




## Open Archive Toulouse Archive Ouverte

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible

This is an author's version published in: <http://oatao.univ-toulouse.fr/23663>

**To cite this version:**

Doumbouya, Mamadou Bilo . *Système d'argumentation pour la collaboration en télé-médecine*. PhD, École doctorale Systèmes (Toulouse), 2016

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator: [tech-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr](mailto:tech-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr)

## AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur : ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite de ce travail expose à des poursuites pénales.

Contact : [portail-publi@ut-capitole.fr](mailto:portail-publi@ut-capitole.fr)

## LIENS

Code la Propriété Intellectuelle – Articles L. 122-4 et L. 335-1 à L. 335-10

Loi n°92-597 du 1<sup>er</sup> juillet 1992, publiée au *Journal Officiel* du 2 juillet 1992

<http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg-droi.php>

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>



# THÈSE



En vue de l'obtention du

## DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE

Délivré par : *l'Université Toulouse 1 Capitole (UT1 Capitole)*

---

---

Présentée et soutenue le *08/12/2016* par :

**Mamadou Bilo DOUMBOUYA**

**Systeme d'Argumentation pour la Collaboration en Télémédecine**

---

---

### JURY

SOUHILA KACI	Professeur des Universités, Université de Montpellier	Rapporteur
ALBERT DIPANDA	Professeur des Universités, Université de Bourgogne	Rapporteur
LEILA AMGOUD	Directeur de Recherche CNRS, Université de Toulouse	Président du jury
SYLVIE DOUTRE	Maître de Conférences, Université de Toulouse Capitole	Examineur
LINA	Professeur des Universités Catholiques, Université	Examineur
WILLIATTE-PELLITTERI	Catholique de Lille	
CLOVIS FOGUEM	Praticien hospitalier, Centre Hospitalier Epernay	Examineur
BERNARD KAMSU-FOGUEM	Maître de Conférences, ENIT/INPT	Directeur de Thèse
HUGUES KENFACK	Professeur des Universités, Université de Toulouse Capitole	Co-directeur de Thèse

---

**École doctorale et spécialité :**

*EDSYS : Informatique 4200018*

**Unités de Recherche :**

*Laboratoire de Génie de Production de Tarbes (EA 1905) et Institut de Droit Privé de Toulouse (EA 1920)*

# Systeme d'Argumentation pour la Collaboration en Télémédecine.

DOUMBOUYA Mamadou Bilo

jeudi 08 décembre 2016



# RÉSUMÉ

La télémédecine consiste en la pratique d'actes médicaux à distance par l'usage des nouvelles technologies de l'information et de la communication. Parmi ces actes médicaux, nous nous sommes intéressés à la téléexpertise qui est une sorte d'activité collaborative consistant aux recueils d'avis d'experts médicaux face à un problème de santé donné. Dans notre travail, nous avons fait le choix de modéliser ces activités collaboratives par le système d'argumentation de Dung basé sur des fondements mathématiques et qui permet d'illustrer les interactions entre les différentes parties prenantes et par la même occasion fournir des outils mathématiques de prises de décisions. Nous avons opté pour une modélisation sémantique avec des graphes conceptuels car l'un de nos objectifs est de garantir une interopérabilité sémantique. Cette modélisation peut inclure souvent des incohérences (mauvaises relations d'attaques dans le système d'argumentation) qui seront vérifiées par l'usage des contraintes en graphes conceptuels. Pour résoudre ces problèmes d'incohérences deux solutions majeures ont été proposées : (i) la pondération des arguments des différents professionnels de santé, (ii) la modélisation de quelques aspects de droit médical comme contraintes. Ce travail démontre une application informatique du raisonnement logique dans un cadre médical judiciaire où il apporte des éclairages sur la vérification d'information, l'argumentation et l'interaction. Il vise ainsi à garantir une bonne collaboration dans le but de se prémunir d'éventuelles conséquences financières et juridiques.

**Mots clés** : Système d'information, Système d'argumentation, Graphes conceptuels, Collaboration, Télémédecine, Droit médical.



# ABSTRACT

## Argumentation Framework for Collaboration in Telemedicine

Telemedicine involves the practice of medical procedures remotely through the use of new information and communications technology. Among these medical procedures, we looked at the tele-expertise which is a kind of collaborative activity consisting of collecting the opinions of medical experts facing a particular health problem. In our work, we have chosen to model these collaborative activities by Dung argumentation system based on mathematical foundations and illustrates the interactions between the different stakeholders and at the same time provides mathematical tools decisions. We opted for a semantic modeling with conceptual graphs as one of our objectives is to ensure semantic interoperability. This modeling can often include inconsistencies (poor relations of attacks in argumentation system) which will be verified by the use of constraints in conceptual graphs. To solve these inconsistency problems, two major solutions have been proposed : (i) the weight of the arguments of different health professionals, (ii) modeling some aspects of medical law as constraints. This work demonstrates a computer application of logical reasoning in a judicial medical setting where it sheds light on the verification of information, argumentation and interaction. It aims to ensure good cooperation in order to guard against possible financial and legal consequences.

**Keywords** : Information system, Argumentation system, Conceptual graphs, Collaboration, Telemedicine, Medical law.





# REMERCIEMENTS

Après trois de durs labeurs, mon travail de recherche est arrivé à terme. Cela n'aurait pas été possible sans les conseils et encouragements de certaines personnes qui me sont si chères.

Tout d'abord, je tiens à remercier particulièrement Monsieur **Bernard KAMSU-FOGUEM** (Maître de Conférences à l'École Nationale d'Ingénieurs de Tarbes) et Monsieur le Doyen **Hugues KENFACK** (Professeur des Universités, Université Toulouse Capitole) de m'avoir accepté pour cette thèse.

Ensuite mes remerciements vont vers mes collègues doctorants du Laboratoire de Génie de Production de Tarbes principalement :

- **Vanessa Manotas**, ma collègue de bureau avec qui j'ai passé de très bons moments durant ces trois années. Ces moments passés avec elle n'ont pas été seulement sympathiques et conviviales, ils ont été aussi très instructifs. En effet à travers Vanessa, j'ai pu m'améliorer un peu en espagnol.
- Sans oublier aussi **Ronald Eduardo Leandro** le spécialiste en « anniversaire surprise », **Abdelouahab Boushaba**, **Xu Da**, **Quan Liu** et tous les autres que je n'ai pas pu citer ici.
- J'exprime ma reconnaissance à toute la grande famille du Laboratoire de Génie de Production de Tarbes et l'Institut de Droit Privé de Toulouse.

Je tiens à adresser mes remerciements aux autres membres de mon jury :

- **Leila AMGOUD**, pour avoir accepté de présider mon jury et aussi pour ses nombreux conseils pour l'amélioration de mes travaux de recherche.
- **Albert DIPANDA**, pour son travail de rapporteur ainsi que ces remarques constructives.
- **Souhila KACI**, pour ses observations de rapporteur visant à améliorer la qualité de mes travaux de recherche.
- **Sylvie DOUTRE**, pour ses remarques pertinentes sur mon travail.
- **Clovis FOGUEM**, avec qui j'ai travaillé tout au long de ma thèse. Je le remercie pour ses contributions à mes travaux de recherche en me fournissant des cas pratiques sur lesquels je me suis basé.

— **Lina WILLIATTE-PELLITTERI**, pour ses nombreuses remarques sur les aspects de droit médical.

Enfin, mes remerciements vont vers mes parents, tout particulièrement ma mère pour sa patience durant toutes années de longues études. Je dédie cette thèse de doctorat à mon défunt père.

Merci à la **région Midi-Pyrénées** dorénavant la **région Occitanie** pour avoir permis la réalisation de ce projet de recherche.

# Table des matières

<b>RÉSUMÉ</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>iii</b>
<b>REMERCIEMENTS</b>	<b>v</b>
<b>Table des figures</b>	<b>xiv</b>
<b>Liste des tableaux</b>	<b>xv</b>
<b>INTRODUCTION GÉNÉRALE</b>	<b>1</b>
<b>1 ÉTAT DE L'ART SUR LA TÉLÉMÉDECINE</b>	<b>7</b>
1.1 Introduction . . . . .	7
1.2 Actes et aspects juridiques . . . . .	8
1.2.1 La téléconsultation . . . . .	8
1.2.1.1 Définition . . . . .	8
1.2.1.2 Les régimes de responsabilité applicables à la téléconsultation . . . . .	9
1.2.2 La téléexpertise . . . . .	10
1.2.2.1 Définition . . . . .	10
1.2.2.2 Les régimes de responsabilité applicables à la téléexpertise . . . . .	10
1.2.3 La télésurveillance . . . . .	11
1.2.3.1 Définition . . . . .	11
1.2.3.2 Les régimes de responsabilité applicables à la télésurveillance . . . . .	11
1.2.4 La téléassistance . . . . .	11
1.2.4.1 Définition . . . . .	11
1.2.4.2 Les régimes de responsabilité applicables à la téléassistance . . . . .	12
1.2.5 La réponse médicale . . . . .	12
1.2.5.1 Définition . . . . .	12

1.2.5.2	Les régimes de responsabilité applicables à la réponse médicale . . . . .	12
1.3	Aspects informatiques des technologies . . . . .	13
1.3.1	Télémédecine : la santé numérique . . . . .	13
1.3.2	Les différentes applications de télémédecine existantes . . . . .	13
1.3.2.1	Les applications de téléconsultation . . . . .	13
1.3.2.2	Les applications de téléexpertise . . . . .	15
1.3.2.3	Les applications de télésurveillance . . . . .	15
1.3.2.4	Les applications de téléassistance . . . . .	15
1.3.3	Concepts d'interopérabilité . . . . .	16
1.3.3.1	Les différents niveaux d'interopérabilité . . . . .	16
1.3.3.2	Résolution des problèmes d'interopérabilité . . . . .	17
1.4	Conclusion . . . . .	19
<b>2</b>	<b>ÉTAT DE L'ART SUR L'ARGUMENTATION</b>	<b>21</b>
2.1	Introduction . . . . .	22
2.2	L'argumentation, définitions et propriétés . . . . .	22
2.2.1	Qu'est-ce que l'argumentation? . . . . .	22
2.2.2	Définitions liées au système d'argumentation . . . . .	22
2.2.3	Sémantiques d'acceptabilité . . . . .	23
2.2.3.1	Sémantique naïve . . . . .	24
2.2.3.2	Sémantique admissible . . . . .	24
2.2.3.3	Sémantique préférée . . . . .	24
2.2.3.4	Sémantique stable . . . . .	24
2.2.3.5	Sémantique complète . . . . .	25
2.2.3.6	Sémantique de base . . . . .	25
2.2.3.7	Sémantique semi-stable . . . . .	25
2.2.3.8	Sémantique de phase . . . . .	26
2.2.4	Les relations entre les différentes sémantiques . . . . .	26
2.2.5	Statuts d'un argument . . . . .	26
2.3	Outils d'argumentation dans la littérature . . . . .	28
2.3.1	ArgSemSat . . . . .	28
2.3.2	ArgTools . . . . .	28
2.3.3	ASPARTIX . . . . .	29
2.3.4	CEGARTIX . . . . .	29
2.3.5	CompArg . . . . .	29
2.3.6	ConArg . . . . .	29
2.3.7	Dung-O-Matic . . . . .	30
2.3.8	Dungine (ArgKit) . . . . .	30
2.3.9	dynPARTIX . . . . .	30
2.3.10	pyAAL (+ArguLab) . . . . .	30

2.3.11	Tableaux comparatifs . . . . .	31
2.3.11.1	Tableau récapitulatif . . . . .	31
2.3.11.2	Comparaison technique . . . . .	31
2.3.12	Conclusion partielle . . . . .	31
2.4	L'argumentation et le droit médical . . . . .	32
2.4.1	L'argumentation juridique . . . . .	33
2.4.1.1	Modèles probabilistes . . . . .	33
2.4.1.2	Modèles basés sur l'histoire . . . . .	34
2.4.1.3	Modèles basés sur l'argument . . . . .	34
2.4.2	L'argumentation et le domaine médical . . . . .	35
2.5	Conclusion . . . . .	36
<b>3</b>	<b>MODÈLE DE COLLABORATION GARANTISSANT UNE INTEROPÉRABILITÉ SYNTAXIQUE</b>	<b>39</b>
3.1	Introduction . . . . .	39
3.2	Le protocole réseau contractuel . . . . .	40
3.3	Le protocole modifié pour la collaboration médicale à distance . . . . .	42
3.3.1	Objectif . . . . .	42
3.3.2	La téléexpertise : collaboration médicale à distance . . . . .	42
3.3.2.1	Modèles de collaboration . . . . .	42
3.3.2.2	Dispositifs médicaux communicants . . . . .	43
3.4	Modèle de coopération proposé garantissant une interopérabilité syntaxique	44
3.4.1	Le protocole réseau contractuel modifié . . . . .	44
3.4.2	Illustration des communications à travers un diagramme de séquence	45
3.5	Conclusion . . . . .	48
<b>4</b>	<b>UN CADRE MÉTHODOLOGIQUE POUR LA TRAÇABILITÉ DU RAISONNEMENT EN TÉLÉEXPERTISE</b>	<b>51</b>
4.1	Introduction . . . . .	51
4.2	Objectif et méthodes mises en œuvre . . . . .	52
4.3	Travaux connexes . . . . .	53
4.4	Contribution . . . . .	55
4.4.1	Architecture proposée . . . . .	55
4.4.2	Cas d'étude . . . . .	57
4.4.2.1	Cas d'application . . . . .	57
4.4.2.2	Interaction entre les différents professionnels de santé . . . . .	58
4.4.2.3	Collection d'avis médicaux . . . . .	60
4.4.3	Logique argumentative . . . . .	61
4.5	Conclusion . . . . .	63

<b>5</b>	<b>GRAPHES CONCEPTUELS ET VÉRIFICATION D'INCOHÉRENCES DANS LES PROCESSUS DE COLLABORATION MÉDICALE</b>	<b>65</b>
5.1	Introduction . . . . .	65
5.2	Rappel sur les graphes conceptuels . . . . .	66
5.2.1	Graphes basiques . . . . .	66
5.2.2	Graphes emboîtés (imbriqués) . . . . .	68
5.3	Modélisation du système d'argumentation en graphes conceptuels . . . . .	69
5.3.1	La description du support . . . . .	69
5.3.1.1	Les concepts ( $T_C$ ) . . . . .	69
5.3.1.2	Les relations ( $T_R$ ) . . . . .	71
5.3.2	Graphe d'attaques . . . . .	71
5.3.2.1	Description d'un argument . . . . .	71
5.3.2.2	Graphe d'attaques en graphes conceptuels . . . . .	72
5.4	Mécanismes de détection d'incohérences dans les processus de collaboration	73
5.4.1	Modification de la base de connaissances précédemment définie . . . . .	74
5.4.1.1	Concepts ajoutés . . . . .	74
5.4.1.2	Relations ajoutées . . . . .	75
5.4.2	Mécanismes de vérification de contraintes . . . . .	75
5.4.2.1	Les contraintes . . . . .	76
5.4.2.2	Pondération des arguments . . . . .	76
5.4.3	Pondération des expériences passées . . . . .	79
5.5	Modélisation dans CoGui . . . . .	81
5.5.1	Modélisations des poids comme contraintes . . . . .	81
5.5.2	Droit médical comme contraintes . . . . .	82
5.6	Conclusion . . . . .	85
<b>6</b>	<b>MÉCANISMES DE DÉTECTION D'ERREURS MÉDICALES</b>	<b>87</b>
6.1	Introduction . . . . .	87
6.2	Motivation et objectifs . . . . .	89
6.3	Erreurs médicales dans le système de santé . . . . .	90
6.4	Procédures judiciaires en cas de litiges . . . . .	93
6.5	Détection d'erreurs médicales dans les processus de collaboration . . . . .	95
6.5.1	Architecture proposée . . . . .	96
6.5.2	Description détaillée de l'architecture proposée . . . . .	97
6.5.2.1	Génération du rapport médical . . . . .	98
6.5.2.2	Génération du rapport d'expertise . . . . .	98
6.5.2.3	Analyse des erreurs médicales . . . . .	98
6.5.3	Structure des nœuds (arguments) du système d'argumentation . . . . .	99
6.6	Analyse des résultats avec un cas d'étude . . . . .	101
6.6.1	Cas d'étude . . . . .	101
6.6.1.1	Scénario de téléexpertise . . . . .	101

6.6.1.2	Scénario de l'expertise médicale . . . . .	103
6.6.2	Injection du rapport d'expertise dans MetaMap . . . . .	103
6.6.3	Prise en compte de la taxonomie de tempos . . . . .	107
6.6.4	Erreurs identifiées, classification et vérification . . . . .	107
6.7	Conclusion . . . . .	108
<b>CONCLUSION GÉNÉRALE</b>		<b>109</b>
<b>A ARGUMENTATION ET PROPRIÉTÉS DE GRAPHERS</b>		<b>113</b>
A.1	Introduction . . . . .	113
A.2	Rappels . . . . .	114
A.2.1	Rappel sur l'argumentation . . . . .	114
A.2.2	Rappel sur les propriétés de graphes . . . . .	114
A.3	Techniques et méthodes . . . . .	115
A.3.1	Propositions et preuves . . . . .	116
A.3.2	Implantation algorithmique de la <i>proposition 1</i> . . . . .	118
A.4	Discussions . . . . .	119
A.5	Conclusion . . . . .	121
<b>B ALGORITHMES DE CALCUL DES EXTENSIONS</b>		<b>123</b>
B.1	Génération des ensembles sans-conflits . . . . .	124
B.2	Génération des extensions admissibles . . . . .	125
B.3	Génération des extensions préférées . . . . .	125
B.4	Algorithme permettant de vérifier si un ensemble défend tous ses éléments . . . . .	126
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>		<b>129</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE DE L'AUTEUR</b>		<b>141</b>





# Table des figures

1.1	Principaux actes de télémédecine . . . . .	9
1.2	Les trois secteurs de la santé numérique . . . . .	14
1.3	L'usage des termes de la santé numérique dans la base de données américaines PubMed . . . . .	14
1.4	Les niveaux d'interopérabilité (adaptée de (Adebesin <i>et al.</i> , 2013)) . . . . .	17
1.5	Couches indépendantes . . . . .	19
2.1	Graphe d'attaques . . . . .	23
2.2	Relation entre les différentes sémantiques . . . . .	27
2.3	Relation entre les différentes sémantiques au sens de l'inclusion . . . . .	27
2.4	Usage des arguments dans les communications cliniques (adaptée de (Gilbert et Whyte, 2009)) . . . . .	35
3.1	Protocole réseau contractuel (adaptée de (FIPA, 2002)) . . . . .	41
3.2	L'acte de téléexpertise en télémédecine (adaptée de (Doubouya <i>et al.</i> , 2014)) . . . . .	43
3.3	Diagramme de cas d'utilisation d'un acte de téléexpertise (adaptée de (Doubouya <i>et al.</i> , 2014)) . . . . .	44
3.4	Le protocole réseau contractuel modifié (mFCNP) . . . . .	45
3.5	Teleexpertise : diagramme de séquence 1 . . . . .	46
3.6	Téléexpertise : diagramme de séquence 2 (DiagSeq2) . . . . .	47
3.7	Architecture de téléexpertise proposée . . . . .	48
4.1	Architecture du système . . . . .	56
4.2	Interactions en téléexpertise . . . . .	59
4.3	Diagramme de collaboration . . . . .	60
4.4	Représentation d'un nœud . . . . .	61
4.5	Graphe d'attaques . . . . .	62
5.1	Illustratio du mécanisme de projection . . . . .	68
5.2	Concepts ( $T_C$ ) . . . . .	69

5.3	Relations ( $T_R$ ) et signatures . . . . .	71
5.4	Structure interne d'un argument . . . . .	72
5.5	Système d'argumentation représenté en graphes en conceptuels . . . . .	73
5.6	Nouvelle structure interne d'un argument . . . . .	74
5.7	Concepts, Relations et Signatures . . . . .	75
5.8	Contraintes exprimées en graphes conceptuels . . . . .	77
5.9	Système d'argumentation pondéré . . . . .	81
5.10	Contrainte négative sur les arguments pondérés . . . . .	82
5.11	Vérification des inconstances dans le système d'argumentation pondéré . . . . .	82
5.12	Contrainte négative pour le consentement du patient . . . . .	83
5.13	Contrainte négative sur l'accès aux données médicales . . . . .	84
5.14	Verification de la contrainte sur l'accès aux données . . . . .	84
6.1	Graphe de connaissances (Gortzis et Nikiforidis, 2008) . . . . .	92
6.2	Schéma récapitulatif des procédures judiciaires . . . . .	94
6.3	Schéma du dispositif d'indemnisation (Loi du 4 mars 2002 relative aux droits des malades) . . . . .	95
6.4	Processus d'identification d'erreurs médicales . . . . .	96
6.5	Taxonomie de Tempos (Amalberti et Brami, 2011) . . . . .	99
6.6	Structure interne d'un argument . . . . .	100
6.7	Graphe d'attaques . . . . .	103
6.8	Capture d'écran 1 de la sortie de MetaMap . . . . .	104
6.9	Première erreur identifiée selon la taxonomie de Makeham . . . . .	105
6.10	Capture d'écran 2 de la sortie de MetaMap . . . . .	106
6.11	Deuxième erreur identifiée selon la taxonomie de Makeham . . . . .	106
A.1	Cheminement proposé . . . . .	116
A.2	Graphe d'attaques . . . . .	120

# Liste des tableaux

2.1	Tableau récapitulatif . . . . .	31
2.2	Comparaison technique . . . . .	32
2.3	Comparaison technique (suite) . . . . .	32
4.1	Argumentation des parties prenantes . . . . .	61
5.1	Dossier médical du patient (DMP) . . . . .	70
6.1	Argumentation des deux centres hospitaliers . . . . .	102
A.1	Comparaison des différentes méthodes . . . . .	120



# INTRODUCTION GÉNÉRALE

Aujourd'hui, avec l'avènement massif des nouvelles technologies de l'information et de la communication, plusieurs pratiques adoptées par le commun des mortels sont en train d'être bouleversées. Le domaine médical n'échappe pas à ces bouleversements. En effet, on constate de nos jours l'usage de robots pour des chirurgies à distance ; à titre d'illustration, l'équipe du professeur Marescaux a réalisé la première opération transatlantique en septembre 2001 depuis New York (États-Unis) sur une patiente à Strasbourg (France) (Marescaux *et al.*, 2002). Cette opération a été effectuée pour montrer sa faisabilité, et conduit aujourd'hui au développement de la recherche scientifique autour de la pratique d'actes médicaux à distance. Les technologies mobiles sont aussi en train de révolutionner le domaine médical. L'usage des technologies mobiles en santé s'appelle *mhealth* (Linas *et al.*, 2015, Santos *et al.*, 2014, Burke *et al.*, 2012, Handel, 2011, Rašković *et al.*, 2008, Luxton *et al.*, 2016) pour *mobile health* dans le monde anglo-saxon. Elles apportent aujourd'hui une assistance aux patients dans leur prise de médicaments, permettent la communication avec des objets connectés pour le monitoring des patients, le partage de données médicales entre professionnels de santé via des tablettes pour une collaboration pluridisciplinaire. La collaboration entre différents professionnels de santé peut nécessiter l'usage de plusieurs applications qui ne sont pas nécessairement interopérables : ce qui peut engendrer un problème d'interprétation voire l'impossibilité de lire des données reçues d'un bout à l'autre. Sur ce point de vue (collaboration), plusieurs travaux de recherche ont été réalisés pour apporter aux professionnels de santé des outils de collaboration fiable. Ces travaux vont des systèmes d'aide à la décision clinique (Musen *et al.*, 2014, Kawamoto *et al.*, 2005, Garg AX *et al.*, 2005, Kaushal R *et al.*, 2003) aux applications informatiques de collaboration médicale (FARQUHAR *et al.*, 1997, Drury et Williams, 2002, Park *et al.*, 2008, Shadbolt *et al.*, 2004) en passant par les systèmes d'information hospitaliers (Gardner *et al.*, 1999, Winter et Haux, 1995, Ammenwerth *et al.*, 2007, Wennberg et Gittelsohn, 1973). Tous ces travaux représentent les prémices de la télémédecine qui permet à partir de réseaux organisés par le partage d'informations et le partage de compétences, d'améliorer la prise en charge des patients tant dans le domaine de l'urgence que dans celui des maladies chroniques (comme le diabète, l'insuffisance cardiaque ou l'hypertension artérielle).

Tout comme les actes médicaux classiques, les actes de télémédecine induisent aussi les mêmes obligations du médecin envers ses patients ; quant aux patients ils bénéficient aussi des mêmes droits que dans un acte médical traditionnel. Ainsi lors d'un acte de télémédecine qui mène à la collaboration de plusieurs professionnels de santé, les responsabilités de chacun des intervenants doivent être dégagées en cas de litiges. Ce processus de dégagement des responsabilités se décline en deux principaux plans à savoir : (i) le plan juridique, (ii) le plan technologique.

## Plan juridique

La télémédecine est une véritable révolution technologique et organisationnelle qui emmène plusieurs professionnels de santé à collaborer selon l'acte pratiqué. Le droit aujourd'hui tente de s'adapter à cette pratique. C'est ainsi qu'une modélisation sémantique s'impose pour permettre de dégager un cadre juridique qui serait approprié à la pratique médicale à distance. Aujourd'hui, la priorité est de sécuriser (Herveg, 2007, Cavalli *et al.*, 2004, White, 2004) les pratiques déjà mises en œuvre dans les établissements en assurant leur mise en conformité aux décrets. Mais toutefois certaines questions subsidiaires restent à régler à savoir : comment déterminer la responsabilité des professionnels de santé impliqués dans des actes médicaux aux acteurs multiples ? La télémédecine favorisant cet exercice collectif au plan du diagnostic et des décisions thérapeutiques, une modélisation sémantique permettra donc de retracer de manière fiable et compréhensive les différentes interactions entre les professionnels de santé et cette traçabilité fera office de preuve pour connaître les responsabilités de chacun en cas de litige.

## Plan technologique

Au niveau technologique, plusieurs avancées peuvent être observées dans le domaine de la télémédecine si les principaux obstacles venaient à être surmontés. En déployant cette technologie dans tous les hôpitaux ruraux particulièrement éloignés, en améliorant la connectivité, en mettant en application des normes de qualité et en construisant une relation de confiance, la télémédecine devrait permettre l'efficacité équitable de la prise en charge des patients. Elle permet de concilier la qualité de visualisation des images (stations diagnostiques adaptées) avec la souplesse d'utilisation (possibilité d'accès Web), et d'assurer la structuration des échanges. L'interopérabilité conceptuelle sémantique doit s'assurer que les informations échangées sont compréhensibles du point de vue de leur signification et de leur interprétation par les applications qui les utilisent mais ayant été développées pour des objectifs différents. Le challenge sémantique consiste en l'harmonisation et l'utilisation de concepts et services communs en respectant des règles, contraintes et conditions communes. En particulier, l'interopérabilité sémantique va concerner la compréhension mutuelle de terminologies et concepts utilisés, mais

aussi la réalisation des procédures médicales envisagées le plus complètement et le plus judicieusement possible. Le travail de recherche consiste à mettre l'accent sur le niveau sémantique de l'interopérabilité de manière à permettre aux différents acteurs de la télémédecine de partager et utiliser des modèles de connaissances représentant les bonnes pratiques. L'approche est d'articuler les ontologies à des répertoires d'usages et pratiques raisonnables, pour la modélisation sémantique de la réglementation en télémédecine.

Les graphes conceptuels (Sowa, 1992) introduits par *John Sowa* permettront à la fois de définir rigoureusement les ontologies (traduisant chacune un vocabulaire de domaine) et de l'utiliser pour décrire et raisonner sur des situations. L'usage des graphes conceptuels est justifié par les propriétés essentielles suivantes :

- Ce système de représentation est souple, ce qui permet de se rapprocher de l'efficacité descriptive du langage naturel. Les graphes conceptuels sont plus expressifs que la logique du premier ordre par l'introduction de modalités et des ensembles flous.
- Les raisonnements reposent sur des opérations de graphes, qui permettent d'effectuer des recherches visualisables et d'enrichir des connaissances.
- Le formalisme permet le partage des connaissances, l'échange de données lors d'un travail à distance et assure l'interopérabilité via la correspondance avec les langages du web sémantique (RDF(S), OWL et RuleML).

De plus l'usage des systèmes d'argumentation à la Dung (Dung, 1995) permettront de retranscrire de manière fiable les différentes interactions entre les professionnels de santé. Mais contrairement à la philosophie de base de Dung qui utilise un système d'argumentation abstrait (nœuds dépourvus de structure interne), nous utiliserons dans ce travail un système d'argumentation structuré (Tamani et Croitoru, 2014) dans lequel les arguments ou nœuds sont dotés d'une structure interne.

Dans ce travail, nous combinerons modélisation sémantique (graphes conceptuels) et système d'argumentation. En d'autres termes, le système d'argumentation sera représenté en graphes conceptuels. L'intérêt de cette représentation est le fait qu'elle permet de profiter à la fois des avantages de la modélisation sémantique (assurer l'interopérabilité sémantique) et ceux du système d'argumentation (fournir un cadre méthodologique pour la représentation des avis conflictuels lors d'une collaboration entre professionnels de santé).

Ce rapport de thèse est structuré en six chapitres :

Le **chapitre 1**, intitulé « **ÉTAT DE L'ART SUR LA TÉLÉMÉDECINE** » explique en détails la télémédecine . En effet dans ce chapitre, nous rappelons les principaux actes de télémédecine et leurs aspects juridiques. La télémédecine faisant partie du domaine de la santé numérique, plusieurs solutions technologiques pour la mise en œuvre de ses



actes ont été proposées. Certaines de ses solutions sont exposées dans ce chapitre.

Le **chapitre 2**, « **ÉTAT DE L'ART SUR L'ARGUMENTATION** » est consacré à la description de l'outil d'Intelligence Artificielle que nous utilisons dans notre travail à savoir : l'argumentation plus précisément le système d'argumentation de Dung. Ainsi dans ce chapitre, les fondements mathématiques du système d'argumentation sont rappelés tout en y parlant des différentes applications existant dans la littérature. L'usage de l'argumentation dans le domaine juridique (droit médical) y est aussi expliqué.

Les chapitres suivants (3 à 6) représentent nos principales contributions pour cette thèse.

Le **chapitre 3** qui a pour titre « **MODÈLE DE COLLABORATION GARANTISSANT UNE INTEROPÉRABILITÉ SYNTAXIQUE** » expose une approche de collaboration à distance entre professionnels médicaux (téléexpertise) tout en garantissant une interopérabilité syntaxique. Dans ce chapitre, nous proposons un modèle conceptuel intégrant le protocole *FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents)* pour recueillir les réponses des professionnels médicaux participant à un acte de téléexpertise qui par la même occasion garantit une interopérabilité syntaxique vu qu'il est basé sur du formalisme XML. Le modèle proposé satisfait à quatre exigences (couverture, qualité de service, mobilité et itinérance, facilité d'utilisation du service) de la configuration et du fonctionnement des services et du réseau sous-jacent.

Le **chapitre 4**, intitulé « **UN CADRE MÉTHODOLOGIQUE POUR LA TRAÇABILITÉ DU RAISONNEMENT EN TÉLÉEXPERTISE** », comme son titre l'indique traite des processus de prise de décisions dans les systèmes de santé tout en fournissant un cadre méthodologique pour garantir la traçabilité des raisonnements dans ces processus. La logique sémantique sous-jacente de ce cadre méthodologique est l'argumentation qui est utilisée pour assurer une traçabilité du raisonnement des différentes parties prenantes. Cette traçabilité permet de garantir un accès équitable à ma connaissance et aux expériences collectives passées tout en fournissant un moyen de se prémunir d'éventuelles conséquences judiciaires en cas de litige. Un cas d'étude est fourni et met en exergue la modélisation d'un processus de prise de décision appliquée à teleexpertise pour les maladies chroniques telles que le diabète de type 2.

Le **chapitre 5**, ayant pour titre « **GRAPHES CONCEPTUELS ET VÉRIFICATION D'INCOHÉRENCES DANS LES PROCESSUS DE COLLABORATION MÉDICALE** », traite des incohérences que l'on peut rencontrer dans les graphes d'attaques lors des processus de collaboration représentés par des systèmes d'argumentation eux-mêmes modélisés en graphes conceptuels. Ces incohérences peuvent être de mauvaises

relations d'attaques, c'est-à-dire des relations d'attaques qui n'auraient pas dû avoir lieu. Dans le formalisme de graphes conceptuels, ces incohérences sont vérifiées par l'usage d'opérations de graphes appelés contraintes. Pour résoudre ces problèmes d'incohérences dans les systèmes d'argumentation, deux solutions sont proposées. La première consiste à pondérer les arguments évoluant dans le système d'argumentation et la seconde consiste à vérifier le respect de concepts de droits médicaux dans les pratiques collaboratives.

Le **chapitre 6**, intitulé « **MÉCANISMES DE DÉTECTION D'ERREURS MÉDICALES** », présente un mécanisme de détection d'erreurs médicales pouvant survenir dans les processus de soins. Le mécanisme en question se base sur des notions de mappage avec les concepts médicaux des terminologies standardisées. Pour illustrer le fonctionnement de la technique ou de la solution proposée, un exemple de pratique de la téléexpertise (entre deux hôpitaux publics français) qui a conduit à des litiges est présenté.

La **conclusion générale**, permet de tirer un bilan sur cette étude, tout en résumant les différents résultats obtenus et par la même occasion de situer des perspectives de notre travail de recherche.



