n'y a pas de relation de hiérarchie ou d'autre type entre les prescriptibles. Au total, 250 termes étaient utilisables pour cette étude (restriction au même domaine que la TI du CHU de Rouen et exclusion des termes qui n'ont pas de correspondance dans la CCAM).

7.2.2 Mises en correspondance des terminologies d'interface

Les terminologies de référence fournissaient un moyen de mettre les TI en correspondance, court pour l'imagerie, plus tortueux pour la biologie.

7.2.2.1 En biologie

Le CHU de Rouen utilise LOINC alors que l'AP-HP utilise la SNOMED Internationale comme TR. Pour mettre ces deux terminologies en correspondance, nous avons adapté et utilisé la technique décrite par Bodenreider [Bodenreider, 2008], fondée sur l'UMLS [Lindberg *et al.*, 1993].

Au lieu de travailler avec la SNOMED Internationale, nous avons travaillé avec la SNOMED CT, car cela fournissait de meilleurs résultats. En effet, les termes complexes (tels que ceux de prescription) sont plus souvent composés de termes atomiques, notamment l'analyte, dans la SNOMED CT que dans la SNOMED Internationale. Les codes LOINC, quant à eux, sont constitués de 6 composants, le plus discriminant étant l'analyte.

Nous nous sommes donc servis de l'UMLS pour mettre en correspondance, d'une part, la

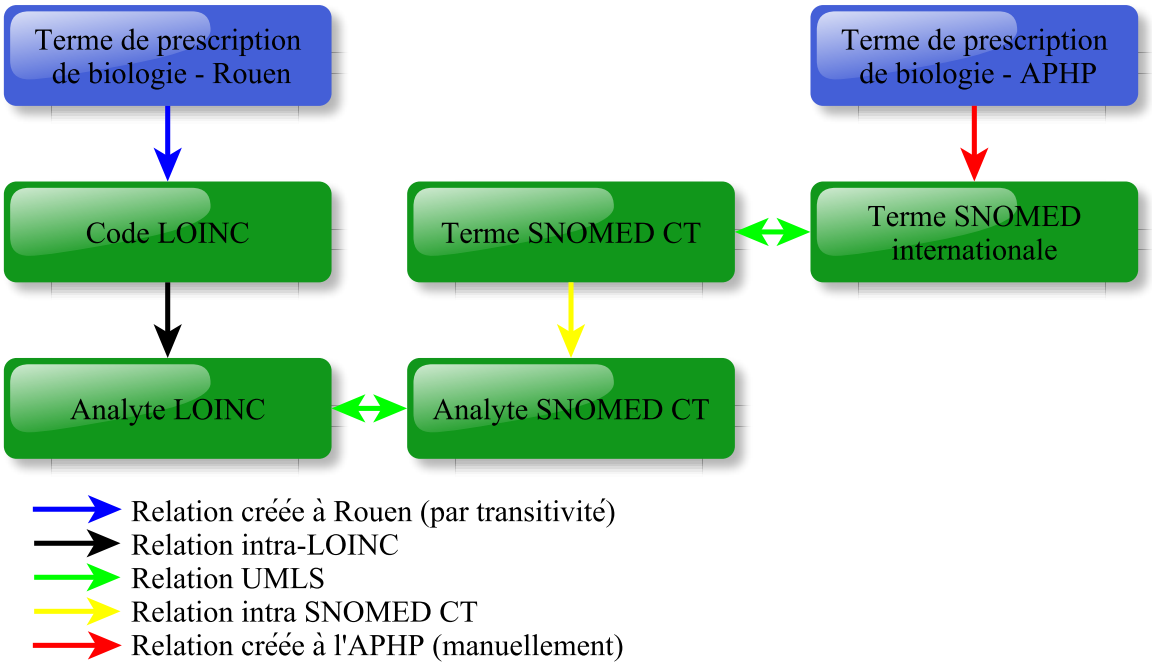


FIGURE 7.1: Mise en correspondance sémantique des TI de prescription en biologie.

SNOMED Internationale et la SNOMED CT et, d'autre part les analytes LOINC et les analytes SNOMED CT (voir la figure 7.1).

7.2.2.2 En imagerie

Les correspondances indirectes pour les TI de prescription en imagerie médicale sont plus simples à mettre en place que celles pour les TI de biologie : il a suffi de faire le lien par la CCAM, TR commune aux deux TI de prescription (voir la figure 7.2).

7.2.2.3 Jeux de références

Les correspondances de références entre les TI ont été créées par un biologiste pour les TI de biologie et par moi-même pour les TI d'imagerie. La réalisation de ces correspondances était une tâche délicate car si les experts avaient une bonne connaissance des terminologies et des processus au sein de leur établissement, ils n'avaient qu'une connaissance imparfaite de ceux de l'AP-HP. En biologie, nous avons préféré ne créer que les correspondances pour lesquelles il n'y avait pas de doute. En imagerie, nous avons distingué les relations « exact », lorsqu'il s'agissait exactement de la même prescription, des relations de type BT-NT qui correspondaient le plus souvent à des niveaux de précision différents entre les terminologies de prescriptions (ex : « scanner abdominal » vs. « scanner de l'abdomen et/ou du pelvis »).

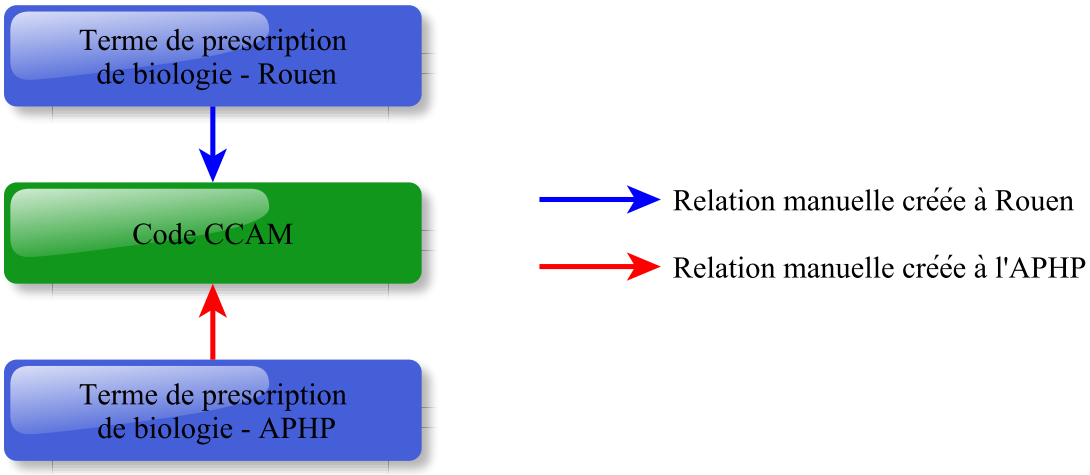


FIGURE 7.2: Mise en correspondance sémantique des TI de prescription en imagerie.

7.2.3 Critères d'évaluation

La qualité des correspondances indirectes est évaluée par le rappel et la précision. Le rappel correspond au rapport entre le nombre de correspondances pertinentes trouvées et le nombre total de correspondances pertinentes, c'est la sensibilité des correspondances indirectes par rapport au « gold standard ». La précision correspond au rapport entre le nombre de correspondances pertinentes trouvées et le nombre total de correspondances trouvées, c'est la valeur prédictive positive des correspondances indirectes.

Concernant l'imagerie, l'analyse principale a porté sur les correspondances exactes uniquement. Les correspondances BT-NT ont été prises en compte dans une analyse de sensibilité.

7.3 Résultats

7.3.1 En biologie

Des 1 854 termes de prescription de la TI de prescription de biologie de l'AP-HP, 374 seulement étaient utilisables pour cette étude. Pour la TI du CHU de Rouen, 580 des 678 termes respectaient les critères d'inclusion. Entre ces deux terminologies, l'expert a trouvé 218 correspondances exactes, tandis que les relations sémantiques ont mis en évidence 675 correspondances potentielles. Parmi celles-ci, 96 seulement étaient correctes. La précision est donc de 14,2% $[11{,}6\text{-}16{,}9]_{IC95\%}$ et le rappel de 44,0% $[37{,}4\text{-}50{,}6]_{IC95\%}$ (voir la figure 7.3).

7.3.2 En imagerie

Seuls 233 des 420 termes de prescription de la TI de prescription d'imagerie de l'AP-HP, étaient utilisables pour cette étude. Pour la TI du CHU de Rouen, les 293 termes respectaient les critères d'inclusion. Entre ces deux terminologies, nous avons trouvé 157 correspondances exactes. Les relations sémantiques ont mis en évidence 831 correspondances potentielles, dont

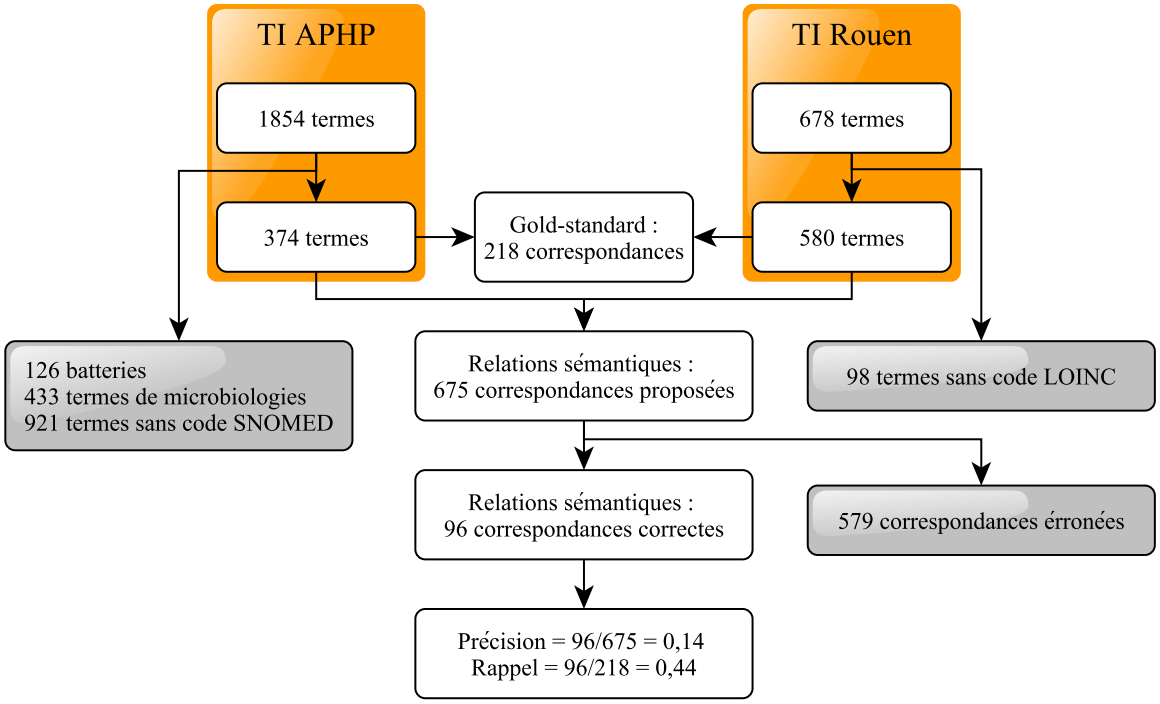


FIGURE 7.3: Diagramme de flux des termes et correspondances entre les TI de prescription de biologie de l'AP-HP et du CHU de Rouen.

129 étaient correctes. La précision est donc de 15,5% $[13{,}1\text{-}18{,}0]_{IC95\%}$ et le rappel de 82,2% $[76{,}2\text{-}88{,}2]_{IC95\%}$ (voir la figure 7.4).

L'analyse de sensibilité montre des résultats similaires à l'analyse principale. Les variations sont conformes aux attentes :

- il y a beaucoup plus de correspondances validées par l'expert (262 au lieu de 157),
- la précision est augmentée à 24,2% $[21{,}3\text{-}27{,}1]_{IC95\%}$,
- le rappel est diminué à 76,7% $[71{,}6\text{-}81{,}8]_{IC95\%}$.

7.4 Discussion

Les résultats des correspondances sémantiques sont mauvais : la précision est de 14% en biologie et de 16% en imagerie, ce qui impliquerait, pour le destinataire du message de prescription, une très forte incertitude sur la véracité de l'examen qui lui est demandé. Le rappel quant à lui est très médiocre en biologie (44%) et plutôt bon en imagerie (82%). Malgré tout, cela implique que certains actes d'imagerie et beaucoup d'actes de biologie seront « perdus » pendant le transcodage, le destinataire recevant alors un message sans prescription.

Nous n'avons pas trouvé, dans la littérature, d'étude comparable à notre travail. La comparaison de correspondances indirectes à un gold standard a néanmoins été documentée, en dehors du cadre des flux de terminologies, par Fung et Bodenreider [Fung & Bodenreider, 2005]. Ils ont utilisé l'UMLS pour mettre la SNOMED CT et la CIM-9 en correspondance et l'ont comparé au gold-standard d'IHTSDO. Le rappel et la précision étaient respectivement de 18,9% et de 80,1%.