# ÉTAT DE L'ART SUR LA TÉLÉMÉDECINE

## Sommaire

---

<b>1.1</b>	<b>Introduction</b> . . . . .	<b>7</b>
<b>1.2</b>	<b>Actes et aspects juridiques</b> . . . . .	<b>8</b>
1.2.1	La téléconsultation . . . . .	8
1.2.2	La téléexpertise . . . . .	10
1.2.3	La télésurveillance . . . . .	11
1.2.4	La téléassistance . . . . .	11
1.2.5	La réponse médicale . . . . .	12
<b>1.3</b>	<b>Aspects informatiques des technologies</b> . . . . .	<b>13</b>
1.3.1	Télémédecine : la santé numérique . . . . .	13
1.3.2	Les différentes applications de télémédecine existantes . . . . .	13
1.3.3	Concepts d'interopérabilité . . . . .	16
<b>1.4</b>	<b>Conclusion</b> . . . . .	<b>19</b>

---

## 1.1 Introduction

La télémédecine comme son nom l'indique consiste à l'usage des technologies d'information et de communication (TIC) dans la pratique d'actes médicaux à distance. En d'autre termes, elle permet de fournir à distance des soins médicaux par la collecte d'images et d'informations pour des diagnostics, traitements, suivis et assistances. La télémédecine est très utile dans plusieurs secteurs à savoir : les secteurs ruraux ([Barjis et al., 2013](#)) où les avis d'experts médicaux sont souvent indisponibles, les secteurs critiques (zone de désastre, zone de guerre, etc) pour apporter le plus vite possible des soins médicaux.

Selon le *Décret n° 2010-1229 du 19 octobre 2010*, la télémédecine se décline en cinq principaux actes qui sont :

- **Téléconsultation** : elle permet à un personnel médical de consulter à distance un patient.
- **Téléexpertise** : elle permet à un personnel médical de demander à distance des avis d'experts. Elle peut être réalisée en l'absence du patient.
- **Télésurveillance** : elle permet à un personnel médical de surveiller et superviser à distance un patient.
- **Téléassistance** : elle permet à un personnel médical d'assister à distance un autre personnel médical pendant une intervention.
- **Réponse médicale** : elle est utilisée pour fournir des services d'urgence rapides et efficaces.

Ces différents actes, hormis la réponse médicale, sont résumés dans la [Figure 1.1](#), qui les classifie en deux sous-groupes : (i) l'un mettant en relation patient et personnel médical, (ii) l'autre mettant en relation Personnel Soignant (PS : professions médicales, professions pharmaceutiques, auxiliaires médicaux, aides-soignants, auxiliaires de puériculture et ambulanciers) ou Personnel Médical (PM : médecin, chirurgien-dentiste, sage-femme) et Personnel Médical. De temps en temps dans le rapport, tous les corps médicaux (PS ou PM) sont désignés par professionnels de santé ou professionnels médicaux.

Dans la suite de ce chapitre, nous allons d'abord aborder en détails les différents actes de télémédecine, leurs aspects juridiques et les technologies utilisées dans la réalisation de ces actes.

## 1.2 Les principaux actes de télémédecine et leurs aspects juridiques

Dans cette section nous allons parler en détails des différents actes de télémédecine mentionnés dans l'introduction.

### 1.2.1 La téléconsultation

#### 1.2.1.1 Définition

Il s'agit d'une consultation médicale qui se fait à distance. Dans cet acte, le patient est un acteur à part entière qui peut dialoguer avec le médecin téléconsultant. La téléconsultation nécessite la présence du patient. Ce dernier peut être accompagné d'un professionnel de santé qui le cas échéant peut apporter une assistance au médecin téléconsultant. Dans la téléconsultation les principaux acteurs opérationnels sont les suivants :

- Le patient (et ses éventuels aidants)

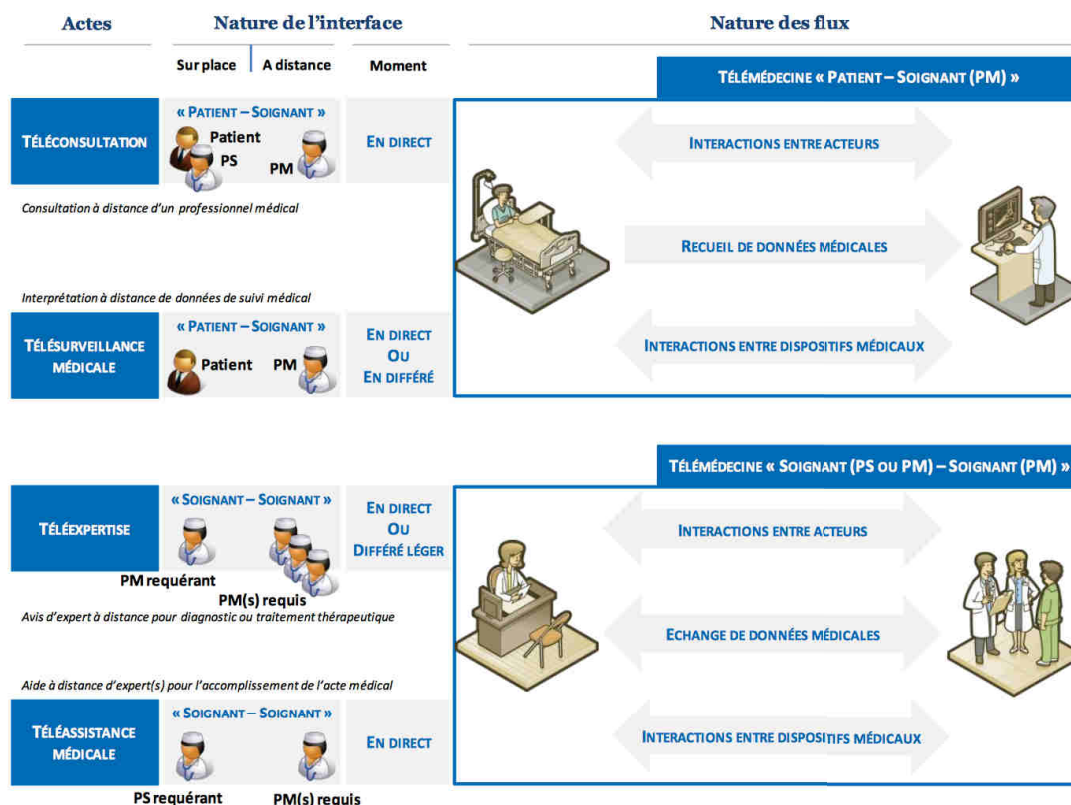


FIGURE 1.1 – Principaux actes de télémédecine

- Le professionnel médical (PM) à qui incombe la prise en charge du patient, la responsabilité de l'acte.
- Le professionnel de santé (PS) qui souhaite disposer d'une assistance à distance.

### 1.2.1.2 Les régimes de responsabilité applicables à la téléconsultation

Pour l'acte de téléconsultation, on distingue trois principaux régimes de responsabilité.

- **Entre médecins d'établissements publics de santé** : L'organisation des soins incombe à la responsabilité des établissements publics de santé.
- **Entre médecins d'établissements de santé privés** : Deux cas se présentent ici : (i) si le médecin requérant ou requis est salarié alors l'établissement de santé est responsable de l'organisation des soins à l'égard du patient avec lequel il a conclu un contrat, (ii) si le médecin requérant exerce une profession libérale, c'est ce dernier qui sera responsable des éventuelles conséquences dommageables vu qu'il est en relation contractuelle avec son patient. Mais il est bon de savoir que cette responsabilité peut être solidaire si la cause principale du dommage s'avère difficile à déterminer ou s'il est reconnu que la faute provient des deux parties à savoir le médecin requérant et le médecin requis.

- **Entre médecins d'établissements de santé publics et médecins d'établissements de santé privés ou médecins libéraux** : Dans ce cas, il s'agit d'une coopération (co-diagnostic et/ou co-prescription) entre les deux médecins qui ont des statuts judiciaires différents. Les responsabilités varieront donc au cas par cas selon que le médecin requis ou requérant est salarié ou non de l'établissement privé. Mais il y a aussi la possibilité de condamnation solidaire des différents intervenants.

## 1.2.2 La téléexpertise

### 1.2.2.1 Définition

La téléexpertise est un acte de télémédecine qui consiste à mettre en relation des professionnels médicaux avec des compétences différentes dans le but d'une prise de décision collaborative. En ce sens, elle permet à un professionnel médical d'obtenir à distance des avis d'experts. Cet acte peut être réalisé en l'absence du patient concerné. Toutefois le consentement éclairé qui est une des obligations du médecin (*art. L. 1111-2 CSP*) devrait être obtenu de la part du patient. Les principaux acteurs impliqués dans la réalisation de l'acte de téléexpertise sont :

- Le professionnel médical requérant : celui qui demande un acte de téléexpertise.
- Le ou les professionnels médicaux requis (selon que le patient ait ou non des pathologies complexes)

### 1.2.2.2 Les régimes de responsabilité applicables à la téléexpertise

La téléexpertise étant un acte qui emmène à la collaboration à distance, il est donc important de pouvoir engager la responsabilité de chacun des intervenants en cas de litiges. A cet égard l'article R.4127-64 du CSP stipule que : « *lorsque plusieurs médecins collaborent à l'examen ou au traitement d'un malade, ils doivent se tenir mutuellement informés, chacun des praticiens assument ses responsabilités personnelles et veillent à l'information du malade* ».

Lors de l'acte de téléexpertise, le médecin requérant est responsable des informations recueillies et télétransmises, de l'information délivrée au patient et de la décision finale sur le choix thérapeutique. Le médecin requis quant à lui est responsable du diagnostic qu'il pose eu égard des informations fournies pour le médecin requérant. Toutefois, le médecin requis doit tenir compte des limites inhérentes à la pratique de la téléexpertise telles que la sélection ou l'altération de l'information transmise par le médecin requérant et, en cas de doute, il doit être en mesure de demander une expertise complémentaire.

- **Entre médecins d'établissements de santé publics** : Les établissements publics prennent la responsabilité en cas de dommage, sauf s'il s'avère que le médecin a commis une faute détachable de l'exercice médical.

- **Entre médecins d'établissements privés ou médecins libéraux** : La responsabilité est assumée par celui qui a conclu un contrat avec le patient.
- **Entre médecins d'établissements de santé publics et médecins d'établissements de santé privés ou médecins libéraux** : Dans ce cas, il s'agit de bien identifier à qui incombent les décisions eu égard du patient.

Comme dans le cas de la téléconsultation, en cas de fautes communes, le juge pourra prononcer une condamnation solidaire.

### 1.2.3 La télésurveillance

#### 1.2.3.1 Définition

La télésurveillance est un acte de télémédecine qui consiste en l'interprétation à distance des données nécessaires au suivi du patient par un professionnel médical. La transmission et l'enregistrement des données peuvent se faire soit de manière automatique, soit de manière manuelle par le patient lui-même. Dans l'acte de télésurveillance les principaux acteurs sont :

- Le patient sur qui sont implantés les outils de recueil et de transmission de données.
- Le professionnel médical qui va analyser les données qui lui sont transmises et qui seront nécessaires à la prise de décision pour le traitement du patient.

#### 1.2.3.2 Les régimes de responsabilité applicables à la télésurveillance

Tout comme les précédents actes, dans la télésurveillance la responsabilité des professionnels de santé y intervenant est souvent engagée. Ainsi dans le cadre de la télésurveillance, après le recueil et la transmission des informations, l'interprétation de celles-ci par le professionnel médical engage sa responsabilité. Du côté du patient, lorsque ce dernier n'est pas en mesure d'effectuer le recueil des données, cette tâche est déléguée à un professionnel qui engage donc sa responsabilité.

Étant donné que le recueil et la transmission sont effectués via des outils, ces derniers sont soumis à des exigences (conformité et sécurité) eu égard à l'article *art. L. 5211-1 CSP*.

### 1.2.4 La téléassistance

#### 1.2.4.1 Définition

Cet acte de la télémédecine permet à un professionnel médical d'assister à distance un de ses confrères (professionnel de santé) pendant une intervention. Cette assistance à distance peut concerner des actes paramédicaux ou des actes de chirurgie. La téléassistance peut également aider dans des situations d'urgence où une assistance par



un expert permettrait de sauver des vies. Les principaux acteurs intervenant dans l'acte de téléassistance sont :

- Le professionnel de santé (PS) qui demande à être assisté.
- Le professionnel médical qui assiste le PS durant une intervention.

#### **1.2.4.2 Les régimes de responsabilité applicables à la téléassistance**

Dans la téléassistance les régimes de responsabilité applicables sont similaires à ceux des actes de téléconsultation et de téléexpertise. En effet, un médecin qui porte assistance à un de ses confrères partage la responsabilité des diagnostics posés et actes thérapeutiques réalisés. Ainsi le médecin requis (celui qui assiste un professionnel de santé) est responsable des résultats de son assistance, le professionnel de santé quant à lui est responsable de l'exécution de l'acte.

### **1.2.5 La réponse médicale**

#### **1.2.5.1 Définition**

La réponse médicale est un acte de télémédecine utilisée dans le cadre de la régulation médicale des urgences et de la permanence des soins. Elle consiste en la pratique d'un acte médical au téléphone par un médecin appelé médecin régulateur. La régulation médicale a pour principales missions de :

- s'assurer de la disponibilité des moyens d'hospitalisation publics ou privés adaptés à l'état du patient, tout en respectent le libre choix de ce dernier ;
- préparer l'accueil du patient dans l'établissement choisi ;
- organiser le cas échéant le transport vers l'établissement public ou privé en faisant appel à un service public ou une entreprise privée de transport sanitaire ;
- veiller à l'admission du patient.

Les principaux acteurs impliqués dans la réponse médicale sont :

- Le professionnel médical (PM).
- Le patient, à défaut son représentant légal.

#### **1.2.5.2 Les régimes de responsabilité applicables à la réponse médicale**

La réalisation de cet acte de télémédecine incombe à la responsabilité du professionnel médical, ici le médecin régulateur.

## 1.3 Les aspects informatiques des technologies autour de la télémédecine

Dans cette section, nous allons aborder les principaux aspects informatiques autour de la télémédecine. Ces aspects s'étalent des différentes applications de télémédecine existantes aux concepts d'interopérabilité de ces applications.

### 1.3.1 Télémédecine : la santé numérique

La télémédecine fait partie du secteur de la santé numérique ; qui est un domaine dans lequel s'investissent industriels du numérique et professionnels de santé. La santé numérique comme son nom l'indique représente les secteurs d'activités dans le domaine de la santé où les TICs sont utilisées. Aujourd'hui avec la vulgarisation d'outils technologiques (visioconférences, ordinateurs, smartphones, capteurs, tablettes, ...), la pratique de la télémédecine semble être en bonne voie. Tous ces objets concourent à une communication à distance, à faire des diagnostics à distance, à prendre les paramètres d'une personne dans un but médical. Selon Pierre SIMON ([SIMON, 2015](#)), la santé numérique est composée de trois secteurs :

- les outils et les supports ;
- les services commerciaux ;
- l'usage de la santé numérique par les professionnels de santé.

Ces différents secteurs sont résumés dans la Figure 1.2.

Dans notre travail, les secteurs qui nous concernent le plus sont les **outils supports** et les **pratiques des professions réglementées en santé**.

Il faut aussi noter qu'il existe plusieurs termes utilisés pour la santé numérique dans la littérature médicale scientifique. Ils sont représentés dans le diagramme défini par la Figure 1.3.

### 1.3.2 Les différentes applications de télémédecine existantes

Dans cette sous-section, nous allons nous focaliser principalement sur les applications développées en France. Un important travail a été réalisé dans ce sens par ([Simon et Acker, 2008](#)) que nous tentons de résumer ici.

#### 1.3.2.1 Les applications de téléconsultation

En France, la région Midi-Pyrénées est l'une des pionnières de la téléconsultation. La téléconsultation a été initiée par la pratique des Réunions de Concertation Pluridisciplinaire (RCP) en cancérologie en 2005. D'autres applications de la téléconsultation ont vu le jour dans d'autres régions de la France telles les applications de téléconsultation dans les Établissements d'Hébergement pour Personnes Âgées Dépendantes (EHPAD),

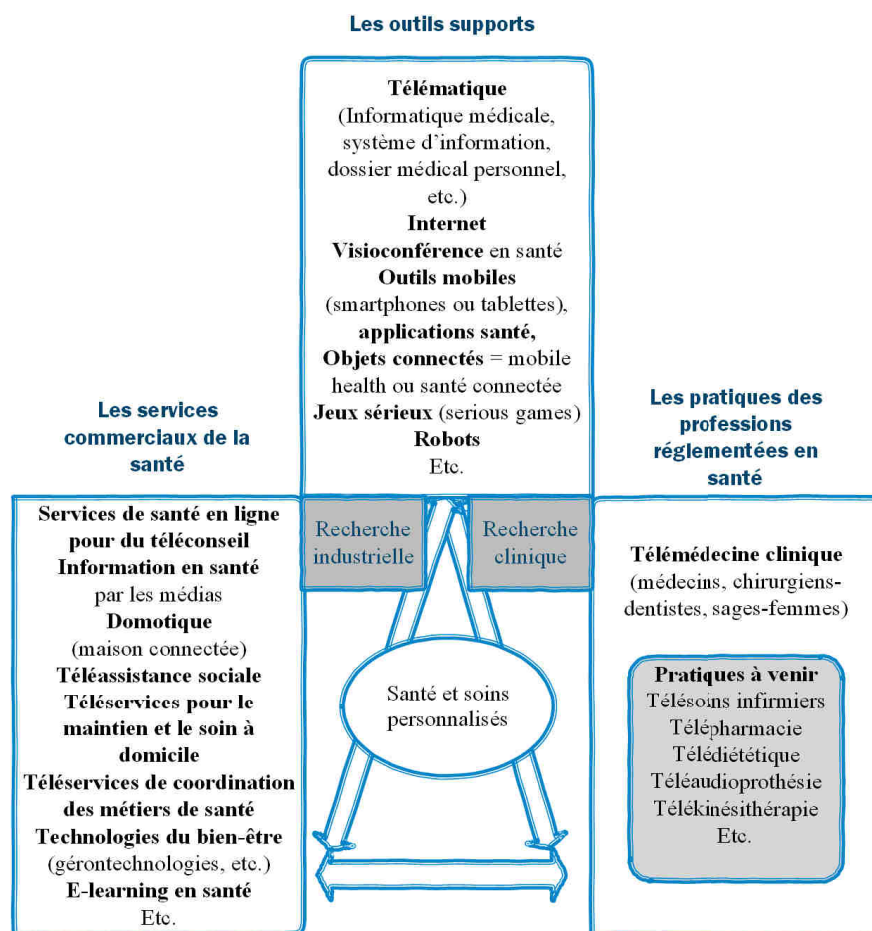


FIGURE 1.2 – Les trois secteurs de la santé numérique

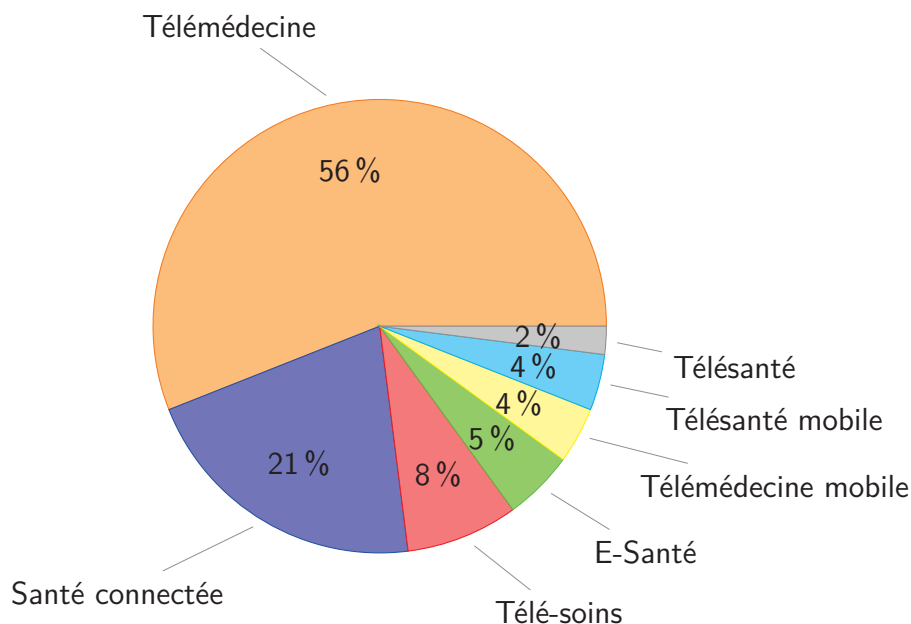


FIGURE 1.3 – L'usage des termes de la santé numérique dans la base de données américaines PubMed

les zones montagneuses ou isolées. Parmi les applications de la téléconsultation, nous pouvons aussi citer la téléconsultation en établissement pénitentiaire. En France elle est

pratiquée dans plusieurs établissements pénitentiaires dont celui de Lannemezan dans les Hautes-Pyrénées qui est le plus ancien et celui de l'UCSA<sup>1</sup> de Bois d'Arcy (Yvelines).

### 1.3.2.2 Les applications de téléexpertise

La téléexpertise a été initiée en France par le réseau Périn@t<sup>2</sup> qui a pour objectif la mise en relation de professionnels de santé. Elle a été appliquée au diagnostic prénatal dans le but de réduire les déplacements des parturientes nécessitant des prises en charges et provenant des territoires isolés. La téléexpertise en radiologie est une application de la télémédecine qui s'est le plus développée en France. Parmi les applications de téléexpertise appliquées en France, nous pouvons citer : la téléexpertise en néphrologie dans laquelle néphrologue et médecin généraliste collaborent pour le suivi d'un insuffisant rénal chronique, la téléexpertise en cardiologie adulte pour statuer sur le transfert ou non d'un patient dans un centre de cardiologie interventionnelle, la téléexpertise en cancérologie utilisée dans les RCP (Réunion de concertation pluridisciplinaire) gérée par les réseaux de cancérologie.

### 1.3.2.3 Les applications de télésurveillance

Les applications les plus anciennes de la télésurveillance sont la télésurveillance à domicile des grossesses à risques et la télésurveillance de l'hypertension artérielle. Mais aujourd'hui avec l'avènement des réseaux haut débit, cette pratique tend à s'étendre sur l'ensemble du territoire national français. Tant d'autres applications de télésurveillance ont été développées en France dont la télésurveillance en néphrologie pour les patients traités par dialyse, la télésurveillance des patients transplantés, la télésurveillance des maladies cardiaques qui est une des applications en plein essor en France (Simon et Acker, 2008), la télésurveillance des maladies d'Alzheimer qui sont l'une des principales causes de dépendance des personnes âgées, la télésurveillance des maladies chroniques (diabète, hypertension artérielle, insuffisance cardiaque) via des « vêtements intelligents » incluant des capteurs.

### 1.3.2.4 Les applications de téléassistance

Parmi les applications de la téléassistance, nous pouvons citer : la téléassistance radiologique qui permet à un médecin téléradiologue d'assister le manipulateur de radiologie lors d'un acte d'imagerie médicale, la téléassistance en chirurgie appelée aussi téléchirurgie qui permet à un robot d'exécuter les gestes du chirurgien. La téléchirurgie est à double intérêt; d'une part elle favorise la chirurgie mini-invasive grâce à des caméras endoscopiques, d'autre part elle peut être utilisée comme outil de formation des jeunes chirurgiens. En France, il existe aussi différents organismes qui apportent

---

1. Unité de Consultation et de Soins Ambulatoires

2. <http://oten.fr/?Perin-t-mise-en-reseau-des>, dernier accès le 13/07/2015

assistance lors d'un acte médical : par exemple nous avons le SAMU (Service d'Aide Médicale Urgente) de Paris qui apporte une assistance médicale à des passagers en vol sur des avions d'Air France et des trains à grande vitesse (TGV), tandis que le centre de consultation médicale maritime (CCMM) est une originalité au sein du SAMU 31 de Toulouse.

### 1.3.3 Concepts d'interopérabilité

Dans la pratique de télémédecine plusieurs systèmes hétérogènes sont amenés à communiquer ensemble. Il arrive très souvent qu'il y ait des difficultés de communication entre ces systèmes car ceux-ci ne sont pas interopérables. C'est pourquoi, de nos jours l'on devrait penser à prendre en compte cette thématique dès la conception des systèmes.

L'interopérabilité n'est ni la consistance, ni l'intégration dans un même système même si elle peut cependant contribuer en cela. Elle concerne les échanges entre applications informatiques qui sont soit sur un même ordinateur soit des ordinateurs distants. Pour le Comité Européen de Normalisation<sup>3</sup>, l'interopérabilité est « *un état entre deux applications lorsque, pour une tâche spécifique, une application peut accepter des données de l'autre pour effectuer cette demande de manière appropriée et satisfaisante sans une intervention de l'opérateur externe* » (Méhand *et al.*, 2010). Dans ce cas les systèmes d'informations doivent traiter ces données indépendamment de leurs sources. Le concept d'interopérabilité peut être décliné en plusieurs niveaux. Ces différents niveaux sont décrits dans la section suivante.

#### 1.3.3.1 Les différents niveaux d'interopérabilité

Selon Adebisin *et al.* (Adebisin *et al.*, 2013), il existe quatre niveaux d'interopérabilité.

- **Niveau technique** : il permet l'échange de données entre systèmes hétérogènes, ne garantit pas que le système de réception saura utiliser les données échangées de manière significative.
- **Niveau syntaxique** : il assure la conservation de l'objectif clinique durant la transmission des données vers les systèmes de santé.
- **Niveau sémantique** : il permet à plusieurs systèmes d'interpréter de la même manière les informations qui sont en train d'être échangées à travers des concepts prédéfinis partagés.
- **Niveau organisationnel** : il facilite l'intégration des processus métiers et les flux au-delà des limites d'une seule organisation.

Ces différents niveaux d'interopérabilité sont illustrés dans la Figure 1.4 adaptée de (Adebisin *et al.*, 2013).

---

3. <https://www.cen.eu/Pages/default.aspx>, dernier accès le 16/07/2015

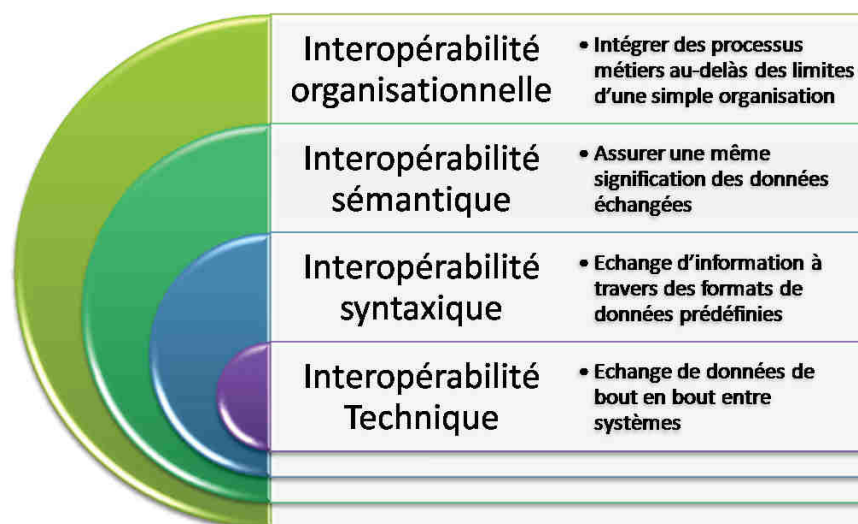


FIGURE 1.4 – Les niveaux d'interopérabilité (adaptée de (Adebesin *et al.*, 2013))

### 1.3.3.2 Résolution des problèmes d'interopérabilité

L'interopérabilité dans la télémédecine constitue un domaine de recherche à part entière dans la communauté scientifique. En 2010 la société Altran a réalisé un travail (Méhand *et al.*, 2010) dans lequel elle apporte sa contribution dans la résolution des problèmes d'interopérabilité. Leur contribution se focalise sur les aspects technologiques de l'interopérabilité. Pour ce faire, ce travail se penche sur la résolution du problème couche par couche en proposant pour chaque couche les technologies pouvant être mises en œuvre. Neuf couches (niveaux) indépendantes ont été identifiées (voir Figure 1.5) :

- **Niveau physique, réseau** : ce niveau n'est pas spécifique à la santé. Il unifie Internet et technologies mobiles, mais peut évoluer comme en témoigne le développement des technologies mobiles.
- **Protocoles de transport et de communication** : au niveau international, la coordination survient dans les structures EDI (Electronic Data Interchange) qui ont été introduites et établies entre les professionnels et le secteur du Web réglementaire (UN/CEFACT, ebXML).
- **Système d'échange de processus et d'affaire** : A l'international, dans le domaine de la santé, ce niveau est pris en charge par une organisation appelée en anglais IHE<sup>4</sup> (Integrating the Healthcare Enterprise) dont le rôle est de définir les « profils d'intégration » pour différents processus.
- **Structure des documents et des messages** : ce niveau est défini par des standards tels que HL7<sup>5</sup> (Health level Seven), DICOM<sup>6</sup> (Digital Image Communication).

4. <http://www.ihe.net>, dernier accès le 24/10/2015

5. <http://www.hl7.org>, dernier accès le 24/10/2015

6. <http://dicom.nema.org>, dernier accès le 24/10/2015

- **Définition et structure de l'information** : que ce soit dans une observation ou dans un acte médical, les éléments obligatoires, scientifiquement corrects et éthiquement acceptables sont à inclure.
- **Sémantique** : plusieurs terminologies sont en train d'être intégrées dans les logiciels. Parmi elles, on peut citer SNOMED (Systematized Nomenclature of Medicine–Clinical Terms), LOINC (Logical Observation Identifiers Names and Codes).
- **Ergonomie** : il faut savoir que son importance est souvent sous-estimée mais des normes de présentation et de divulgation seront requises partout où un être humain doit intervenir.
- **Sécurité** : il s'agit d'une approche globale qui doit faire l'objet d'un sujet de réflexion autonome.
- **Langages informatiques** : ils facilitent le travail sur les mécanismes de gestion de l'information et leur stabilité, sur les processus de mise à jour dynamique, sur les procédures avancées et les principes formalisés pour l'interopérabilité dans le but de soutenir les objectifs organisationnel et fonctionnel dans les systèmes dynamiques et mobiles.

Contrairement à ces différents niveaux d'interopérabilité, la communauté européenne en charge de l'interopérabilité a proposé des standards d'implémentation sur trois niveaux :

- **Le haut niveau** : il concerne les spécifications définies par les projets nationaux et régionaux.
- **Le niveau intermédiaire** : il concerne les profils d'intégration dans le but de pouvoir répondre au mieux aux principaux défis.
- **Le bas niveau** : il concerne les standards (HL7, DICOM, IEEE, W3C, Oasis, ...) et les interfaces entre les systèmes.

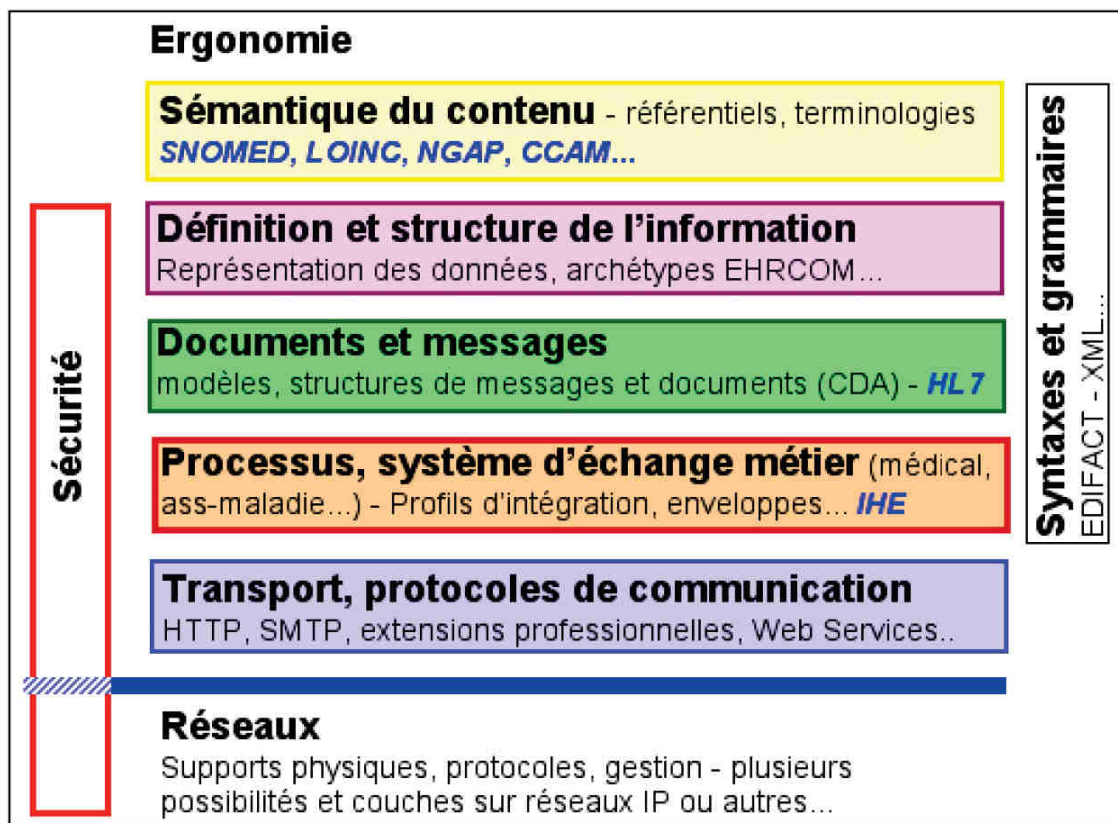


FIGURE 1.5 – Couches indépendantes

## 1.4 Conclusion

Ce chapitre a permis de faire le point sur les aspects autour de la télémédecine. Ces aspects concernent aussi bien les aspects juridiques que technologiques. En effet dans la télémédecine, l'on est souvent amené à échanger des données entre plusieurs institutions; une interopérabilité entre les différents systèmes de ces institutions s'impose donc et plusieurs solutions techniques ont été proposées dans ce sens. De plus la télémédecine conduisant à la collaboration entre plusieurs parties, en cas de litige la responsabilité de chacun des collaborateurs doit être dégagée : ce chapitre a permis d'élucider quelques points concernant cette responsabilité.

Dans ce travail de recherche, nous nous intéressons aux aspects collaboratifs de la télémédecine; particulièrement la téléexpertise ainsi donc implicitement à la responsabilité de chacun des intervenants : pour ce faire des outils d'Intelligence Artificielle (IA) seront utilisés.

Ceci fera donc l'objet du prochain chapitre où nous ferons un état de l'art sur le système d'argumentation abstrait qui est l'outil utilisé et son application dans le domaine médico-légal.





# ÉTAT DE L'ART SUR L'ARGUMENTATION

## Sommaire

---

<b>2.1</b>	<b>Introduction</b> . . . . .	<b>22</b>
<b>2.2</b>	<b>L'argumentation, définitions et propriétés</b> . . . . .	<b>22</b>
2.2.1	Qu'est-ce que l'argumentation ? . . . . .	22
2.2.2	Définitions liées au système d'argumentation . . . . .	22
2.2.3	Sémantiques d'acceptabilité . . . . .	23
2.2.4	Les relations entre les différentes sémantiques . . . . .	26
2.2.5	Statuts d'un argument . . . . .	26
<b>2.3</b>	<b>Outils d'argumentation dans la littérature</b> . . . . .	<b>28</b>
2.3.1	ArgSemSat . . . . .	28
2.3.2	ArgTools . . . . .	28
2.3.3	ASPARTIX . . . . .	29
2.3.4	CEGARTIX . . . . .	29
2.3.5	CompArg . . . . .	29
2.3.6	ConArg . . . . .	29
2.3.7	Dung-O-Matic . . . . .	30
2.3.8	Dungine (ArgKit) . . . . .	30
2.3.9	dynPARTIX . . . . .	30
2.3.10	pyAAL (+ArguLab) . . . . .	30
2.3.11	Tableaux comparatifs . . . . .	31
2.3.12	Conclusion partielle . . . . .	31
<b>2.4</b>	<b>L'argumentation et le droit médical</b> . . . . .	<b>32</b>
2.4.1	L'argumentation juridique . . . . .	33
2.4.2	L'argumentation et le domaine médical . . . . .	35
<b>2.5</b>	<b>Conclusion</b> . . . . .	<b>36</b>

---

## 2.1 Introduction

Dans notre travail nous sommes intéressés par les aspects de prises de décisions collaboratives de la télémédecine en d'autres termes la téléexpertise. Par définition la téléexpertise est une pratique de la télémédecine qui consiste à faire collaborer à distance différents professionnels de santé pour donner des avis d'experts sur le dossier médical d'un patient. Le plus souvent ce processus s'effectue par des raisonnements en suivant des protocoles médicaux bien définis. L'on peut être emmené à avoir des avis conflictuels lors du processus de collaboration. Par conséquent pour modéliser ce processus et pouvoir trancher entre les avis conflictuels, nous avons trouvé opportun d'utiliser un outil du domaine de l'IA appelé **argumentation** qui est un modèle de raisonnement basé sur la construction et l'évaluation des arguments (avis) interagissant entre-eux.

Ainsi, dans la suite nous effectuons un état de l'art de l'argumentation dans lequel nous rappelons les concepts mathématiques de l'argumentation, les outils informatiques existants et les travaux réalisés conciliant argumentation et cadre juridique.

## 2.2 L'argumentation, définitions et propriétés

### 2.2.1 Qu'est-ce que l'argumentation ?

L'argumentation est un modèle de raisonnement basé sur la construction et l'évaluation d'arguments interagissants entre-eux. La théorie de l'argumentation est généralement appliquée au raisonnement non monotone, à la prise de décision ou à la modélisation de certains types de dialogue tels la négociation. Ce cadre méthodologique est composé d'un ensemble d'arguments et de relations binaires dénotant les potentiels conflits entre des arguments. En effet le système d'argumentation introduit par Dung (Dung, 1995) dans les années 1990 est communément appelé système d'argumentation abstrait. Ce dernier consiste en un couple  $(A, R)$ , où  $A$  est un ensemble d'éléments appelés *arguments* et  $R$  un ensemble de relations binaires représentant des *relations d'attaque* entre arguments. La plupart des modèles développés sont basés sur le système d'argumentation de Dung (Dung, 1995).

### 2.2.2 Définitions liées au système d'argumentation

**Définition 1.** Un système d'argumentation  $(AF)$  est un couple  $F = (A, R)$ , où  $A$  est un ensemble d'arguments et  $R \subseteq A \times A$  est la relation d'attaque. Le couple  $(a, b) \in R$  signifie que  $a$  attaque  $b$ . On dit qu'un argument  $a \in A$  est défendu (dans  $F$ ) par un ensemble  $S \subseteq A$  si,  $\forall b \in A$  tel que  $(b, a) \in R$ , il existe un  $c \in S$  tel que  $(c, b) \in R$ .

**Exemple 1.** Soit  $AF = (A, R)$  un système d'argumentation avec  $A = \{a, b, c, d, e\}$  et  $R = \{(a, b), (a, c), (a, d), (b, a), (c, a), (e, a)\}$ . De manière graphique  $AF$  est représenté par la Figure 2.1 montrant un graphe d'attaques.

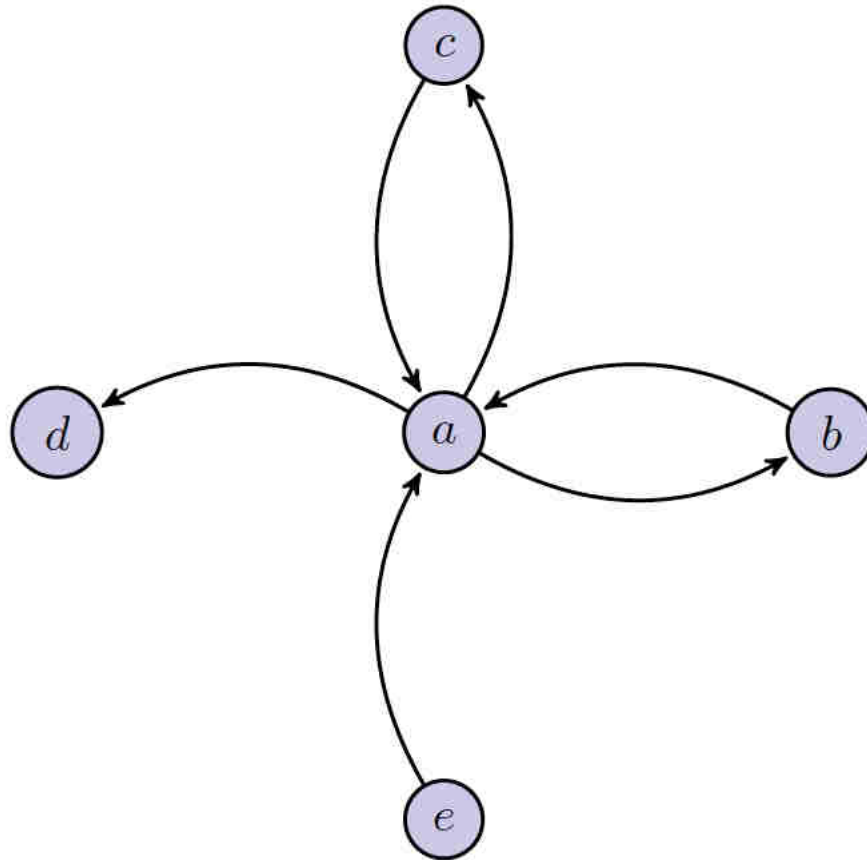


FIGURE 2.1 – Graphe d'attaques

**Définition 2.** (Sans-conflit). Soit  $AF = (A, R)$  un système d'argumentation.  $S \subseteq A$  est un ensemble sans-conflit si et seulement si  $\nexists a, b \in S$  tel que  $(a, b) \in R$ .

**Exemple 2.** En se référant à la Figure 2.1,  $\{d, e\}$  est un ensemble sans-conflit tandis que  $\{a, b, c\}$  ne l'est pas.

Étant donné que l'objectif d'un système d'argumentation est l'évaluation des arguments interagissant entre eux et donc d'aboutir sur une certaine forme d'acceptabilité de ces arguments alors différentes sémantiques d'acceptabilité ont été proposées pour atteindre cet objectif. Une sémantique permet l'identification de sous-ensembles qui sont sans-conflits et qui peuvent se défendre contre tout éventuel attaquant. Ces sous-ensembles sont aussi appelés *extensions* (Bourguet, 2011).

### 2.2.3 Sémantiques d'acceptabilité

Dans cette section, nous allons rappeler les différentes sémantiques que l'on rencontre dans la littérature.

### 2.2.3.1 Sémantique naïve

La sémantique naïve appelée aussi extension naïve a été introduite dans (Bondarenko *et al.*, 1997).

**Définition 3.** (Extension naïve). Soit  $AF = (A, R)$  un système d'argumentation. L'ensemble  $S \subseteq A$  est une extension naïve de  $AF$  si et seulement si  $S$  est sans-conflit et il n'existe pas un ensemble  $B \subseteq A$  tel que  $S \subset B$  et  $B$  est sans-conflit.

**Exemple 3.** En considérant le système d'argumentation décrit dans la Figure 2.1, les ensemble  $\{a\}$  et  $\{b, c, d, e\}$  sont les extensions naïves de  $AF$ .

### 2.2.3.2 Sémantique admissible

Cette sémantique a été introduite par Dung (Dung, 1995). Un ensemble est admissible s'il est sans-conflit et défend tous ses éléments.

**Définition 4.** (Extension admissible). Soit  $AF = (A, R)$  un système d'argumentation.

1.  $a \in A$  est acceptable par rapport à  $S \subseteq A$  si et seulement si  $S$  défend  $a$ .
2.  $S \subseteq A$  est une extension admissible si et seulement si  $S$  est sans-conflit et  $\forall a \in S, a$  est acceptable par rapport à  $S$ .

**Exemple 4.** Les extensions admissibles obtenues à partir du système d'argumentation décrit dans la Figure 2.1 sont :  $\{\emptyset\}, \{e\}, \{d, e\}, \{b\}, \{b, d\}, \{b, e\}, \{b, d, e\}, \{c\}, \{b, c\}, \{c, d\}, \{b, c, d\}, \{c, e\}, \{b, c, e\}, \{c, d, e\}, \{b, c, d, e\}$ .

### 2.2.3.3 Sémantique préférée

Tout comme l'extension admissible, l'extension préférée a été introduite par Dung (Dung, 1995). Par définition, elle correspond à une extension admissible maximale au sens de l'inclusion.

**Définition 5.** (Extension préférée). Soit  $AF = (A, R)$  un système d'argumentation. L'ensemble  $P \subseteq A$  est une extension préférée de  $AF$  si et seulement si  $P$  est une extension admissible et il n'existe pas d'extension admissible  $S \subseteq A$  tel que  $P \subset S$ .

**Exemple 5.** Le système d'argumentation définit dans la Figure 2.1 comporte une seule extension préférée qui est :  $\{b, c, d, e\}$ .

### 2.2.3.4 Sémantique stable

La notion d'extension stable a été introduite par Dung (Dung, 1995). Son principe est qu'elle attaque tous les arguments qu'elle n'accepte pas.

**Définition 6.** (Extension stable). Soit  $AF = (A, R)$  un système d'argumentation. L'ensemble  $S \subseteq A$  est une extension stable de  $AF$  si et seulement si  $S$  est sans-conflit et  $\forall a \in A \setminus S, \exists b \in S$  tel que  $(b, a) \in R$ .

**Exemple 6.** Dans le système d'argumentation défini dans la Figure 2.1, l'ensemble des extensions stables coïncide avec l'ensemble des extensions préférées. Et donc il existe une seule extension stable qui est  $\{b, c, d, e\}$ .

Mais ceci n'est pas toujours le cas; il peut arriver que l'on obtienne un système d'argumentation qui n'admet pas d'extension stable (Bourguet, 2011).

### 2.2.3.5 Sémantique complète

L'extension complète a été introduite par Dung (Dung, 1995).

**Définition 7.** (Extension complète). Soit  $AF = (A, R)$  un système d'argumentation. L'ensemble  $S \subseteq A$  est une extension complète de  $AF$  si et seulement si  $S$  est admissible et  $\forall a \in A$ , si  $a$  est acceptable par rapport à  $S$ , alors  $a \in S$ .

**Exemple 7.** Le système d'argumentation défini dans la Figure 2.1 admet une seule extension complète qui est :  $\{b, c, d, e\}$ .

### 2.2.3.6 Sémantique de base

L'objectif de cette extension introduite par Dung (Dung, 1995) est d'affiner l'extension complète. Elle est définie comme un sous-ensemble minimal de l'extension complète (Charwat et al., 2015). L'extension de base peut être aussi définie en utilisant une fonction caractéristique (Bourguet, 2011).

**Définition 8.** (Extension de base). Soit  $AF = (A, R)$  un système d'argumentation. L'ensemble  $S \subseteq A$  est une extension de base de  $AF$  si et seulement si  $S$  est une extension complète et il n'existe pas d'extension complète  $C$  telle que  $C \subset S$ .

**Exemple 8.** À partir du système d'argumentation de la Figure 2.1, l'on déduit une extension de base qui est :  $\{b, c, d, e\}$ .

Dans la suite, nous énumérons deux sémantiques supplémentaires à savoir la sémantique semi-stable et la sémantique de phase. Ces deux extensions sont caractérisées par la maximisation du concept de couverture (Charwat et al., 2015). Soit  $S \subseteq A$  désignons par  $S_R^\oplus = \{x \mid S \rightarrow^R x\}$ , l'ensemble des arguments attaqués par  $S$  et  $S_R^\ominus = \{x \mid x \rightarrow^R S\}$ , l'ensemble des arguments attaquant  $S$ . La couverture de  $S$  est définie par  $S_R^+ = S \cup S_R^\oplus$  et sa couverture négative est définie par  $S_R^- = S \cup S_R^\ominus$ .

### 2.2.3.7 Sémantique semi-stable

Le concept de sémantique semi-stable a été introduit pour la première fois à la COMMA 2006 (Caminada, 2006) et sa complexité a été démontrée dans (Dunne et Caminada, 2008). La sémantique semi-stable peut se situer entre la sémantique stable et la sémantique préférée; dans le sens que toute extension stable est une extension semi-stable et toute extension semi-stable est une extension préférée (Caminada, 2007).

**Définition 9.** (Extension semi-stable). Soit  $AF = (A, R)$  un système d'argumentation. L'ensemble  $S \subseteq A$  est une extension semi-stable de  $AF$  si et seulement si  $S$  est admissible et il n'existe pas d'extension admissible  $B$  telle que  $S_R^+ \subset B_R^+$ .

**Exemple 9.** Dans le système d'argumentation défini dans la Figure 2.1, on a une seule extension semi-stable qui est :  $\{b, c, d, e\}$ .

### 2.2.3.8 Sémantique de phase

Le concept de sémantique de phase a été introduit par Verheij (Verheij, 1996). Cette approche de phase fournit une meilleure compréhension du processus d'argumentation vu que les séquences de phases peuvent être interprétées des lignes d'argumentation (Verheij, 1996).

**Définition 10.** (Extension de phase). Soit  $AF = (A, R)$  un système d'argumentation. L'ensemble  $S \subseteq A$  est une extension de phase de  $AF$  si et seulement s'il n'existe pas d'ensemble sans-conflit  $B$  tel  $S_R^+ \subset B_R^+$ .

**Exemple 10.** L'ensemble  $\{b, c, d, e\}$  est la seule extension de phase du système d'argumentation de la Figure 2.1.

## 2.2.4 Les relations entre les différentes sémantiques

Après avoir présenté les différentes sémantiques existant dans la littérature dans les sections précédentes, nous allons élucider dans cette section les relations qui les lient entre elles. Cette démonstration de la relation entre les différentes sémantiques a été réalisée dans (Charwat et al., 2015) et le tout est résumé dans la Figure 2.2.

Dans la Figure 2.2, une flèche partant d'une sémantique  $\sigma$  vers une sémantique  $\tau$  désigne que chaque  $\sigma$ -extension est aussi une  $\tau$ -extension (Charwat et al., 2015).

La relation entre les différentes extensions (uniquement celles proposées par Dung (Dung, 1995) a aussi été montrée dans (Besnard et Doutre, 2004) par des inclusions. Cependant dans la Figure 2.3, nous avons proposé une relation plus vaste englobant toutes les extensions. Toutes les extensions énumérées sont des ensembles sans-conflit.

## 2.2.5 Statuts d'un argument

Les sémantiques définies plus haut sont appelées *sémantiques d'acceptabilité*. Elles ont pour but d'effectuer l'évaluation des arguments (Bourguet, 2011). Mais ces sémantiques ne permettent pas de connaître le statut d'un argument (i.e. accepté ou rejeté) vis-à-vis du système d'argumentation. C'est ce dont il s'agira dans la suite, c'est-à-dire la présentation des différents statuts qu'un argument peut avoir. Ces statuts sont présentés dans (Vreeswijk et Prakken, 2000) à travers des définitions et propriétés que nous allons énumérer dans la suite.

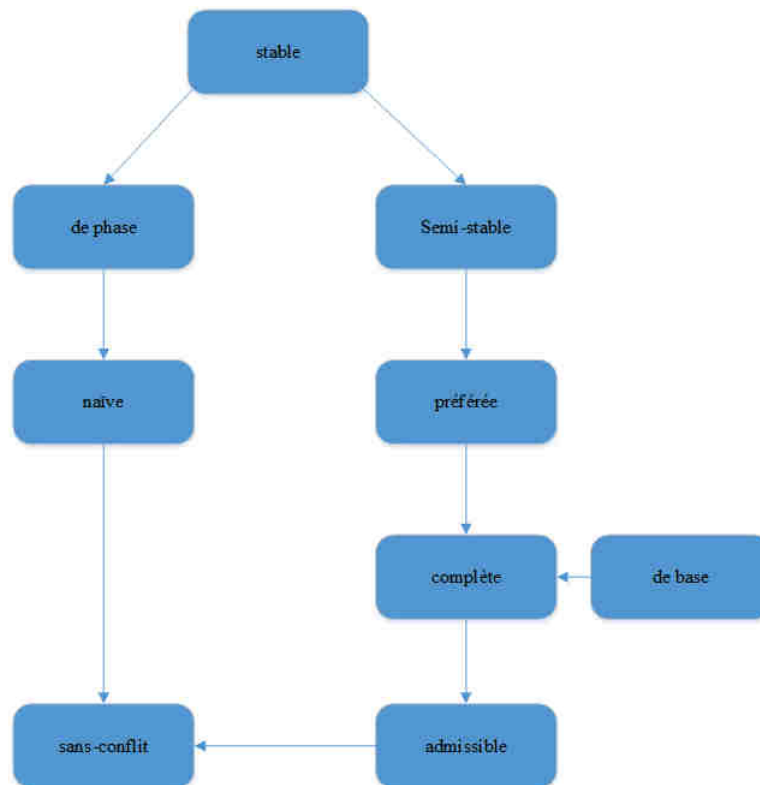


FIGURE 2.2 – Relation entre les différentes sémantiques

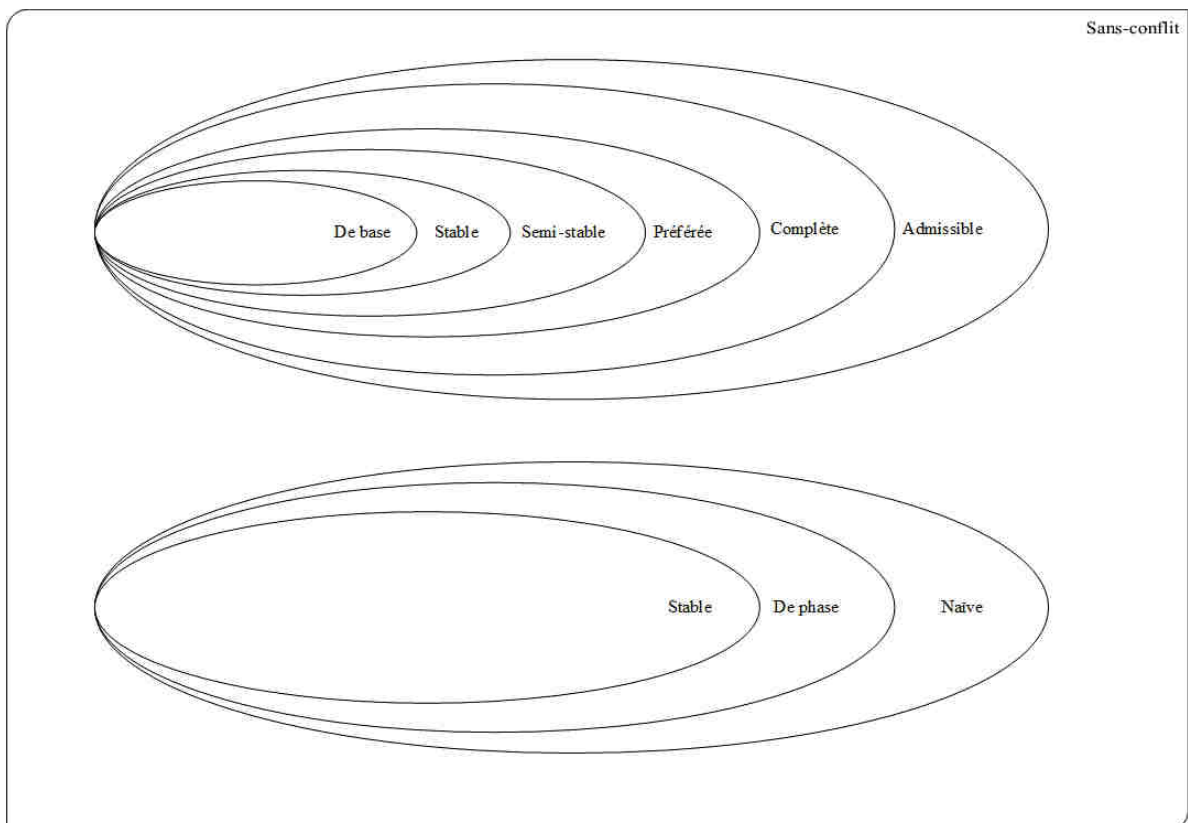


FIGURE 2.3 – Relation entre les différentes sémantiques au sens de l'inclusion

**Définition 11.** Soit  $AF = (A, R)$  un système d'argumentation et  $S_1, \dots, S_n$  ses extensions sous une sémantique donnée. Soit  $a \in A$ .



- $a$  est sceptiquement accepté si et seulement si  $\exists S_j \neq \emptyset$  et  $a \in S_j \forall S_j$ ,
- $a$  est crédulement accepté si et seulement si  $\exists S_j$  tel que  $a \in S_j$  et  $\exists S_k$  tel que  $a \notin S_k$ ,
- $a$  est rejeté si et seulement si  $\nexists S_j$  tel que  $a \in S_j$ .

Une conséquence directe de la Définition 11 est la Propriété 1.

**Propriété 1.** Soit  $AF = (A, R)$  un système d'argumentation et  $S_1, \dots, S_n$  ses extensions sous une sémantique donnée. Soit  $a \in A$ .

- $a$  est sceptiquement accepté si et seulement si  $a \in \bigcap_{j=1}^n S_j$ ,
- $a$  est crédulement accepté si et seulement si  $a \notin \bigcap_{j=1}^n S_j$  et  $a \in \bigcup_{j=1}^n S_j$ ,
- $a$  est rejeté si et seulement si  $a \notin \bigcup_{j=1}^n S_j$ .

**Exemple 11.** Dans le système d'argumentation défini dans la Figure 2.1, les arguments  $b, c, d, e$  sont sceptiquement acceptés sous la sémantique préférée tandis que l'argument  $a$  est rejeté.

## 2.3 Les principaux outils d'argumentation dans la littérature

Dans cette section nous allons parler des principaux outils d'argumentation existant dans la littérature et par la même occasion proposer des tableaux comparatifs de ces différents outils.

### 2.3.1 ArgSemSat

**ArgSemSat** (Cerutti *et al.*, 2014a) est un outil utilisé pour la résolution de problème dans les systèmes d'argumentation à la Dung (Dung, 1995). Il s'agit en réalité d'une collection d'algorithmes développés principalement pour énumérer des extensions préférées (Cerutti *et al.*, 2013, Cerutti *et al.*, 2014b) qui sont supposés être très efficaces en termes de performance. Cet outil est développé en C++ et permet de faire un choix entre deux solveurs SAT (**SATisfiability in propositional logic**) à savoir : (i) PrecoSAT (Biere, 2009), (ii) Glucose (Audemard et Simon, 2009). ArgSemSat offre uniquement un environnement de travail en ligne de commandes. Il prend en paramètre un fichier et retourne les extensions calculées.

### 2.3.2 ArgTools

**ArgTools** est un outil pour calculer des extensions à partir d'un système d'argumentation donné. Cet outil est fondé sur des algorithmes à base de marquages appelés en anglais *labeling-based algorithms* qui ont été proposés initialement par (Doutre et Mengin, 2001). Il permet d'énumérer des extensions préférées, de base, stables et aussi de

vérifier l'acceptabilité d'un argument sous les sémantiques admissibles, préférés, stables. Tout comme le précédent outil cet outil est développé en C++ et offre uniquement un environnement de travail en ligne de commandes.

### 2.3.3 ASPARTIX

**ASPARTIX** est un outil utilisé pour calculer aussi bien les extensions standards dans les systèmes d'argumentation définis par Dung (Dung, 1995) que les extensions dans les systèmes d'argumentation basés sur les préférences (Amgoud et Vesic, 2014), les valeurs (Kaci et Labreuche, 2014) et les extensions dans les systèmes bipolaires (Cayrol et Lagasquie-Schiex, 2013). Cet outil supporte deux principaux solveurs qui sont : (i) le solveur *DLV*, (ii) le solveur *gringo*. De plus, avec le solveur *DLV*, l'on peut traiter les données d'entrée et de sortie réparties sur plusieurs bases de données. ASPARTIX offre un environnement de travail aussi bien en ligne de commandes qu'en interface graphique via ce site web : <http://rull.dbai.tuwien.ac.at:8080/ASPARTIX/index.faces>.

### 2.3.4 CEGARTIX

C'est un système qui permet de calculer les arguments acceptables de manière sceptique et de manière crédule sous une sémantique donnée d'un système d'argumentation. Cet outil implémente les algorithmes du style CEGAR introduit dans (Dvořák et al., 2014) et utilise en général des solveurs SAT. Il offre uniquement un environnement de travail en ligne de commandes.

### 2.3.5 CompArg

**CompArg** permet de calculer l'acceptabilité et la rejetabilité des arguments d'un système d'argumentation à la Dung (Dung, 1995). Généralement des extensions de base, préférées, stables et semi-stables d'un système d'argumentation à partir desquelles il vérifie l'acceptabilité des arguments ou leur rejet. L'algorithme sur lequel est fondé cet outil est décrit dans (Verheij, 2007). CompArg offre un environnement de travail graphique mais le système d'argumentation n'est pas représenté par des formalismes de graphe.

### 2.3.6 ConArg

**ConArg** est un outil basé sur la programmation par contraintes. Il est capable de résoudre de décisions dans les systèmes d'argumentation pondérés (Dubois et al., 2014). ConArg permet de calculer des extensions admissibles, complètes, stables, préférées et de base dans un système d'argumentation. De plus il permet de savoir si un argument du système d'argumentation est acceptable de manière sceptique/crédule sous les

sémantiques stables, complète et admissible. Il offre des environnements de travail en ligne de commandes et graphique et aussi une interface web accessible à partir de <http://www.dmi.unipg.it/conarg/>.

### 2.3.7 Dung-O-Matic

C'est un moteur de calcul d'arguments abstraits (Dung, 1995). Il permet de calculer plusieurs extensions à savoir : admissible, complète, de base, préférée, stable, avide, idéale, semi-stable. Cet outil implémente différents algorithmes présents dans la littérature ; par exemple la sémantique de base est calculée à partir des algorithmes proposés par Dung (Dung, 1995). Il offre un environnement de travail graphique. En plus, il permet de sauvegarder et de retrouver les analyses dans des bases de données notamment *ArgDB* (Centre for Argument Technology, 2009).

### 2.3.8 Dungine (ArgKit)

**Dungine** (South *et al.*, 2008) est l'un des deux modules de ArgKit qui est une librairie Java permettant d'assister les développeurs dans la réalisation d'applications utilisant l'argumentation. Il offre un environnement de travail graphique et permet de dessiner des graphes en saisissant les arguments du système d'argumentation. Dans cet outil, le raisonnement est basé uniquement sur l'acceptabilité crédule sous les sémantiques de base et préférées.

### 2.3.9 dynPARTIX

**dynPARTIX** (Dvořák *et al.*, 2013) est un outil pour les systèmes d'argumentation abstraits basé sur la décomposition et la programmation dynamique. Il permet de calculer des extensions admissibles, stables, complètes et préférées d'un système d'argumentation et vérifie si un argument spécifique est acceptable de manière crédule ou sceptique. Il offre un environnement de travail en ligne de commandes.

### 2.3.10 pyAAL (+ArguLab)

**pyAAL** pour *Python Abstract Argumentation Library* fournit des données et la mise en œuvre des algorithmes utilisés dans l'argumentation abstraite. PyAAL permet d'analyser de manière interactive la justification de l'état d'un argument. Quant à ArguLab, il s'agit d'un démonstrateur permettant d'interagir avec pyAAL. Il offre un environnement de travail graphique.

Tableau 2.1 – Tableau récapitulatif

Outils	Lien	Type
ArgSemSAT	<a href="http://sourceforge.net/projects/argsemsat/">http://sourceforge.net/projects/argsemsat/</a>	reduction, ite- rativeSAT
ArgTools	<a href="http://sourceforge.net/projects/argtools/">http://sourceforge.net/projects/argtools/</a>	direct, labelings
ASPARTIX	<a href="http://www.dbai.tuwien.ac.at/proj/argumentation/systempage/">http://www.dbai.tuwien.ac.at/proj/argumentation/systempage/</a>	reduction, ASP <sup>a</sup>
CEGARTIX	<a href="http://www.dbai.tuwien.ac.at/proj/argumentation/cegartix/">http://www.dbai.tuwien.ac.at/proj/argumentation/cegartix/</a>	reduction, ite- rativeSAT
CompArg	<a href="http://www.ai.rug.nl/~verheij/comparg/">http://www.ai.rug.nl/~verheij/comparg/</a>	direct, labelings
ConArg	<a href="http://www.dmi.unipg.it/conarg/">http://www.dmi.unipg.it/conarg/</a>	reduction, CSP <sup>b</sup>
Dung-O-Matic	<a href="http://www.arg.dundee.ac.uk/?page_id=279">http://www.arg.dundee.ac.uk/?page_id=279</a>	direct, dialogue
Dungine (ArgKit)	<a href="http://www.argkit.org/">http://www.argkit.org/</a>	direct, dialogue
dynPARTIX	<a href="http://www.dbai.tuwien.ac.at/proj/argumentation/dynpartix/">http://www.dbai.tuwien.ac.at/proj/argumentation/dynpartix/</a>	direct, decom- position
pyAAL (+ArguLab)	<a href="http://code.google.com/p/pyafl/">http://code.google.com/p/pyafl/</a>	direct, labelings

---

a. Answer Set Programming

b. Constraint Satisfaction Problems

### 2.3.11 Tableaux comparatifs

#### 2.3.11.1 Tableau récapitulatif

#### 2.3.11.2 Comparaison technique

Les extensions que permettent de calculer ces différents outils d'argumentation sont en général les suivantes : naïve, admissible, de base préférée, stable, semi-stable, de phase, complète.

Dans les tableau 2.2 et 2.3, nous montrons quels sont les outils qui permettent de raisonner de manière C(crédule), S(sceptique), capable d'E(énumérer), de V(vérifier) une solution et aussi les outils qui peuvent interagir avec des bases de données (BD).

### 2.3.12 Conclusion partielle

Ce chapitre nous a permis de faire un rappel des principaux outils d'argumentation existants. Les différents tableaux de comparaisons ont permis de montrer que certains de ces outils couvrent un large éventail de sémantiques (e.g., ASPARTIX, ConArg, Dung-O-Matic, et PyAAL) tandis que d'autres sont bien adaptés à des fins d'illustration et de démonstration des algorithmes (e.g., CompArg et Dungine) ou sont plus adaptés à la résolution efficace des problèmes (e.g., ArgSemSAT, ArgTools, CEGARTIX et

Tableau 2.2 – Comparaison technique

	naïve				de base				admissible				complète			
	C	S	E	V	C	S	E	V	C	S	E	V	C	S	E	V
ArgSemSAT							×									×
ArgTools							×		×				×			×
ASPARTIX	×	×	×		×	×	×		×		×		×	×	×	
CEGARTIX																
CompArg							×		×				×			
ConArg							×		×		×		×	×	×	
Dung-O-Matic							×				×					×
Dungine (ArgKit)					×	×			×				×	×		
dynPARTIX					×	×			×		×		×	×	×	
PyAAL (+ArguLab)					×	×	×		×				×	×		

Tableau 2.3 – Comparaison technique (suite)

	préférée				stable				semi-stable				de phase				BD
	C	S	E	V	C	S	E	V	C	S	E	V	C	S	E	V	
ArgSemSAT			×				×				×						
ArgTools	×	×	×				×				×				×		
ASPARTIX	×	×	×		×	×	×		×	×	×		×	×	×	×	
CEGARTIX		×							×	×			×	×			
CompArg	×		×				×				×						
ConArg			×	×	×	×	×				×				×		
Dung-O-Matic			×				×				×					×	
Dungine (ArgKit)	×																
dynPARTIX	×	×	×		×	×	×		×	×	×						
PyAAL (+ArguLab)	×	×	×		×	×	×		×	×	×		×	×	×		

dynPARTIX). De plus les outils ASPARTIX et Dungine sont capables d'interagir avec des bases de données.

Plusieurs travaux ont été réalisés en conciliant argumentation et graphe conceptuel d'une part et argumentation et domaine médical d'autre part plus particulièrement dans les systèmes d'aide à la décision. Ceci fera donc l'objet des sections suivantes i.e. parler des travaux réalisés conciliant argumentation et graphes conceptuels et argumentation et aide à la décision dans le domaine médical et montrer les limites de ces travaux par rapport à nos objectifs de recherche.

## 2.4 L'argumentation et le droit médical

Dans cette section, avant de parler de l'argumentation et du droit médical, nous allons d'abord rappeler quelques travaux réalisés dans le domaine dans l'argumentation.

### 2.4.1 L'argumentation juridique

L'argumentation juridique fait partie d'un vaste domaine appelé le raisonnement juridique dans lequel la communauté scientifique tente de contribuer par une approche pluridisciplinaire en combinant droit et intelligence artificielle (IA). Le raisonnement juridique n'est pas seulement une déduction des règles et des faits mais plutôt aussi un processus de modélisation dans lequel des **théories** de la loi et de faits sont construits et des **arguments** à leurs tours sont construits sur la base de ces théories. Autrement dit, les théories de la loi et les faits ne sont pas donnés, a priori, mais constituent un résultat du processus.