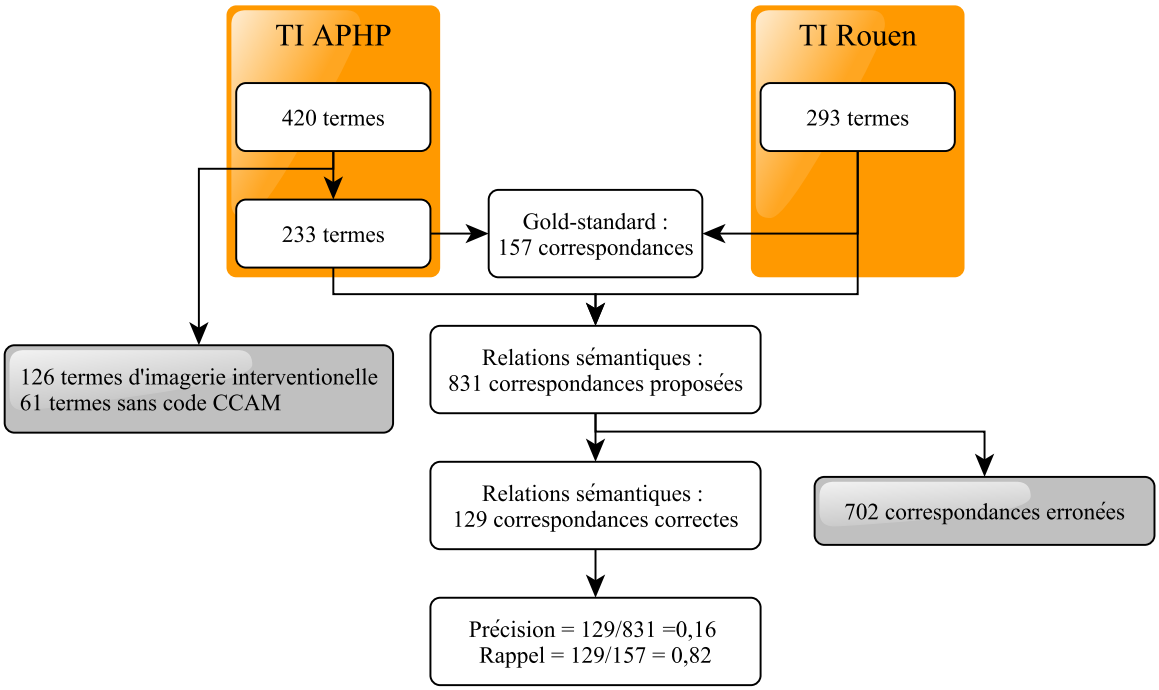


FIGURE 7.4: Diagramme de flux des termes et correspondances entre les TI de prescription d'imagerie de l'AP-HP et du CHU de Rouen.

Même si leurs résultats sont artificiellement améliorés par la contamination des correspondances UMLS par le gold standard (par l'intermédiaire de la SNOMED Internationale), ils sont diamétralement opposés aux nôtres. La F-mesure doit cependant être comparable... Quoi qu'il en soit, il n'y a pas besoin de point de comparaison pour avoir la certitude que les niveaux de rappel et de précision obtenus dans notre travail ne permettront pas d'aboutir à l'interopérabilité sémantique. Il est toutefois important de noter que si, sur l'ensemble des termes des TI de prescription, les relations ne sont pas utilisables, cela n'implique pas nécessairement que ce soit le cas au niveau des prescriptions proprement dites. En effet, la majorité des prescriptions concerne un nombre restreint d'examens complémentaires. Nous ne pouvons pas quantifier le volume de prescriptions que représentent les correspondances exactes, mais il semble qu'elles concernent des prescriptions plutôt fréquentes que rares.

7.4.1 Analyse des discordances

Dans le domaine de la biologie, le faible rappel est lié à des relations manquantes à un moment ou à un autre du chemin sémantique (voir la figure 7.1). Le plus souvent, les lacunes se situent entre les composants LOINC et SNOMED CT. Bodenreider [Bodenreider, 2008] a montré que le composant le mieux représenté au sein de l'UMLS était l'analyte, aussi avons-nous préféré nous limiter à l'utilisation de ce seul composant pour faire le lien entre LOINC et la SNOMED CT. Ce choix a pour conséquence directe une diminution importante de la précision. En effet, il induit une perte d'information importante pendant le passage du terme LOINC (ou SNOMED CT) au composant LOINC (ou SNOMED CT). Il est évident que la complexité de

la mise en correspondance est responsable de la mauvaise qualité de ces correspondances. Tant que les différentes terminologies de référence potentielles ne seront pas correctement mises en correspondance, il sera préférable de travailler sur une seule terminologie de référence, commune à tous les établissements de santé et à tous les flux de terminologies.

Dans le domaine de l'imagerie, si quelques faux positifs sont le fruit de problèmes au niveau de la création des TI, la faible précision est essentiellement due au manque de granularité de la CCAM. En fait, ce manque de granularité se concentre sur un faible nombre de codes CCAM : « Remnographie [IRM] comportant 6 séquences ou plus » induit 170 fausses correspondances, « Scanographie unilatérale ou bilatérale de segment du membre inférieur, avec injection de produit de contraste » en induit 84, « Remnographie [IRM] unilatérale ou bilatérale de segment du membre supérieur, sans injection de produit de contraste » en induit 53... Cette faible granularité a toutefois un impact positif sur le rappel qui est le seul indicateur qui ne soit pas mauvais. Les correspondances non retrouvées sont souvent le fruit de divergences de codage entre des prescriptions équivalentes entre les deux établissements, la question se pose toutefois de savoir si les médecins d'imagerie de l'AP-HP et du CHU de Rouen font le même examen lorsque l'on demande une échographie du poignet. Les premiers font une « Échographie unilatérale ou bilatérale d'une articulation » alors que les seconds font une « Échographie unilatérale ou bilatérale d'une articulation et de son appareil capsuloligamentaire »...

7.4.2 Couverture des terminologies de référence

Les performances mesurées ici, déjà peu avantageuses, concernent uniquement les termes des TI pour lesquels une correspondance au sein des TR avait été trouvée. Dans le cas de la biologie, cela représente moins de 30% des termes de prescription de l'AP-HP. On peut donc considérer que le rappel est largement surévalué dans ce cas.

Si toutes les terminologies sont concernées, la SNOMED CT semble être celle qui a les plus gros défauts de couverture. Il est d'autant moins envisageable d'utiliser cette terminologie dans le domaine de la biologie que ses processus de maintenance ne sont pas formalisés. La couverture de la CCAM est beaucoup plus acceptable et cette lacune de couverture est en partie due à l'utilisation d'une version de travail. Par ailleurs, la CCAM évolue très régulièrement (3 ou 4 versions par an ces 4 dernières années [1]).

L'adaptation de LOINC pour la prescription : prescriptions fréquentes [LOINC, 2011], métadonnées « Prescription/Observation » et batteries d'examen n'est pas parfaite. L'existence de ces éléments laisse penser que les éditeurs de LOINC sont prêts à adapter leur terminologie pour la prescription, mais il reste beaucoup de travail avant de disposer :

- de codes plus adaptés pour la prescription. Certains codes LOINC dits de prescription précisent, par exemple, la méthode de mesure ou l'unité de rendu des résultats qui relèvent plus du biologiste que du prescripteur. Il pourrait être intéressant de généraliser ces codes en choisissant des codes LOINC moins spécifiés, tels que décrits par Lin et al [Lin *et al.*, 2012],

1. http ://www.atih.sante.fr/?id=000320000000

- de relations entre ces codes de prescription et les codes d'observation y répondant, la sous-spécification des codes de prescription ne suffisant pas pour y répondre.

Si la couverture de LOINC n'est donc pas particulièrement satisfaisante (≈86% des termes de prescription à Rouen), on peut toutefois espérer une amélioration avec les futures mises à jour de LOINC. Ce dernier est en effet mis à jour régulièrement (2 mises à jour par an, en juin et en décembre) et les éditeurs de cette terminologie sont à l'écoute des utilisateurs pour l'ajout ou la modification de codes, sous réserve que cela soit justifié.

7.4.3 Création du gold-standard et analyse de sensibilité

Le mode de création du gold-standard, limité aux correspondances les plus certaines, pourrait introduire un biais dans cette étude. En effet, il est possible que ces correspondances, qui sont les plus évidentes à valider par les experts soient aussi les plus évidentes au niveau des TR. Ainsi, le fait d'être une correspondance validée par l'expert serait lié au fait d'être une correspondance sémantique. Ce biais entraînerait donc une majoration des rappels et une diminution des précisions. L'analyse de sensibilité concernant l'imagerie confirme ce biais, mais il est malaisé de distinguer ce qui relève du biais de ce qui relève de la différence liée à la nature de la correspondance. Quoi qu'il en soit, les valeurs de rappel et de précision ne changent pas d'ordre et l'interprétation demeure.

7.4.4 Choix des terminologies utilisées pour l'évaluation

Le circuit utilisé pour l'évaluation de l'interopérabilité peut sembler surprenant. En effet, il n'y a pas lieu, dans notre modèle, de relier entre elles deux terminologies de prescription : les correspondances au sein des flux de terminologies ne sont pas conçues pour être bidirectionnelles (quoi que cela puisse être le cas). Comme énoncé dans le paragraphe 7.2, les terminologies d'exécution n'étaient pas utilisables car redondantes, hétérogènes, mal structurées (du moins pour cette utilisation)...

Ce design a un impact sur le résultat quand une prestation peut répondre à plusieurs prescriptions, à terme de référence identique (voir la figure 7.5). Dans ce cas, le nombre de correspondances proposées par les relations sémantiques est artificiellement augmenté, par des propositions fausses uniquement. Le rappel ne devrait donc pas être affecté alors que la précision sera artificiellement diminuée.

Ce cas de figure se rencontre rarement dans le domaine de la biologie (31 termes de prescription concernés à Rouen) et l'impact sera donc minimal. Dans le domaine de l'imagerie, ce cas de figure est beaucoup plus fréquent (89 termes de prescriptions concernées à Rouen). Il est difficile de mesurer l'impact réel de ce biais, mais s'il était important, cela signifierait qu'il existe beaucoup de pertes d'information dans ce flux de terminologies, ce qui n'est pas plus acceptable qu'une mauvaise précision et un mauvais rappel.

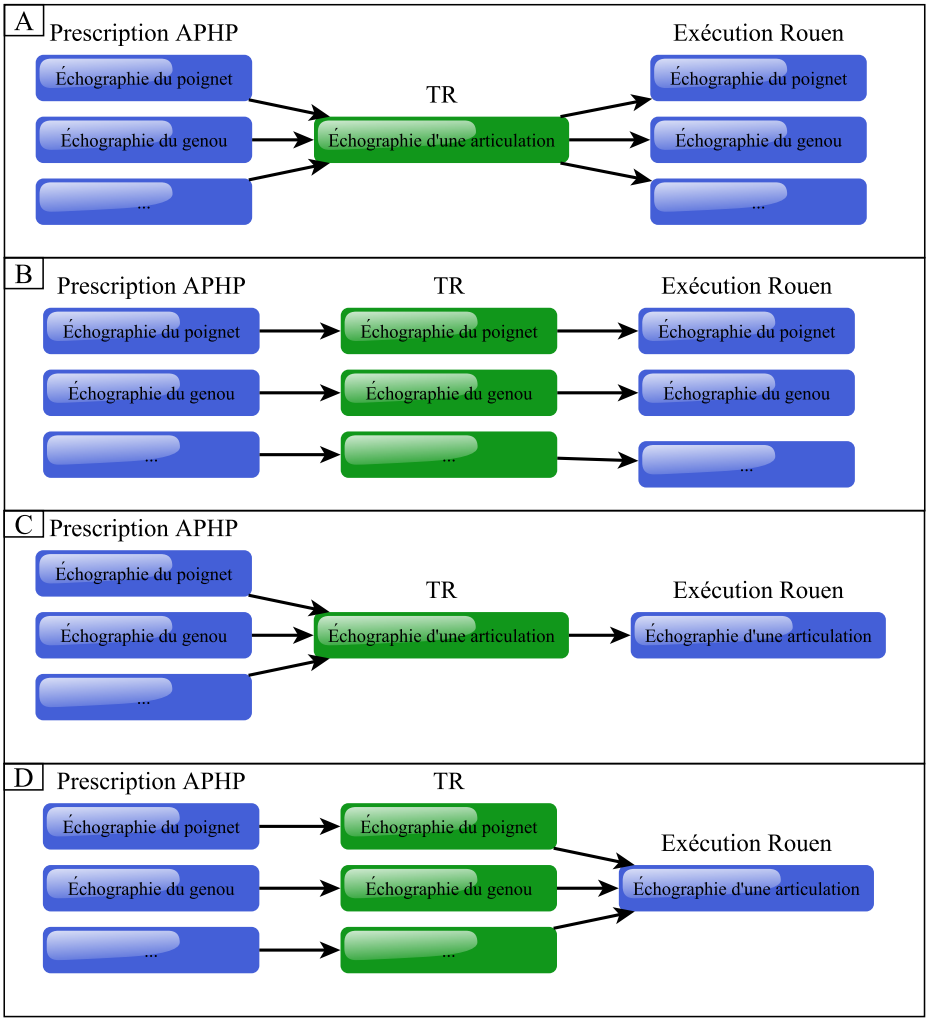


FIGURE 7.5: Limite de l'évaluation de l'interopérabilité par les TI de prescriptions.

Chaque case représente un cas de figure hypothétique. La terminologie de prescription contient toujours les mêmes termes, mais les terminologies d'exécution et de référence ont un niveau de granularité plus ou moins fin. Dans chaque cas, il faut partir d'un terme de prescription, aller vers le terme de la TR puis (1) retourner vers la prescription (évaluation prescription à prescription) ou (2) aller vers l'exécution (évaluation prescription à prestation).
Par exemple, dans la cellule A, on prescrit une échographie de poignet. La correspondance au sein de la CCAM est moins granulaire : « échographie d'une articulation ». Si de là, on retourne au terme de prescription, on ne sait pas lequel choisir. Si on va vers l'exécution, on est confronté au même problème. Il n'y a que dans le cas C que l'évaluation prescription à prescription entraîne des résultats différents de l'évaluation prescription à prestation. Ce biais n'existe toutefois qu'à cause de la perte d'information au niveau de la TR, situation qui n'est pas acceptable si l'on souhaite atteindre l'interopérabilité sémantique. Le problème essentiel réside donc dans le manque de granularité de la TR qui est en général responsable du manque de granularité dans la terminologie d'exécution (le cas D n'existant pas au sein des flux utilisés).

7.5 Synthèse

Cette évaluation a mis en évidence que les TR utilisées dans les flux de terminologies que nous avons constitués n'étaient pas adaptés à l'objectif d'interopérabilité qui est le nôtre :

- la CCAM n'a pas un niveau de granularité suffisant pour permettre de distinguer des prescriptions pourtant très différentes,
- les relations entre la SNOMED CT et LOINC sont trop incomplètes pour envisager utiliser des TR différentes et utiliser les correspondances existantes entre ces TR. LOINC est sans doute préférable puisque qu'il est plus facile de faire ajouter des codes LOINC au Regenstrief (institution gérant LOINC) que des codes SNOMED à IHTSDO. À ce titre, l'AP-HP a décidé d'utiliser LOINC comme TR plutôt que la SNOMED,
- LOINC ne dispose pas encore de suffisamment de codes de prescription (on peut toutefois facilement envisager de les rajouter), mais, plus ennuyeux, il n'existe pas de mécanisme permettant d'associer les codes LOINC de prescription aux codes LOINC d'observation. Cela impliquerait donc de mettre en correspondance chaque code d'exécution à deux codes LOINC, l'un pour la prescription, l'autre pour les résultats – à ce niveau, la terminologie d'exécution ne serait plus nécessaire. Ce problème est loin d'être insurmontable, mais il serait souhaitable, pour faciliter la maintenance de ces flux de terminologies, de disposer de telles correspondances.