Plusieurs types de régimes d'argumentation peuvent être utilisés dans le raisonnement juridique. Parmi ces régimes nous pouvons citer :

- Argument provenant des règles juridiques ;
- Argument provenant de concepts (ontologies) ;
- Argument de cas ou des théories d'une série de cas ;
- Argument basé sur la preuve, voire sur le témoignage ;
- Argument de principes juridiques ;
- Argument basé sur l'éthique ;
- Argument basé sur des directives (téléologie).

Un travail intéressant a été réalisé par Prakken et Sartor ([Prakken et Sartor, 2015](#)) dans lequel les auteurs effectuent une revue des applications juridiques de la logique du point de vue de l'argumentation. Dans la pratique, la plupart des cas de raisonnement juridique sont basés sur des faits ; ainsi donc la manière avec laquelle ces faits peuvent être prouvés est cruciale dans les pratiques juridiques. Dans la littérature, il existe plusieurs modèles théoriques de preuves juridiques permettant de prouver les faits. Ces modèles sont de trois principaux types : probabilistes ([Juchli, 2013](#), [Poole, 2002](#)), basés sur l'histoire ([Bennett et Feldman, 1981](#)), basés sur l'argument ([Wigmore, 1913](#)).

#### 2.4.1.1 Modèles probabilistes

Les approches (modèles) probabilistes expriment l'incertitude en termes de probabilité numérique attachée aux hypothèses, compte tenu de la preuve. Dans la mise en œuvre des approches probabilistes l'approche Bayésienne est souvent utilisée. Mais de nos jours, l'on constate de plus en plus l'usage des réseaux Bayésiens. Il faut noter que les approches probabilistes ne sont nullement pas adaptées ([Lempert, 1986](#)). Une objection dans les cas juridiques est que les nombres requis ne sont pas souvent disponibles, soit parce que l'on ne dispose pas de statistiques fiables, soit parce que les experts ou juges ne sont pas souvent en mesure de fournir des estimations probabilistes. Une autre objection est que la théorie des probabilités impose un standard de rationalité qui ne peut pas être atteint en pratique, ainsi donc son application conduirait à plus

au lieu de moins d'erreurs. Pour surmonter les limitations des modèles probabilistes, de nouvelles approches telles que les approches basées sur l'histoire et les approches basées sur l'argument ont été proposées.

#### 2.4.1.2 Modèles basés sur l'histoire

Les modèles basés sur l'histoire remontent aux travaux des psychologues ([Bennett et Feldman, 1981](#)) qui ont effectué une observation selon laquelle la manière dont les juges et les procureurs réalisent des jugements factuels n'est pas basée sur un raisonnement probabiliste ou logique mais plutôt sur une construction et une comparaison d'histoires à propos de ce qui s'est passé. Les auteurs de ([Wagenaar et al., 1993](#)) sont allés plus en profondeur en arguant que c'est la seule manière pour les enquêteurs de raisonner sur les faits d'un cas donné, étant donné les limitations cognitives de l'être humain. Leur recherche prend alors une tournure normative, en préconisant l'approche fondée sur l'histoire, comme un modèle rationnel de jugement sur les faits. L'histoire qui explique le mieux la preuve doit, si elle le fait à un degré suffisant, être prise comme vraie. La place pour le doute s'explique par le fait qu'une histoire inconnue peut être réelle ou comme de nouveaux éléments de preuve peuvent faire d'une histoire connue la meilleure possible que ce soit. Les travaux réalisés dans ([Thagard, 2004](#)) esquissent comment cette approche peut être mathématiquement modélisée comme inférence avec la meilleure explication. Il faut noter que comme les approches Bayésiennes, le raisonnement se fait des hypothèses aux preuves (et ensuite des preuves aux hypothèses).

#### 2.4.1.3 Modèles basés sur l'argument

Contrairement aux approches basées sur l'histoire, dans les approches basées sur l'argument, le raisonnement se fait des preuves vers les hypothèses. Ces approches remontent aux travaux réalisés ([Wigmore, 1931](#)) dans lesquels les arguments alternatifs des preuves aux hypothèses peuvent être représentés graphiquement et par conséquent les sources de doutes dans ces arguments peuvent être révélées.

Jusqu'aux années 2000, il y avait peu de travaux sur la preuve juridique combinant droit & logique et IA & droit; mais depuis lors les chercheurs en IA et en droit ([Verheij, 2003](#)), ([Bex et al., 2003](#)) et ([Prakken, 2004](#)) ont commencé à modéliser l'approche néo-conception en termes de cadres logiques pour l'argumentation. Dans cette approche, la place du doute est comptabilisée puisqu'une preuve supplémentaire pourrait donner lieu à de nouveaux arguments qui vaincraient les arguments non encore réfutés.

Une application pratique (voir ([Prakken et Sartor, 2015](#))) de cette approche a été réalisée par l'usage de l'application *ASPIC<sup>+</sup>* basée sur le système d'argumentation à la Dung (voir section 2.2). Mais, il faut noter qu'en plus des relations d'attaque que nous avons rappelées dans les sections précédentes l'application *ASPIC<sup>+</sup>* donne un ordre de préférence sur les arguments.

### 2.4.2 L'argumentation et le domaine médical

Le raisonnement clinique est un phénomène complexe invariablement défini en termes de processus cognitifs que les professionnels de santé utilisent pour analyser et interpréter les informations médicales du patient en faisant référence à leurs connaissances et leur expérience antérieure. Aujourd'hui les pratiques cliniques tombent dans les domaines thérapeutiques et diagnostics et sont définies en termes de compétences de diagnostics, de management et de conseil. Le diagnostic, le management et le conseil sont chacun caractérisés par des objectifs de communication primaire. Par conséquent, les arguments sont utilisés pour générer les raisons qui supportent les objectifs communicatifs associés aux compétences essentielles des pratiques cliniques (Gilbert et Whyte, 2009). Dans (Gilbert et Whyte, 2009), les auteurs ont identifié trois types d'arguments dans les pratiques cliniques :

- **Arguments formatifs** : ce sont ceux utilisés pour élaborer une position sur une question ou un problème ; ils sont généralement associés à une enquête.
- **Arguments définitifs** : ce sont ceux utilisés pour défendre ou promouvoir un diagnostic après qu'un degré de certitude de diagnostic a été établi ou pour défendre et promouvoir une prise de décision thérapeutique après qu'elle a été atteinte.
- **Arguments de justification** : ce sont ceux utilisés pour montrer pourquoi le présentateur croit en une réclamation considérée même si les arguments ne persuadent pas l'audience de la véracité de cette réclamation.

L'usage de ces arguments dans les communications cliniques est résumé dans la Figure 2.4.

Domaine de pratique clinique	Compétence Clinique	Objectif communicatif	Fonction de l'argument	
			Formation	---Définitif
Diagnostic	Diagnostic	Effectuer une formulation de diagnostic <ul style="list-style-type: none"> <li>• Préciser le diagnostic le plus probable</li> </ul>	ENQUETE	JUSTIFICATION
		Transmettre un fait de diagnostic <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pour éduquer ou informer la nature d'une maladie et comment elle est reliée aux symptômes</li> </ul>		EXPLICATION PARTIELLE
Thérapeutique	Gestion / Thérapie	Prioriser les options thérapeutiques <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pour faciliter la prise de décision</li> </ul>	ENQUETE (+/- Persuasion)	JUSTIFICATION
	Counseling	Recommande un plan d'action thérapeutique <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pour améliorer la condition du patient ou pour atteindre un résultat optimal</li> </ul>		PERSUASION

FIGURE 2.4 – Usage des arguments dans les communications cliniques (adaptée de (Gilbert et Whyte, 2009))

Parmi ces différents types d'arguments cités seuls les **arguments de justification** seront utilisés dans nos travaux dans le sens qu'ils permettront à un professionnel



de justifier les différents avis qu'ils auront à émettre lors d'une collaboration pluridisciplinaire.

L'argumentation a été utilisée dans plusieurs travaux appliqués au domaine médical. Nous pouvons citer par exemple (Qassas *et al.*, 2015) qui est un travail récent un peu similaire au nôtre; dans lequel les auteurs présentent une approche basée sur l'argumentation pour l'analyse des discussions cliniques dans le but de favoriser l'échange de point de vue entre des professionnels de santé dans une équipe médicale pluridisciplinaire. Mais contrairement à nos travaux, ils ne prennent pas en compte les aspects sémantiques et d'interopérabilité.

Longo *et al.* (Longo et Hederman, 2013, Longo *et al.*, 2012) ont réalisé un travail dans lequel ils utilisent l'argumentation comme support au processus de prise de décisions en santé. Dans leur approche, ils montrent comment transformer les preuves cliniques en arguments et comment définir les relations d'attaques entre eux et comment créer un système d'argumentation formel sur lequel seront appliquées les sémantiques d'acceptabilité (voir section 2.2.3) pour pouvoir par la suite connaître le statut des arguments.

Dans les travaux de Grasso *et al.*, 2000 (GRASSO *et al.*, 2000), l'argumentation a été utilisée pour la résolution de conflits en donnant des conseils. Une étude de cas a été effectuée dans le domaine de la santé nutritionnelle pour élucider leurs travaux.

L'argumentation a été aussi utilisée dans le domaine médical comme un outil de preuve dans les processus de prise de décisions (Dickinson, 1998). En effet de nos jours les processus de décisions basées sur les preuves sont en train de remplacer les approches basées sur les opinions (Dickinson, 1998). L'utilisation de l'argumentation se justifie par le fait qu'elle est basée sur des fondements mathématiques solides et permet par la même occasion de fournir des critères pour l'évaluation de la performance décisionnelle.

Tous ces travaux cités précédemment montrent bien que l'usage de l'argumentation est bien effectif dans le domaine de la santé et plus particulièrement dans les processus de prise de décisions médicales. Dans la plupart des travaux conciliant argumentation et domaine médical, même si l'argumentation y est utilisée pour des collaborations dans des approches pluridisciplinaires (Qassas *et al.*, 2015), ils ne montrent pas l'aspect collaboratif à distance. C'est sur cet aspect (collaboration à distance) que va se focaliser notre contribution.

## 2.5 Conclusion

Ce chapitre nous a permis de comprendre les fondements de base du système d'argumentation à la Dung (Dung, 1995). Nous avons eu aussi l'occasion de parler des différentes applications d'argumentation existantes et son utilisation dans le domaine juridique.

Dans la littérature n'avons pas trouvé assez de travaux utilisant l'argumentation à des fins collaboratives. C'est ce que nous allons tenter de proposer dans les chapitres à venir c'est-à-dire utiliser l'argumentation pour modéliser les interactions entre les professionnels de santé impliqués dans un acte de téléexpertise. Cette modélisation permettra de retracer de manière fiable les arguments (avis) émis par chacune des parties prenantes et donc de garantir une traçabilité du raisonnement. Cette traçabilité pourra faire office de preuve tangible en cas d'un éventuel litige. Mais avant tout, nous allons d'abord proposer un modèle de collaboration sur lequel se basera la suite de notre travail. Étant donné que dans une collaboration plusieurs équipements de natures hétérogènes sont susceptibles d'être utilisés ce modèle tentera de résoudre les problèmes d'interopérabilité rencontrés.



# MODÈLE DE COLLABORATION GARANTISSANT UNE INTEROPÉRABILITÉ SYNTAXIQUE

## Sommaire

<b>3.1</b>	<b>Introduction</b> . . . . .	<b>39</b>
<b>3.2</b>	<b>Le protocole réseau contractuel</b> . . . . .	<b>40</b>
<b>3.3</b>	<b>Le protocole modifié pour la collaboration médicale à distance</b> . . . . .	<b>42</b>
	3.3.1 Objectif . . . . .	42
	3.3.2 La téléexpertise : collaboration médicale à distance . . . . .	42
<b>3.4</b>	<b>Modèle de coopération proposé garantissant une interopérabilité syntaxique</b> . . . . .	<b>44</b>
	3.4.1 Le protocole réseau contractuel modifié . . . . .	44
	3.4.2 Illustration des communications à travers un diagramme de séquence . . . . .	45
<b>3.5</b>	<b>Conclusion</b> . . . . .	<b>48</b>

## 3.1 Introduction

Aujourd’hui le nombre de périphériques mobiles ne fait que croître de manière exponentielle. Ils prennent de plus en plus de place dans la vie du commun des mortels vu leur capacité à être des équipements multi-tâches et pouvant être utilisés n’importe où et n’importe quand. On constate aussi leur usage massif dans le domaine médical. En effet, l’Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a publié un rapport couvrant les initiatives effectuées dans le domaine de la santé mobile (Iwaya *et al.*, 2013) (*mhealth*). De plus l’Alliance pour la santé mobile hébergée par la Fondation des Nations Unies<sup>1</sup> est

1. <http://www.unfoundation.org/what-we-do/issues/global-health/french-mobile-health-for-development.html>

une autre institution qui souhaite maximiser l'usage des technologies mobiles à des fins médicales spécialement dans les pays en voie de développement.

Vu la spécificité de chaque périphérique, les faire communiquer et échanger des données, surtout des données médicales est un véritable challenge. En effet ces données doivent être interprétées de la même manière quelque soit l'équipement de réception. Pour faire face à ce challenge des solutions performantes d'interopérabilité doivent être proposées. C'est dans ce sens que s'oriente le travail réalisé dans ce chapitre.

Ainsi la suite du chapitre se présente comme suit : nous présentons d'abord le protocole sur lequel se base notre travail, puis le protocole modifié et l'architecture de communication proposée, et enfin nous terminerons ce chapitre par une conclusion.

## 3.2 Le protocole réseau contractuel

La fondation FIPA est une organisation internationale dédiée à la promotion des systèmes multi-agents. Cette promotion s'effectue par le développement de spécifications d'interopérabilité des applications utilisant les systèmes multi-agents. Cela se réalise par une collaboration ouverte entre ses organisations membres qui sont des universités et des entreprises actives dans le domaine des systèmes multi-agents. La fondation FIPA rend les résultats de ses activités disponibles pour toutes les parties intéressées et entend ainsi contribuer à la normalisation des standards (FIPA, 2002).

Le protocole proposé par la fondation FIPA auquel nous nous intéressons est le **protocole** réseau contractuel « **Contract Net Protocol** » en anglais. Il s'agit d'un protocole de communication (interaction) pour l'allocation de tâches (Liekna *et al.*, 2012) respectant les spécifications de la fondation FIPA. Il a été développé initialement pour la distribution de tâches dans les systèmes multi-agents (Knabe *et al.*, 2002). Dans ce protocole, l'on considère deux principaux types d'agents :

- L'initiateur : l'agent gestionnaire qui a des tâches à effectuer
- Les participants : les autres agents qui participent à des tâches en cours ou prévues.

À tout moment, un agent peut être soit un initiateur, soit un participant, soit les deux.

Le fonctionnement du protocole est décrit dans la [Figure 3.1](#). Dans ce protocole, l'initiateur effectue une demande aux différents participants en envoyant un CFP (Call For Proposals en anglais) qui spécifie les tâches et les conditions nécessaires à leurs exécutions. Tout participant recevant le CFP est un potentiel contractant et peut soumettre des propositions pour l'exécution d'une tâche. Les agents peuvent aussi refuser de répondre au CFP. Dès que le temps limite est dépassé, l'initiateur évalue les propositions reçues et sélectionne les agents aptes à exécuter les tâches. Les agents sélectionnés recevront une notification d'acceptation et les autres une notification de rejet. Aussitôt que les notifications d'acceptation sont reçues de la part de l'initiateur, les participants exécutent les tâches qui leur sont affectées. Après l'exécution des tâches, le participant envoie un message de fin de tâche à l'initiateur : ce message peut soit stipuler

que la tâche a été bien accomplie soit présenter une description détaillée des résultats de la tâche accomplie. En cas d'échec, un message d'échec est envoyé à l'initiateur. Il faut noter que les échanges dans ce protocole sont basés sur un formalisme XML<sup>2</sup> (Li et al., 2007), ce qui permet donc de garantir une **interopérabilité syntaxique**.

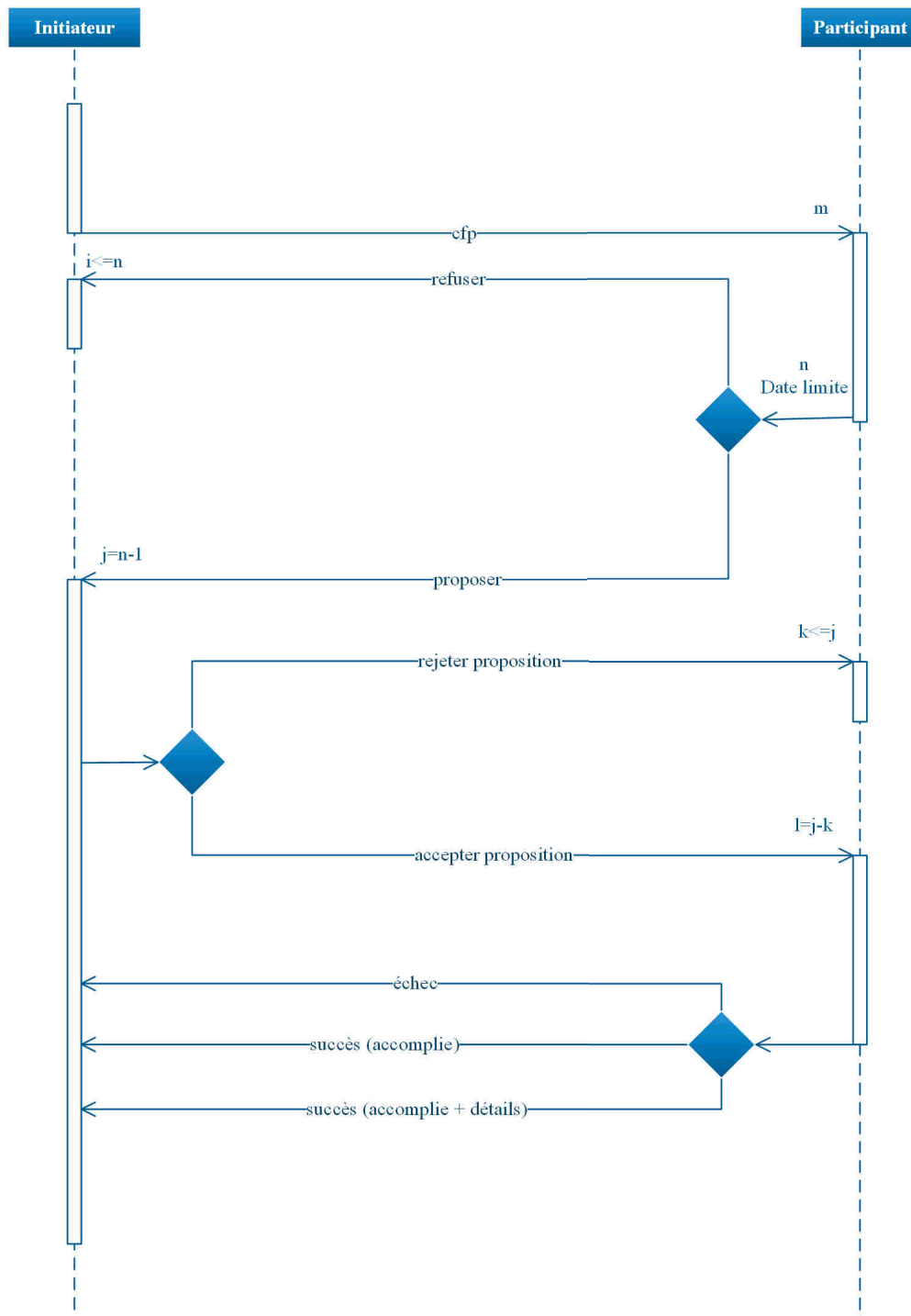


FIGURE 3.1 – Protocole réseau contractuel (adaptée de (FIPA, 2002))

2. Extensible Markup Language : <http://www.w3.org/XML/>

## 3.3 Le protocole modifié pour la collaboration médicale à distance

### 3.3.1 Objectif

L'objectif que nous voulons atteindre est d'offrir un cadre de collaboration à distance entre professionnels de santé tout en garantissant une interopérabilité entre les équipements communicants. Mais il faut noter que ce protocole n'est pas vraiment adapté à la collaboration entre plusieurs professionnels de santé (agents) car comme le dit les auteurs de (Liekna *et al.*, 2012) : « en règle générale, le protocole réseau contractuel permet de trouver l'agent le plus approprié pour une seule tâche donnée en comparant les propositions soumises par les autres agents. On ne sait toujours pas comment l'utiliser de manière optimale pour plusieurs tâches en même temps ». Nous souhaitons collecter les propositions de tous les professionnels de santé impliqués dans la collaboration. Mais nous pouvons réutiliser le principe pour la collecte des propositions des agents.

### 3.3.2 La téléexpertise : collaboration médicale à distance

Notre contribution dans ce chapitre se focalise sur la **téléexpertise** (voir section 1.2.2 pour plus de détails); c'est-à-dire la proposition de solutions collaboratives utilisant les technologies de l'information aussi bien classiques que mobiles pour les professionnels de santé. Globalement, nous souhaitons proposer des solutions pour résoudre le problème d'interopérabilité rencontré dans l'acte de téléexpertise lorsque plusieurs équipements de natures différentes sont utilisés.

Les principaux acteurs dans un acte de téléexpertise sont essentiellement des professionnels de santé. Parmi ces derniers, il existe un **médecin requérant** (celui qui demande des avis à ses confrères) et les autres des **médecins requis** (ceux qui donnent des avis sur un problème donné). Cette solution permettra aussi aux professionnels de santé de gagner en efficacité du fait qu'ils pourront demander des avis ou participer à des collaborations partout où ils se trouvent du moment où ils ont en leurs possessions des équipements (smartphones, tablettes, ...) connectés à un réseau informatique. La figure 3.2 montre une illustration générique de l'acte de téléexpertise.

#### 3.3.2.1 Modèles de collaboration

Dans la pratique de la téléexpertise, les participants sont emmenés à échanger des données médicales du patient. Selon la DGOS<sup>3</sup> (DGOS: Direction Générale de l'offre des Soins, 2012), le partage de données suit deux principaux modèles d'implémentation :

- **Modèle de collaboration avec couplage fort :**

---

3. Direction Générale de l'offre des Soins

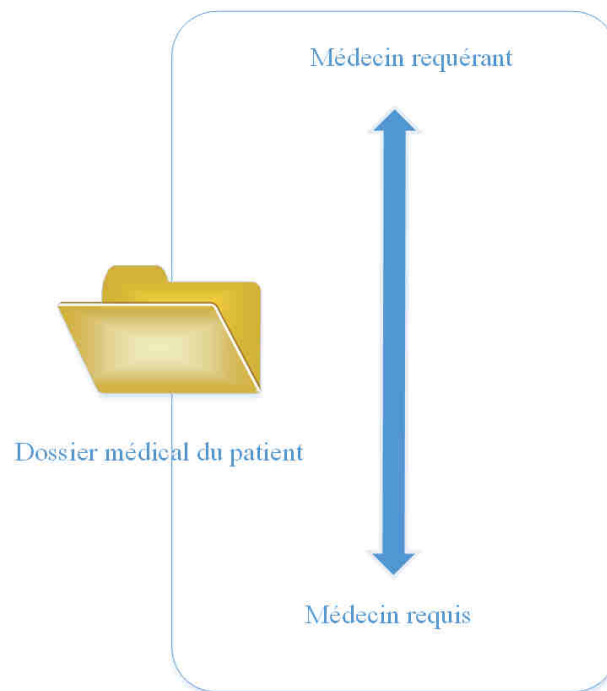


FIGURE 3.2 – L'acte de téléexpertise en télémédecine (adaptée de (Doubouya *et al.*, 2014))

- Les participants ont une vision partagée d'un même document à partir d'un poste de travail.
- Les participants ont une vision identique d'un même document préalablement distribué sur chaque station de travail. L'application distribuée installée sur chaque station de travail fournit une vision partagée de ce document tout en assurant une présentation simultanée identique.
- **Modèle de collaboration avec couplage faible :**
  - Les participants utilisent la même application pour avoir accès aux mêmes informations et documents (chaque acteur peut naviguer dans le document et être à une page différente de celle consultée par les autres acteurs au moment de l'acte de téléexpertise).

#### 3.3.2.2 Dispositifs médicaux communicants

Selon toujours la DGOS (DGOS: Direction Générale de l'offre des Soins, 2012), il existe deux principaux types de dispositifs médicaux communicants :

- Les dispositifs médicaux implantables actifs comme par exemple les pacemakers,
- Les dispositifs médicaux non-implantables avec saisie manuelle (écrans tactiles), les smartphones, les tablettes, etc.

Dans la suite nous nous intéresserons qu'aux dispositifs médicaux non-implantables.



### 3.4 Modèle de coopération proposé garantissant une interopérabilité syntaxique

Dans cette section, nous allons détailler et expliquer notre modèle de collaboration proposée. Notre proposition se focalise sur l’interopérabilité technique : niveau physique, protocole de transport et de communication (voir section 1.3.3.2 pour plus de détails).

#### 3.4.1 Le protocole réseau contractuel modifié

Dans le modèle proposé, les acteurs (professionnels de santé) peuvent se servir aussi bien de dispositifs mobiles que d’ordinateurs fixes pour la pratique d’un acte de téléexpertise. Par exemple un médecin peut utiliser un dispositif mobile tel qu’une tablette ou un PC pour accéder au dossier médical d’un patient. Via une application sur le dispositif utilisé, le médecin peut effectuer une demande d’acte de téléexpertise à des confrères. Le modèle de téléexpertise proposé est illustré dans la figure 3.3 à travers un diagramme UML<sup>4</sup> de cas d’utilisation.

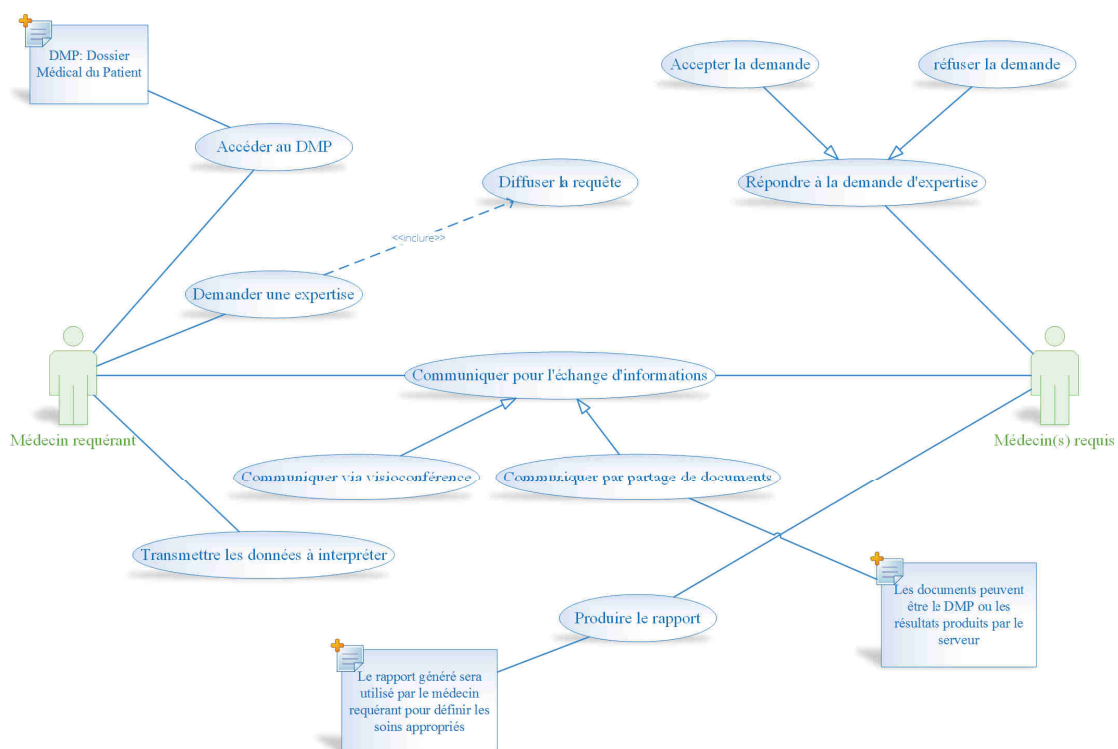


FIGURE 3.3 – Diagramme de cas d’utilisation d’un acte de téléexpertise (adaptée de (Doubouya *et al.*, 2014))

Dans ce cas d’illustration, nous supposons que les données du patient sont déjà disponibles sur un serveur. Par la suite, la requête de demande d’expertise est diffusée par un serveur web aux médecins requis spécifiés. Ces derniers peuvent directement

4. Unified Modeling Language™ : <http://www.uml.org>

### 3.4. MODÈLE DE COOPÉRATION PROPOSÉ GARANTISSANT UNE INTEROPÉRABILITÉ SYNTAXIQUE

être notifiés de cette demande sur leurs dispositifs mobiles. Dans ce cas, ils peuvent intervenir dans l'acte de téléexpertise partout où ils se trouvent ; à condition d'avoir accepté la demande. Ce processus de mise en relation peut être réalisé par le principe mis en œuvre dans le protocole réseau contractuel pour pouvoir contacter les différents participants. De ce fait, la proposition consiste à modifier le protocole réseau contractuel pour l'adapter à notre contexte. Ce protocole modifié portera le nom de *mFCNP* pour « modified FIPA Contract Net Protocol ». En effet dans *mFCNP*, le protocole s'arrête après un temps déterminé ou lorsque tous les potentiels participants ont répondu à la demande. Les réponses peuvent être positives ou négatives. De plus contrairement au protocole original (figure 3.1), « proposer » a été remplacé par « accepter ». Le protocole *mFCNP* illustré dans la figure 3.4.

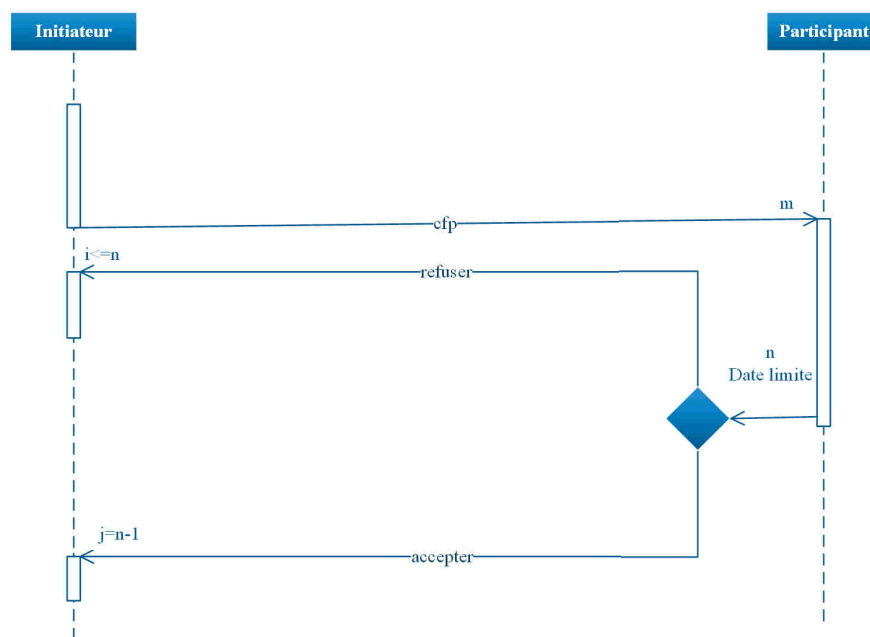


FIGURE 3.4 – Le protocole réseau contractuel modifié (mFCNP)

Dans ce protocole, l'initiateur est le **serveur** et les participants sont les **médecins requis** et la date limite spécifie le temps durant lequel l'expertise doit avoir lieu ; et donc toutes les réponses doivent être reçues avant cette date. Au delà de cette date, toutes les réponses reçues seront automatiquement rejetées.

#### 3.4.2 Illustration des communications à travers un diagramme de séquence

De manière générale, ce diagramme (figure 3.5) montre un mode d'établissement de communication séquentielle entre les professionnels de santé. Les équipements intermédiaires (A ou B) sont des dispositifs utilisés par les médecins dans l'acte de téléexpertise. Ces équipements peuvent être comme dit précédemment des smartphones, des PC ou des ordinateurs portables. Dans ce diagramme, *refFCNP* représente le protocole réseau contractuel modifié (figure 3.4) : il permet de collecter les réponses

des professionnels médicaux. Quant à *refDiagSeq2* (figure 3.6), il illustre l'échange de données, la collecte des avis des différents professionnels médicaux ayant accepté de participer à l'acte de téléexpertise et la création du rapport qui sera utilisé par le médecin requérant pour appliquer les avis retenus dans le traitement du patient avec le consentement de ce dernier bien sûr.