En l'état actuel de la situation, aucune des TR testées ne permet de bénéficier d'un système utilisable et interopérable. La solution consistant à établir une terminologie d'interface de prescription de référence, évoquée dans le Chapitre 3, si elle pourrait être plus compliquée à imposer, semble donc être la seule potentiellement fonctionnelle à plus courte échéance. Ce d'autant que le travail de mise en correspondance des TI de prescription effectué dans cette partie débouche sur une terminologie de prescription partielle, commune aux deux établissements. Il reste un peu plus d'un an au projet Tersan pour enrichir ce jeu de prescriptions de manière à en maximiser la couverture.

Chapitre 8

Évaluation de l'utilisabilité des terminologies d'interface de prescription

Sommaire

8.1 Introduction **113**
8.2 Méthodes **114**
8.2.1 Schéma général 114
8.2.2 Terminologies comparées 114
8.2.3 Situations cliniques 114
8.2.4 Déroulement de l'évaluation 115
8.2.5 Interface d'évaluation 115
8.2.6 Analyses statistiques 117
8.3 Résultats **117**
8.4 Discussion **119**
8.4.1 Limites 119
8.4.2 Processus itératif 119
8.5 Synthèse **120**

8.1 Introduction

Nous avons créé des TI de prescription dans l'objectif de favoriser l'utilisabilité du logiciel de prescription [Rosenbloom *et al.*, 2006], et donc de favoriser l'introduction des LAP au sein des établissements de santé. Dans ce Chapitre, nous allons évaluer, à l'aide de méthodes similaires à celles utilisées dans le Chapitre 6, l'utilisabilité des TI d'imagerie et de biologie médicale, et notamment leurs éventuelles plus-values par rapport aux autres terminologies existantes : terminologies d'exécution des plateaux techniques et terminologies de référence. Cela permettra

en outre de prendre en compte les commentaires et suggestions des évaluateurs pour améliorer ces TI avant leur mise en production au CHU de Rouen.

8.2 Méthodes

8.2.1 Schéma général

Des prescripteurs ont été recrutés au CHU de Rouen avant le déploiement du LAP. Chacun d'entre eux évaluait une terminologie de biologie et une terminologie d'imagerie. Nous les avons confrontés à des situations cliniques très succinctes. Ils devaient d'abord rédiger des prescriptions telles qu'ils le faisaient à l'époque : en texte libre, puis sélectionner, au sein des terminologies qui leur avaient été assignées, les termes correspondant. Cette tâche était chronométrée. Pour chaque couple prescription libre/terme structuré, les évaluateurs devaient coter leur satisfaction quant au terme structuré.

8.2.2 Terminologies comparées

Les TI de prescriptions de biologie et d'imagerie ont été comparées aux autres terminologies candidates pour ces domaines. Dans le champ de la biologie, la TI de prescription a été comparée à la terminologie d'exécution des biologistes, inclue dans DXLAB (voir page 71). Pour ce qui est de l'imagerie, nous avons comparé la TI de prescription avec la terminologie d'exécution d'imagerie médicale et la CCAM, restreinte aux actes d'imagerie.

En dehors de la TI de prescription de biologie, qui comporte 678 termes, ces terminologies n'étaient pas exploitables en l'état :

- pour la TI de prescription d'imagerie médicale, les feuilles créées uniquement pour la mise en correspondance avec la CCAM, et non à visée de prescription, ont été exclues, mais les niveaux hiérarchiques grossiers et fins ont été conservés, la terminologie compte donc 548 termes,
- pour la CCAM, la liste des codes a été limitée à ceux qui étaient effectivement prescriptibles à l'aide de la TI de prescription, la terminologie compte donc 441 termes,
- pour la terminologie d'exécution d'imagerie, le niveau hiérarchique correspondant aux UFs a été supprimé, faisant passer le nombre de terme de 1 201 à 417,
- pour la terminologie d'exécution de biologie, un attribut permet de ne sélectionner que les analyses « actives », la terminologie compte donc 522 termes.

8.2.3 Situations cliniques

Nous avons créé 22 situations cliniques, moitié concernant l'imagerie, moitié concernant la biologie. Ces situations cliniques étaient très simples (les figures 8.1 et 8.2 présentent deux exemples, en orange ; la liste complète est disponible en annexe C). Ces situations n'avaient pas pour vocation de guider les évaluateurs vers des examens précis, ils avaient plutôt pour objectif de fournir un substrat à leur réflexion. En aucun cas la justesse des prescriptions par rapport aux situations

proposées n'était évaluée, pas plus qu'elle n'était évaluable tant les informations données aux évaluateurs étaient limitées. La principale difficulté consistait à ne pas influencer les évaluateurs quant aux mots utilisés dans les terminologies.

8.2.4 Déroulement de l'évaluation

Des évaluateurs ont été recrutés par volontariat au CHU de Rouen. Ces évaluateurs devaient être des prescripteurs, c'est à dire des médecins, ou internes, de spécialité autre que santé publique, imagerie ou biologie.

À l'inclusion, nous fournissions à chaque évaluateur des identifiants lui permettant de se connecter à une application web développée pour l'occasion (voir le paragraphe 8.2.5). Les terminologies testées étaient randomisées par bloc de 6, l'ordre des situations cliniques était aussi randomisé. Pour chaque situation clinique, l'évaluateur devait :

- rédiger sa prescription en texte libre (plusieurs lignes de prescription possibles),
- pour chaque ligne de prescription, choisir un terme correspondant au sein de la terminologie qui lui était attribuée,
- pour chaque ligne de prescription, estimer son niveau de satisfaction vis-à-vis du terme de prescription, à l'aide d'une échelle de Likert à trois modalités : de 1 = « terme de prescription qui a le même sens que la prescription libre » à 3 = « terme ne correspondant pas à la prescription libre » (cas qui recouvre le fait de ne pas avoir trouvé de terme équivalent au sein de la terminologie).

Il n'était pas nécessaire de répondre à toutes les situations cliniques en une seule fois.

8.2.5 Interface d'évaluation

Nous avons spécifié une application web qui permet de réaliser l'évaluation à partir de n'importe quel PC connecté à internet. Un premier écran (voir la figure 8.1) permet : de prendre connaissance de la situation clinique, de renseigner des prescriptions libres, d'ouvrir la fenêtre de choix des termes, de noter la satisfaction et de rédiger des commentaires. Pour la sélection du terme dans le référentiel, une autre fenêtre s'ouvre (voir la figure 8.2). On distingue trois parties dans cette fenêtre :

- la partie supérieure rappelle la situation clinique, la prescription libre et le terme sélectionné et permet de valider son choix,
- la partie gauche permet de chercher le terme de prescription à l'aide d'un moteur de recherche en texte libre,
- la partie droite permet de chercher le terme de prescription à l'aide de l'arborescence de la terminologie.

Outre le renseignement de la variable satisfaction, critère principal de jugement de cette étude, cette application permettait de mesurer une seconde variable d'intérêt : le temps passé, par les évaluateurs, à chercher des termes au sein des terminologies. Ce temps était mesuré du clic sur le bouton « Choisir... » au clic sur le bouton « Valider et fermer ».

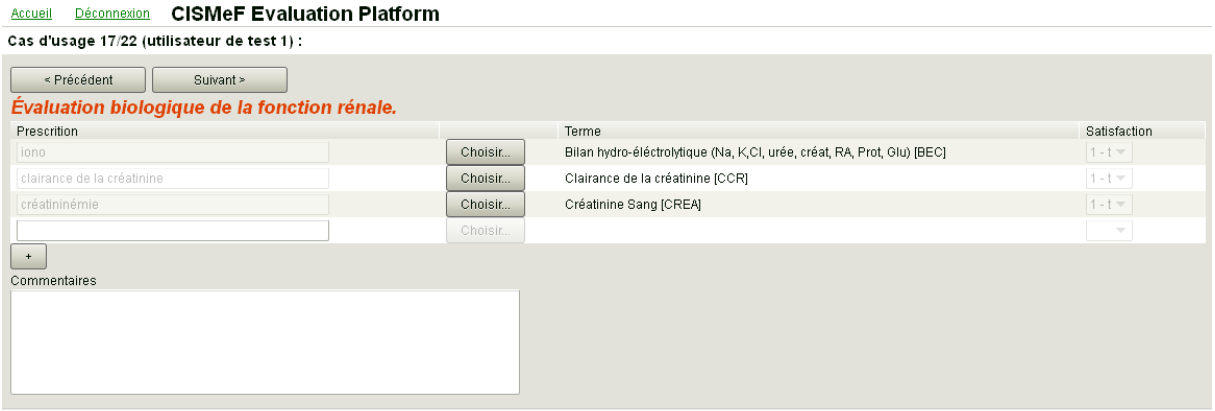


FIGURE 8.1: Interface de l'outil d'évaluation : saisie des prescriptions libres, de la satisfaction et des commentaires.

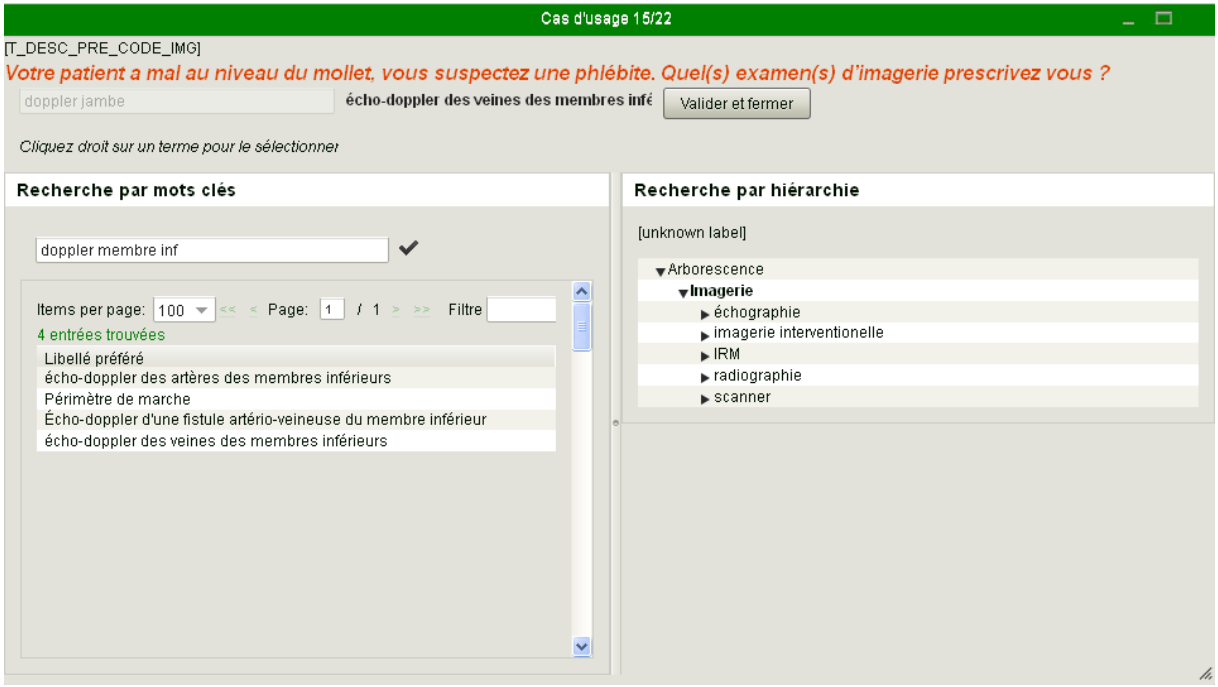


FIGURE 8.2: Interface de l'outil d'évaluation : choix des termes dans la TI candidate.

À gauche à l'aide d'un moteur de recherche, à droite à l'aide de l'arborescence.

Tableau 8.1: Statistique descriptive concernant les prescriptions

Nombre de prescriptions par cas		2,3	$[2,0-2,5]_{IC95\%}$
Satisfaction	Satisfait	74,7%	$[70,2-79,2]_{IC95\%}$
	Non satisfait	16,7%	$[12,8-20,5]_{IC95\%}$
	Terme non trouvé	8,3%	$[5,7-11,5]_{IC95\%}$
Temps	Moyen	32s	$[28-35]_{IC95\%}$
	Médian	19s	$[13-34]_{IIQ}$

IC95% : intervalle de confiance à 95%
IIQ : Intervalle inter quartile

8.2.6 Analyses statistiques

Quand un même évaluateur prescrivait le même examen plusieurs fois, seule la première prescription était incluse dans l'analyse. Par ailleurs, dans la mesure où la conservation du sens est un élément primordial de notre travail, nous avons regroupé les deux classes de satisfaction les plus basses. Dans ces deux cas (satisfaction = 2 ou satisfaction = 3), le prescripteur ajouterait vraisemblablement des informations en texte libre qui ne pourraient être prises en compte que par un humain, réduisant l'intérêt du flux de terminologies.

Pour chaque domaine (biologie et imagerie), nous avons comparé le temps (test de Wilcoxon) et la satisfaction (test de Fisher) des évaluateurs selon la terminologie utilisée.

8.3 Résultats

Nous avons inclus 9 évaluateurs. Dans le domaine de la biologie, 5 évaluateurs disposaient de la terminologie d'interface et 3 de la terminologie d'exécution (un évaluateur a dû être exclu de l'analyse car l'application ne permettait pas d'effectuer la recherche par mot-clé quand il a effectué l'évaluation). Dans le domaine de l'imagerie, 5 évaluateurs avaient la terminologie d'interface, 2 la CCAM et 2 la terminologie d'exécution. Ils ont effectué 510 prescriptions dont 360 ont été incluses dans l'analyse. Cela représente 2,3 prescriptions par cas en moyenne. Toutes terminologies confondues, 74,7% des termes de prescription se sont révélés satisfaisants, 16,7% peu satisfaisants. Dans 8,3% des cas l'évaluateur n'a pas trouvé de terme. Le temps médian pour sélectionner et valider un terme était de 19 secondes (voir le tableau 8.1).

Pour toutes les terminologies, le temps de réponse diminuait avec le numéro d'ordre des prescriptions (coefficient de corrélation négatif). On n'observait toutefois pas de différence entre les terminologies d'un même domaine (voir le tableau 8.2). Ces résultats sont confortés par la visualisation des nuages de points dont aucun ne présente de corrélation évidente. On ne mettait pas en évidence de différence entre les nombres de prescriptions par évaluateur et par cas selon la terminologie utilisée (TI de prescription et autres terminologies, respectivement) :

- Biologie : 3,08 vs 2,85 (p=0,57)
- Imagerie : 1,53 vs. 1,63 (p=0,75)

Tableau 8.2: Corrélation entre numéro d'ordre des prescriptions et temps.

Domaine	Terminologie	Corrélation*	p
Imagerie	TI de prescription	-0,16	0,94
	CCAM	-0,16	
	Terminologie d'exécution	-0,09	
Biologie	TI de prescription	-0,13	0,25
	Terminologie d'exécution	-0,28	

* : corrélation de Spearman

Tableau 8.3: Imagerie : satisfaction des utilisateurs et temps passé selon la terminologie.

Variable	Terminologie dinterface	Autres terminologies	p
Satisfaction	83,3% $[74,7-91,9]_{IC95\%}$	66,7% $[54,4-78,9]_{IC95\%}$	0,04*
Temps	18,6s $[12,3-33,5]_{IIQ}$	25,6s $[17,1-33,5]_{IIQ}$	0,009§

* : test de Fisher ; § : test de Wilcoxon.

IC95% : intervalle de confiance à 95% ; IIQ : intervalle interquartile.

Vu les faibles effectifs, la terminologie d'exécution et la CCAM ont été regroupées dans une seule classe. Il n'y avait pas de différence significative entre ces deux terminologies.

Assez logiquement, les deux critères de jugement sont très liés entre eux : l'insatisfaction augmente avec le temps. Lorsque le temps augmentait de 10 secondes, l'évaluateur avait 1,45 et 1,42 fois plus de chance d'être insatisfait, pour la biologie et l'imagerie respectivement. L'analyse révélait des différences dans le domaine de l'imagerie (voir le tableau 8.3) : la terminologie de prescription était à la fois plus satisfaisante (83,3% de satisfaction vs. 66,7% ; p=0,04) et plus rapide à utiliser (temps médian de 18,6s vs. 25,6s ; p=0,009). Dans le domaine de la biologie, nous n'avons pas mis en évidence de différences (voir le tableau 8.4).

L'analyse qualitative a mis en évidence :

- que les prescriptions sont très similaires entre prescripteurs : il est exceptionnel qu'un prescripteur soit le seul à prescrire une analyse dans un cas clinique. Un seul évaluateur avait un profil de prescription distinct des autres. Son exclusion, dans une analyse de sensibilité, a mené à des résultats très similaires à ceux présentés ici,
- de nombreuses suggestions d'amélioration : création de bilan et ajout de synonymes notamment.

Tableau 8.4: Biologie : satisfaction des utilisateurs et temps passé selon la terminologie.

Variable	Terminologie dinterface	Terminologie d'exécution	p
Satisfaction	75,2% $[68,4-81,9]_{IC95\%}$	71,6% $[61,3-81,9]_{IC95\%}$	0,62*
Temps	18,5s $[12,9-36,2]_{IIQ}$	17,2s $[11,4-29,1]_{IIQ}$	0,08§

* : test de Fisher ; § : test de Wilcoxon.

IC95% : intervalle de confiance à 95% ; IIQ : intervalle interquartile.

8.4 Discussion

La terminologie d'interface de prescription en imagerie est significativement plus satisfaisante et plus rapide d'utilisation pour les prescripteurs que les autres terminologies. Ce n'est pas le cas dans le domaine de la biologie pour lequel nous n'avons pas pu mettre en évidence de différence entre terminologie d'interface de prescription et terminologie d'exécution. Nous n'avons malheureusement rien trouvé dans la littérature que l'on puisse confronter à nos résultats.

L'absence de différence entre les coefficients de corrélation semble indiquer une absence de différence en termes d'apprentissage des terminologies. On aurait pu espérer que les TI de prescription bénéficient d'une meilleure courbe d'apprentissage que les autres terminologies. Il faut toutefois noter que la faiblesse des effectifs et la durée, relativement courte, de l'évaluation ne permettaient pas d'avoir beaucoup de chances de mettre en évidence de telles différences.

8.4.1 Limites

Ces résultats sont à prendre avec précaution tant les difficultés dans la réalisation de ce travail ont été nombreuses :

- Le recrutement des évaluateurs a limité la portée de nos résultats non-significatifs : seulement 9 évaluateurs sur les 30 prévus par le plan expérimental initial ont pu être inclus. Aussi avons-nous beaucoup moins de puissance que prévue.
- La comparabilité des groupes devait être assurée par une randomisation par blocs de 6 effectuée au moment de la création des comptes au sein de l'application. Cela n'a manifestement pas été le cas et même si la répartition des terminologies n'a pas été orientée, ce déséquilibre entre les groupes affecte lui aussi la puissance de l'étude et pourrait limiter la comparabilité entre les groupes.

Par ailleurs, les prescriptions étant rédigées en texte libre et structurées à l'aide de terminologies différentes, il était donc difficile de faire des comparaisons à prescription identique. Nous avons fait l'hypothèse que les prescriptions réalisées dans des bras différents seront comparables, du fait de la randomisation. Cette dernière ayant été compromise, cette hypothèse n'est peut-être pas vérifiée ; cependant, l'analyse qualitative des prescriptions et l'analyse de sensibilité qui en découle montrent une homogénéité certaine des prescriptions qui, sans assurer des résultats non biaisés, permettent de rester sur cette hypothèse.

Enfin, l'absence de différence entre les évaluateurs en termes de nombre de prescription limite le risque de survenue d'un biais d'entraînement : les évaluateurs qui auraient beaucoup prescrit, avec leur meilleure connaissance des terminologies, auraient une meilleure satisfaction et de meilleurs temps de réponses.

8.4.2 Processus itératif

Cette étude a permis de recueillir de nombreux commentaires de la part des évaluateurs qui devraient nous permettre d'améliorer les TI de prescription : certains examens pourraient être ajoutés, mais surtout de nombreux synonymes et des bilans devront être créés pour faciliter l'utilisation de l'outil de prescription. Le cas des bilans est toutefois complexe à traiter. Il n'existe

en effet pas de définition unanime des différents bilans biologiques (par exemple le ionogramme peut comprendre la créatinine ou pas, selon les services). Créer et maintenir de nombreux bilans adaptés à chaque service est très chronophage, alors même que ces bilans ne sont pas nécessairement très utilisés par les prescripteurs [Payne *et al.*, 2003]. Néanmoins, ces bilans semblent avoir un impact positif sur l'acceptabilité des LAP [Khajouei *et al.*, 2010].

8.5 Synthèse

Nous pouvons conclure de ce travail qu'une importante adaptation des terminologies de prescription aux utilisateurs pouvait conduire à une amélioration de leur satisfaction, un élément essentiel de l'acceptation d'un nouveau système [Murff & Kannry, 2001]. Il n'est pas certain que le temps passé au développement des terminologies d'interface de prescription, et des flux de terminologies associés, ait été « rentable ». À ce titre, il serait intéressant de déterminer quels sont les facteurs favorisant cette satisfaction. Ils sont vraisemblablement liés aux critères de qualité des TI (voir page 27), mais une étude plus détaillée permettrait d'optimiser le temps de création des terminologies d'interface, en insistant sur les déterminants forts de la satisfaction et en allant plus vite sur les autres. Au total, ces résultats confortent le choix qui a été fait au CHU de Rouen d'utiliser les terminologies d'interface de prescription plutôt que les autres référentiels disponibles.

Conclusion générale

Dans le cadre de ce travail, nous nous sommes interessés à l'informatisation des prescriptions d'examens complémentaires de biologie et d'imagerie médicale au sein des établissements de santé. Nôtre objectif était de lever certain des verrous qui ralentissent l'implantation de solutions logicielles : leur piêtre utilisabilité, liée en partie aux terminologies qu'ils utilisent, et la difficulté à les faires interopérer. La mise en place de flux de terminologies, basés sur des terminologies d'interface, simples à utiliser pour les médecins, et des terminologies de référence, permettant l'interopérabilité sémantique, nous a semblé être une solution élégante à ces verrous.

Les résultats des évaluations que nous avons menées montrent qu'il existe encore une importante marge d'amélioration des référentiels, Terminologie d'Interface (TI) comme Terminologie de Référence (TR). Avant d'enterrer définitivement l'approche mixte, principale hypothèse de notre travail, nous allons essayer de corriger les défauts mis en évidence dans ce travail. Plusieurs pistes sont envisagées :

Utiliser d'autres TR : certaines TR candidates n'ont pas été testées : la SNOMED Internationale ou RadLex, qui devrait être prochainement traduite en français (voir annexe D), donneraient peut être de meilleurs résultats que la CCAM .

Enrichir les TR : certaines lacunes des TR peuvent être palliées localement en créant des termes locaux. Des mécanismes permettant un partage de ces extensions entre les différents systèmes à faire interopérer (à terme tous les Systèmes d'Information Clinique de France) sont à mettre en place par la même occasion.

Il est toutefois possible que nous soyons obligés de nous rabattre sur l'approche unifiée. Dans ce cas, le travail d'alignement réalisé dans le Chapitre 7 constitue un premier pas vers la création d'une TI qui satisferait l'AP-HP et le CHU de Rouen, première étape avant la constitution d'un catalogue acceptable au niveau national, diffusé par l'ASIP-santé. Les deux dernières années du projet TeRSan seront donc l'occasion de tester ces différentes approches avant d'aboutir à une preuve de concept valide.

Si l'aspect interopérabilité des flux n'est pas convaincant, il semble tout de même que l'adaptation des terminologies aux utilisateurs et aux usages ait un effet bénéfique pour les utilisateurs, aussi, les terminologies d'interface créées dans ce travail :

- ont été intégrées au système d'information du CHU de Rouen et servent déjà à la prescription des examens de biologie et d'imagerie,
- sont disponibles sur le Portail Terminologique de Santé (PTS) pour aider les établissements à informatiser leurs prescriptions. Un portail terminologique est un outil nécessaire, mais

non suffisant, pour la maintenance des terminologies d'un Système d'Information Clinique évolué.

Ces terminologies ne servent pour l'heure qu'à structurer les prescriptions, ce qui en limite fortement l'intérêt, néanmoins, ces informations sont maintenant disponibles et réutilisables et un important chantier devrait commencer au CHU de Rouen dans les mois qui viennent pour :

- enrichir les prescriptions à l'aide des informations pertinentes du dossier médical,
- automatiser la prise de rendez-vous à partir de la prescription (semi-automatiser en cas de validation médicale nécessaire),
- insérer les informations de prescription et de rendez-vous dans le plan de soins.

Pour aboutir à ce niveau d'informatisation du système de production de soin, nous exploiterons les correspondances directes entre la TI de prescription et les systèmes d'information radiologique et biologiques, non les correspondances passant par les TR.

Plus tard, la prescription pourra être mise en correspondance avec de nombreuses sources de connaissances structurées. En biologie, les soignants connaîtront directement les tubes qu'ils doivent prélever. En imagerie, les protocoles de préparations aux examens seront directement associés aux prescriptions. Dans tous les cas, les recommandations éditées par les sociétés savantes, telles que le guide de bon usage des examens d'imagerie (voir annexe D), pourront être associées au module de prescription et devraient ainsi améliorer l'adéquation des prescriptions aux recommandations.

Le travail d'édition des flux de terminologies a été réalisé à l'aide d'outils qui n'étaient pas conçus pour cela initialement : tableur et interface de saisie du PTS. Cela a rendu notre tâche particulièrement malaisée car :

dans le tableur : il était facile d'effectuer des modifications mais la visualisation était particulièrement limitée,

dans l'interface de saisie du PTS : la saisie était laborieuse et la visualisation des résultats n'était pas optimale puisque les modifications n'étaient visibles dans le portail que 24h après [1].

Il est donc absolument nécessaire de mettre au point des outils d'édition des terminologies qui soit à la fois efficaces et utilisables et de les mettre à disposition des terminologistes. C'est l'un des objets du travail actuellement mené au sein de l'équipe CISMeF par Julien Grosjean, doctorant.

Un autre objet de son travail sera de prendre en compte le « versionning » des terminologies. La plupart des terminologies utilisées dans ce travail sont en évolution constantes : des termes sont ajoutés, d'autre dépréciés très régulièrement. On sait par ailleurs que le changement de version d'une terminologie peut entraîner l'invalidation de nombreuses correspondances préexistantes au changement. Cela ne pourra que pousser certaines structures à ne pas modifier les versions des terminologies qu'ils utilisent. Dès lors, comment faire communiquer entre eux deux systèmes qui n'utilisent pas les mêmes versions des terminologies de référence ? Ce problème est

1. à la fin de cette thèse, ce dernier problème a été corrigé et les modifications en base sont visibles en temps réel

tout aussi pregnant dans l'approche unifiée que dans l'approche mixte.

En plus de l'intégration de nos terminologies au sein du nouveau système d'information du CHU de Rouen, notre travail :

a permis l'introduction d'une TI iconique dans un moteur de recherche de recommandations médicales : VCM a en effet été integré dans DC. L'évaluation qui a été conduite a montré des résultats positifs aussi, cette interface a-t-elle été mise à disposition des utilisateurs. Cette mise à disposition s'est d'ailleurs faite plus largement que ce qui était prévu initialement : de l'interface reservée aux professionnels de santé, à toutes les interfaces (étudiants et patients). Malheureusement, avec le changement majeur de système d'information des outils CISMeF, l'interface iconisée est à refaire et n'est donc plus visible dans de bonnes conditions.

permet d'utiliser une TI iconique dans les dossiers médicaux : la qualité des correspondances entre la CIM-10 et VCM légitime l'utilisation de cette dernière dans les dossiers médicaux. Les interfaces restent à dessiner, mais on peut imaginer une synthèse avec M. VCM, un court index des différents comptes-rendus...

est utilisé pour la mise au point d'un moteur de recherche sémantique au sein des dossiers patient : les terminologies d'interfaces, et leurs correspondances avec les TR, ont ainsi été livrées au consortium du projet RAVEL. Elles sont par ailleurs accessible pour l'ensemble de la communauté scientifique. On a vu que les correspondances entre TI et TR était potentiellement génératrice d'erreurs, néanmoins, la preuve de concept demeurera.