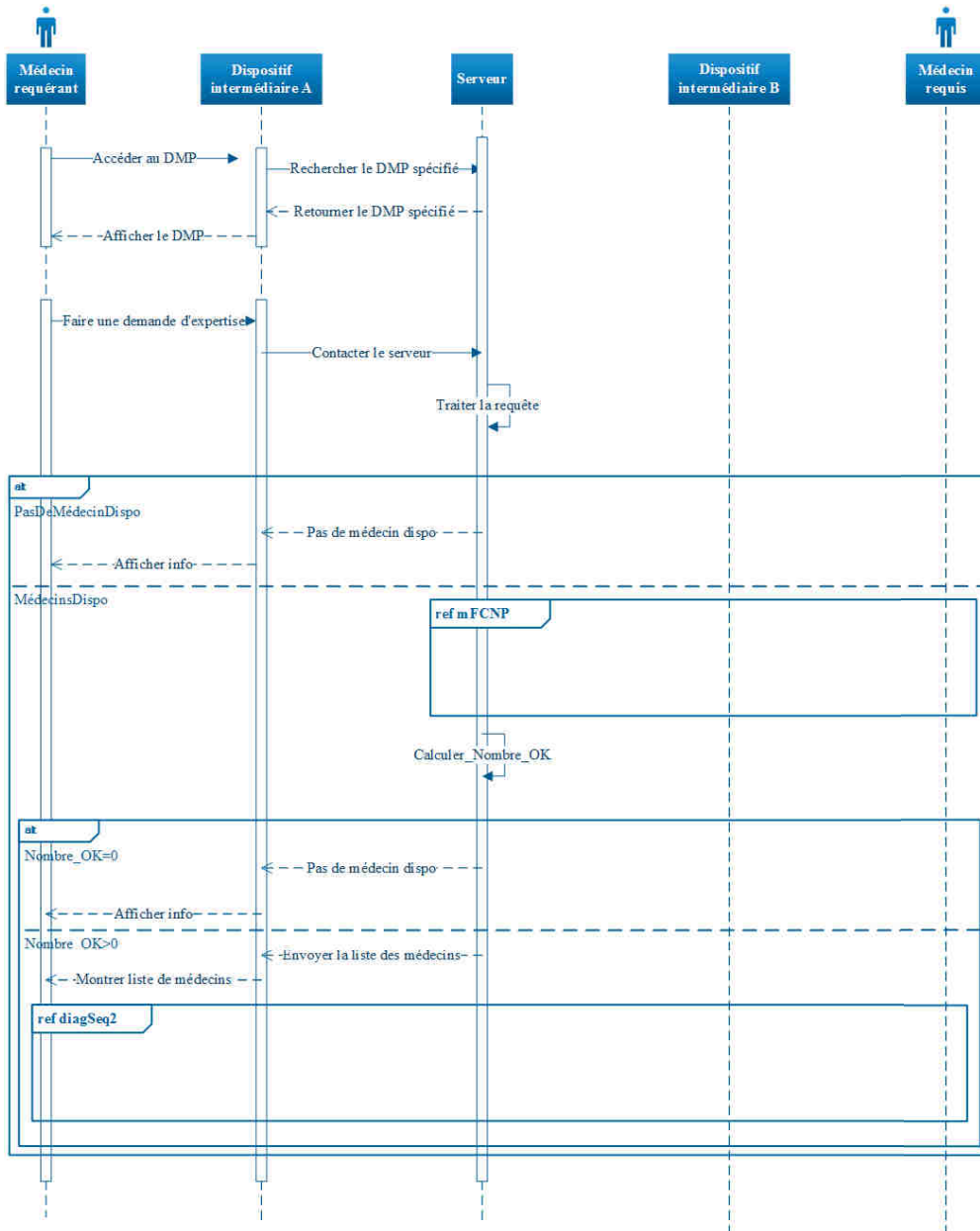


FIGURE 3.5 – Teleexpertise : diagramme de séquence 1

### 3.4. MODÈLE DE COOPÉRATION PROPOSÉ GARANTISSANT UNE INTEROPÉRABILITÉ SYNTAXIQUE

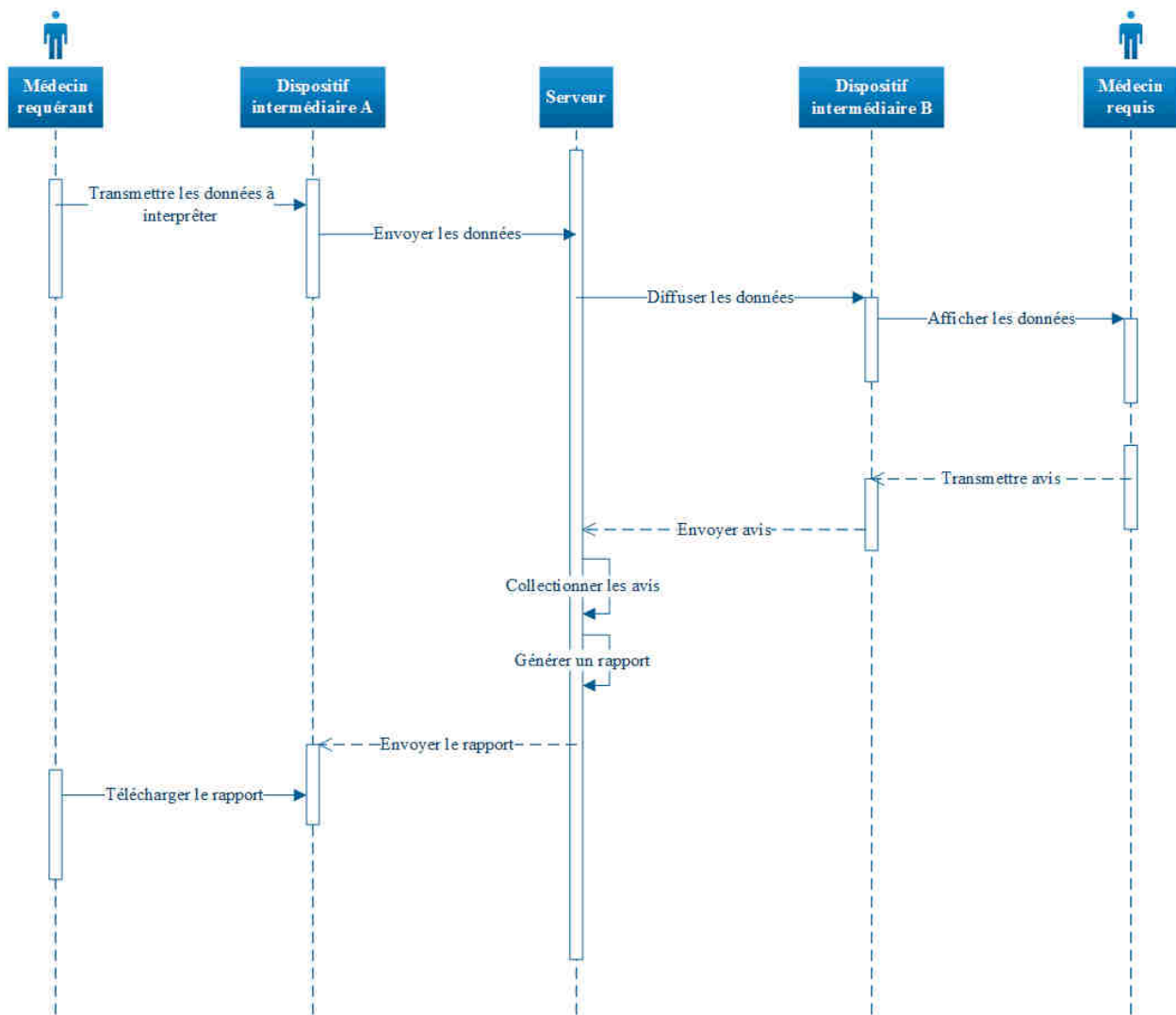


FIGURE 3.6 – Téléexpertise : diagramme de séquence 2 (DiagSeq2)

Concernant la couche transport, nous proposons d'utiliser des web-services pour l'échange de données. Le format d'échange de données choisi est le XML<sup>5</sup>, car ce dernier est devenu aujourd'hui un standard incontournable dans les domaines des technologies de l'information et de la communication. Il est aussi utilisé comme format d'import-export dans les services web ou d'autres plateformes collaboratives (Figueredo et Dias, 2004). L'architecture à proposer doit être une architecture orientée service pour l'échange d'information bien structurée entre différents périphériques. Notre architecture proposée est illustrée dans la figure 3.7.

5. Extensible markup language : <http://www.w3.org/XML/>

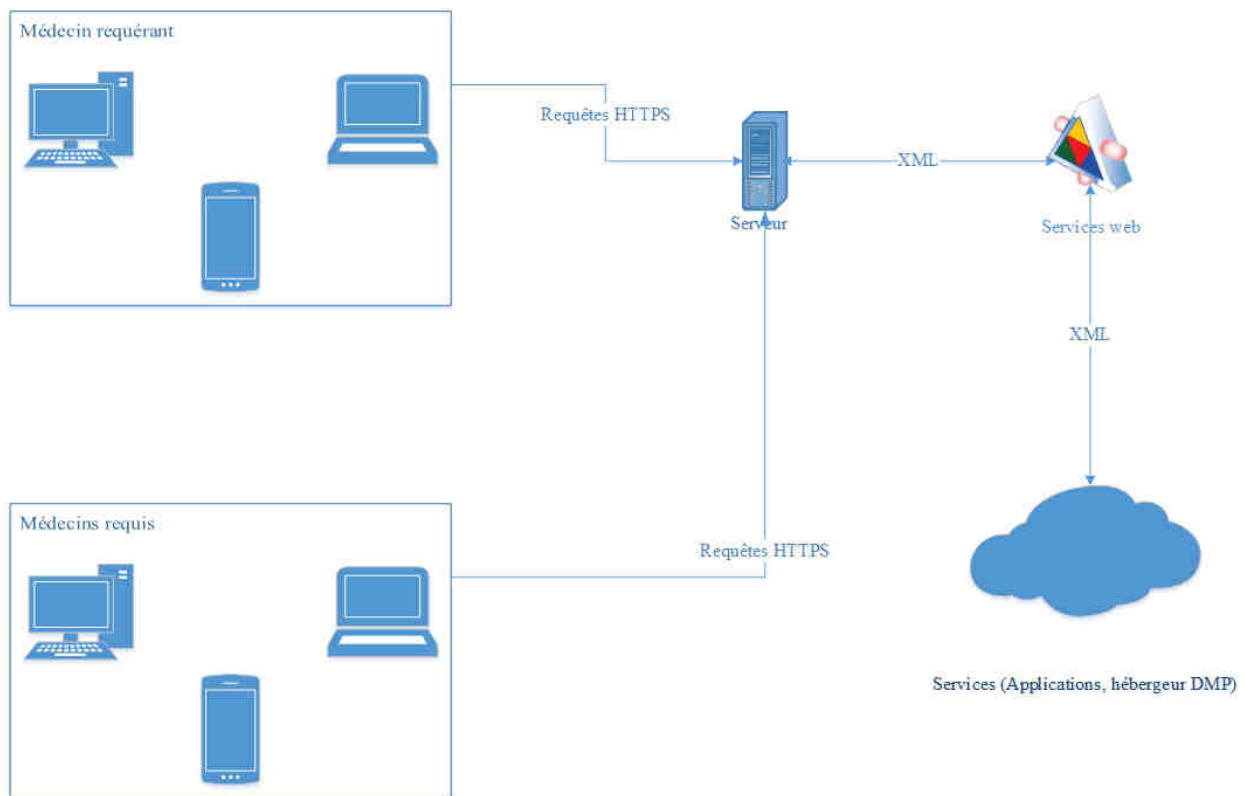


FIGURE 3.7 – Architecture de téléexpertise proposée

### 3.5 Conclusion

La télémédecine représente un champ d'intérêt important qui est en perpétuelle croissance avec l'usage des nouvelles technologies. La téléexpertise, un des actes de la télémédecine permet une collaboration pluridisciplinaire entre plusieurs professionnels médicaux.

Avec l'usage du protocole SOAP dans l'architecture, il sera donc facile de faire communiquer plusieurs périphériques de natures hétérogènes et ce grâce à une très bonne structuration de l'information dans des formats de services web. Le modèle que nous avons proposé dans ce travail satisfait aux quatre exigences spécifiées dans (Saeed *et al.*, 2012). En d'autres termes, le modèle proposé satisfait aux exigences de couverture, garantie de qualité de service et de priorité, mobilité et itinérance et de facilité d'utilisation du service.

Dans les travaux qui seront décrits ultérieurement, nous nous focaliserons sur les aspects sémantiques (interopérabilité sémantique) et les raisonnements argumentatifs pour expliquer les prises de décisions médicales. En effet, nous pensons que l'interopérabilité enrichirait les projets de collaboration médicale, l'organisation des connaissances et la gestion des urgences médicales. Étant donné que les pratiques de télémédecine sont régies par des lois et des contraintes éthiques, une gestion efficace des données et des enregistrements s'avère très importante pour assurer une traçabilité des raisonnements des différents professionnels médicaux lors d'une activité collaborative. Nous pensons que cette traçabilité peut être garantie par une approche combinant

modélisation sémantique et argumentation ; de plus le processus de prise de décision est réalisé au niveau du serveur après avoir collecté les différents avis des professionnels médicaux : ce processus se base sur les outils d'argumentation vus dans les chapitres précédents. Tout ceci fera l'objet d'une étude approfondie dans les prochains chapitres.



# UN CADRE MÉTHODOLOGIQUE POUR LA TRAÇABILITÉ DU RAISONNEMENT EN TÉLÉEXPERTISE

## Sommaire

---

<b>4.1</b>	<b>Introduction</b> . . . . .	<b>51</b>
<b>4.2</b>	<b>Objectif et méthodes mises en œuvre</b> . . . . .	<b>52</b>
<b>4.3</b>	<b>Travaux connexes</b> . . . . .	<b>53</b>
<b>4.4</b>	<b>Contribution</b> . . . . .	<b>55</b>
4.4.1	Architecture proposée . . . . .	55
4.4.2	Cas d'étude . . . . .	57
4.4.3	Logique argumentative . . . . .	61
<b>4.5</b>	<b>Conclusion</b> . . . . .	<b>63</b>

---

## 4.1 Introduction

La téléexpertise est un acte de la télémédecine qui met en collaboration plusieurs professionnels de santé quelque soit la distance qui les sépare en utilisant les technologies de l'information et de la communication. Lors de la téléexpertise, d'importantes décisions sont prises; ce qui peut donc engager la responsabilité des différentes parties prenantes. Les échanges entre les professionnels médicaux ne sont pas toujours tracés. En effet, à cause du manque d'interopérabilité entre les différents systèmes d'information hospitaliers et l'absence de dossier médical informatisé du patient, les traces des différents discussions ne sont enregistrées que dans de simples formulaires. Ces formulaires sont structurés selon une procédure médicale bien définie; mais souvent les professionnels médicaux ne prennent pas le temps de remplir correctement ces formulaires ce qui conduit à des pertes d'information et donc à des pertes de preuves en cas de litiges. La traçabilité des raisonnements des différents



professionnels médicaux n'est donc pas optimale avec l'usage de ces formulaires. C'est ce problème que nous allons essayer de résoudre dans ce chapitre. En d'autres termes comment assurer une bonne traçabilité du raisonnement lors d'un acte de téléexpertise ?

Pour atteindre notre objectif, nous avons proposé deux principales contributions. La première consiste en une architecture qui montre l'interaction entre les différents participants et certains concepts ontologiques (médicaux et éthiques) et la seconde détaille de manière exhaustive un composant de l'architecture proposée. C'est cet élément qui permettra de garantir la traçabilité du raisonnement dans l'acte de téléexpertise. Cette approche intègre un modèle de collaboration qui prend en compte des formalismes sémantiques pour assister les acteurs médicaux dans le partage de leurs connaissances tout en prenant soin d'intégrer aussi des concepts d'éthiques.

La suite de ce chapitre est divisée comme suit : d'abord nous parlerons de l'objectif à atteindre et des techniques mises en place pour l'atteindre, ensuite nous parlerons des travaux connexes puis de notre contribution et enfin nous terminerons ce chapitre par une discussion et une conclusion.

## 4.2 Objectif et méthodes mises en œuvre

L'objectif principal de ce travail comme dit dans l'introduction est de proposer un cadre méthodologique couplant modélisation sémantique et argumentation pour aider les professionnels médicaux dans leurs prises de décisions tout en garantissant la traçabilité de leurs raisonnements. En effet, le cadre proposé permettra aux professionnels médicaux de gérer les données médicales de leurs patients. Notre approche en question combine **modélisation sémantique** (graphes conceptuels (Sowa, 1992)) et **argumentation** (système d'argumentation de Dung (Dung, 1995), voir chapitre 2). Avec cette approche, nous espérons fournir un cadre méthodologique rigoureux dans le sens qu'elle est basée sur le raisonnement argumentatif qui lui-même est basé sur des fondements mathématiques. L'argumentation (logique argumentative) permettra d'assurer la traçabilité du raisonnement de manière structurée tandis que les modèles ontologiques (graphes conceptuels) permettront une visualisation des raisonnements (utilisation du logiciel CoGui (LIRMM: GraphIK Team, 2005)) tout en fournissant des moyens pour assurer une interopérabilité sémantique.

De part notre approche, nous souhaitons aussi fournir un outil d'apprentissage aux professionnels médicaux par le partage de leurs connaissances et expériences. En effet, quand un professionnel médical ne peut pas prendre une décision suite à des diagnostics, en utilisant le système proposé ce dernier pourra effectuer des requêtes pour savoir s'il y a eu auparavant un cas similaire. Si un cas similaire est trouvé, le protocole de traitement lui est envoyé. Il pourra donc l'adapter pour l'appliquer à son patient. Dans le cas contraire où aucun cas similaire n'est trouvé, il pourra utiliser le système pour une demande de téléexpertise.

## 4.3 Travaux connexes

Nous nous intéressons aux travaux utilisant les graphes conceptuels comme représentation de la connaissance. Plusieurs travaux ont été recensés, mais globalement les problématiques traitées diffèrent de la nôtre. À titre d'illustration, les travaux de *Pôtes Ruiz et al.* ([Potes Ruiz et al., 2014](#)) proposent un cadre méthodologique pour le retour d'expériences dans les processus de maintenances industrielles. Leur objectif principal est d'analyser les connaissances extraites d'un système d'information industrielle dans le but d'améliorer les processus de gestion des activités de maintenance. Cette approche est un peu similaire à la nôtre dans le sens où elle permet de gérer et de générer des connaissances à partir d'une base de connaissances sur des expériences passées dans le but de prendre de bonnes décisions dans un contexte particulier. Cependant, dans l'approche de *Pôtes Ruiz et al.* ([Potes Ruiz et al., 2014](#)), les aspects collaboratifs ne sont pas pris en compte dans les processus de prise de décisions. Le travail de *Kamsu-Foguem et al.* ([Kamsu-Foguem et al., 2014b](#)) présente un cadre méthodologique pour une approche de vérification formelle des protocoles médicaux et ce cadre méthodologique combine des graphes conceptuels et logiques du temps arborescent (Computation Tree Logic (CTL)). Le but est de formaliser des protocoles médicaux définissant des chemins de raisonnements temporels pour le monitoring et la prévention de maladies spécifiques (p. ex. les infections nosocomiales). Cette approche ne prend pas en compte des aspects de collaboration à distance ; ce qui la différencie de la nôtre. Cependant, nous partageons le même but dans le sens où nos approches ont pour vocation de faciliter la compréhension des étapes de raisonnements. En ces termes nous pouvons dire que notre approche combine des graphes conceptuels et le raisonnement argumentatif pour les activités de collaboration médicale. Cette démarche doit donc permettre d'identifier clairement et nettement les arguments avancés et reçus par les différentes équipes collaboratives. L'échange d'expertises sous ce nouveau cadre méthodologique contribuera à soutenir la traçabilité du raisonnement des différents experts et améliorer ainsi la qualité des processus de collaboration en téléexpertise.

D'autres travaux connexes dans le domaine médical ont été réalisés par les auteurs ([Dieng-Kuntz et al., 2006](#)) pour aider les professionnels de santé à prendre de bonnes décisions dans le traitement d'un patient. Dans leurs travaux, ils ont présenté un outil *Virtual Staff* qui a pour principale fonctionnalité d'effectuer des diagnostics collaboratifs. L'outil *Virtual Staff* permet aussi de garantir une traçabilité des décisions en gardant une trace des actions effectuées. Cet outil est basé sur un modèle SOAP (Subjective, Objective, Assessment, Plan) ([Grieve, 1988, Dolan et Broadbent, 2016](#)) à ne pas confondre avec le protocole SOAP<sup>1</sup> et aussi sur un modèle QOC (Question-Options-Critères) ([MacLean et al., 1991](#)). Le modèle SOAP permet aux professionnels médicaux de structurer leur raisonnement tandis que le modèle QOC est un support à

---

1. Simple Object Access Protocol (<https://www.w3.org/2002/07/soap-translation/soap12-part0.html>)

la prise de décisions. Globalement, dans leur approche ils utilisent une base de données appelée *Nautilus DB* à partir de laquelle ils extraient des données pour construire des ontologies qui seront stockées au format RDF. Par la suite un moteur de recherche appelé *CORESE* ([Corby et al., 2006](#)) est utilisé pour naviguer dans les ontologies précédemment construites. L'interface de *CORESE* permet aux professionnels médicaux de visualiser les ontologies et de les valider par détection d'erreurs et par la même interface ils peuvent faire des suggestions de corrections des erreurs détectées. *CORESE* fournit aussi une interface pour voir les réponses des requêtes effectuées sur les ontologies. Même si leur proposition permet d'argumenter les décisions et de garantir leurs traçabilités, nous la trouvons trop lourde à mettre en place dans le sens où elle intègre plusieurs types de graphes avec diverses structurations (SOAP et QOC) utilisant l'ontologie générée à partir d'une base de données médicale. Le point commun avec notre proposition est que leur architecture est composée d'ontologies, de graphes conceptuels et une volonté d'expliquer le raisonnement de manière argumentative. Le désavantage de *CORESE* est que seulement le processus de modélisation des graphes conceptuels est visualisable et il n'existe aucun moyen de visualiser le processus de raisonnement suivi (par exemple l'arbitrage entre arguments conflictuels) par les professionnels médicaux. C'est à ce désavantage que nous allons essayer de remédier dans ce travail par l'usage d'un outil appelé *CoGui* qui inclut des fonctionnalités de saisie de contraintes et de règles qui peuvent aider dans le raisonnement. Nous pensons que l'intégration de la logique argumentative (argumentation) favorisera un renforcement de la sémantique formelle des éléments impliqués dans un processus de prise de décisions.

*K.-L. Skillen et al.* ont proposé dans ([Skillen et al., 2014](#)) une approche basée sur les technologies sémantiques pour les techniques de modélisation des utilisateurs et de personnalisation. Leur proposition est adaptée aux environnements pervasifs, dans lesquels ils ont créé des modèles ontologiques d'utilisateurs et ont développé un mécanisme sémantique basé sur les règles pour la personnalisation des services sensibles au contexte. Ces règles sont définies à l'aide du langage *SWRL*<sup>2</sup> dans *Protégé* ([Stanford Center for Biomedical Informatics Research, 1999](#)). Cette approche est un peu similaire à la nôtre dans le sens où ils utilisent la modélisation sémantique et des options de raisonnement. Cependant la création des règles nécessite un plugin additionnel dans *Protégé*, ce qui signifie l'usage de plus d'un langage à savoir *SWRL* pour les règles et *OWL*<sup>3</sup> pour les modèles ontologiques. Alors que dans *CoGui* ([LIRMM: GraphIK Team, 2005](#)) la création des règles y est naturellement incluse, par conséquent l'on a besoin d'un seul langage pour gérer à la fois les règles et les modèles ontologiques. Leur approche peut aussi être utilisée pour l'aide à la décision en télémédecine vu qu'elle est basée sur les services d'aide à la demande ([Peng et Wang, 2003](#)).

---

2. Semantic Web Rule Language  
3. Web Ontology Language

## 4.4 Contribution

Dans cette section, nous montrons les étapes suivies pour atteindre notre objectif, à savoir la description détaillée de notre architecture de communication et l'explication du composant que nous appelons *logique argumentative* permettant de garantir la traçabilité du raisonnement.

### 4.4.1 Architecture proposée

Les auteurs de (Nageba *et al.*, 2013) ont proposé une méthodologie pour la construction d'un cadre de gestion de connaissances en informative pervasive. Cette méthodologie contient la description et une formalisation d'un méta modèle de connaissance qui peut être instancié en différents scénarios et situations contextuelles. L'objectif de cette approche était de proposer une solution qui permette la résolution de problèmes et l'aide à la décision dans un domaine donné. Le travail proposé dans (Nageba *et al.*, 2013) a été appliqué à la télémédecine pour des fins d'évaluation organisationnelle et de développement. Même si leur proposition s'applique au même domaine que nous : c'est-à-dire la télémédecine, ils ne montrent pas comment leur outil permet de garantir une traçabilité des décisions prises. D'où l'intérêt de notre proposition dans le sens où nous proposons un outil permettant de garantir la traçabilité du raisonnement dans les processus de prise de décisions tout en assurant la visualisation de ce raisonnement. L'architecture proposée dans ce travail intègre un cadre méthodologique couplant :

- modélisation sémantique ;
- raisonnement explicite ;
- ontologies (incluant des concepts médicaux et éthiques) modélisées en graphes conceptuels.

Notre contribution se résume dans la figure 4.1 qui représente notre architecture système. Dans cette architecture, le composant principal est la **logique argumentative** qui fait office d'un middleware entre l'interface graphique et la base de connaissances. Ce composant est construit sur la base des définitions et propriétés du système d'argumentation de Dung (Dung, 1995). Il permet de retrouver des données selon les requêtes des professionnels de santé et calcule les avis acceptés ou rejetés lors d'un acte de téléexpertise. La logique argumentative permet également la génération d'un cadre de partage des expériences, des analyses et des avis médicaux entre professionnels de santé qui sont tous distants les uns des autres.

Notre architecture est composée de onze principaux composants listés ci-dessous :

- **Interface graphique** : une interface ergonomique qui permet à l'utilisateur d'accéder aux fonctionnalités du système.

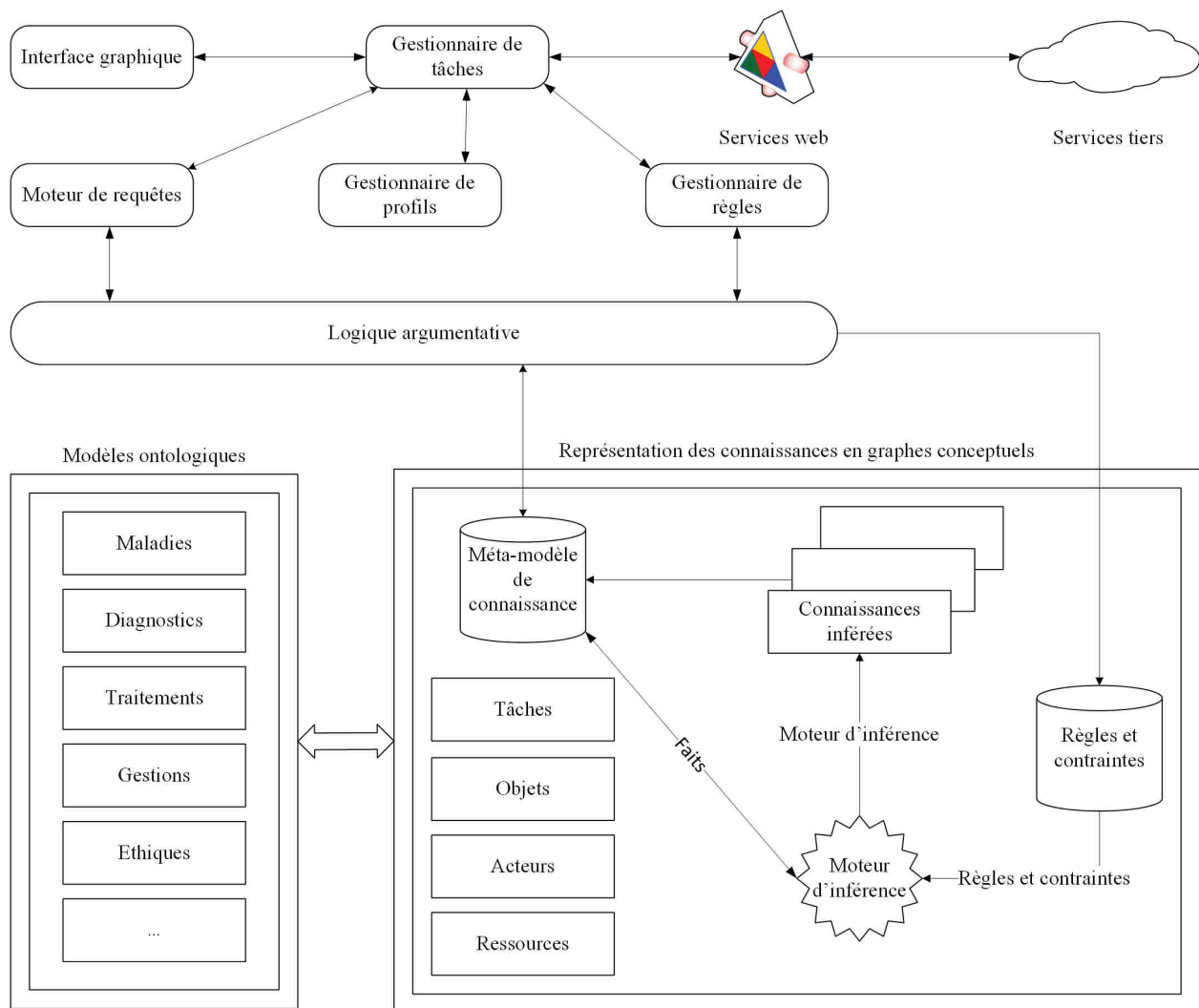


FIGURE 4.1 – Architecture du système

- **Services tiers** : il s'agit ici de plusieurs services tels que des hôpitaux, des cliniques, des centres médicaux, les hébergeurs de données médicales, la sécurité sociale.
- **Moteur de requêtes** : ce moteur est déjà inclus dans le logiciel CoGui. Il permet d'effectuer des requêtes et d'obtenir des réponses depuis une base de connaissances pour aider les experts dans leurs prises de décisions.
- **Gestionnaire de profils** : comme son nom l'indique, il gère les profils des différents utilisateurs de la plateforme. Il informe le gestionnaire des tâches sur les utilisateurs connectés afin de pouvoir charger leurs profils.
- **Gestionnaire de règles** : il est contacté par le gestionnaire des tâches pour l'application de règles sur des requêtes spécifiques.
- **Logique argumentative** : c'est le composant qui assure la traçabilité du raisonnement dans les processus de prise de décisions d'une manière structurée. Il a aussi pour fonction de retrouver des données à partir de la base de connaissances selon les requêtes reçues et calcule aussi les avis à accepter ou à rejeter lors d'un acte de téléexpertise. Ce composant sera détaillé avec précision dans les prochaines sections.

- **Modèles ontologiques** : les modèles ontologiques sont utilisés dans la e-santé pour la construction des systèmes d'aide à la décision. Il s'agit d'outils utilisés par la communauté d'ingénierie des connaissances pour la spécification d'interrelation entre concepts (Uschold et Gruninger, 1996, Christopoulou et Kameas, 2004).
- **Méta-modèle de connaissances** : il s'agit d'un ensemble de modèles ontologiques génériques et dépendants d'un domaine précis et aussi d'associations permettant de les connecter.
- **Règles et contraintes** : c'est un ensemble de spécification formelle déterminant des règles et contraintes définies.
- **Gestionnaire de tâches** : toutes les tâches depuis l'interface graphique sont effectuées par le gestionnaire de tâches. En effet, il permet d'avoir accès au moteur de requête. Il peut aussi se connecter à Internet (connexion sécurisée) pour récupérer de manière automatique les données médicales d'un patient donné.
- **Moteur d'inférence** : il permet d'effectuer un raisonnement sur la base des règles définies. Le moteur d'inférence est nativement inclus dans CoGui.

Dans la suite de ce chapitre, nous nous intéresserons uniquement à la *logique argumentative* dont la mise œuvre sera détaillée par le biais d'un cas d'étude.

#### 4.4.2 Cas d'étude

Le composant principal de notre architecture est la **logique argumentative** qui fait office de middleware entre l'interface graphique et la base de connaissances tout en assurant aussi la traçabilité du raisonnement dans les processus de prise de décisions. Un cas d'étude permettra de comprendre de fond en comble le fonctionnement de ce composant. Dans ce cas d'étude, un problème nécessitant l'intervention de plusieurs professionnels de santé de spécialités différentes sera exposé.

##### 4.4.2.1 Cas d'application

*Le médecin traitant de Mme C., une femme de 80 ans avec 10 années d'historiques de pression artérielle a demandé un avis médical à un gériatre parce que sa patiente présentait des symptômes de confusion sous-aiguë. L'examen physique était normal sauf quelques complications au niveau de la vision (vision floue). Le gériatre a révélé une hyperglycémie chronique [valeur à jeun de la glycémie 20 mmol/L et de l'hémoglobine A1c (hémoglobine glycosylée) supérieure à 14%] et un diagnostic de diabète de type 2. L'analyse en laboratoire montre une insuffisance rénale (clairance de la créatine à 24 ml/min/1,73 m<sup>2</sup>) avec une protéinurie (2 g/24 H). De ce fait, via le système proposé, le gériatre effectue des requêtes pour savoir s'il existe un cas similaire. Si c'est le cas, les procédures de traitement lui sont retournées et il pourra l'adapter pour traiter la patiente. Dans le cas contraire, il pourra utiliser le système pour faire appel à ses confrères d'autres spécialités pour des avis médicaux. Ici il s'agira d'un interniste (pour les*

*complications rénales du diabète), d'un **ophtalmologiste** (pour les complications visuelles) et d'un **diabétologue** (pour l'hyperglycémie).*

*Les avis des différents experts seront collectés de manière structurée par un serveur. La logique argumentative s'appuiera sur cette collection d'avis structurés pour générer le graphe d'attaques et donc l'interaction qu'il y a eu lieu entre les différents experts.*

#### 4.4.2.2 Interaction entre les différents professionnels de santé

Dans cette section, nous allons élucider via un diagramme UML<sup>4</sup> les différentes interactions possibles entre professionnels de santé qui sont impliqués dans un acte de téléexpertise (voir figure 4.2) . Plus précisément les interactions entre le médecin requérant (ici le Gériatre) et les médecins requis (Interniste, Ophtalmologiste, Diabétologue).

Dans le diagramme de séquence les interactions montrent l'échange de plusieurs messages :

- *TrouverCasSimilaire()* : Face à un problème complexe, le gériatre effectue d'abord une recherche pour savoir s'il y a des cas similaires.
- *TraiterRequêteCasSim()* : Le serveur traite la demande de recherche de cas similaires. Deux cas se présentent :
  - Cas similaire non trouvé :
    - *DemanderExpertise()* : Le gériatre formule une demande d'expertise en spécifiant les professionnels de santé dont il sollicite l' / les avis.
    - *TraiterRequête()* : Le serveur traite la demande d'expertise
    - *TransmettreInfo()* : Le serveur envoie alors les informations nécessaires aux experts sollicités.
    - *DonnerAvis()* : Les experts sollicités donnent leurs avis sur la base des informations reçues.
    - *CollecterAvis()* : Le serveur collecte les avis reçus de manière structurée comme indiquée dans le tableau 4.1.
    - *ExecuterLogiqueArg()* : Avec les avis collectés, le serveur construit automatiquement le graphe d'attaques et génère les arguments potentiellement acceptables.
    - *TransmettreArgAcceptables()* : Les arguments potentiellement acceptables sont transmis au médecin requérant notamment le gériatre.
    - *PrendreDecisionFinale()* : Sur la base des arguments reçus, le médecin requérant prend une décision finale en écartant certains arguments jugés non pertinents.
    - *EnregistrerDecisionFinale()* : Enregistrer la décision finale : ce qui pourra servir ultérieurement à la recherche de cas similaires.

---

4. Unified Modelling Language

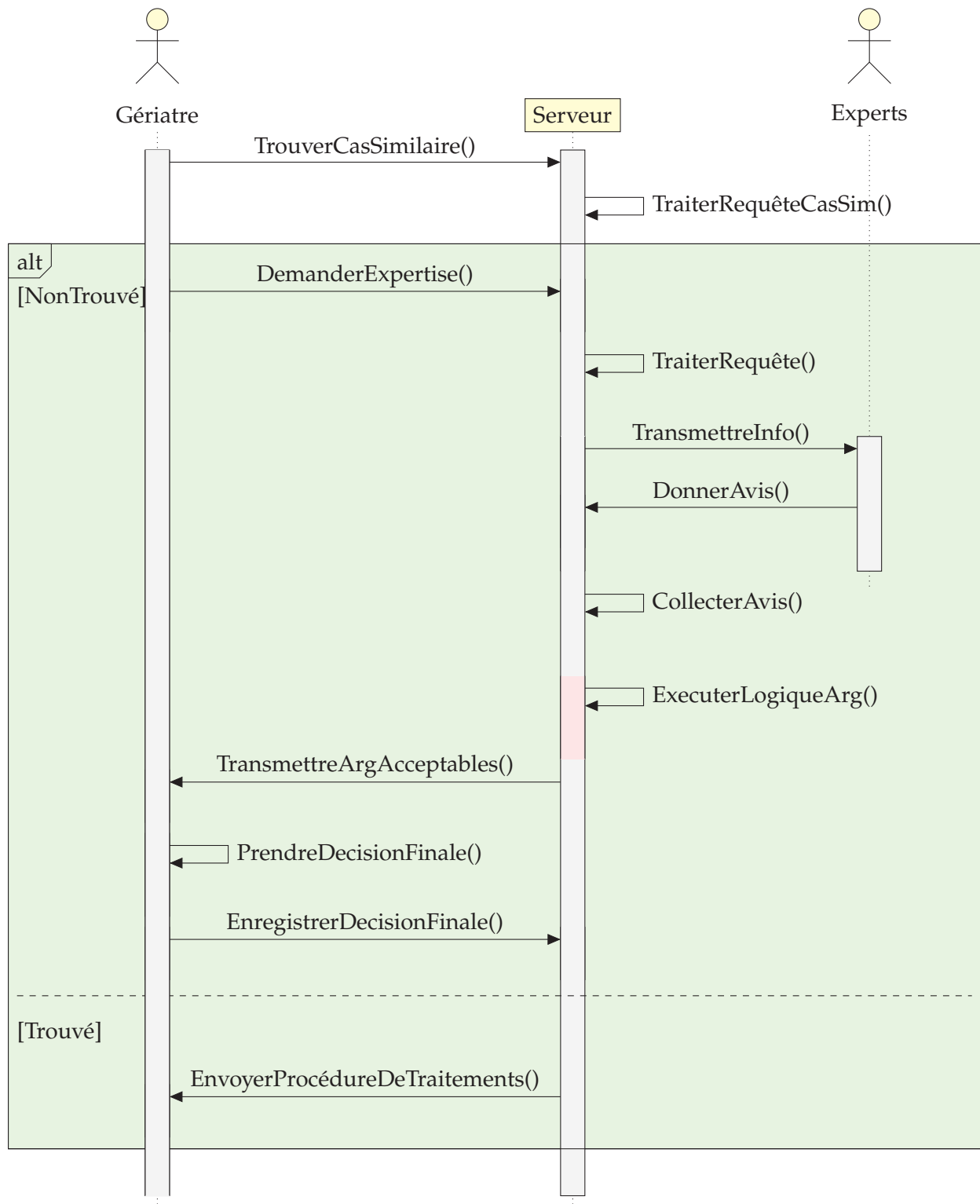


FIGURE 4.2 – Interactions en téléexpertise

- Cas similaire trouvés :

- *EnvoyerProcédureDeTraitements()* : Le médecin requérant adapte la procédure pour le traitement de son patient.



Étant donné qu'il s'agit d'une collaboration, un diagramme de collaboration UML permettrait de mieux illustrer les échanges entre les professionnels de santé impliqués dans l'acte de l'acte de téléexpertise en question (figure 4.3).

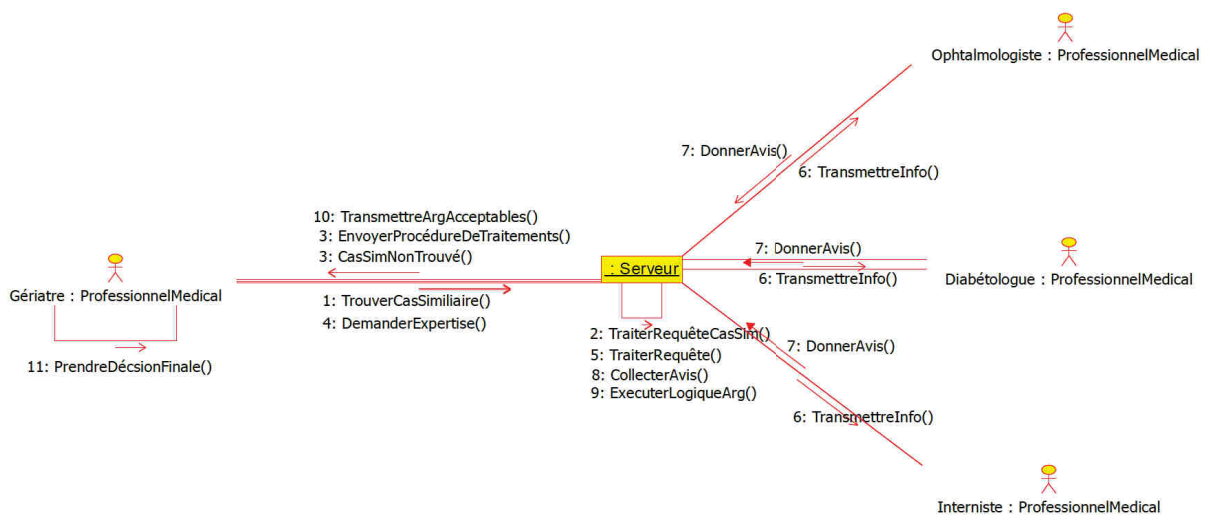


FIGURE 4.3 – Diagramme de collaboration

Comme dit précédemment, la méthode *DonnerAvis()* permet à chaque expert sollicité de se prononcer sur le problème évoqué par le médecin requérant. Une fois les avis collectés par le serveur, ce dernier enclenche le processus de prise de décisions. Ce processus que nous appelons la logique argumentative se base sur les principes fondamentaux du système d'argumentation de Dung (Dung, 1995). Les différentes étapes de la logique argumentation seront élucidées dans les sections suivantes.

#### 4.4.2.3 Collection d'avis médicaux

Les avis sont collectés de manière structurée par un serveur comme indiqué dans le tableau 4.1 :

- **Experts** : désigne le professionnel de santé dont l'avis est sollicité ;
- **Raisons** : désigne l'avis proprement dit, c'est-à-dire ce que le professionnel de santé envisage pour le traitement du patient.
- **Option** : désigne le choix du type de traitement. Ici nous avons considéré deux cas : (i) traitement invasif (maximiser la procédure :  $\nearrow Proc$ ), (ii) traitement non invasif (minimiser la procédure :  $\searrow Proc$ ). Tout avis donné doit supporter une de ces options.
- **Préoccupation** : comme son nom l'indique, il s'agit de la préoccupation du professionnel de santé. Ici tous les avis impliqués dans le même graphe d'attaques ont la même préoccupation.
- **Buts** : désigne l'objectif que le professionnel de santé souhaiterait atteindre en donnant son avis.

Tableau 4.1 – Argumentation des parties prenantes

	Experts	Raisons	Options	Préoccupation	Buts
1	Interniste	Il ne voudrait pas effectuer un traitement invasif. Il préférerait la médication avec moins d'effets secondaires et la prévention d'autres complications micro-vasculaire (yeux et reins) et macro-vasculaires du diabète Mellitus.	$\searrow$ Proc	Assurer une bonne qualité de vie pour cette patiente âgée.	La réduction des risques tels que les effets secondaires et la prévention de nouvelles complications micro-vasculaires et macro-vasculaires liées au diabète Mellitus.
2	Ophthalmologiste	Il voudrait effectuer des traitements invasifs sur l'œil pour apprécier l'étendue de la thrombose de la veine rétinienne et l'importance de l'œdème associé. Il préconise alors une injection intra-oculaire d'un traitement anti-œdémateux.	$\nearrow$ Proc	Assurer une bonne qualité de vie pour cette patiente âgée.	L'appréciation de l'étendue de la thrombose de la veine rétinienne, et de l'importance de l'œdème associé et le durcissement de troubles visuels de la patiente.
3	Gériatre	Il voudrait administrer un traitement à la patiente afin de prévenir les troubles cognitifs tels que la maladie d'Alzheimer très commune chez les personnes âgées.	$\nearrow$ Proc	Assurer une bonne qualité de vie pour cette patiente âgée.	Prévention des conditions qui conduisent à des troubles cognitifs.
4	Diabétologue	Il voudrait prescrire dès que possible des traitements pour la patiente afin d'éviter sa perte de vue, sachant qu'elle a déjà des troubles visuels et le diabète de type 2 qui peut conduire à l'aveuglement du patient.	$\nearrow$ Proc	Assurer une bonne qualité de vie pour cette patiente âgée.	Éviter la perte de la vue de la patiente.

### 4.4.3 Logique argumentative

#### Graphe d'attaques

Le graphe d'attaques consiste en un ensemble d'arguments (ici avis) avec des liens orientés entre-eux. La figure 4.4 illustre la représentation d'un nœud.

Selon le tableau 4.1, les différents arguments

avancés par les différentes parties prenantes sont :

—  $\alpha$  = il ne voudrait pas effectuer un traitement invasif. Il préférerait la médication avec moins d'effets secondaires et la prévention d'autres complications micro-vasculaire (yeux et reins) et macro-vasculaires du diabète Mellitus.

—  $\beta$  = Il voudrait effectuer des traitements invasifs sur l'œil pour apprécier l'étendue de la thrombose de la veine rétinienne et l'importance de l'œdème associé. Il préconise alors une injection intra-oculaire d'un traitement anti-œdémateux.

—  $\delta$  = Il voudrait administrer un traitement à la patiente afin de prévenir les troubles cognitifs tels que la maladie d'Alzheimer très commune chez les personnes âgées.

—  $\gamma$  = Il voudrait prescrire dès que possible des traitements pour la patiente afin d'éviter sa perte de vue, sachant qu'elle a déjà des troubles visuels et le diabète de type 2 qui peut conduire à l'aveuglement du patient.

D'après (Bourguet *et al.*, 2013), le graphe d'attaques est construit sur la base que tous les arguments aient la même préoccupation : ce qui est le cas ici (voir tableau 4.1). De plus en termes de graphes conceptuels, il existe une relation d'attaques entre deux arguments si et seulement si l'option de l'un ne se projette pas dans celle de l'autre (Bourguet, 2011). Le graphe d'attaques résultant est illustré dans la figure 4.5.

Le graphe d'attaques ainsi obtenu permet de l'illustrer l'interaction qu'il y a eu entre les différents professionnels de santé et par conséquent une traçabilité de leurs

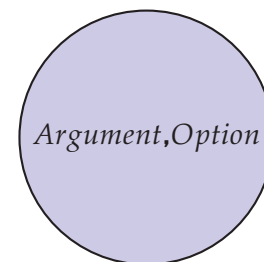


FIGURE 4.4 – Représentation d'un nœud

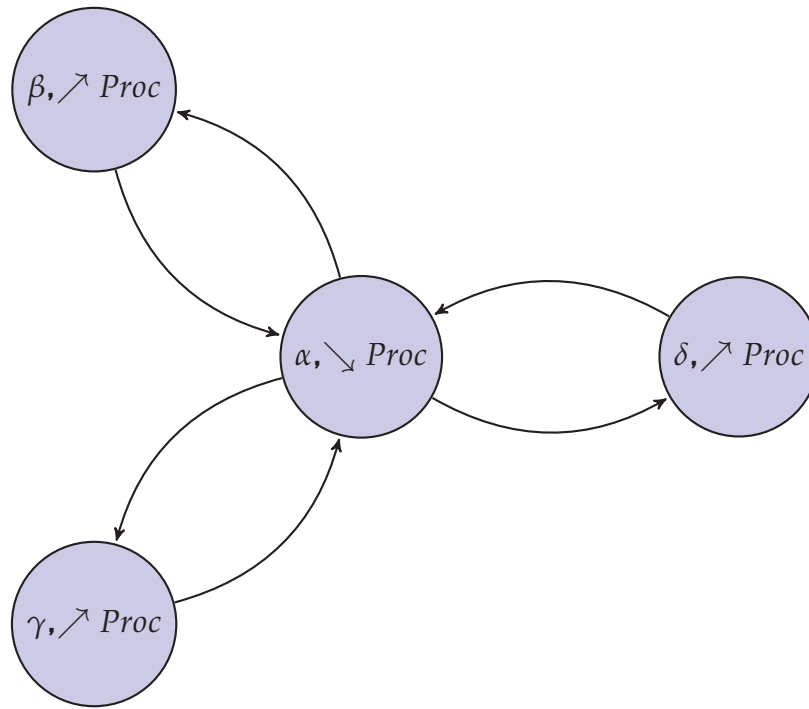


FIGURE 4.5 – Graphe d'attaques

raisonnements. En effet ce graphe d'attaques permettra au serveur de calculer les différentes extensions possibles sur lesquelles sera basée la décision à prendre. Ainsi donc selon le graphe d'attaques les différents ensembles possibles sont :

- $\{\emptyset\}$ ;
- $\{\alpha\}, \{\beta\}, \{\delta\}, \{\gamma\}$ ;
- $\{\alpha, \beta\}, \{\alpha, \delta\}, \{\alpha, \gamma\}, \{\beta, \delta\}, \{\beta, \gamma\}, \{\delta, \gamma\}$ ;
- $\{\alpha, \beta, \delta\}, \{\alpha, \beta, \gamma\}, \{\alpha, \delta, \gamma\}, \{\beta, \delta, \gamma\}$ ;
- $\{\alpha, \beta, \delta, \gamma\}$ .

### Processus de prise de décisions

Le processus de prise de décisions consiste en la détermination des extensions sur la base des définitions du système d'argumentation de Dung (Dung, 1995).

- **Détermination des ensembles sans-conflits** :  $\{\emptyset\}, \{\alpha\}, \{\beta\}, \{\delta\}, \{\gamma\}, \{\beta, \delta\}, \{\beta, \gamma\}, \{\delta, \gamma\}, \{\beta, \delta, \gamma\}$ ;
- **Détermination des extensions admissibles** :  $\epsilon_1 = \{\emptyset\}, \epsilon_2 = \{\alpha\}, \epsilon_3 = \{\beta\}, \epsilon_4 = \{\delta\}, \epsilon_5 = \{\gamma\}, \epsilon_6 = \{\beta, \delta\}, \epsilon_7 = \{\beta, \gamma\}, \epsilon_8 = \{\delta, \gamma\}, \epsilon_9 = \{\beta, \delta, \gamma\}$ ;
- **Détermination des extensions préférées** :  $\epsilon_2 = \{\alpha\}, \epsilon_9 = \{\beta, \delta, \gamma\}$ ;

Selon les définitions et propriétés de la section 2.2.5, l'on peut conclure que tous les arguments sont acceptés de manière crédule dans cette étude de cas. Tous ces arguments (avis) sont donc retournés par le serveur au médecin requérant qui sur la base de certains paramètres médicaux relatifs à la patiente pourra prendre une décision finale.

## 4.5 Conclusion

Ce chapitre nous a permis de mettre en exergue un cadre méthodologique basé sur le système d'argumentation de Dung (Dung, 1995) utilisable dans les processus collaboratifs de prise de décisions en santé notamment en téléexpertise. En effet l'architecture proposée intègre un composant (appelé *logique argumentative*) permettant de garantir la traçabilité du raisonnement des professionnels de santé impliqués dans un acte de téléexpertise. Cette traçabilité repose sur les différentes interactions ayant eu lieu entre eux et sur la manière dont les raisonnements ont été effectués. Cette traçabilité permettra en cas de procédures judiciaires d'identifier et d'évaluer la responsabilité de chaque partie prenante.

En perspective de ce travail, nous envisageons une implémentation qui consistera en une instanciation du système proposé en graphes conceptuels (Sowa, 1984) avec la représentation de contraintes qui permettront de parer à toutes inconsistances (incohérences) dans le graphe d'attaques. La modélisation en graphes conceptuels a un avantage double à savoir : (i) elle peut prendre en compte l'abstraction du système pour calculer les sémantiques d'acceptabilité , (ii) elle peut permettre également la structure interne des arguments et de générer des interactions classiques précédemment introduites (graphe des attaques). C'est ce qui fera l'objet du prochain chapitre en d'autres termes la modélisation en graphes conceptuels tout en prenant en compte les possibles contraintes dans l'exercice d'activités collaboratives en santé.



# GRAPHES CONCEPTUELS ET VÉRIFICATION D'INCOHÉRENCES DANS LES PROCESSUS DE COLLABORATION MÉDICALE

## Sommaire

---

<b>5.1</b>	<b>Introduction</b> . . . . .	<b>65</b>
<b>5.2</b>	<b>Rappel sur les graphes conceptuels</b> . . . . .	<b>66</b>
5.2.1	Graphes basiques . . . . .	66
5.2.2	Graphes emboîtés (imbriqués) . . . . .	68
<b>5.3</b>	<b>Modélisation du système d'argumentation en graphes conceptuels</b> . . .	<b>69</b>
5.3.1	La description du support . . . . .	69
5.3.2	Graphe d'attaques . . . . .	71
<b>5.4</b>	<b>Mécanismes de détection d'incohérences dans les processus de collaboration</b> . . . . .	<b>73</b>
5.4.1	Modification de la base de connaissances précédemment définie .	74
5.4.2	Mécanismes de vérification de contraintes . . . . .	75
5.4.3	Pondération des expériences passées . . . . .	79
<b>5.5</b>	<b>Modélisation dans CoGui</b> . . . . .	<b>81</b>
5.5.1	Modélisations des poids comme contraintes . . . . .	81
5.5.2	Droit médical comme contraintes . . . . .	82
<b>5.6</b>	<b>Conclusion</b> . . . . .	<b>85</b>

---

## 5.1 Introduction

La collaboration médicale (**téléexpertise** en télémedecine) est une pratique qui implique la participation de plusieurs professionnels de santé selon la difficulté du cas

auquel ils font face. En général, la communication entre ces derniers est bidirectionnelle dans le sens où un professionnel de santé peut demander des avis à ses confrères sur un cas donné et avoir en retour les avis sollicités. Il est à noter qu'il est à la responsabilité de chacun des participants de prendre leur disposition pour une gestion efficace des avis émis (fournir des avis efficaces).

Dans le chapitre précédent la collaboration médicale a été modélisée par l'usage du système d'argumentation de Dung (Dung, 1995) où les relations d'attaques étaient représentées par de simples arcs. Une modélisation sémantique (représentation en graphes conceptuels (Sowa, 1984)) de cette collaboration permettra de garantir une interopérabilité sémantique tout en facilitant la représentation de la structure interne des nœuds évoluant dans le système d'argumentation et par la même occasion autoriser la modélisation des contraintes pour la détection d'incohérences dans les pratiques médicales. Les contraintes sont vérifiées en graphes conceptuels par des mécanismes d'homomorphismes appelés communément projections (Chein et Mugnier, 2008).

La suite de ce chapitre est divisée comme suit : d'abord nous faisons un bref rappel sur les graphes conceptuels, puis nous expliquons la démarche de modélisation du système de collaboration en graphes conceptuels, ensuite suivra l'explication de notre mécanisme de détection d'incohérences dans les processus de collaboration médicale, enfin nous terminons ce chapitre par une conclusion.

## 5.2 Rappel sur les graphes conceptuels

Les graphes conceptuels introduits par Sowa (Sowa, 1984) répondent aux attentes du cadre de représentation du système d'argumentation. En effet, ce support de représentation inclut des principes de taxonomies et une sémantique formelle supportant les processus de raisonnement (par exemple la projection, l'inférence déductive et la vérification de contraintes).

Pour une meilleure compréhension, des définitions basiques et des explications détaillées de modèles de graphes conceptuels sont données dans les prochaines sections.

### 5.2.1 Graphes basiques

#### Définition 12. (Support de graphe basique)

Un support de graphe basique est un tuple  $S = (T_C, T_R, I, \sigma)$  tel que :

- $T_C$  et  $T_R$  sont des ensembles disjoints de types.
- $T_C$  est un ensemble de concepts partiellement ordonné par la relation  $\leq$ , dans laquelle il existe un élément universel appelé *superconcept* et noté  $\top$ .
- $T_R$  est un ensemble de relations partiellement ordonné par la relation  $\leq$ , et partitionné en sous-ensembles  $T_R^1, \dots, T_R^k$  de relations d'arité respective  $1, \dots, k$ , où les éventuels éléments universaux sont notés  $\top_1, \dots, \top_k$ . L'arité d'une relation  $r$  est

notée  $arite(r)$ . Deux relations avec différentes arités ne sont pas comparables par  $\leq$ .

- $I$  est un ensemble disjoint d'éléments appelés marqueurs individuels de  $T_C$  et  $T_R$ . Il existe un élément appelé marqueur générique noté  $*$ . L'ensemble des marqueurs est noté  $M = I \cup \{*\}$ , et est fourni par la relation d'ordre partiel  $\leq$  : les éléments de  $I$  sont deux à deux incomparables et  $\forall m \in I, m \leq *$ . Chaque élément de  $I$  peut être assigné à plusieurs concepts et donc à tous les *superconcepts*.
- $\sigma$  associe à chaque relation  $j$ -aire  $r$  ( $r \in T_R^j$ ) une signature à savoir un  $j$ -tuple de concepts ( $\sigma(r) \in T_C^j$ ), où le  $i$ ème concept est le concept maximal pour le  $i$ ème argument de la relation. Les signatures se conforment aux ordres définis dans  $T_C$  et  $T_R$ , à savoir :  $\forall r_1, r_2 \in T_R^j, r_1 \leq r_2 \Rightarrow \sigma(r_1) \leq \sigma(r_2)$ .

On dit aussi qu'un graphe basique est sous une forme normale si chacun de ces marqueurs individuels apparaît exactement une seule fois.

Le support défini dans la définition ci-dessus représente ce qu'on appelle le **vocabulaire**. La connaissance ontologique est définie dans le vocabulaire qui aide à l'expression de graphes basiques et aussi à l'expression des opérations de raisonnements appelées projections.

**Définition 13. (Projection)**

Soient  $F = C_F, R_F, L_F, label_F$  et  $T = C_T, R_T, L_T, label_T$  deux graphes basiques définis sur le même support. Une projection  $\pi$  de  $F$  vers  $T$  est une application définie de  $C_F$  vers  $C_T$  et de  $R_F$  vers  $R_T$  telle que :

- $\forall (r, i, c) \in L_F, (\pi(r), i, \pi(c)) \in L_T$ ;
- $\forall e \in C_F \cup R_F, label_T(\pi(e)) \leq label_F(e)$ .

Dans ce cas, on dit que le graphe  $F$  est projeté dans le graphe  $T$  et  $\pi(F)$  représente l'image de  $F$  dans  $T$ .

**N.B** : la projection est une sorte de mécanisme d'interrogation d'une base de connaissances. Cependant pour effectuer des mécanismes d'interrogations bien raffinées ces derniers doivent être accompagnés d'un ensemble de règles et de contraintes. Ce qui permettrait d'ajouter de nouvelles informations à la bases de connaissances via les règles et de vérifier la cohérence de celle-ci via les contraintes.

De manière intuitive, quand une projection existe d'un graphe  $G$  vers un graphe  $H$ , cela voudrait dire que  $G$  est contenu dans la connaissance représentée par  $H$ . Le mécanisme de projection correspond à une séquence d'opérations de spécialisation représentée sous forme graphique et logiquement définie (MUGNIER, 1995). Les processus de raisonnement basés sur la projection sont fondés puisque la projection elle-même est bien fondée et complète par rapport à la déduction logique du premier ordre (Chein et Mugnier, 2008). La figure 5.1 montre une illustration du mécanisme de projection. Cette illustration donne une réponse à la question posée dans le graphe



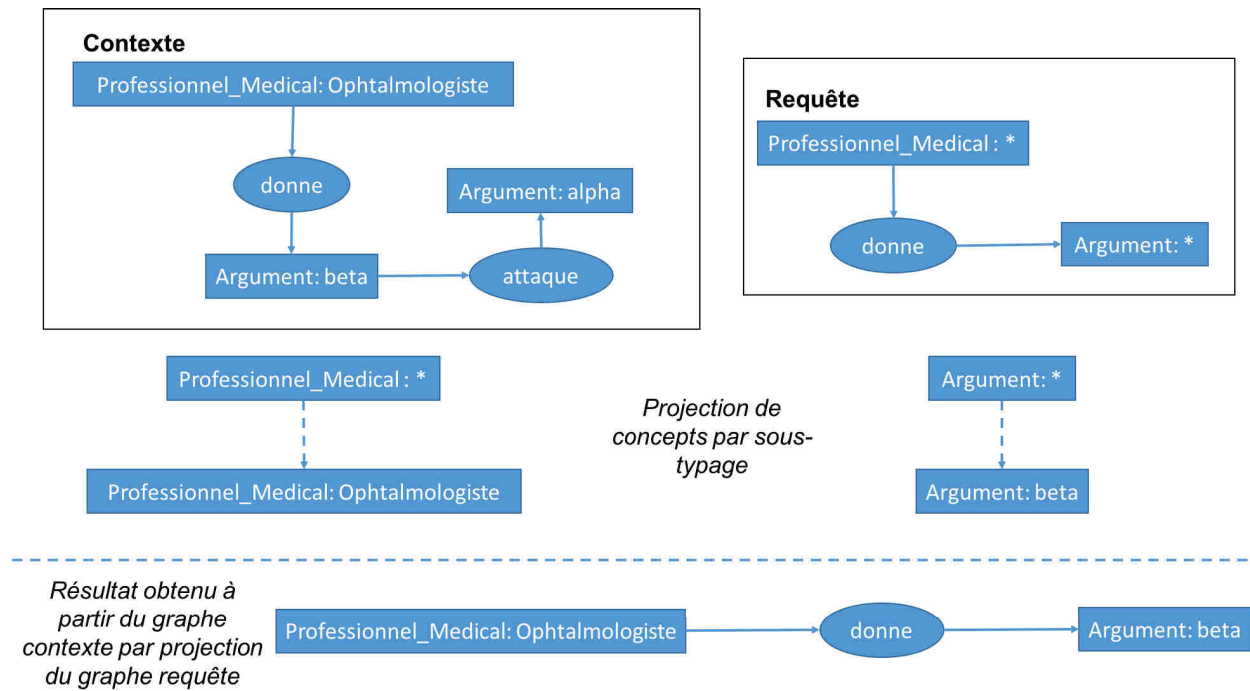


FIGURE 5.1 – Illustratio du mécanisme de projection

*Requête* : à savoir *Existe-t-il un professionnel médical qui a donné un argument ?* La recherche de réponse s'effectue dans le graphe *Contexte*. La réponse trouvée est la suivante : *l'ophtalmologiste donne l'argument bêta.*

## 5.2.2 Graphes emboîtés (imbriqués)

Les graphes emboîtés (Chein et Mugnier, 2008) permettent une représentation structurée (hiérarchique) des informations avec un processus de raisonnement qui se fait sur plusieurs niveaux. Dans ce travail, les graphes imbriqués permettront de définir la structure interne des arguments évoluant dans un système d'argumentation.

### Définition 14. (Graphe emboîtés)

Formellement, un graphe emboîté est défini de manière récursive comme suit :

- Un graphe emboîté  $G'$  est obtenu à partir d'un graphe basique  $G$  en ajoutant au label de chaque nœud concept  $c$  un troisième champ noté  $Descr(c)$  (description de  $c$ ) égale à  $**$  représentant une description vide. On définit par  $depth(G')$  la profondeur du graphe imbriqué  $G'$ .
- Soient  $G$  un graphe emboîté et  $c$  un nœud concept de  $G$ ,  $n_1, n_2, \dots, n_k$  des types imbriqués et  $G_1, G_2, \dots, G_k$  des graphes imbriqués. Le graphe obtenu en substituant l'ensemble  $\{(n_1, G_1), (n_2, G_2), \dots, (n_k, G_k)\}$  au troisième argument  $**$  de  $c$  est un graphe emboîté  $G'$  tel que :

$$depth(G') = \max(1 + \max_{i=1}^k depth(G_i), depth(G))$$

## 5.3 Modélisation du système d'argumentation en graphes conceptuels

Avant la modélisation concrètement dite du système d'argumentation en graphe conceptuel, plusieurs étapes sont à suivre. Le cas pratique mis en œuvre ici est le même que celui défini dans le chapitre précédent.

### 5.3.1 La description du support

Par support, nous entendons concepts ( $T_C$ ) et relations ( $T_R$ ).

#### 5.3.1.1 Les concepts ( $T_C$ )

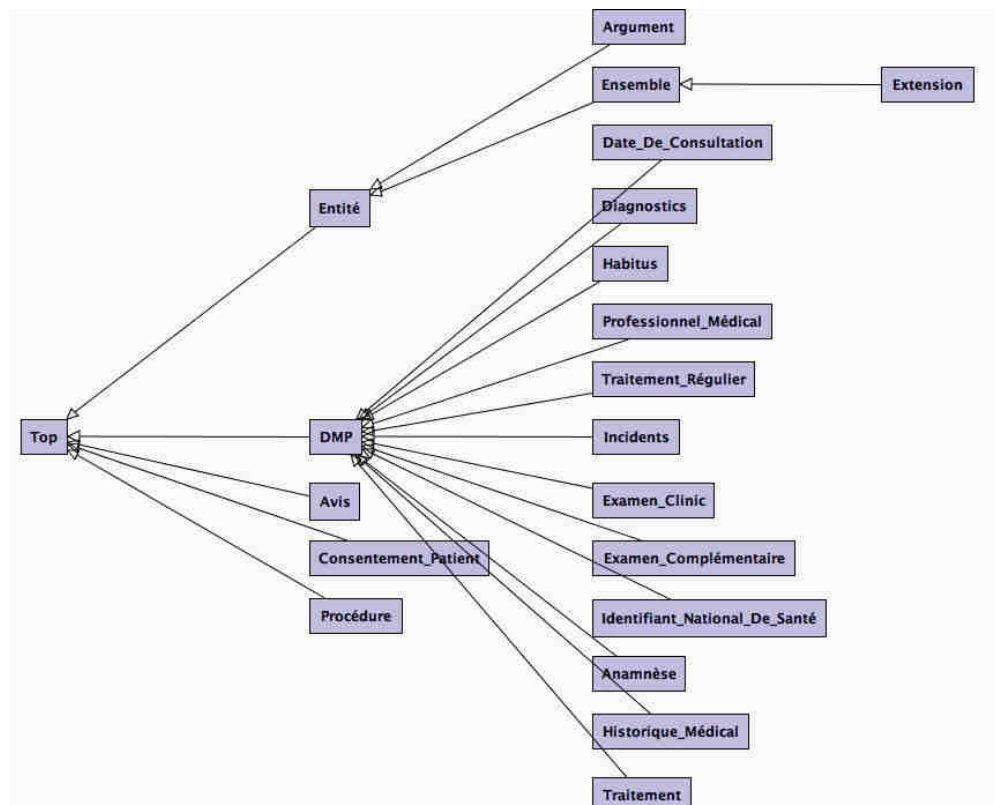


FIGURE 5.2 – Concepts ( $T_C$ )

Les éléments contenus dans cette hiérarchie de concepts sont les suivants :

- **Top** : cet élément correspond au superconcept défini dans les définitions précédentes ;
- **DMP** : dossier médical personnalisé ou données médicales du patient; il est utilisé par les professionnels de santé pour l'échange d'informations de manière coordonnée et stocker toutes les informations relatives au patient. Pour plus de détails sur le DMP, se référer au tableau 5.1. Ce tableau correspond au dossier patient du système de santé français. Le DMP a été construit sur la

base des éléments de ce tableau, auquel nous avons ajouté deux concepts à savoir : (i) Incidents : les problèmes survenus pendant un acte médical, (ii) Identifiant\_National\_de\_Santé : qui est lui l'identifiant unique du patient.

- **Avis** : la proposition d'un professionnel médical pour le traitement d'un patient.
- **Entité** : représente les arguments et les ensembles qui seront utilisés pour construire le graphe d'attaques et pour le calcul des extensions.
- **Procédure** : représente les différentes options que peut choisir un professionnel médical lors du traitement d'un patient. Selon *Chalumeau et al.* (*Chalumeau et al., 2008*), il existe deux principales options :
  - *Maximiser la procédure* ( $\nearrow Proc$ ) : cette option permet de réduire les risques de perte de chance sur la détection précoce de maladies graves grâce à l'usage des traitements invasifs, mais augmente les coûts, les risques individuels et collectifs.
  - *Minimiser la procédure* ( $\searrow Proc$ ) : cette option réduit l'invasivité des soins et leurs coûts, mais impose des retards de diagnostics et de thérapies dont les conséquences éthiques et médico-légales peuvent s'avérer très graves.
- **Consentement\_Patient** : montre s'il y a un consentement éclairé du patient ou de son représentant légal.