Le projet L3IM a été l'occasion de travailler à l'intégration d'une terminologie d'interface iconique, VCM, au dossier médical et à un moteur de recherche de recommandations médicales. Le projet Saisie Informatique FAcile de DOnnées médicales (SIFADO), qui fait suite à L3IM, n'a plus pour objectif de faciliter la lecture de ces outils, mais de faciliter la saisie des informations. En favorisant la structuration des données dans les dossiers médicaux ce projet est très intéressant pour tous les cas de réutilisation de ces données [Safran *et al.*, 2007]. Les terminologies d'interfaces, iconiques ou non, auront un intérêt majeur dans ce projet puisqu'elles répondent exactement à son objectif.

Nous avons aussi commencé à travailler sur des approches statistiques [Griffon *et al.*, 2012], fondées sur les données du PMSI et la base de connaissances que représentent les métatermes CISMeF. Cette approche permet de proposer au clinicien des diagnostics ou des actes très corrélés aux actes ou aux diagnostics déjà codés chez ce patient. Cette approche sera développée à partir de novembre 2013 dans le projet « Terminologies and Ontologies for Linking Billing Information and Accurate Clinical data » (TOLBIAC) financé par le programme TecSan de l' Agence Nationale de la Recherche (ANR). Je devrai coordonner ce projet au sein de l'équipe CISMeF en collaboration avec Mher Joulakian (actuellement interne de santé publique).

Les projets RAVEL et TOLBIAC marquent un tournant stratégique de l'équipe CISMeF qui se médicalise. La création du service d'informatique biomédicale au CHU de Rouen, que

je rejoindrai en novembre 2014 en tant que praticien hospitalier, en est un autre marqueur. Une nouvelle thématique de recherche se met en place : l'évaluation des Systèmes d'Information Clinique.

L'équipe CISMeF et le CHU de Rouen participent à un projet du Programme de REcherche sur la Performance du Système des soins (PREPS). L'objectif final de ce projet est d'obtenir un cadre de référence pour l'évaluation de l'impact des Système d'Information de Production de Soins. En pratique, cela consiste à :

- développer des méthodes d'évaluation de l'impact des Système d'Information de Production de Soins (SIPS) applicables au système de santé Français,
- tester ces méthodes au sein de plusieurs établissements de santé, dont le CHU de Rouen.

Ce projet, multidisciplinaire, nécessitera une bonne connaissance des processus de production de soins et des systèmes d'information.Il me sera donc possible de capitaliser sur ce travail de thèse. J'aurai la charge de ce projet dès novembre 2013 et pour 4 ans. Concomittament, je réaliserai un Post-doctorat d'un an au sein du Laboratoire d'Informatique Médicale et Ingénierie des Connaissances pour la e-Santé (LIMICS), équipe Inserm dirigée par Mme Marie-Christine Jaulent pendant lequel :

- j'aurai la charge d'achever les tâches du projet TeRSan,
- je perfectionnerai mes compétences formelles dans la gestion des ontologies de santé,
- j'améliorerai mes connaissances en Système d'Information Clinique au sein du département dirigé à l'AP-HP par le Pr Éric Lepage, lui-même membre du LIMICS.

Bibliographie

Agence des Systèmes d'Information Partagés de santé. 2013. *Cadre d'Interopérabilité des Systèmes d'Information de Santé (CI-SIS).*

Ammenwerth, E, & Shaw, N T. 2005. Bad health informatics can kill–is evaluation the answer ? *Methods of information in medicine*, **44**(1), 1–3.

Ammenwerth, Elske. 2012. *Bad Health Informatics Can Kill.*

Ash, Joan S, Berg, Marc, & Coiera, Enrico. 2004. Some unintended consequences of information technology in health care : the nature of patient care information system-related errors. *Journal of the American Medical Informatics Association : JAMIA*, **11**(2), 104–12.

ATIH. 2008. *CCAM : Guide de lecture et de codage.* Tech. rept. ATIH.

Baert-Quibel, L. 2004. *Évaluation de l'outil de recherche Doc' CISMeF pour la diffusion des recommandations professionnelles sur l'internet : une étude quasi-randomisée auprès des médecins généralistes.* MD thesis, Rouen University.

Bakhshi-Raiez, F, Ahmadian, L, Cornet, R, de Jonge, E, & de Keizer, N F. 2010. Construction of an interface terminology on SNOMED CT. Generic approach and its application in intensive care. *Methods of Information in Medicine*, **49**(4), 349–359.

Bakhshi-Raiez, F, de Keizer, N F, Cornet, R, Dorrepaal, M, Dongelmans, D, & Jaspers, M. 2012. A usability evaluation of a SNOMED CT based compositional interface terminology for intensive care. *International journal of medical informatics*, **81**(5), 351–62.

Bangor, A. 2009. Determining what individual SUS scores mean : Adding an adjective rating scale. *Journal of usability studies*, **4**(3), 114–23.

Baron, Jason M, & Dighe, Anand S. 2011. Computerized provider order entry in the clinical laboratory. *Journal of pathology informatics*, **2**(1), 35.

Bastien, J.M. Christian, & Scapin, Dominique L. 1993 (June). *Ergonomic criteria for the evaluation of human-computer interfaces.* Tech. rept. INRIA, Rocquencourt.

Bernard, Erik, Arnould, Michel, Saint-Lary, Olivier, Duhot, Didier, & Hebbrecht, Gilles. 2012. Internet use for information seeking in clinical practice : a cross-sectional survey among French general practitioners. *International journal of medical informatics*, **81**(7), 493–9.

Black, Ashly D, Car, Josip, Pagliari, Claudia, Anandan, Chantelle, Cresswell, Kathrin, Bokun, Tomislav, McKinstry, Brian, Procter, Rob, Majeed, Azeem, & Sheikh, Aziz. 2011. The impact of eHealth on the quality and safety of health care : a systematic overview. *PLoS medicine*, **8**(1), e1000387.

Bobb, Anne M, Payne, Thomas H, & Gross, Peter A. 2007. Viewpoint : controversies surrounding use of order sets for clinical decision support in computerized provider order entry. *Journal of the American Medical Informatics Association : JAMIA*, **14**(1), 41–7.

Bodenreider, Olivier. 2008 (Jan.). Issues in mapping LOINC laboratory tests to SNOMED CT. *Pages 51–5 of : AMIA Annual Symposium proceedings.*

Bodenreider, Olivier, Mitchell, Joyce A, & McCray, Alexa T. 2002. Evaluation of the UMLS as a terminology and knowledge resource for biomedical informatics. *Pages 61–65 of : AMIA Annual Symposium proceedings.*

Boissier de Sauvages, François. 1771. *Nosologie méthodique : dans laquelle les maladies sont rangées par classes suivant le système de Sydenham, & l'ordre des botanistes.* Hérissant.

Brown, SH, & Elkin, PL. 2006. SNOMED CT® : utility for a general medical evaluation template. *Pages 101–5 of : AMIA Annual Symposium proceedingsproceedings.*

Brown, Steven H, Husser, Casey S, Wahner-Roedler, Dietlind, Bailey, Sandra, Nugent, Linda, Porter, Karla, Bauer, Brent A, & Elkin, Peter L. 2007. Using SNOMED CT as a reference terminology to cross map two highly pre-coordinated classification systems. *Studies in health technology and informatics*, **129**(Pt 1), 636–9.

Campbell, Aimee N C, Nunes, Edward V, Miele, Gloria M, Matthews, Abigail, Polsky, Daniel, Ghitza, Udi E, Turrigiano, Eva, Bailey, Genie L, VanVeldhuisen, Paul, Chapdelaine, Rita, Froias, Autumn, Stitzer, Maxine L, Carroll, Kathleen M, Winhusen, Theresa, Clingerman, Sara, Perez, Livangelie, McClure, Erin, Goldman, Bruce, & Crowell, A Rebecca. 2012. Design and methodological considerations of an effectiveness trial of a computer-assisted intervention : An example from the NIDA Clinical Trials Network. *CONTEMPORARY CLINICAL TRIALS*, **33**(2), 386–95.

Campbell, K E, Cohn, S P, Chute, C G, Shortliffe, E H, & Rennels, G. 1998. Scalable methodologies for distributed development of logic-based convergent medical terminology. *Methods of information in medicine*, **37**(4-5), 426–39.

Cantor, M N, Sarkar, I N, Gelman, R, Hartel, F, Bodenreider, O, & Lussier, Y A. 2003. An evaluation of hybrid methods for matching biomedical terminologies : mapping the gene ontology to the UMLS. *Studies in health technology and informatics*, **95**(Jan.), 62–7.

Charlet, Jean, Cordonnier, Emmanuel, & Guibaud, Bernard. 2002. Interopérabilité en médecine : quand le contenu interroge le contenant et l'organisation. *Information - Interaction - Intelligence*, **2**(2), 37–62.

Charlet, Jean, Bachimont, Bruno, & Jaulent, Marie-Christine. 2006. Building medical ontologies by terminology extraction from texts : an experiment for the intensive care units. *Computers in biology and medicine*, **36**(7-8), 857–70.

Cheng, C H, Goldstein, M K, Geller, E, & Levitt, R E. 2003 (Jan.). The Effects of CPOE on ICU workflow : an observational study. *Pages 150–4 of : AMIA Annual Symposium proceedings.*

Christensen, Tom, & Grimsmo, Anders. 2008. Instant availability of patient records, but diminished availability of patient information : a multi-method study of GP's use of electronic patient records. *BMC medical informatics and decision making*, **8**(Jan.), 12.

Chute, C G. 2000. Clinical classification and terminology : some history and current observations. *Journal of the American Medical Informatics Association*, **7**(3), 298–303.

Chute, C G. 2010. Distributed biomedical terminology development : from experiments to open process. *Yearbook of medical informatics*, Jan., 58–63.

Chute, C G, Elkin, P L, Fenton, S H, & Atkin, G E. 1998a (Jan.). A clinical terminology in the post modern era : pragmatic problem list development. *Pages 795–9 of : AMIA Annual Symposium proceedings.*

Chute, C G, Cohn, S P, & Campbell, J R. 1998b. A framework for comprehensive health terminology systems in the United States : development guidelines, criteria for selection, and public policy implications. *Journal of the American Medical Informatics Association*, **5**(6), 503–10.

Chute, C G, Elkin, P L, Sherertz, D D, & Tuttle, M S. 1999 (Jan.). Desiderata for a clinical terminology server. *Pages 42–6 of : AMIA Annual Symposium proceedings.*

Cimino, J J. 1998. Desiderata for controlled medical vocabularies in the twenty-first century. *Methods of information in medicine*, **37**(4-5), 394–403.

Cimino, J J. 2006. In defense of the Desiderata. *Journal of biomedical informatics*, **39**(3), 299–306.

Cimino, J J, Patel, V L, & Kushniruk, A W. 2001. Studying the human-computer-terminology interface. *Journal of the American Medical Informatics Association*, **8**(2), 163–73.

Coenen, Amy, & Kim, Tae Youn. 2010. Development of terminology subsets using ICNP. *International journal of medical informatics*, **79**(7), 530–8.

Cohen, J. 1960. A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. *Educational and Psychological Measurement*, **20**(1), 37–46.

Committee on Quality of Health Care in America, & Institute of Medicine. 2000. *To err is human : building a safer health system.* Washington, D.C. : National Academy Press.

Committee on Quality of Health Care in America, & Institute of Medicine. 2001. *Crossing the quality chasm : a new health system for the 21st century.* Washington, D.C. : National Academy Press.

Cornet, R, de Keizer, N F, & Abu-Hanna, A. 2006. A framework for characterizing terminological systems. *Methods of information in medicine*, **45**(3), 253–66.

Côté, R, Rothwell, D, Palotay, J, Beckett, R, & Brochu, L. 1993. *The systematized nomenclature of human and veterinary medicine.* Tech. rept. College of American Pathologists, Northfield, IL.

Coumou, Herma C H, & Meijman, Frans J. 2006. How do primary care physicians seek answers to clinical questions ? A literature review. *Journal of the Medical Library Association*, **94**(1), 55–60.

Cournot, Antoine Augustin. 1851. *Essai sur les fondements de nos connaissances et sur les caractères de la critique philosophique.* Hachette edn.

Damiani, Gianfranco, Pinnarelli, Luigi, Colosimo, Simona C, Almiento, Roberta, Sicuro, Lorella, Galasso, Rocco, Sommella, Lorenzo, & Ricciardi, Walter. 2010. The effectiveness of computerized clinical guidelines in the process of care : a systematic review. *BMC health services research*, **10**(Jan.), 2.

Daniel, Christel, Buemi, Antoine, Mazuel, Laurent, Ouagne, David, & Charlet, Jean. 2009. Functional requirements of terminology services for coupling interface terminologies to reference terminologies. *Studies in Health Technology and Informatics*, **150**, 205–9.

Darmoni, Stéfan Jacques, Massari, Philippe, Allaire, P., Caffarel, J. L., Monconduit, M., Baldeneck, M., & Hecketsweiler, P. 1992. REX : Extralaboratory cycle of information processing from laboratories to care units. *Pages 1253–4 of : Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society.* IEEE.

Darmoni, Stéfan Jacques, Leroy, Jean-Philippe, Baudic, F, Douyère, Magaly, Piot, Josette, & Thirion, Benoit. 2000. CISMeF : a structured health resource guide. *Methods of information in medicine*, **39**(1), 30–5.

Darmoni, Stéfan Jacques, Thirion, Benoit, Leroy, J P, Douyère, M, Lacoste, B, Godard, C, Rigolle, I, Brisou, M, Videau, S, Goupy, E, Piot, J, Quéré, M, Ouazir, S, & Abdulrab, H. 2001a. Doc'CISMEF : a search tool based on "encapsulated" MeSH thesaurus. *Studies in health technology and informatics*, **84**(Pt 1), 314–8.

Darmoni, Stéfan Jacques, Thirion, Benoit, Leroy, Jean-Philippe, & Douyère, Magaly. 2001b. The use of Dublin Core metadata in a structured health resource guide on the internet. *Bulletin of the Medical Library Association*, **89**(3), 297–301.

Davies, Karen, & Harrison, Janet. 2007. The information-seeking behaviour of doctors : a review of the evidence. *Health information and libraries journal*, **24**(2), 78–94.

de Keizer, N F, Abu-Hanna, A, & Zwetsloot-Schonk, J H. 2000. Understanding terminological systems. I : Terminology and typology. *Methods of information in medicine*, **39**(1), 16–21.

DGOS. 2013. *Atlas 2013 des SIH.* Tech. rept.

Dice, L. 1945. Measures of the amount of ecologic association between species. *Ecology*, **26**, 297–302.

Dolin, Robert H, Mattison, John E, Cohn, Simon, Campbell, K E, Wiesenthal, Andrew M, Hochhalter, Brad, LaBerge, Diane, Barsoum, Rita, Shalaby, James, Abilla, Alan, Clements, Robert J, Correia, Carol M, Esteva, Diane, Fedack, John M, Goldberg, Bruce J, Gopalarao, Sridhar, Hafeza, Eza, Hendler, Peter, Hernandez, Enrique, Kamangar, Ron, Kahn, Rafique A, Kurtovich, Georgina, Lazzareschi, Gerry, Lee, Moon H, Lee, Tracy, Levy, David, Lukoff, Jonathan Y, Lundberg, Cyndie, Madden, Michael P, Ngo, Trongtu L, Nguyen, Ben T, Patel, Nikhilkumar P, Resneck, Jim, Ross, David E, Schwarz, Kathleen M, Selhorst, Charles C, Snyder, Aaron, Umarji, Mohamed I, Vilner, Max, Zer-Chen, Roy, & Zingo, Chris. 2004. Kaiser Permanente's Convergent Medical Terminology. *Studies in Health Technology and Informatics*, **107**(Pt 1), 346–50.

Douyère, Magaly, Soualmia, Lina F, Névéol, Aurélie, Rogozan, Alexandrina, Dahamna, Badisse, Leroy, Jean-Philippe, Thirion, Benoit, & Darmoni, Stéfan Jacques. 2004. Enhancing the MeSH thesaurus to retrieve French online health resources in a quality-controlled gateway. *Health information and libraries journal*, **21**(4), 253–61.

Eichelberg, M, Aden, T, & Riesmeier, J. 2005. A survey and analysis of Electronic Healthcare Record standards. *ACM Computing Surveys*, **37**(4), 277–315.

Euzenat, Jérôme, & Shvaiko, Pavel. 2007. *Ontology Matching.* Berlin - Heidelberg : Springer-Verlag.

Fetter, R B, Shin, Y, Freeman, J L, Averill, R F, & Thompson, J D. 1980. Case mix definition by diagnosis-related groups. *Medical care*, **18**(2 Suppl), 1–53.

Fleiss, J L. 1975. Measuring agreement between two judges on the presence or absence of a trait. *Biometrics*, **31**(3), 651–9.

Fung, K W, McDonald, C, & Bray, Bruce E. 2008. RxTerms – a drug interface terminology derived from RxNorm. *Pages 227–31 of : AMIA Annual Symposium proceedings.*

Fung, Kin Wah, & Bodenreider, Olivier. 2005 (Jan.). Utilizing the UMLS for semantic mapping between terminologies. *Pages 266–70 of : AMIA Annual Symposium proceedings.*

Fung, Kin Wah, Hole, William T, Nelson, Stuart J, Srinivasan, Suresh, Powell, Tammy, & Roth, Laura. 2005. Integrating SNOMED CT into the UMLS : an exploration of different views of synonymy and quality of editing. *Journal of the American Medical Informatics Association*, **12**(4), 486–94.

Funk, M E, & Reid, C A. 1983. Indexing consistency in MEDLINE. *Bulletin of the Medical Library Association*, **71**(2), 176–83.

Gandon, Fabien. 2002. *Ontology Engineering : a survey and a return on experience.* Tech. rept. INRIA.

Georgiou, Andrew, Prgomet, Mirela, Markewycz, Andrew, Adams, Edwina, & Westbrook, Johanna I. 2011. The impact of computerized provider order entry systems on medical-imaging services : a systematic review. *Journal of the American Medical Informatics Association*, **18**(3), 335–40.

Gorman, P N, Lavelle, M B, & Ash, J S. 2003. Order creation and communication in healthcare. *Methods of information in medicine*, **42**(4), 376–84.

Graber, Mark A, Randles, Bradley D, Ely, John W, & Monnahan, Jay. 2008. Answering clinical questions in the ED. *The American journal of emergency medicine*, **26**(2), 144–7.

Griffon, N, Massari, P, Joubert, M, Staccini, P, & Darmoni, S J. 2012. Pertinence médicale des co-occurrences diagnostic-acte dans les résumés standardisés de sortie. *In : Patient Classification Systems International.*

Grosjean, Julien, Merabti, Tayeb, Dahamna, Badisse, Kergourlay, Ivan, Thirion, Benoit, Soualmia, Lina F, & Darmoni, Stéfan Jacques. 2011. Health multi-terminology portal : a semantic added-value for patient safety. *Studies in health technology and informatics*, **166**(Jan.), 129–38.

Guarino, N, & Giaretta, P. 1995. Ontologies and Knowledge Bases - Towards a Terminological Clarification. *Pages 25–32 of : Towards Very Large Knowledge Bases.* Amsterdam, The Nederlands : IOS Press.

Hooper, R S. 1965. *Indexer consistency tests : origin, measurement, results and utilization.* Tech. rept. IBM Corporation, Bethesda, MD.

Horton, William. 1994. *The Icon Book : Visual Symbols for Computer Systems and Documentation.* New York : Wiley.

Hripcsak, George, & Rothschild, Adam S. 2005. Agreement, the f-measure, and reliability in information retrieval. *Journal of the American Medical Informatics Association*, **12**(3), 296–8.

Huang, H K. 2011. Short history of PACS. Part I : USA. *European journal of radiology*, **78**(2), 163–76.

IEEE. 1990. *IEEE standard computer dictionary : a compilation of IEEE standard computer glossaries.*

IHE. 2009. *Laboratory Technical Framework Supplement year 6 - Inter-Laboratory Workflow.* IHE International.

IHE. 2012a. Cross-Enterprise Document Reliable Interchange. *Pages 135–7 of : Infrastructure Technical Framework Volume 1.* IHE International.

IHE. 2012b. Cross Enterprise Document Sharing. *Pages 78–108 of : Infrastructure Technical Framework Volume 1.* IHE International.

IHE. 2012c. Laboratory Testing Workflow. *Pages 30–39 of : Laboratory Technical Framework Volume 1.* IHE International.

IHE. 2012d. Scheduled Workflow. *Pages 45–80 of : Radiology Technical Framework Volume 1.* IHE International.

IHE. 2012e. Sharing Laboratory Reports. *Pages 84–93 of : Laboratory Technical Framework Volume 1.* IHE International.

Ingenerf, Josef, & Pöppl, Siegfried J. 2007. Biomedical vocabularies–the demand for differentiation. *Studies in health technology and informatics*, **129**(Pt 1), 610–5.

Johansen, Ib, & Rasmussen, Margit. 2010. Electronic interchange of lab test orders and results between laboratories reduces errors and gives full traceability. *Studies in health technology and informatics*, **155**(Jan.), 65–8.

John Brooke. 1996. SUS - A quick and dirty usability scale. *Pages 189–94 of :* Jordan, PW, Thomas, B, Weerdmeester, BA, & McClelland, IL (eds), *Usability Evaluation in Industry.* London : Taylor and Francis.

Jouanot, F. 2000. Un modèle sémantique pour l'interopérabilité de systèmes d'information. *Pages 347–64 of : XVIIIe congrès INFORSID.*

Kanter, Andrew S, Wang, Amy Y, Masarie, Fred E, Naeymi-Rad, Frank, & Safran, Charles. 2008. Interface terminologies : bridging the gap between theory and reality for Africa. *Studies in Health Technology and Informatics*, **136**, 27–32.

Kerdelhué, Gaétan, Lamy, Jean-Baptiste, Duclos, Catherine, Venot, Alain, & Darmoni, Stéfan Jacques. 2010. An iconic language for the "CISMeF Bonnes pratiques" website. *In : 12th European Association for Health Information and Libraries conference.*

Khajouei, R, Peek, N, Wierenga, P C, Kersten, M J, & Jaspers, M W M. 2010. Effect of predefined order sets and usability problems on efficiency of computerized medication ordering. *International Journal of Medical Informatics*, **79**(10), 690–98.

Koch, T. 2000. Quality-controlled subject gateways : definitions, typologies, empirical overview. *Online information review*, **24**(1), 24–34.

Kuperman, Gilad J. 2011. Health-information exchange : why are we doing it, and what are we doing ? *Journal of the American Medical Informatics Association*, **18**(5), 678–82.

Lalande, Françoise, Yeni, Isabelles, & Laconde, Christine. 2006. *La biologie médicale en France : bilan et perspectives.* Tech. rept. Inspection générale des affaires sociales.

Lamy, Jean-Baptiste, Duclos, Catherine, Bar-Hen, Avner, Ouvrard, Patrick, & Venot, Alain. 2008a. An iconic language for the graphical representation of medical concepts. *BMC medical informatics and decision making*, **8**(Jan.), 16.

Lamy, Jean-Baptiste, Venot, Alain, Bar-Hen, Avner, Ouvrard, Patrick, & Duclos, Catherine. 2008b. Design of a graphical and interactive interface for facilitating access to drug contraindications, cautions for use, interactions and adverse effects. *BMC medical informatics and decision making*, **8**(Jan.), 21.

Lamy, Jean-Baptiste, Duclos, Catherine, Hamek, Saliha, Beuscart-Zéphir, Marie-Catherine, Kerdelhué, Gaétan, Darmoni, Stéfan Jacques, Favre, Madeleine, Falcoff, Hector, Simon, Christian, Pereira, Suzanne, Serrot, Elisabeth, Mitouard, Thierry, Hardouin, Etienne, Kergosien, Yannick, & Venot, Alain. 2010. Towards iconic language for patient records, drug monographs, guidelines and medical search engines. *Studies in health technology and informatics*, **160**(Pt 1), 156–60.

Lamy, Jean-Baptiste, Soualmia, Lina F, Kerdelhué, Gaétan, Venot, Alain, & Duclos, Catherine. 2013. Validating the semantics of a medical iconic language using ontological reasoning. *Journal of biomedical informatics*, **46**(1), 56–67.

Landes, D, & Spidal, D. 2003. An Index Comparison Project : The Effects of Two Indexers' Diverse Backgrounds on Creating an Index from a Software Manual. *In : ASI-IASC/SCAD.*

Landis, J R, & Koch, G G. 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, **33**(1), 159–74.

Langlotz, Curtis P. 2006. RadLex : a new method for indexing online educational materials. *Radiographics*, **26**(6), 1595–7.

Lee, Dennis, Cornet, Ronald, Lau, Francis, & de Keizer, Nicolette. 2013. A survey of SNOMED CT implementations. *Journal of biomedical informatics*, **46**(1), 87–96.

Lefèvre, Philippe. 2000. *La recherche d'informations, Du texte intégral au thésaurus.* Hermes sci edn.

Leininger, K. 2000. Interindexer consistency in PsycINFO. *Journal of Librarianship and Information Science*, **32**(1), 4–8.

Lemke, Heinz U. 2011. Short history of PACS (Part II : Europe). *European journal of radiology*, **78**(2), 177–83.

Leonard, LE. 1975. *Inter-indexer consistency and retrieval effectiveness : measurement of relationships.* Ph.D. thesis, University of Illinois.

Lim&Bio. *Training platform for VCM.*

Lin, Dekang. 1998. An Information-Theoretic Definition of Similarity. *Pages 296–304 of : International Conference on Machine Learning.* Morgan Kaufmann Publishers Inc.

Lin, M C, Vreeman, D J, McDonald, C J, & Huff, S M. 2011. A Characterization of Local LOINC Mapping for Laboratory Tests in Three Large Institutions. *Methods of Information in Medicine*, **50**(2), 105–14.

Lin, M C, Vreeman, D J, McDonald, Clement J, & Huff, S M. 2012. Auditing consistency and usefulness of LOINC use among three large institutions - using version spaces for grouping LOINC codes. *Journal of biomedical informatics*, **45**(4), 658–66.

Lindberg, D A, Humphreys, B L, & McCray, A T. 1993. The Unified Medical Language System. *Methods of information in medicine*, **32**(4), 281–91.

LOINC. 2011. *Common Lab Orders Value Set.* Tech. rept.

Massari, Philippe, Pereira, Suzanne, Thirion, Benoit, Derville, A, & Darmoni, Stéfan Jacques. 2008. Use of super-concepts to customize electronic medical records data display. *Studies in health technology and informatics*, **136**(Jan.), 845–50.

McCulloch, Emma, Shiri, Ali, & Nicholson, Dennis. 2005. Challenges and issues in terminology mapping : a digital library perspective. *The Electronic Library*, **23**(6), 671–7.

Merabti, Tayeb, Massari, Philipe, Joubert, Michel, Sadou, Eric, Lecroq, Thierry, Abdoune, Hocine, Rodrigues, Jean-Marie, & Darmoni, Stefan J. 2010. An automated approach to map a French terminology to UMLS. *Studies in health technology and informatics*, **160**(Pt 2), 1040–4.

Murff, H J, & Kannry, J. 2001. Physician satisfaction with two order entry systems. *Journal of the American Medical Informatics Association*, **8**(5), 499–509.

Nachimuthu, Senthil K, & Lau, Lee Min. 2007. Practical issues in using SNOMED CT as a reference terminology. *Studies in health technology and informatics*, **129**(Pt 1), 640–4.

Nelson, D L, Reed, V S, & Walling, J R. 1976. Pictorial superiority effect. *Journal of experimental psychology. Human learning and memory*, **2**(5), 523–8.

Neveol, Aurélie, Zeng, Kelly, & Bodenreider, Olivier. 2006 (Jan.). Besides precision & recall : exploring alternative approaches to evaluating an automatic indexing tool for MEDLINE. *Pages 589–93 of : AMIA Annual Symposium proceedings.*

Niazkhani, Zahra, Pirnejad, Habibollah, Berg, Marc, & Aarts, Jos. 2009. The impact of computerized provider order entry systems on inpatient clinical workflow : a literature review. *Journal of the American Medical Informatics Association*, **16**(4), 539–49.

Nykänen, Pirkko, Brender, Jytte, Talmon, Jan, de Keizer, Nicolette, Rigby, Michael, Beuscart-Zephir, Marie-Catherine, & Ammenwerth, Elske. 2011. Guideline for good evaluation practice in health informatics (GEP-HI). *International journal of medical informatics*, **80**(12), 815–27.