Tableau 5.1 – Dossier médical du patient (DMP)

<b>Identité du médecin</b>	Toutes les informations possibles sur le médecin (ex : nom, spécialisation, etc). Ici nous l'avons désigné par <b>Professionnel médical</b> .
<b>Date de consultation ou durée d'hospitalisation</b>	Date ou période d'hospitalisation ou de consultation.
<b>Les antécédents médicaux du patient</b>	Les maladies auxquelles le patient a été confronté dans le passé.
<b>Les traitements réguliers du patient</b>	Les traitements que le patient à l'habitude de prendre.
<b>Habitus et/ou mode de vie</b>	Toutes les informations sur le patient, ex : nom, âge, adresse, etc.
<b>Historique des maladies présentes ou Anamnèse</b>	Historique de la maladie
<b>Examen clinique</b>	Examen réalisé
<b>Données ou examens biologiques et iconographiques complémentaires</b>	Examen supplémentaire pour terminer l'examen clinique.
<b>Diagnostics</b> : besoin de diagnostic hypothétique biologique et iconographique pour confirmer un précédent diagnostic (confirmation faite par des spécialistes ou des experts)	Conclusion du professionnel médical après examens et opinions cliniques complémentaires.
<b>Traitements</b>	Les options de traitements comprenant l'absence d'intervention, les médicaments (traitements médicamenteux) ou la chirurgie, les traitements non médicamenteux (par exemple le régime alimentaire, l'exercice, la physiothérapie, les conseils).

### 5.3.1.2 Les relations ( $T_R$ )

Les relations (figure 5.3) permettent de donner un aspect sémantique à la base de connaissances. Elles précisent comme leurs noms l'indiquent les relations pouvant exister entre les différents concepts en donnant une sémantique à l'expression représentée selon les objectifs à atteindre.

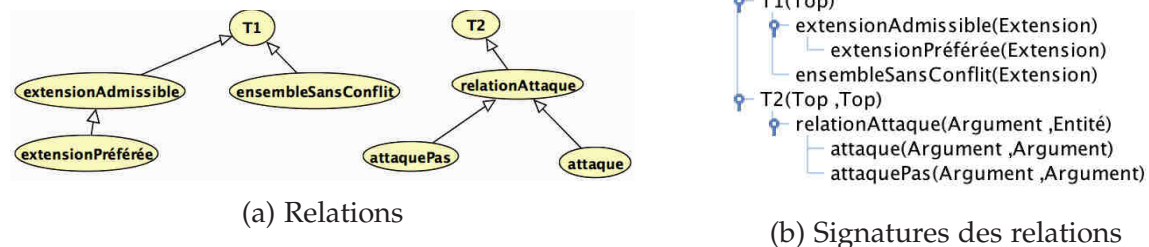


FIGURE 5.3 – Relations ( $T_R$ ) et signatures

Ici on distingue deux classes de relations :

- Relation unaire : définissant les différentes extensions du système d'argumentation obtenu.
- Relation binaire : définissant les relations d'attaques et de non attaques entre les arguments.

## 5.3.2 Graphe d'attaques

Comme dit précédemment, un graphe d'attaques montre les interactions possibles entre les différents arguments d'un même système d'argumentation. Dans cette section, nous allons représenter le graphe d'attaque en question en utilisant les graphes conceptuels. Mais avant tout, une représentation des arguments en graphes conceptuels s'impose.

### 5.3.2.1 Description d'un argument

Dans la représentation en graphes conceptuels, un argument est décrit par un graphe imbriqué ; ce qui permettra de définir facilement sa structure interne. Ainsi la structure interne d'un argument comme indiqué dans la figure 5.4 est composée de :

- **Acteur** : le professionnel médical qui fournit l'argument en question.
- **But** : le but qu'il veut atteindre en préconisant un tel avis.
- **Option** : l'option de traitement choisie.

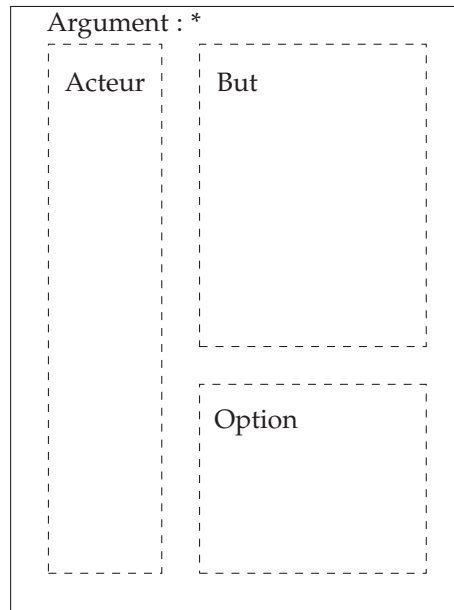


FIGURE 5.4 – Structure interne d'un argument

### 5.3.2.2 Graphe d'attaques en graphes conceptuels

En termes de graphes conceptuels, une relation d'attaque est construite entre deux arguments si et seulement si l'option de l'un ne se projette pas dans celle de l'autre (Bourguet, 2011). Mais par soucis de clarté, le système d'argumentation sera représenté en graphes conceptuels avec des arguments sans structure interne. Ainsi en appliquant l'algorithme de construction du graphe d'attaques décrit dans (Bourguet, 2011), on obtient ce système d'argumentation (voir figure 5.5) en conformité avec la figure 4.5. Dans le logiciel CoGui (LIRMM: GraphIK Team, 2005) le système d'argumentation est décrit par des faits (*facts* en anglais).

Une fois le graphe d'attaque obtenu, la suite du processus est le calcul des extensions (sémantiques d'acceptabilité). Après plusieurs investigations, nous avons trouvé que les outils d'argumentation mentionnés dans l'état de l'art ne pouvaient pas nous aider à atteindre notre but. Ainsi pour remédier à ce problème, nous avons proposé des algorithmes accompagnés de preuves (voir Annexe B) directement exécutables sur les graphes conceptuels pour le calcul des extensions. Dans cette annexe :

- L'algorithme 3 : permet de déterminer les ensembles sans-conflits qui seront utilisés dans la suite du processus de calcul des extensions ;
- L'algorithme 4 : permet de calculer les extensions admissibles sur la base des ensembles sans-conflits trouvés ;
- L'algorithme 5 : permet de calculer les extensions préférées sur la base des extensions admissibles. C'est sur le résultat de cet algorithme que seront prises les décisions finales car la prise de décision est basée ici sur des préférences.

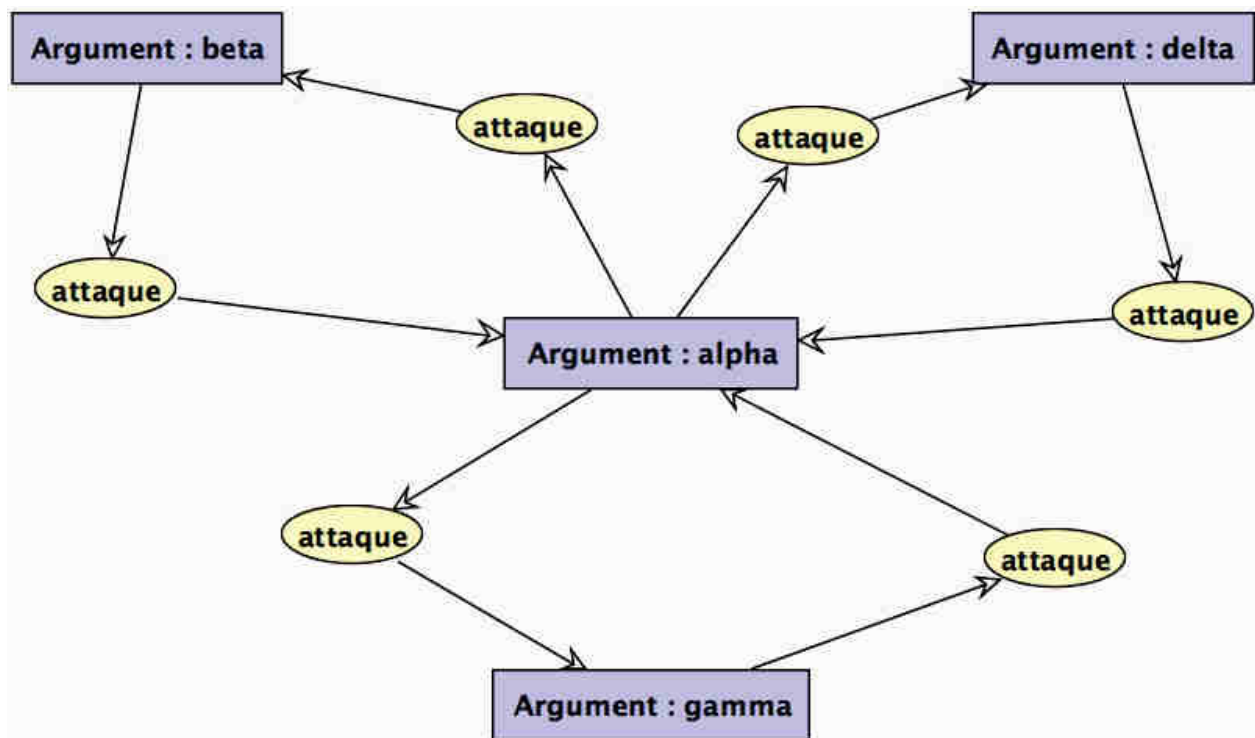


FIGURE 5.5 – Système d’argumentation représenté en graphes en conceptuels

- L’algorithme 6 : retourne un booléen selon qu’un ensemble défende tous ces éléments ou non. Cet algorithme est utilisé comme condition dans l’algorithme 4 (calcul d’extensions admissibles).

Cette section a permis de montrer comment un système d’argumentation modélisant une activité de collaboration peut être représenté en graphes conceptuels. Mais il faut savoir qu’il y a toujours des contraintes (Hollander, 1984) à satisfaire lors des actes de collaboration médicale et aussi qu’il peut y avoir des erreurs médicales. Dans la suite de ce chapitre, nous allons donc proposer des mécanismes de détection d’erreurs médicales à la suite d’un acte litigieux et des mécanismes de vérification de contraintes lors d’activités collaboratives médicales.

## 5.4 Mécanismes de détection d’incohérences dans les processus de collaboration

Ici, nous entendons par incohérences, les erreurs médicales survenues lors d’un acte de téléexpertise et la non-satisfaction des contraintes dans un processus de collaboration médicale. Mais avant tout, nous allons ajouter de nouveaux concepts et relations à la base de connaissances précédemment définie puis nous intéresser aux mécanismes de vérification de contraintes.

### 5.4.1 Modification de la base de connaissances précédemment définie

De nouveaux concepts et relations permettant la prise en compte de la vérification de contraintes et la détection d'erreurs médicales sont ajoutés à la base de connaissances : ce qui conduira donc à la modification de la structure interne d'un argument (voir figure 5.6).

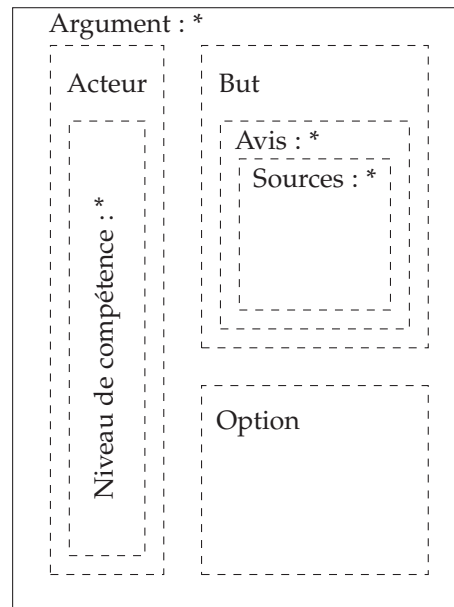


FIGURE 5.6 – Nouvelle structure interne d'un argument

La nouvelle base de connaissances (concepts, relations et signatures) est décrite dans la figure 5.7.

#### 5.4.1.1 Concepts ajoutés

Nous avons ajouté à la base de connaissances trois principaux concepts qui sont :

- **Sources** : cela représente comme son nom l'indique les sources d'information utilisées par les professionnels médicaux pour justifier leurs décisions.
- **Niveau de compétence** : il s'agit d'un critère d'évaluation des professionnels médicaux dont la compétence se décline en six compétences de base (Ketteler *et al.*, 2014), à savoir :
  1. Connaissances médicales,
  2. Soins aux patients,
  3. Professionnalisme,
  4. Communication interpersonnelle,
  5. Apprentissage basé sur la pratique : amélioration personnelle,
  6. Pratique fondée sur le système : amélioration du système.
- **Poids** : on entend ici par poids le poids d'un argument donné : ce qui permettra de comparer les arguments entre-eux.

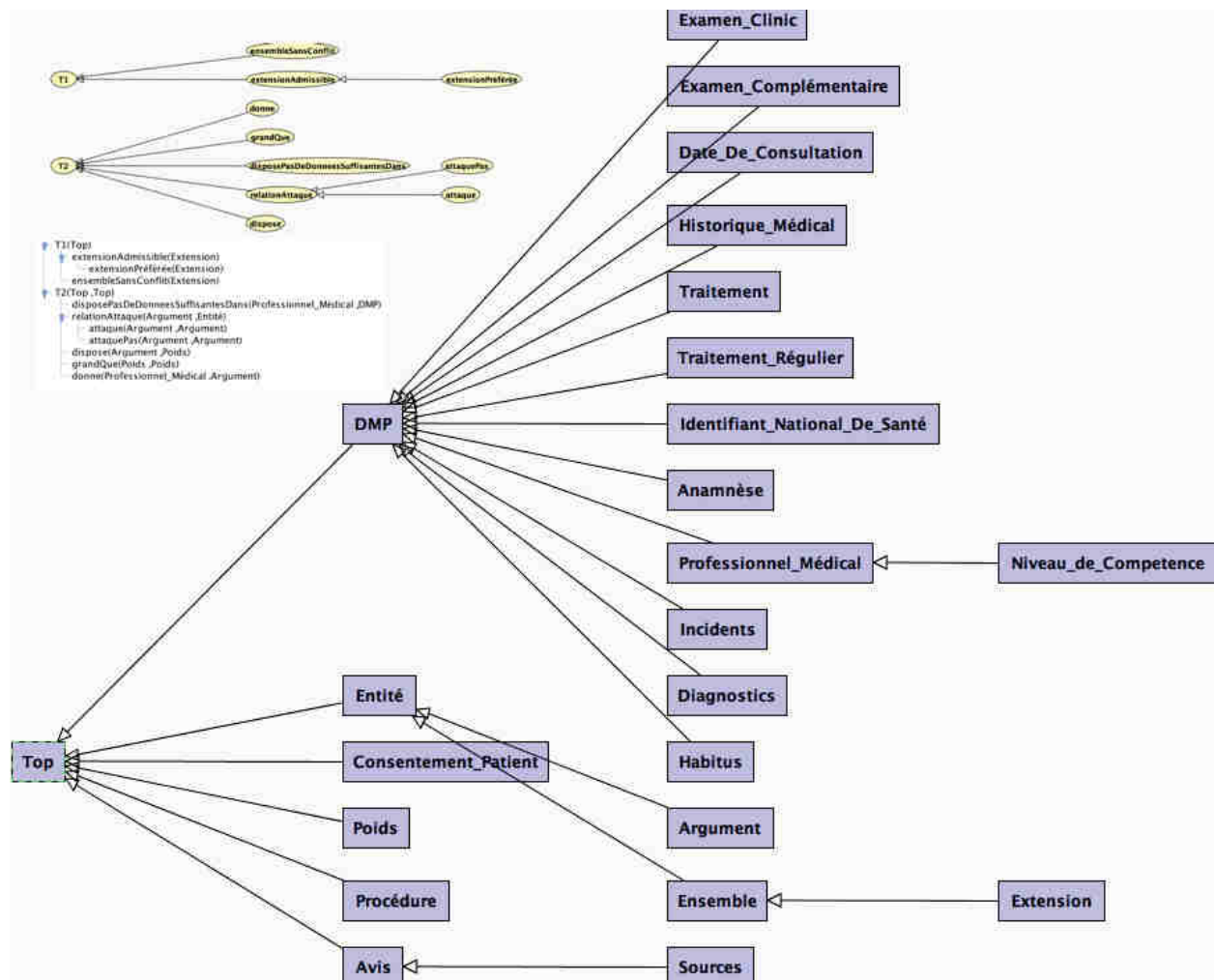


FIGURE 5.7 – Concepts, Relations et Signatures

### 5.4.1.2 Relations ajoutées

Les nouvelles relations ajoutées sont les suivantes :

- **grandQue** : permet de comparer les poids des arguments,
- **dispose** : permet de spécifier qu'un argument a un poids donné,
- **disposePasDeDonnéesSuffisantesDans** : permet de spécifier qu'un professionnel médical ne dispose pas de données suffisantes dans le dossier médical du patient pour une prise de décisions.
- **donne** : pour spécifier qu'un professionnel médical donne un avis (argument).

### 5.4.2 Mécanismes de vérification de contraintes

Dans cette sous-section, nous avons proposé deux principales contributions, à savoir :

- la pondération des arguments évoluant dans le système d'argumentation,
- la modélisation de quelques concepts de droit médical comme contraintes à respecter.



En effet, les contraintes seront utilisées a-posteriori pour vérifier la cohérence du graphe d'attaques obtenu. À notre connaissance, il existe des travaux intégrant directement les contraintes dans la définition du système d'argumentation (Coste-Marquis *et al.*, 2006); mais qui offrent moins de flexibilité à la modification des contraintes. En réalité l'on devrait donner l'opportunité de modifier dynamiquement les contraintes eu égard aux réalités pratiques. Ainsi, nous avons trouvé utile d'inclure les contraintes dans le système d'argumentation pour vérifier sa cohérence, mais de manière a-posteriori. Les contraintes que nous définissons sont exprimées de manière sémantique en graphes conceptuels et la vérification de leurs respects est basée sur des mécanismes d'opération de graphes appelée projection.

#### 5.4.2.1 Les contraintes

Les contraintes sont utilisées pour valider une base de connaissances (Chein et Mugnier, 2008) selon des spécifications (ou recommandations). Dans une base de connaissances, ce sont les *faits* qui sont vérifiés de manière concrète avec les contraintes. Une contrainte est formulée en graphes conceptuels par une partie conditionnelle et une partie obligatoire (Kamsu-Foguem *et al.*, 2014a). Il existe deux types de contraintes (Chein et Mugnier, 2008) :

- **Les contraintes positives** : exprime une propriété telle que « si *A* existe alors *B* doit exister ».
- **Les contraintes négatives** : exprime une propriété telle que « si *A* existe alors *B* ne doit pas exister ».

**Exemple 12.** Exemples de contrainte positive et de contrainte négative.

On suppose que :

- Argument1 : argument donné par l'infirmière,
- Argument2 : argument donné par le médecin traitant,
- Argument3 : argument donné par le gériatre.

La figure 5.8 illustre un exemple d'expression de contraintes positive et négative représentées en graphes conceptuels.

- **Contrainte positive** (figure 5.8a) : Tout argument donné par l'infirmière doit être attaqué.
- **Contrainte négative** (figure 5.8b) : Tout argument du médecin traitant attaqué par un argument du gériatre ne doit pas être attaqué par un argument de l'infirmière.

#### 5.4.2.2 Pondération des arguments

Généralement, les parties prenantes (professionnels médicaux) impliquées dans un acte de téléexpertise doivent avoir des connaissances approfondies dans leurs domaines.

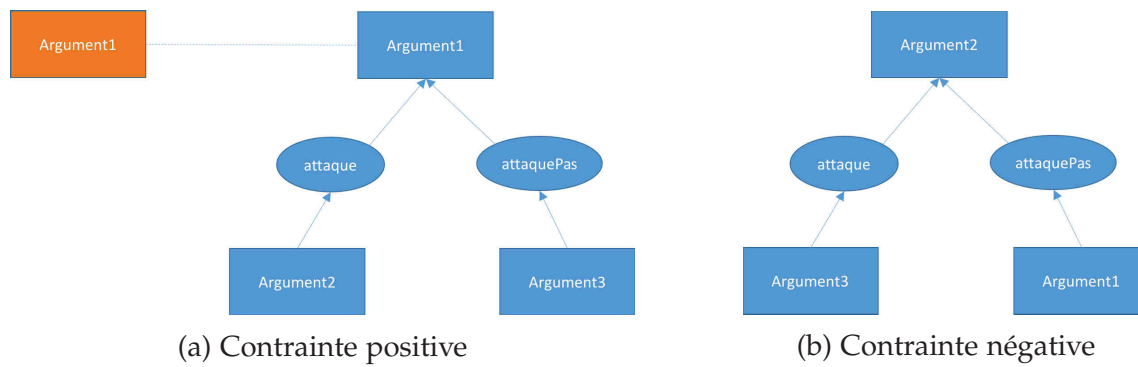


FIGURE 5.8 – Contraintes exprimées en graphes conceptuels

Cependant, plusieurs experts de niveaux de compétences différents peuvent collaborer pour prendre des décisions, d'où l'intérêt de la pondération des avis qu'ils émettent. Cela permettra de hiérarchiser les arguments entre eux et d'éviter qu'un argument de faible poids n'attaque un argument de poids supérieur. Selon (Ling *et al.*, 2013), il existe cinq niveaux de compétences qui sont :

- **Novice** : Le professionnel médical peut exécuter des tâches qui lui sont assignées, mais il aura besoin d'aides telles que la politique à adopter pour les soins du patient, les protocoles médicaux locaux.
- **Débutant avancé** : Le professionnel médical peut exécuter des tâches en temps tout en appliquant les pratiques et politiques locales, mais nécessite toujours de l'aide lorsqu'il est confronté à des situations qui ne lui sont pas familières.
- **Compétent** : Le professionnel médical peut exécuter des tâches en temps, voire identifier et trouver des solutions à des situations peu familières.
- **Expérimenté** : Le professionnel médical peut gérer plusieurs tâches. Il peut trouver des solutions appropriées à différentes situations compliquées et être aussi contacté par ses pairs pour leur donner des conseils sur un problème donné.
- **Expert** : À ce niveau, le professionnel médical est à même de gérer plusieurs tâches dans des circonstances complexes, il peut être aussi désigné par ses pairs comme référence pour la résolution de problèmes difficiles ou donner son avis sur des situations peu familières.

Le plus souvent les professionnels médicaux impliqués dans un acte de téléexpertise pour la résolution d'une situation complexe apportent des sources de justification des avis qu'ils émettent. Ces sources peuvent être des revues médicales ou-bien des expériences passées ayant réussi qu'ils essaieront d'adapter au problème à résoudre. Le fait de donner son avis sur un problème donné peut être indépendant du niveau de compétence du professionnel médical en question ou de la source de justification des avis. En effet, l'on peut considérer qu'un novice peut émettre un avis avec une source de justification très pertinente qui permettra d'apporter des éléments de réponses. C'est dans ce sens que nous avons décidé d'utiliser ces deux paramètres à savoir le *niveau*

de compétence et la source de justification des avis pour pondérer les avis (arguments) émis par les professionnels médicaux impliqués dans un acte de téléexpertise. Plusieurs travaux connexes utilisant plusieurs méthodes pour la pondération des compétences ont été réalisés. À titre d'illustration, nous avons (Guillaume *et al.*, 2014) qui utilise la logique floue, (Wu et Barnes, 2010) qui utilise les fonctions de croyance. Mais dans notre cas, la pondération se fera sur les arguments selon leur niveau de compétence ( $NC$ ) et de la source de justification ( $S$ ). Par conséquent, plus le niveau de compétence d'un professionnel médical est élevé et que sa source de justification est pertinente plus son argument aura un fort poids (voir équation 5.1).

$$W_A = f(NC, s) = \frac{\alpha W_{NC} + \beta W_s}{\alpha + \beta}, \text{ with } \alpha, \beta \in ]0, 1] \quad (5.1)$$

Dans l'équation 5.1,  $W_A$  représente le poids d'un argument  $A$ ,  $NC$  le niveau de compétence du professionnel médical ayant émis cet argument et  $S$  sa source de justification.

- $W_{NC}$  : représente le poids du niveau de compétence du professionnel médical. Il existe cinq niveaux de compétences auxquels l'on peut attribuer des poids statiques :
  - Novice : poids = 0,2
  - Débutant avancé : poids = 0,4
  - Compétent : poids = 0,6
  - Expérimenté : poids = 0,8
  - Expert : poids = 1
- $W_s$  : représente le poids des sources d'informations. Selon la source d'information une méthode de pondération est appliquée :
  - Les informations médicales issues d'Internet (Utilisation des méthodes d'évaluation de la qualité de l'information médicale sur Internet telles que le NetScoring<sup>1</sup> (Darmoni *et al.*, 2000), Health on the Net<sup>2</sup>)
  - Les livres médicaux (éditeur reconnu  $W_s = 1$ , éditeur non reconnu  $W_s = 0,5$ )
  - Les expériences passées qui sont basées sur des cas similaires (Potes Ruiz *et al.*, 2013). Dans cette situation, la méthode de mesure de similarité (Batet *et al.*, 2011) peut être utilisée pour pondérer les expériences passées qui sont stockées dans une base de connaissance. La section suivante explique en détails le processus de pondération des expériences passées.

Pour le calcul du poids d'un argument, nous avons proposé un pseudo-algorithme (voir algorithme 1) basé sur la structure interne d'un argument (figure 5.6).

---

1. [www.chu-rouen.fr/netscoring](http://www.chu-rouen.fr/netscoring)

2. [www.hon.ch](http://www.hon.ch)

<p><b>Algorithme 1</b> : Pondération d'un argument</p> <p><b>Entrées</b> : <math>A</math> : un argument</p> <p><b>Output</b> : <math>W_A</math> : le poids calculé de l'argument <math>A</math>, ou 0</p> <p><b>si</b> <math>A \neq null</math> <b>alors</b></p> <p style="padding-left: 20px;"><math>NC = obtenirNiveauDeCompetence(A);</math></p> <p style="padding-left: 20px;"><math>S = obtenirSources(A);</math></p> <p style="padding-left: 20px;"><math>W_A = f(NC, S);</math></p> <p style="padding-left: 20px;"><b>retourner</b> <math>W_A;</math></p> <p><b>sinon</b></p> <p style="padding-left: 20px;"><b>retourner</b> 0;</p> <p><b>fin</b></p>
---

### 5.4.3 Pondération des expériences passées

Les expériences sont fondées sur des cas similaires pour lesquels la similarité peut être mesurée. La mesure de similarité repose sur l'exploitation de la connaissance de la taxonomie complète d'une ontologie, en prenant en considération le nombre de différences entre les super-concepts (c'est-à-dire des ancêtres d'un concept) pour un couple de concepts ( $C$ ) (Potes Ruiz *et al.*, 2013). La mesure de similarité permettra via une distance de similarité de savoir si un cas courant est similaire à des cas passés. La formule de calcul de similarité est exprimé dans l'équation 5.2

$$sim(C_1, C_2) = -\log_2 \times \frac{|T(C_1) \cup T(C_2)| - |T(C_1) \cap T(C_2)|}{|T(C_1) \cup T(C_2)|} \quad (5.2)$$

- $T(C_i) = \{C_j \in C, C_j \text{ est le super-concept de } C_i\} \cup \{C_i\}$
- $C_1$  est un concept du cas passé,
- $C_2$  est un concept du cas courant,
- $|T(C_1) \cup T(C_2)|$  est le nombre total de super-concepts entre deux concepts comparés,
- $|T(C_1) \cap T(C_2)|$  est le nombre total de super-concepts partagés entre deux concepts comparés.

Cette équation s'applique qu'entre deux concepts. Cependant, comme dans le travail de (Potes Ruiz *et al.*, 2013), nous nous intéressons à la similarité entre des expériences décrits par des descripteurs. Une expérience est représentée par un triplet  $E_i = \langle C_i, A_i, S_i \rangle$ , où  $C_i$ ,  $A_i$  et  $S_i$  sont respectivement le contexte (la description du problème), l'analyse (une recherche de la cause principale du problème) et la solution (comment le problème est résolu). De la même manière, nous définissons une expérience médicale par :

- Un contexte  $C$  (description du problème clinique)
- Un diagnostic  $D$  (recherche de la cause principale de la maladie)

- Un traitement  $T$  (ensemble des actions pour traiter le patient).

Nous pouvons donc représenter une expérience médicale par un triplet  $E_i = \langle C_i, D_i, T_i \rangle$ , où  $C_i$ ,  $D_i$  et  $T_i$  désignent respectivement le contexte, le diagnostic et le traitement. Pour le calcul de similarité entre deux expériences médicales, nous avons réutilisé le travail réalisé dans (Potes Ruiz *et al.*, 2013), où la mesure de similarité consiste à calculer les similarités locales qui sont une combinaison de la vérification de présence, la similarité taxonomique et la comparaison des états et des niveaux de sécurité. Ce calcul de similarité peut donc s'appliquer entre un cas source et un cas cible dans un descripteur  $j$  comme défini dans l'équation 5.3.

$$M_{Sim_{ij}} = \varphi_{ij}^{Presence} * \varphi_{ij}^{Valeur} * \varphi_{ij}^{Etat} \quad (5.3)$$

- **Presence :**

- $\varphi_{ij}^{Presence} = 1$ , si l'expérience (cas) passée et l'expérience en cours contiennent le descripteur.
- $\varphi_{ij}^{Presence} = 0$ , si le descripteur n'est pas spécifié dans le cas passé ou dans le cas actuel.

- **Valeur**, consiste à vérifier la similarité sémantique :

- $\varphi_{ij}^{Valeur} = 1$ , si  $C_1 = C_2$
- $\varphi_{ij}^{Valeur} = \frac{Sim(C_1, C_2)}{\log_2(H+2)}$ ,  $H$  est la hauteur de l'ontologie.

- **Etat** : représente l'état de santé du patient. Nous distinguons trois états : (i) normal, (ii) maladie aiguë, (iii) maladie chronique.

- $\varphi_{ij}^{Etat} = 1$ , si  $Etat(C_1) = Etat(C_2)$
- $\varphi_{ij}^{Etat} \in [0, 1]$ , si  $Etat(C_1) \neq Etat(C_2)$ .

La similarité globale entre des expériences (cas) passées et l'expérience courante est donnée par l'équation 5.4 suivante :

$$W_s = Sim(CasPasse_i, CasCourant) = \sum_{j=1}^n M_{Sim_{ij}} * w_j \quad (5.4)$$

- $n$  est le nombre de descripteurs.
- $i$  est le numéro associé à une expérience passée.
- $j$  est le numéro associé à un descripteur.
- $M_{Sim_{ij}}$  est la similarité locale entre une expérience passée et l'expérience courante dans le descripteur  $j$ .
- $w_j$  est le poids associé au descripteur  $j$ , avec  $0 \leq w_j \leq 1$  et  $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ .

## 5.5 Modélisation dans CoGui

### 5.5.1 Modélisations des poids comme contraintes

Pour notre cas d'étude, nous avons assigné à chaque argument des poids arbitraires vu que la formule de calcul du poids d'un argument peut faire l'objet d'un nouveau travail de recherche. Ainsi nous avons :

- le poids de l'argument de l'Interniste est :  $W_A(\text{argument alpha}) = 0.35$ ,
- le poids de l'argument de l'Ophtalmologiste est :  $W_A(\text{argument beta}) = 0.5$ ,
- le poids de l'argument du Gériatre est :  $W_A(\text{argument delta}) = 0.75$ ,
- le poids de l'argument du Diabétologue est :  $W_A(\text{argument gamma}) = 0.8$ .

Sur la base de cette pondération, le graphe d'attaques réalisé avec le logiciel CoGui (LIRMM: GraphIK Team, 2005) est illustré dans la figure 5.9 :

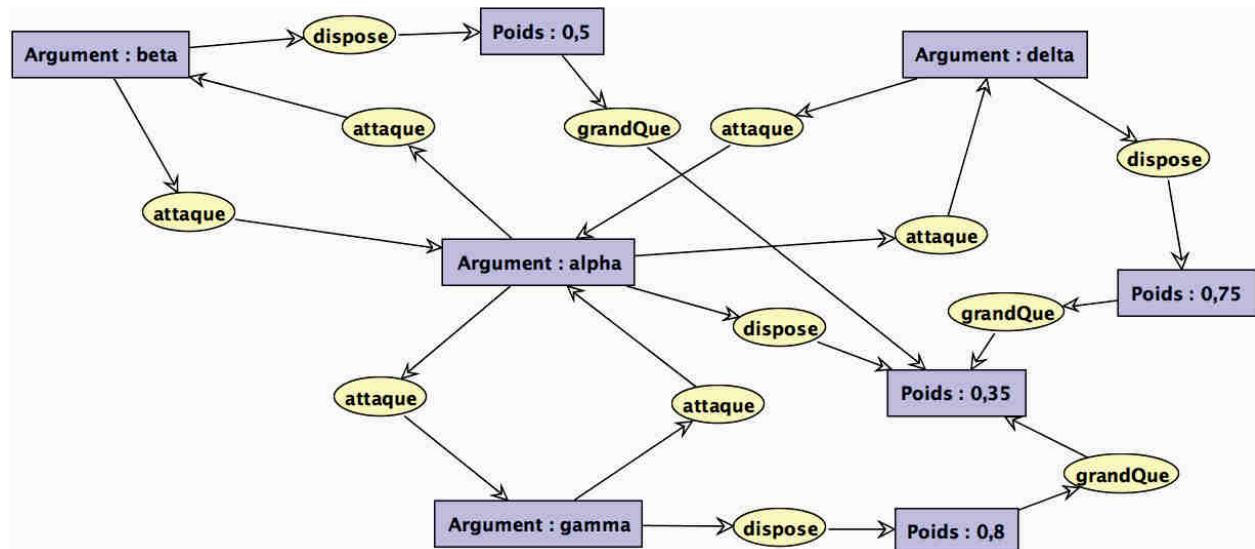


FIGURE 5.9 – Système d'argumentation pondéré

Une fois le système d'argumentation pondéré obtenu, il est nécessaire de savoir si ce dernier respecte quelques exigences définies. Ces exigences sont modélisées en graphes conceptuels par des contraintes (contraintes négatives précisément). Ainsi un exemple de contrainte négative (illustrée dans la figure 5.10) que nous exprimons est la suivante : « Si le poids d'un argument est supérieur à celui d'un autre argument, alors ce dernier ne doit pas attaquer le premier ». Cela voudrait dire que « L'argument d'un professionnel médical ne peut attaquer celui d'un autre avec un poids plus grand ».