Oates, JM, & Reder, LM. 2011. Memory for pictures : Sometimes a picture is not worth a single word. *Pages 447–61 of :* Benjamin, AS (ed), *Successful remembering and successful forgetting*. London : Taylor and Francis.

Ogden, C K, & Richards, I A. 1923. *The Meaning of Meaning : A Study of the Influence of Language upon Thought and of the Science of Symbolism*. International library of psychology, philosophy, and scientific method. Routledge & Kegan Paul.

Organisation Mondiale de la Santé. 1995. *Classification statistique internationale des maladies et des problèmes de santé connexes*. Vol. 2 edn.

Osornio, Alejandro Lopez, Luna, Daniel, Gambarte, Maria Laura, Gomez, Adrian, Reynoso, Guillermo, & de Quirós, Fernán González Bernaldo. 2007. Creation of a local interface terminology to SNOMED CT. *Studies in health technology and informatics*, **129**(Pt 1), 765–9.

Park, Hyeoun-ae, & Hardiker, Nick. 2009. Clinical Terminologies : A Solution for Semantic Interoperability. *J Kor Soc Med Informatics*, **15**(1), 1–11.

Passiment, Elissa, Meisel, James L, Fontanesi, John, Fritsma, George, Aleryani, Samir, & Marques, Marisa. 2013. Decoding laboratory test names : a major challenge to appropriate patient care. *Journal of general internal medicine*, **28**(3), 453–8.

Payne, Thomas H, Hoey, Patty J, Nichol, Paul, & Lovis, Christian. 2003. Preparation and use of preconstructed orders, order sets, and order menus in a computerized provider order entry system. *Journal of the American Medical Informatics Association*, **10**(4), 322–9.

Payne, Thomas H, TenBroek, Aharon E, Fletcher, Grant S, & Labuguen, Mardi C. 2010. Transition from paper to electronic inpatient physician notes. *Journal of the American Medical Informatics Association*, **17**(1), 108–11.

Pereira, Suzanne, Sakji, Saoussen, Névéol, Aurélie, Kergourlay, Ivan, Kerdelhué, Gaétan, Serrot, Elisabeth, Joubert, Michel, & Darmoni, Stéfan Jacques. 2009 (Jan.). Multi-terminology indexing for the assignment of MeSH descriptors to medical abstracts in French. *Pages 521–5 of : AMIA Annual Symposium proceedings*, vol. 2009.

Peute, Linda W P, & Jaspers, Monique W M. 2007. The significance of a usability evaluation of an emerging laboratory order entry system. *International journal of medical informatics*, **76**(2-3), 157–68.

Pinel, Philippe. 1797. *Nosographie philosophique ou La méthode de l'analyse appliquée à la médecine*. Paris, J.A. Brosson.

Poissant, Lise, Pereira, Jennifer, Tamblyn, Robyn, & Kawasumi, Yuko. 2005. The impact of electronic health records on time efficiency of physicians and nurses : a systematic review. *Journal of the American Medical Informatics Association*, **12**(5), 505–16.

Pollen Conseil. 2012. *Laboratoires de biologie médicale : Portrait statistique*. Tech. rept. OPML.

Poon, A D, Fagan, L M, & Shortliffe, E H. 1996. The PEN-Ivory project : exploring user-interface design for the selection of items from large controlled vocabularies of medicine. *Journal of the American Medical Informatics Association*, **3**(2), 168–83.

Rector, Alan L. 1998. Thesauri and formal classifications : terminologies for people and machines. *Methods of information in medicine*, **37**(4-5), 501–9.

Rector, Alan L. 1999. Clinical terminology : why is it so hard ? *Methods of information in medicine*, **38**(4-5), 239–52.

Renaud-Salis, JL, Lagouarde, P, & Darmoni, Stéfan Jacques. 2010. *Étude des systèmes d'aide à la décision médicale*. Tech. rept. Haute Autorité de Santé.

Resche, Catherine. 2000. An Approach to Interface Terminology : The Example of Environmental Economics in English as a Foreign Language. *Journal des traducteurs*, **45**(4), 628–45.

Rogers, J, Solomon, D, & Rector, Alan. 1999. Clinical Terminology and Clinical Applications : Mind the gap. *Pages 99–103 of : Towards an Electronic Health Record Europe*. London : Medical Records Institute.

Rolling, L. 1981. Indexing consistency, quality and efficiency. *Information Processing & Management*, **17**(2), 69–76.

Rosenbloom, S T, Miller, Randolph A, Johnson, Kevin B, Elkin, Peter L, & Brown, Steven H. 2006. Interface terminologies : facilitating direct entry of clinical data into electronic health record systems. *Journal of the American Medical Informatics Association*, **13**(3), 277–88.

Rosenbloom, S T, Miller, Randolph A, Johnson, Kevin B, Elkin, Peter L, & Brown, Steven H. 2008. A model for evaluating interface terminologies. *Journal of the American Medical Informatics Association*, **15**(1), 65–76.

Rosenbloom, S T, Brown, Steven H, Froehling, David, Bauer, Brent A, Wahner-Roedler, Dietlind L, Gregg, William M, & Elkin, Peter L. 2009. Using SNOMED CT to represent two interface terminologies. *Journal of the American Medical Informatics Association*, **16**(1), 81–8.

Rosenbloom, Samuel Trent, Miller, Randolph A, Adams, Perry, Madani, Sina, Khan, Naqi, & Shultz, Edward K. 2013. Implementing an interface terminology for structured clinical documentation. *Journal of the American Medical Informatics Association*, **20**(e1), e178–82.

Rossi Mori, A, Consorti, F, & Galeazzi, E. 1998. Standards to support development of terminological systems for healthcare telematics. *Methods Inf Med.*, **37**(4-5), 551–63.

RSNA. *RadLex Playbook.*

Runciman, William, Hibbert, Peter, Thomson, Richard, Van Der Schaaf, Tjerk, Sherman, Heather, & Lewalle, Pierre. 2009. Towards an International Classification for Patient Safety : key concepts and terms. *International journal for quality in health care*, **21**(1), 18–26.

Rzhetsky, Andrey, & Evans, James a. 2011. War of ontology worlds : mathematics, computer code, or Esperanto ? *PLoS computational biology*, **7**(9), e1002191.

Safran, Charles, Bloomrosen, Meryl, Hammond, W Edward, Labkoff, Steven, Markel-Fox, Suzanne, Tang, Paul C, Detmer, Don E, & Expert Panel. 2007. Toward a national framework for the secondary use of health data : an American Medical Informatics Association White Paper. *Journal of the American Medical Informatics Association*, **14**(1), 1–9.

Sánchez, David, & Batet, Montserrat. 2011. Semantic similarity estimation in the biomedical domain : an ontology-based information-theoretic perspective. *Journal of biomedical informatics*, **44**(5), 749–59.

Schulz, Stefan. 2013. Formal ontologies in biomedical knowledge representation. *Yearbook of medical informatics.*, **8**(1).

Shore, Matthew W, Rubin, Daniel L, & Kahn, Charles E. 2012. Integration of imaging signs into RadLex. *Journal of digital imaging*, **25**(1), 50–5.

Shultz, E, Rosenbloom, S T, Kiepek, W, FitzHenry, Fern, Adams, Perry, Mahuli, Arathi, Shuxteau, Kiki, Culley, Alison, Camp, Debi, Luther, Melissa, Irani, Waleed, & Johnson, Kevin. 2003. Quill : a novel approach to structured reporting. *Page 1074 of : AMIA Annual Symposium proceedings.*

Spackman, K A, Campbell, K E, & Côté, R A. 1997 (Jan.). SNOMED RT : a reference terminology for health care. *Pages 640–4 of : AMIA Annual Symposium proceedings.*

Talmon, Jan, Ammenwerth, Elske, Brender, Jytte, de Keizer, Nicolette, Nykänen, Pirkko, & Rigby, Michael. 2009. STARE-HI–Statement on reporting of evaluation studies in Health Informatics. *International journal of medical informatics*, **78**(1), 1–9.

Thompson, Willie, Dodek, Peter M, Norena, Monica, & Dodek, Jordana. 2004. Computerized physician order entry of diagnostic tests in an intensive care unit is associated with improved timeliness of service. *Critical care medicine*, **32**(6), 1306–9.

Trombert-Paviot, Beatrice, Rector, Alan L, Baud, Robert, Zanstra, Pierre, Martin, Caroline, van der Haring, Egbert, Clavel, Lucienne, & Rodrigues, Jean Marie. 2003. The development of CCAM : the new French coding system of clinical procedures. *The HIM journal*, **31**(1), 1–11.

Tunkelang, Daniel. 2009. Faceted Search. *Synthesis Lectures on Information Concepts, Retrieval, and Services*, **1**(1), 1–80.

Union nationale des caisses d'assurance Maladie. 2005. Décision du 11 mars 2005 relative à la liste des actes et prestations pris en charge ou remboursés par l'assurance maladie. *Journal Officiel de la République Française*, **74**, 5309.

Vandenbussche, Pierre-Yves, Cormont, Sylvie, André, Christophe, Daniel, Christel, Delahousse, Jean, Charlet, Jean, & Lepage, Eric. 2013. Implementation and management of a biomedical observation dictionary in a large healthcare information system. *Journal of the American Medical Informatics Association : JAMIA*, **20**(5), 940–6.

Voorhees, E M, & Hersh, W. 2012. Overview of the TREC 2012 Medical Records Track. *In : Text Retrieval Conference.*

Vreeman, Daniel J, Chiaravalloti, Maria Teresa, Hook, John, & McDonald, Clement J. 2012. Enabling international adoption of LOINC through translation. *Journal of biomedical informatics*, **45**(4), 667–73.

Wade, Geraldine, & Rosenbloom, S T. 2008. Experiences mapping a legacy interface terminology to SNOMED CT. *BMC medical informatics and decision making*, **8 Suppl 1**(Jan.), S3.

Wade, Geraldine, & Rosenbloom, S T. 2010. The impact of SNOMED CT revisions on a mapped interface terminology : Terminology development and implementation issues. *Journal of Biomedical Informatics*, **42**(3), 490–3.

Walker, Jan, Pan, Eric, Johnston, Douglas, Adler-Milstein, Julia, Bates, David W, & Middleton, Blackford. 2005. The value of health care information exchange and interoperability. *Health affairs (Project Hope)*, **Suppl Web**(W5), 10–8.

Wang, A Y, Barrett, J W, Bentley, T, Markwell, D, Price, C, Spackman, K A, & Stearns, M Q. 2001 (Jan.). Mapping between SNOMED RT and Clinical terms version 3 : a key component of the SNOMED CT development process. *Pages 741–5 of : AMIA Annual Symposium proceedings.*

Wiedenbeck, Susan. 1999. The use of icons and labels in an end user application program : An empirical study of learning and retention. *Behaviour & Information Technology*, **18**(2), 68–82.

Wieteck, P. 2008. Furthering the development of standardized nursing terminology through an ENP-ICNP cross-mapping. *International nursing review*, **55**(3), 296–304.

Zhang, Songmao, & Bodenreider, Olivier. 2007. Experience in Aligning Anatomical Ontologies. *International journal on Semantic Web and information systems*, **3**(2), 1–26.

Zheng, Kai, Haftel, Hilary M, Hirschl, Ronald B, O'Reilly, Michael, & Hanauer, David A. 2010. Quantifying the impact of health IT implementations on clinical workflow : a new methodological perspective. *Journal of the American Medical Informatics Association*, **17**(4), 454–61.

Zweigenbaum, P. 1999. Encoder l'information médicale : des terminologies aux systèmes de représentation des connaissances. *Innovation Stratégique en Information de Santé*, **2**.

Annexe A

Exemples de formulaires utilisés au CHU de Rouen

CHU Hôpitaux de Rouen	Type	Réf. Modèle	Réf. Documentaire	Version	Appliqué(e) le
	05- Formulaire de demande d'examen (2 signatures)	**004**	**407**	**004**	**27/05/2013**
	Pôle Imagerie Médicale				

EXAMEN TOMODENSITOMETRIQUE ADULTE

Cet examen concerne :

☐ Charles Nicolle Poste 68 239 – 64 542 – 68 241 (neuro) Fax 02 32 88 87 90 Secrétariat TDM des Urgences : 02 32 88 64 11	☐ Bois Guillaume Poste 69 148 Fax 02 32 88 92 01

Cocher la ou les régions à explorer :

☐ **THORAX**	☐ **CRANE**	☐ **ENTEROSCANNER**
☐ **ABDOMEN**	☐ **RACHIS**	☐ **COLOSCANNER**
☐ **PELVIS**	☐ **ORL**	**scanner cardiaque = demande spécifique**

☐ **OSTEOARTICULAIRE,** anatomie à préciser : .....

Délai souhaité :
☐ < à 24h (nécessité de contacter un radiologue pour un examen à réaliser en urgence)
☐ < à 48h ☐ Dans la semaine ☐ Autre : .....

Médecin demandeur (en capitales) :.....

Poste ou bip :..... **Date :** .....

PATIENT	Etiquette patient	Technique (cadre réservé à la radiologie)
Nom :..... Prénom : ..... Date de naissance : ..... N° CPAGE :.....		
☐ **HOSPITALISE** Service :..... ..... Poste :.....	☐ **CONSULTANT** Adresse : .... Tél. :	
Etat général : Conscience :..... Poids :..... Transport : ☐ lit ☐ fauteuil roulant ☐ à pied **Evaluation de la douleur :** 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 **Risque infectieux :** ☐ oui ☐ non Si oui lequel :..... **Fiche d'information remise au patient :** ☐ **oui** ☐ **non**		Produit de contraste :

- Le rendez-vous du patient sera accessible dans Gestimes -

407 004 Page 1/2

FIGURE A.1: Exemple de formulaire relativement structuré

CHU
Hôpitaux de Rouen

SERVICE DE RADIOPÉDIATRIE - 76031 ROUEN CEDEX
Tél. 02 32 88 82 11

NOM :

PRÉNOM :

DATE DE NAISSANCE :

DR..... HORODATE LE :

M ..... S ..... R.V. .....

Z ..... AK ..... K ..... Nombre de films : .....

EXAMEN DEMANDÉ : .....

RENSEIGNEMENTS CLINIQUES : .....

DIAGNOSTIC ÉVOQUÉ : .....

DEMANDEUR : ..... SERVICE : ..... TÉL. : .....

CODE

Examen réalisé le : .....

RÉSULTAT :

0013008/06 CHU-ROUEN

Figure A.2: Exemple de formulaire peu structuré

Annexe B

Questionnaire SUS

ID Sujet :

Questionnaire d'évaluation de l'ergonomie

Grace à vos remarques et à vos suggestions, nous pourrons améliorer l'ergonomie de l'intégration du langage VCM dans les interfaces médicales.
Veuillez cocher la case correspondant à votre choix pour chacune des questions, l'échelle de cotation est orientée de : 1= Pas du tout d'accord à 5 = : Tout à fait d'accord.

Pour la prescription d'examens complémentaires

	Pas du tout d'accord				Tout à fait d'accord
1. Je pense que j'aimerais utiliser VCM souvent					
	1	2	3	4	5
2. J'ai trouvé VCM inutilement complexe					
	1	2	3	4	5
3. J'ai trouvé VCM facile à utiliser					
	1	2	3	4	5
4. Je pense que j'aurais besoin d'une assistance technique pour être capable d'utiliser VCM					
	1	2	3	4	5
5. J'ai trouvé les différentes fonctions de VCM bien intégrées					
	1	2	3	4	5
6. VCM n'était pas homogène					
	1	2	3	4	5
7. J'imagine que la plupart des gens vont rapidement apprendre à utiliser VCM					
	1	2	3	4	5
8. J'ai trouvé VCM fastidieux à utiliser					
	1	2	3	4	5
9. J'ai eu confiance lors de l'utilisation de VCM					
	1	2	3	4	5
10. J'ai encore besoin d'apprendre avant de me sentir à l'aise avec VCM					
	1	2	3	4	5

Annexe C

Liste des cas cliniques

Cas de biologie :

1. Évaluation biologique de la fonction rénale.
2. Bilan biologique trimestriel de suivi d'un patient diabétique.
3. Premiers examens biologiques de débrouillages devant une hémoglobine diminuée sans hémorragie apparente.
4. Bilan biologique de suivi d'une cirrhose.
5. Bilan biologique initial d'une polyarthrite rhumatoïde.
6. Surveillance biologique d'un patient atteint de polyarthrite rhumatoïde et traité par anti-TNF.
7. Bilan biologique à la recherche d'un myélome.
8. Bilan biologique pré thérapeutique avant mise sous lithium.
9. Vous suspectez une maladie d'alzheimer chez votre patient mais souhaitez éliminer les principaux diagnostiques différentiels (carrences, causes infectieuses, hypothyroïdie...) quels examens biologiques prescrivez-vous ?
10. Bilan biologique d'une suspicion d'allergie au latex.
11. Recherche d'une cause métabolique à un coma.

Cas d'imagerie :

1. Examen(s) d'imagerie complémentaire(s) devant une mammographie suspecte ?
2. Examen(s) d'imagerie en cas de suspicion de fracture de Pouteau-colles chez une patiente de 67 ans après chute de sa hauteur ?
3. Examen(s) d'imagerie devant une suspicion de phlébite ?
4. Examen(s) d'imagerie pour un patient amené aux urgences par le Service d'Aide Médicale Urgente (SAMU), l'interrogatoire et l'examen clinique vous conduisant à suspecter un Accident Vasculaire Cérébral (AVC) à la 4ème heure ?
5. Examen(s) d'imagerie devant être demandé(s) avant une intervention pour hernie discale ?

6. Examen(s) d'imagerie devant être demandé(s) en cas de suspicion de lésion méniscale ?
7. Examen(s) à la recherche d'une polikystose rénale ?
8. Examen(s) d'imagerie en cas de suspicion de fractures de cotes ?
9. Examen(s) d'imagerie dans le bilan initial d'une spondylarthrite grave ?
10. Examen(s) d'imagerie dans le bilan d'une gonarthrose ?
11. Examen(s) d'imagerie permettant d'évaluer l'age d'un enfant ?

Annexe D

Guide de bon usage des examens d'imagerie et Radlex

D.1 Guide de bon usage des examens d'imagerie

Le Guide de Bon Usage des examens d'imagerie (GBU) est édité par la SFR et la SFMN. Ce guide a quatre grands objectifs dans les domaines de la radioprotection des patients, de la rationalisation des pratiques, des échanges interdisciplinaires et de l'organisation d'audits cliniques :

- Réduire l'exposition des patients par la suppression des examens d'imagerie non justifiés
- Réduire l'exposition des patients par l'utilisation préférentielle des techniques non irradiantes (imagerie ultrasonore et imagerie par résonance magnétique)
- Améliorer les pratiques par la rationalisation des indications des examens d'imagerie
- Servir de référentiels pour des audits cliniques

En pratique, il recense, pour de nombreuses situations cliniques, les examens d'imagerie à réaliser en première intention, après avis de spécialiste ou contre-indiqué. Ce GBU est partiellement structuré autour d'une terminologie conçue par la SFR et la SFMN pour l'occasion. D'une part, cette terminologie est relativement mal structurée : les différentes spécialités ne sont pas décrites avec le même niveau de précision, certaines informations sont parfois disponible dans des champs structurés, parfois sous forme de texte libre dans des commentaires, les concepts identiques ne sont pas unifiées : « l'abdomen sans préparation » en cas de « douleur abdominale aiguë » est totalement distinct de celui en cas de « MICI - maladie inflammatoire du côlon ». D 'autre part, elle n'est pas interopérable en l'état : ni les situations cliniques, ni les examens d'imagerie ne sont adossées à une terminologie connue. Néanmoins, devant l'intérêt majeur de ce type de base de connaissance pour la prescription des examens d'imagerie, il a été décidé de rendre la terminologie de prescription et le GBU interopérables.

D.2 Interopérabilisation du Guide de Bon Usage

Les deux parties du GBU doivent être mis en correspondance avec des TR : les indications cliniques et les examens d'imagerie. Les TR candidates sont

pour l'aspect clinique : la CIM-10 et la SNOMED internationale

pour l'aspect imagerie : on a vu que la CCAM n'était pas satisfaisante, il ne reste donc que la SNOMED internationale et radlex.

On peut décomposer le travail en plusieurs étapes :

1. Une première étape sera nécessaire pour choisir la ou les terminologies de référence à utiliser pour décrire les indications. A priori, les candidats sont la CIM-10 et la SNOMED International. A noter que les outils développés à Rouen permettent de gérer un choix multi-terminologique, c'est-à-dire un choix qui englobe CIM-10 et SNOMED International.
2. Une seconde étape consistera à aligner manuellement ces terminologies de référence avec les termes du GBU. Là encore, les outils d'alignement de l'équipe CISMeF [Merabti *et al.*, 2010 ; Pereira *et al.*, 2009] pourront proposer des candidats à l'alignement, mais une analyse rapide des termes du GBU indiquent qu'il s'agit de termes complexes et que l'alignement manuel sera plutôt 1-N, c'est-à-dire 1 terme GBU pour N termes CIM-10 ou SNOMED International. Pour proposer un alignement automatique entre les termes d'examens de la GBU et la TI de prescription, il est nécessaire d'obtenir un export du GBU dans un format électronique adéquat pour l'intégrer dans le PTS.
3. Une troisième étape sera de réviser les terminologies d'interface de prescription développées à Rouen et à l'AP-HP pour les aligner avec les examens d'imagerie inclus dans le GBU. La SFR et la SFMN propose de s'appuyer sur une terminologie de référence, en l'occurrence RadLex. Dans le cadre de ce projet, il sera nécessaire de traduire en français cette terminologie états-Unienne. Là encore, des outils automatiques de traduction pourront être utilisés en amont.

Dans le cadre de cette thèse et du projet TerSan, radlex a été intégré dans le PTS, et les outils d'alignement ont proposé des termes-candidats en français pour sa traduction. Radlex étant un vocabulaire très spécifique, la couverture des outils d'alignement est relativement faible ($\approx$ 11,6% de radlex, à valider).

Listes des publications

Publications internationales à comité de lecture

Griffon, N ; Charlet, J & Darmoni, SJ. Knowledge Representation and Management : Towards an Integration of a Semantic Web in Daily Health Practice. Yearbook of Medical Informatics, 2013. In press.

Darmoni, SJ ; Soualmia, LF ; Letord, C ; Griffon, N ; Jaulent, MC ; Thirion, B & Névéol, A. Improving information retrieval using MeSH Concepts : a test case on rare and chronic diseases. J Med Libr Assoc, Volume 100, Number 3, Pages 176-83, 2012.

Griffon, N ; Chebil, W ; Rollin, L ; Kerdelhue, G ; Thirion, B ; Gehanno, JF & Darmoni, SJ. Performance evaluation of Unified Medical Language System®'s synonyms expansion to query PubMed. BMC Medical Informatics and Decision Making, Feb, Volume 12, Number 1, Pages 12, 2012

Darmoni, SJ ; Grosjean, J ; Merabti, T ; Griffon, N ; Dahamna, B & Dutoit, D. Combining WordNet and Crosslingual multi-terminology health portal to access health information. 6th International Global Wordnet Conference (GWC2012), Matsue, Japan, January, Pages 94-99, 2012.

Griffon, N & Darmoni, SJ. A cross lingual semantic search engine dedicated to medical teaching resources. MEI - Medical Education Informatics, Thessaloniki, Greece, April, 2012.

Griffon, N ; Savoye-Collet, C ; Massari, P ; Daniel, C & Darmoni, SJ. An interface terminology for medical imaging ordering purposes. AMIA Annual Symposium proceedings, Chicago, November, Pages 1237-1243, 2012.

Grosjean, J ; Merabti, T ; Griffon, N ; Dahamna, B & Darmoni, SJ. Teaching medicine with a terminology/ontology portal. Stud Health Technol Inform MIE, Pisa, Italy, August, Volume 180, Pages 949-53, 2012.

Thiessard, F ; Mougin, F ; Diallo, G ; Jouhet, V ; Cossin, S ; Garcelon, N ; Campillo, B ; Jouini, W ; Grosjean, J ; Massari, P ; Griffon, N ; Dupuch, M ; Tayalati, F ; Dugas, E ; Balvet, A ; Grabar, N ; Pereira, S ; Frandji, B ; Darmoni, SJ & Cuggia, M. RAVEL : Retrieval And Visualization in ELectronic health records.. Stud Health Technol Inform Quality of Life through Quality of Information - Proceedings of MIE2012, Volume 180, Pages 194-198, 2012.

Griffon, N ; Soualmia LF ; Névéol, A ; Massari P ; Thirion B ; Dahamna, B & Darmoni, SJ. Evaluation of Multi-Terminology Super-Concepts for Information Retrieval. User Centred

Networked Health Care - Proceedings of MIE 2011, Studies in Health Technology and Informatics, Volume 169, Pages 492-496, 2011.

Grosjean, J ; Merabti, T ; Griffon, N ; Dahamna, B & Darmoni SJ. Multiterminology cross-lingual model to create the European Health Terminology/Ontology Portal. Short papers of the 9th International Conference on Terminology and Artificial Intelligence, TIA, Paris, November, Pages 119-122, 2011.

Publications nationales à comité de lecture

Griffon, N et Devos, P et Gehanno, JF & Darmoni, SJ. Existe-t-il une corrélation entre le score SIGAPS et les publications en français ? La Presse Médicale, 2012 Sep ;41(9 Pt 1) :e432-5.

Darmoni, SJ ; Soualmia, LF ; Griffon, N ; Kerdelhué, G ; Kergourlay, I ; Thirion, B & Dahamna, B. MLPubMed : une base de données bibliographique multi-lingue. Pré-symposium French Special Interest Group of the International Medical Informatics Association, FR SIG IMIA, August, 2013. In press.

Griffon, N ; Massari, P ; Joubert, M ; Staccini, P & Darmoni, SJ. Pertinence médicale des co-occurrences diagnostic-acte dans les résumés standardisés de sortie. PCSI (Patient Classification Systems International), Avignon, France, October, 2012.

Posters

Darmoni, SJ ; Soualmia, LF ; Griffon, N ; Grosjean, J ; Kerdelhué, G ; Kergoulay, I & Dahamna, B. Multi-lingual search engine to access PubMed monolingual subsets : a feasibility study. MEDINFO 2013 - Proceedings of the 14th World Congress on Medical Informatics, August, 2013. In press.

Soualmia, LF ; Letord, C ; Merabti, T ; Griffon, N ; Manel, J & Darmoni, SJ. Translating MeSH Concepts. MEDINFO 2013 - Proceedings of the 14th World Congress on Medical Informatics, August, 2013. In press.

Grosjean, J ; Merabti, T ; Griffon, N ; Dahamna, B ; Soualmia, LF & Darmoni, SJ. Multi-terminology cross-lingual model to create the Health Terminology/Ontology Portal. AMIA, Chicago, 2012.

Grosjean, J ; Soualmia, LF ; Merabti, T ; Griffon, N ; Dahamna, B & Darmoni, SJ. Cross-lingual access to biomedical terminologies and ontologies. SWAT4LS (Semantic Web Applications and Tools for Life Sciences) Workshop, November, 2012. Poster.

Darmoni, SJ, Grosjean, J, Merabti, T, Griffon, N, Dahamna, B & Dutoit, D. Combining Wordnet and Crosslingual multi-terminology health portal to access health information. In Proc. GWA 2012

Griffon, N, Sakji, S, Dirieh, Dibad, AD, Grosjean, J, Massari, P & Darmoni, SJ. A Model for Information Retrieval in Electronic Health Records.In Proc 3rd International Workshop on Knowledge Representation for Health Care, Bled, July 6th 2011.

Dirieh-Dibad, AD, Griffon, N, Sakji, S, Pereira, S, Massari, P & Darmoni, SJ. Information Retrieval in Electronic Health Record : a feasibility study. MIE, 2011.

En cours de révsion

Griffon, N, Kerdelhué, G, Merabti, T, Grosjean, J, Lamy, JB, Venot, A, Duclos, C & Darmoni, SJ. Evaluating mappings between iconic language and reference terminologies. BMC Medical Informatics and Decision Making. Révision

Griffon, N, Kerdelhué, G, Hamek, S, Hassler, S, Boog, C, Lamy, JB, Duclos, C, Venot, A & Darmoni, SJ. Design and usability study of an iconic user interface to ease information retrieval of medical guidelines. JAMIA. Révision