La vérification des contraintes consiste en une confrontation du système d'argumentation pondéré avec les contraintes définies. Dans notre exemple, après confrontation, les inconsistances dans le système d'argumentation apparaissent en rouge (voir figure 5.11). Ainsi donc pour obtenir un système d'argumentation consistant, les relations d'attaque apparaissant en rouge doivent être supprimées de ce dernier. Le processus de calcul des

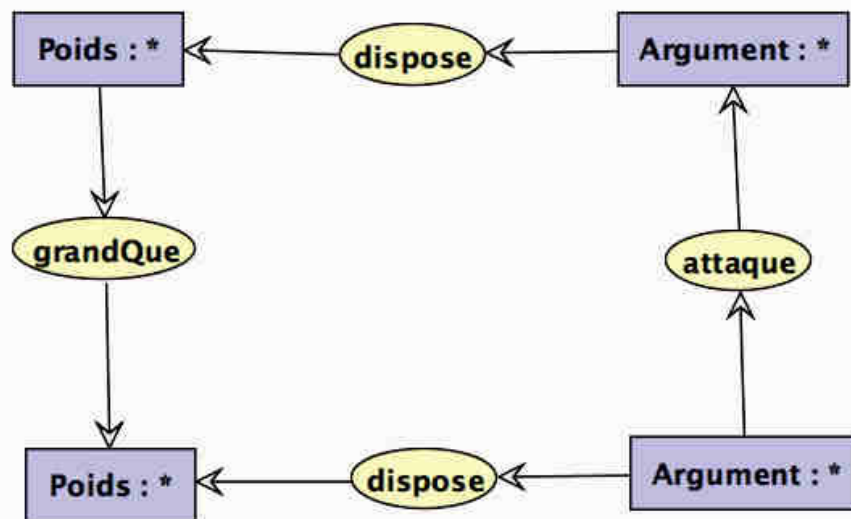


FIGURE 5.10 – Contrainte négative sur les arguments pondérés

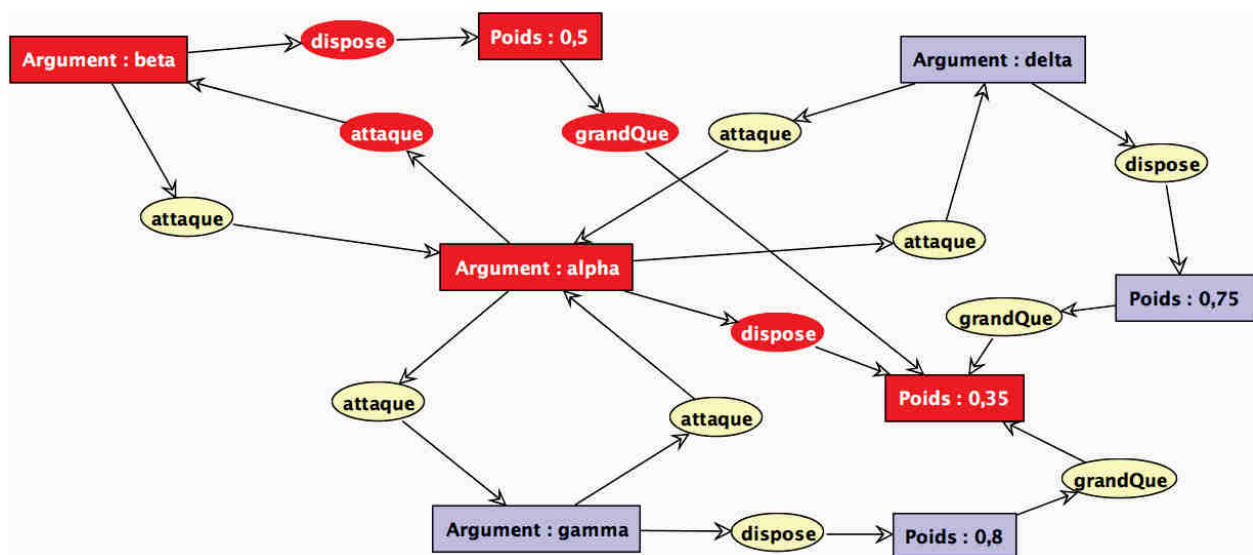


FIGURE 5.11 – Vérification des inconstances dans le système d'argumentation pondéré

sémantiques d'acceptabilité sera appliqué par la suite au graphe d'attaques résultant après la suppression des relations d'attaques incohérentes.

Il faut savoir que l'un des principes fondamentaux lors de la pratique d'actes médicaux est le strict respect de la législation médicale en vigueur. Comme dit dans (Jouve *et al.*, 2003), le respect de la législation médicale est une obligation et cette obligation peut être modélisée en graphes conceptuels comme contraintes. C'est ce qui fera donc l'objet de la prochaine sous-section.

## 5.5.2 Droit médical comme contraintes

La téléexpertise est une pratique médicale qui consiste à faire collaborer à distance plusieurs professionnels de spécialités différentes. Mais de manière générale, lors des pratiques médicales l'une des principales obligation est le **droit du patient** qui consiste à informer le patient sur l'acte médical en question et aussi de lui dire comment ses

données seront utilisées; tout cela dans le but d'obtenir son **consentement éclairé** si possible. Cependant, le patient a toujours le droit d'objection. L'**identification des acteurs** (professionnels médicaux, patients) est aussi une obligation dans un acte médical. En effet le professionnel médical doit s'authentifier et avoir le droit d'accéder aux données du patient (DGOS: [Direction Générale de l'offre des Soins, 2012](#)). Le patient concerné doit aussi être formellement identifié. Il existe encore deux obligations ([Williatte-Pellitteri, 2013](#)) supplémentaires lors des pratiques médicales qui sont : (i) **la traçabilité et les prescriptions** devant être renseignées dans le rapport médical, (ii) **la gestion des actes de télémédecine** qui consiste en la prise en compte des problèmes d'assurance maladie.

Dans cette sous-section, nous allons tenter de modéliser certaines de ces obligations sous forme de contraintes en graphes conceptuels. La première obligation à laquelle nous nous attaquons est le **consentement éclairé du patient**. En d'autres termes si le consentement du patient n'a pas été obtenu avant l'acte de téléexpertise alors le système d'argumentation correspondant est invalidé. La figure 5.12 représente l'illustration de la contrainte négative portant sur le consentement du patient qui illustre le fait que : « *si le consentement du patient n'a pas été obtenu alors aucun argument ne doit attaquer un autre* ».

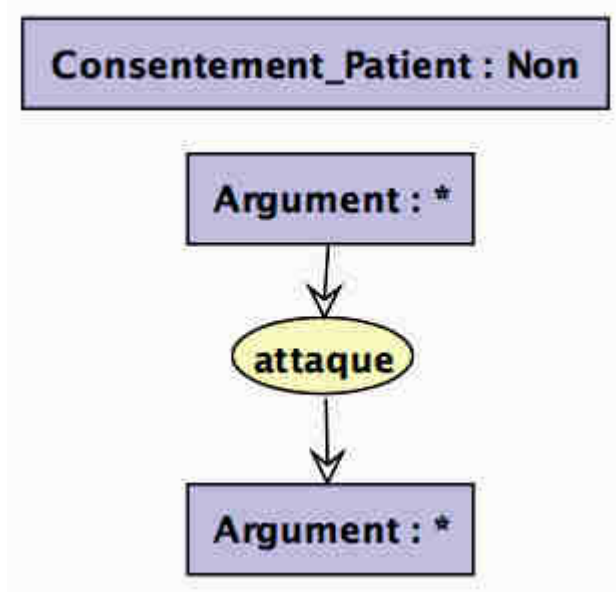


FIGURE 5.12 – Contrainte négative pour le consentement du patient

Lors d'un acte médical, un professionnel de santé doit avoir accès à des données médicales suffisantes dans le dossier médical du patient en vue d'une prise de décision efficace. Dans le cas où il s'avère qu'un professionnel médical n'a pas disposé de données suffisantes, alors tout argument qu'il émettra ne doit attaquer aucun autre argument. Cela peut être exprimé en contraintes négatives (voir figure 5.13)

À titre d'illustration de cette contrainte, nous supposons que parmi les professionnels de santé impliqués dans l'acte de téléexpertise, l'ophtalmologiste n'a pas eu à sa disposition des données suffisantes qui pourraient l'aider à prendre une décision



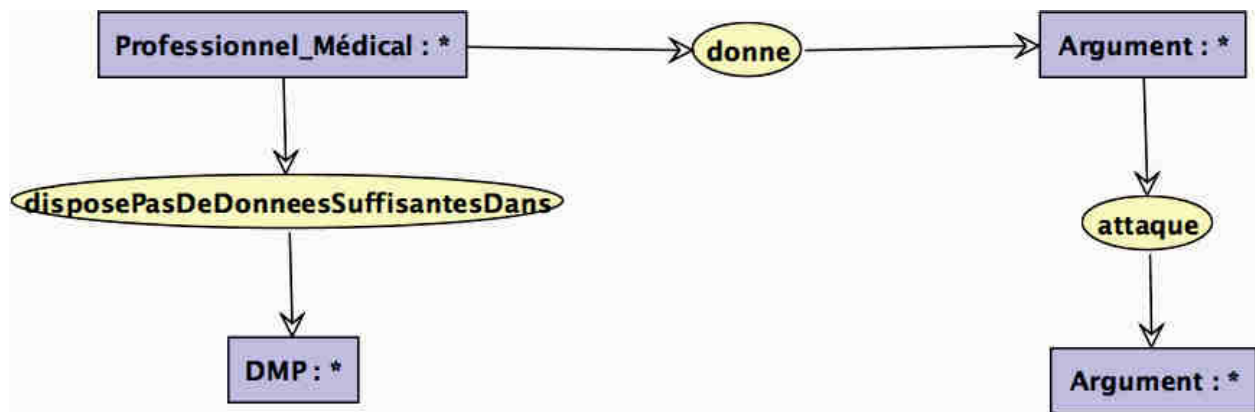


FIGURE 5.13 – Contrainte négative sur l'accès aux données médicales

pertinente. Ainsi selon la contrainte définie dans la figure 5.13, l'argument de l'ophtalmologiste ne devrait attaquer aucun autre argument. Compte tenu de cet exemple, les incohérences détectées dans le graphe d'attaques sont illustrées en rouge dans la figure 5.14. La relation d'attaque en rouge ne doit pas être prise en compte lors du calcul des sémantiques d'acceptabilité. En d'autres termes, elle doit être supprimée du système d'argumentation.

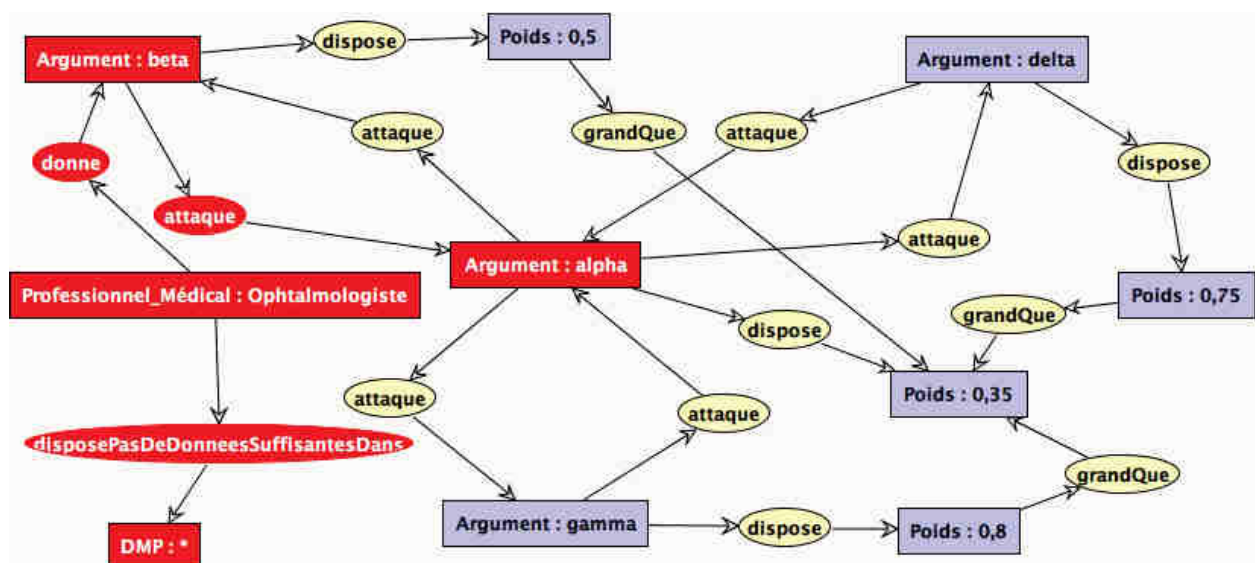


FIGURE 5.14 – Verification de la contrainte sur l'accès aux données

Cette section a permis de montrer que certains concepts de droit médical peuvent être modélisés comme contraintes avec le formalisme de graphes conceptuels. La modélisation en graphes conceptuels apporte une logique sémantique permettant d'effectuer des vérifications formelles via des mécanismes de projection.

Les contraintes basées sur la pondération des arguments et sur le droit médical sont très importantes dans les processus de collaboration médicale dans le sens où elles permettent la vérification des incohérences telles que les relations d'attaques qui ne devraient pas exister et aussi le respect du droit médical.

## 5.6 Conclusion

Ce chapitre nous a permis d'élucider la modélisation des activités médicales collaboratives par l'usage du système d'argumentation de Dung (Dung, 1995) dans le but d'une prise de décisions efficaces. Une modélisation en graphes conceptuels du système d'argumentation permet de faire ressortir la sémantique cachée tout en assurant une interopérabilité sémantique. Très souvent dans la modélisation de ces activités collaboratives, des incohérences peuvent apparaître. Ces incohérences consistent en des relations d'attaques entre certains arguments et sous certaines contraintes. Sur ce deux principales solutions ont été proposées pour vérifier et supprimer ces incohérences : (i) la pondération des arguments des différentes parties prenantes sur la base de leurs niveaux de compétences et la source de justification de leurs avis, (ii) la prise en compte de quelques aspects de droit médical modélisés comme contraintes (Jouve *et al.*, 2003).

Nous pensons que ce travail peut apporter une contribution majeure dans le domaine des systèmes experts (Bennett et Doub, 2016, Fernando *et al.*, 2011, Miller *et al.*, 1986) pour les pratiques médicales collaboratives dans les processus de prise de décisions tout en prenant en considération les concepts médicaux légaux tels le consentement du patient, l'accès aux données médicales. Tout cela concourra à garantir une bonne collaboration dans le but de se prémunir d'éventuelles conséquences financières et juridiques.

Même après éliminations d'éventuelles incohérences dans les graphes d'attaques il peut arriver qu'il y ait souvent des erreurs médicales dans la pratique téléexpertise. L'objet du prochain chapitre est de proposer un mécanisme qui permettrait de savoir si les erreurs commises pouvaient être évitées ou non dans le but de prendre ou non les sanctions requises.



# MÉCANISMES DE DÉTECTION D'ERREURS MÉDICALES

## Sommaire

---

<b>6.1</b>	<b>Introduction</b> . . . . .	<b>87</b>
<b>6.2</b>	<b>Motivation et objectifs</b> . . . . .	<b>89</b>
<b>6.3</b>	<b>Erreurs médicales dans le système de santé</b> . . . . .	<b>90</b>
<b>6.4</b>	<b>Procédures judiciaires en cas de litiges</b> . . . . .	<b>93</b>
<b>6.5</b>	<b>Détection d'erreurs médicales dans les processus de collaboration</b> . . .	<b>95</b>
6.5.1	Architecture proposée . . . . .	96
6.5.2	Description détaillée de l'architecture proposée . . . . .	97
6.5.3	Structure des nœuds (arguments) du système d'argumentation . .	99
<b>6.6</b>	<b>Analyse des résultats avec un cas d'étude</b> . . . . .	<b>101</b>
6.6.1	Cas d'étude . . . . .	101
6.6.2	Injection du rapport d'expertise dans MetaMap . . . . .	103
6.6.3	Prise en compte de la taxonomie de tempos . . . . .	107
6.6.4	Erreurs identifiées, classification et vérification . . . . .	107
<b>6.7</b>	<b>Conclusion</b> . . . . .	<b>108</b>

---

## 6.1 Introduction

La digitalisation croissante de la société entraîne de nos jours un changement dans la façon de concevoir les systèmes informatiques de santé efficace. Par conséquent, professionnels de santé et patients doivent se préparer à ce changement et profiter des avantages (systèmes de santé améliorés, délivrance de service de qualité, fiable et rapide) fournis par les nouveaux systèmes qui sont en train d'être mis en place. Ceci est particulièrement intéressant dans le sens où ce bouleversement permettra à la communauté scientifique de proposer de nouvelles solutions pour contribuer à l'amélioration des performances des systèmes de santé. La loi « *Hôpital, Patients, Santé et*

*Territoires* » favorise cela, en ce sens qu'elle autorise la modernisation des établissements de santé.

La télémédecine facilite ces changements, car elle relève les défis rencontrés dans les différents niveaux de services, y compris les soins primaires, services de soins nationaux et régionaux, la coordination entre les institutions de soins, les unités cliniques mobiles, les nouvelles modalités de collaboration entre des organisations partenaires (Kamsu-Foguem *et al.*, 2015a, Kamsu-Foguem *et al.*, 2015b, Sene *et al.*, 2015, Kamsu-Foguem *et al.*, 2014, Doumbouya *et al.*, 2014). Les procédures de télémédecine ne sapent pas fondamentalement le principe essentiel d'une pratique personnelle de la médecine, en effet chaque médecin reste responsable de ses propres actions ou inactions. Dans le cas des diagnostics à distance, le médecin requérant qui demande (par le biais d'un réseau informatique) les services d'un collègue expert n'a aucune responsabilité vis-à-vis des actes ou omissions de ce collaborateur externe. Le diagnostic réalisé incombe à l'entière responsabilité du médecin requis. Cependant, la responsabilité du médecin requérant peut être engagée par le patient (ou son représentant légal) s'il s'avère que le médecin requérant ait omis de transmettre des données suffisantes pour le diagnostic. Dans le cas où le médecin requérant aurait participé activement au diagnostic, sa responsabilité doit être mentionnée et une co-responsabilité (médecins requérant et requis) doit être considérée.

La téléexpertise est l'une des cinq pratiques importantes de la télémédecine (Doumbouya *et al.*, 2015c) qui est souvent utilisée pour sauver des vies dans des situations d'urgences et critiques. Elle permet la collaboration entre plusieurs professionnels médicaux de spécialités différentes et optimise la prise en charge de patients dans des situations complexes. De plus, l'émergence des technologies numériques offre un accès universel à l'information, ce qui permet une meilleure implication des patients dans les processus de soins en encourageant la mise en place d'un dialogue plus ouvert avec le médecin. Plus important encore, l'introduction et l'adoption de ces technologies numériques offrent des possibilités aux victimes d'erreurs médicales pour comprendre la cause des erreurs et leurs impacts sur le diagnostic ou la thérapie. Les erreurs médicales peuvent conduire dans certains cas à des litiges, cependant il est important de savoir que ce ne sont pas seulement les erreurs médicales qui conduisent à des litiges. En effet, le patient peut se plaindre s'il s'avère qu'il n'a pas été satisfait du traitement reçu, même s'il n'y a pas eu d'erreurs médicales. Tout compte fait, le patient ou son représentant légal doit saisir dans tous les cas (erreurs médicales ou insatisfaction) la Commission de Conciliation et d'Indemnisation des accidents médicaux (CCI) qui aura le dernier mot à dire sur le litige. Quand une telle situation se produit, il est important de faciliter le travail des experts légaux de la CCI dans la collecte des données nécessaires qui peut être vraiment un parcours de combattant vu que le délai à compter de la consolidation du dommage est de dix ans. Par conséquent, nous avons trouvé opportun de considérer que l'élaboration d'un outil qui permettra de collecter

facilement les données nécessaires faciliterait la tâche aux experts médicaux de la CCI : ce qui fera donc l'objet de ce chapitre.

Dans la suite de ce chapitre, nous expliquons d'abord notre motivation et nos objectifs, ensuite pour comprendre le travail que nous envisageons, un petit état de l'art est réalisé dans ce sens pour décrypter certaines erreurs médicales et appréhender les différentes procédures judiciaires. Puis sur la base de l'état de l'art, une méthodologie pour la détection d'erreurs médicales dans les pratiques médicales collaboratives est proposée. Enfin, nous terminons ce chapitre par une conclusion.

## 6.2 Motivation et objectifs

La pratique de la télémédecine est en train de prendre une place considérable dans la communauté médicale. Il faut savoir que l'exercice de ces nouvelles pratiques comme toute activité peut entraîner des problèmes médico-légaux complexes. Ainsi pour clarifier les responsabilités de chaque participant intervenant dans un acte de téléexpertise, nous devons avoir une approche de modélisation de l'information qui permette au système judiciaire d'avoir un aperçu précieux et de comprendre les circonstances qui ont provoqué les accidents médicaux considérés. La qualité des preuves médico-légales doit être examinée dans son intégralité depuis le début de la procédure avec des informations détaillées selon les règles de la procédure en vigueur. Les experts légaux doivent être assistés dans leur travail par la proposition d'un outil cohérent permettant de fournir et de distinguer les arguments en fonction de leur poids ou de l'importance de la preuve et de mettre en évidence les éléments les plus crédibles de l'analyse ainsi que ceux qui sont moins pertinents. La télémédecine a l'obligation de fournir des services d'information et de raisonnement dans le but d'obtenir des preuves concluantes et convaincantes. Il est donc prévu que la télémédecine mette en place des modules de gestion des informations de santé qui assurent la traçabilité des preuves et aussi des raisonnements pour permettre de prendre des décisions éclairées et bien fondées lors des processus judiciaires. C'est dans ce sens que nous proposons dans ce chapitre, une architecture de système d'information qui permettra ou aidera les acteurs judiciaires clés (par exemple, les juges, les experts judiciaires) à avoir une représentation claire et évaluable d'une affaire médicale litigieuse en cours d'examen pour évaluer les responsabilités afférentes aux faits. Dans les précédents travaux, le système d'argumentation de Dung ([Dung, 1995](#)) a été utilisé pour modéliser les interactions entre les professionnels de santé, mais ici il sera utilisé a-posteriori d'un acte de téléexpertise, plus particulièrement un acte qui a mené à des litiges dans le but de pouvoir faire facilement ressortir les avis émis par les différents professionnels médicaux impliqués. De par ce travail, nous souhaitons produire de la valeur ajoutée dans les processus de détection d'erreurs médicales suite à un acte de téléexpertise qui a conduit à des litiges.

### 6.3 Erreurs médicales dans le système de santé

Depuis les années 70, les scientifiques étudient les processus de prises de décisions cliniques dans le but de les améliorer. La prise de décision clinique est aussi appelée raisonnement clinique, jugement clinique ou inférence clinique (Ge *et al.*, 2012). Dans le contexte scientifique, les processus de prise de décisions cliniques peuvent être catégorisées selon deux modes (Ge *et al.*, 2012) :

- Le mode déductif : lorsque les décisions sont fondées sur les connaissances théoriques des maladies et les mécanismes des différents traitements.
- Le mode empirique : lorsque les décisions sont basées sur des expériences passées.

Plusieurs techniques ont été utilisées dans les processus de prise de décisions cliniques. Les plus courantes sont : les arbres décisionnels (Bae, 2014), les chaînes de Markov (Alagoz *et al.*, 2010), la simulation (Cioffi *et al.*, 2005). Le raisonnement clinique est un facteur important pour la qualité des soins, mais pour atteindre cette qualité, les décisions prises dans le raisonnement clinique doivent être bonnes et sûres. Certains travaux tels que le « Goal Structuring Notation (GSN) » (Ge *et al.*, 2012) vont dans ce sens en proposant des méthodes pour améliorer la communication entre professionnels médicaux et pour faciliter l'analyse d'erreurs médicales.

Les auteurs (Lawson et Daniel, 2011) ont proposé un travail dans lequel ils essaient de réduire, voire d'éliminer les erreurs de diagnostics. En effet la plupart des erreurs rencontrées dans les systèmes de santé sont erreurs cognitives soit 80% des erreurs de diagnostics (Lawson et Daniel, 2011). Pour faciliter la compréhension de ces erreurs, Makeham a proposé une taxonomie dans laquelle il les classe en deux principales catégories (Makeham *et al.*, 2002) (voir taxonomie 6.1) :

- **Erreurs de procédures de soins** : cette catégorie couvre les erreurs de coordination, les erreurs dues aux examens complémentaires tels que les prescriptions, les réalisations et la gestion des résultats, les erreurs de médications, les erreurs liées à la non-médication et aux problèmes de communications.
- **Erreurs de connaissances et de savoir** : cette catégorie est composée de trois principaux concepts, à savoir : (i) les erreurs dans l'exécution des tâches cliniques, (ii) les erreurs dans les diagnostics, (iii) fausse décision de traitement avec un bon diagnostic.

Les erreurs médicales ont été explorées dans d'autres travaux tels que (Gortzis et Nikiforidis, 2008) dans le domaine de la e-santé en cardiologie. Dans ce domaine, deux types de processus de gestion de connaissances sont pris en charge :

- **Le traçage des connaissances** : il démontre comment un système exécute et produit des connaissances.
- **Le catalogage des connaissances** : il classe les connaissances qui existent déjà dans un système d'information.

### Taxonomie 6.1 – Taxonomie de Makeham en anglais ([Makeham et al., 2002](#))

1. Process Errors
  - 1.1. Errors in office administration
    - 1.1.1. Filing system errors
    - 1.1.2. Chart completeness errors
    - 1.1.3. Patient flow (through the healthcare system)
    - 1.1.4. Message handling errors
    - 1.1.5. Appointments errors
    - 1.1.6. Errors in maintenance of a safe physical environment
  - 1.2. Investigation errors
    - 1.2.1. Laboratory errors
    - 1.2.2. Diagnostic imaging errors
    - 1.2.3. Errors in the processes of other investigations
  - 1.3. Treatment errors
    - 1.3.1. Medication errors
    - 1.3.2. Errors in other treatments
  - 1.4. Communication errors
    - 1.4.1. Errors in communication with patients
    - 1.4.2. Errors in communication with other healthcare providers (non-medical)
    - 1.4.3. Errors in communication with other doctors
    - 1.4.4. Errors in communication amongst the whole healthcare team
  - 1.5. Payment errors
    - 1.5.1. Errors in processing insurance claims
    - 1.5.2. Errors in electronic payments
    - 1.5.3. wrongly charged for care not received
  - 1.6. Errors in healthcare workforce management
    - 1.6.1. Absent staff not covered
    - 1.6.2. Dysfunctional referral procedures
    - 1.6.3. Errors in appointing after-hours workforce
2. Knowledge and Skills Errors
  - 2.1. Errors in the execution of a clinical task
    - 2.1.1. Non-clinical staff made the wrong clinical decision
    - 2.1.2. Failed to follow standard practice
    - 2.1.3. Lacked needed experience or expertise in a clinical task
  - 2.2. Errors in diagnosis
    - 2.2.1. Errors in diagnosis by a nurse
    - 2.2.2. Delay in diagnosis
    - 2.2.3. Wrong or delayed diagnosis attributable to misinterpretation of investigations
    - 2.2.4. Wrong or delayed diagnosis attributable to misinterpretation of examination
    - 2.2.5. Wrong diagnosis by a pharmacist
    - 2.2.6. Wrong diagnosis by a hospital-based doctor
  - 2.3. Wrong treatment decision with right diagnosis
    - 2.3.1. Wrong treatment decision, influenced by patient preferences
    - 2.3.2. Wrong treatment decision by doctor



Dans leurs travaux, les auteurs de (Gortzis et Nikiforidis, 2008) ont proposé un système permettant de minimiser les erreurs dans les systèmes de santé tels que la e-santé en cardiologie. Leur approche est à peu près similaire à la téléexpertise vu qu'elle met en collaboration des professionnels médicaux. En se basant sur le traçage des connaissances, ils montrent comment les données collectées sont acceptées ou rejetées. Les données collectées consistent en un ensemble de paramètres (variables) fournis par le patient via des dispositifs médicaux portables. Chaque variable est couplée d'un seuil supérieur ( $V_{UP}$ ) et d'un seuil inférieur ( $V_{LO}$ ). L'outil développé pour illustrer leur approche effectue d'abord un premier filtre pour écarter les données patientes non pertinentes. Après ce filtrage, les données censées être valides sont stockées dans une base de connaissances. Par conséquent, le système peut répondre à des requêtes et fournir des résultats en sortie tels que le type de maladie dont souffre le patient. Cependant, les premiers résultats doivent être validés par un expert pour être pris en compte dans la suite du processus. Tout comme notre approche, ils utilisent des graphes dans lesquels les nœuds calculent les données entrantes ou effectuent une requête pour déterminer le bon chemin qui mène à la maladie correspondante (voir figure 6.1). Cependant le processus de raisonnement utilisé n'est pas visualisable par l'utilisateur.

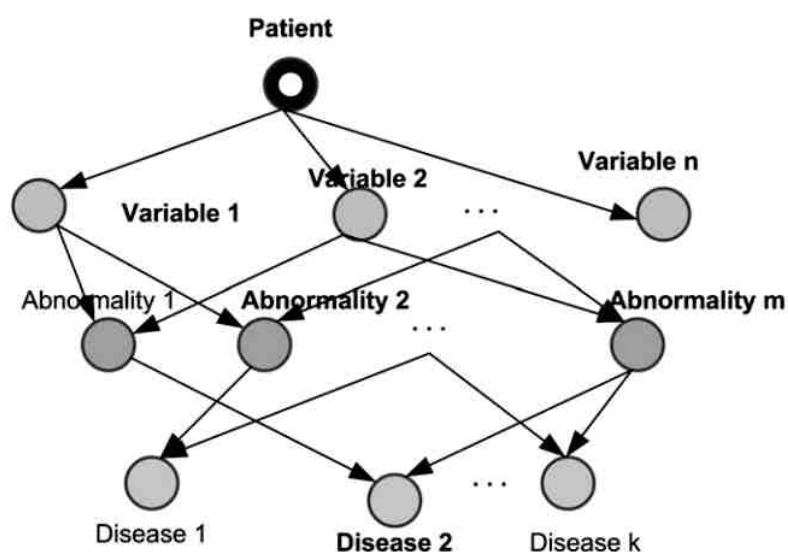


FIGURE 6.1 – Graphe de connaissances (Gortzis et Nikiforidis, 2008)

Concernant le deuxième processus (le catalogage des connaissances), c'est une procédure qui classe les connaissances déjà existantes dans le système d'information. Dans ce processus, trois catalogues de connaissances sont définis : (i) patient in life, (ii) patient in time, (iii) patient in action. Ainsi, lorsqu'un professionnel médical entre de nouvelles données concernant un patient celles-ci sont cataloguées en *patient in life*. Les informations du catalogue *patient in time* sont obtenues en appliquant l'équation 6.1 appelée *Équation Courante du Patient (ECP)* :

$$ECP = moyenne[(V_{UP}), (V_{LO})] \pm DS \quad (6.1)$$

Où  $DS$  représente la déviation standard.

Pour le catalogue *patient in action*, le système effectue une comparaison entre les valeurs reçues selon l'équation ECP (Gortzis et Nikiforidis, 2008). Cela permettra au système d'identifier le niveau de risque. Cette approche est un peu similaire à la téléexpertise vu qu'elle permet la collaboration entre professionnels médicaux. Cependant, la technique de catalogage proposée qui est basée sur la ECP n'est pas développée pour la télémédecine et de surcroît elle ne prend pas en compte les obligations légales relatives aux pratiques médicales. Toutefois, il est mentionné que des experts peuvent écarter certains résultats s'ils les jugent insuffisants et sans importance. Les experts peuvent se tromper en écartant des résultats qu'ils n'auraient pas dû : ce qui peut conduire à des erreurs médicales. D'où l'intérêt de fournir des sources de justification qui puissent appuyer et justifier leurs décisions.

D'autres travaux tels que (Elkin *et al.*, 2013) traitent de la gestion des erreurs médicales. En effet, dans ce travail les auteurs décrivent une ontologie pour la gestion d'erreurs médicales dans un contexte clinique. L'ontologie décrite peut être utilisée pour améliorer le traitement des patients tout en assurant l'interopérabilité des systèmes médicaux. La hiérarchie de l'ontologie proposée est divisée en deux niveaux : **(i) les erreurs cognitives, (ii) les erreurs non cognitives** ; ce qui est une très bonne classification vu que la plupart des erreurs médicales sont de nature cognitive. Ce travail est intéressant dans le sens où il révèle les erreurs possibles dans un système d'information de santé et l'interaction de ce dernier avec les utilisateurs. Cependant, les auteurs de (Elkin *et al.*, 2013) n'ont pas expliqué dans leur étude comment les professionnels médicaux peuvent-ils collaborer ; ce qui est un aspect très important en télémédecine.

Cette section a permis de présenter les différents types d'erreurs médicales pouvant subvenir dans les systèmes de santé et quelques solutions proposées dans la littérature pour pouvoir diminuer voire éradiquer les erreurs médicales. Quelle que soit la solution adoptée des erreurs médicales peuvent avoir lieu. Ces dernières peuvent dans certains cas (pour lesquels le patient ou son représentant légal saisit la justice) conduire à des litiges et par conséquent à des procédures judiciaires.

## 6.4 Procédures judiciaires en cas de litiges

En France, seuls les victimes d'erreurs médicales ou leurs représentants (en cas d'incapacité) ou leurs bénéficiaires (en cas de décès) ont la responsabilité de fournir les preuves d'une éventuelle faute médicale. En cas de procédure judiciaire engagée les étapes à suivre sont illustrées dans la figure 6.2.

Avant de saisir la justice, une étape cruciale doit être réalisée. Cette étape consiste en la vérification des documents supports tels que le dossier médical du patient (DMP) victime (Rougé, 2013). Dans les systèmes de santé, l'on parle aussi souvent d'accident médical qui est en quelque sorte un événement inattendu et indésirable. En cas

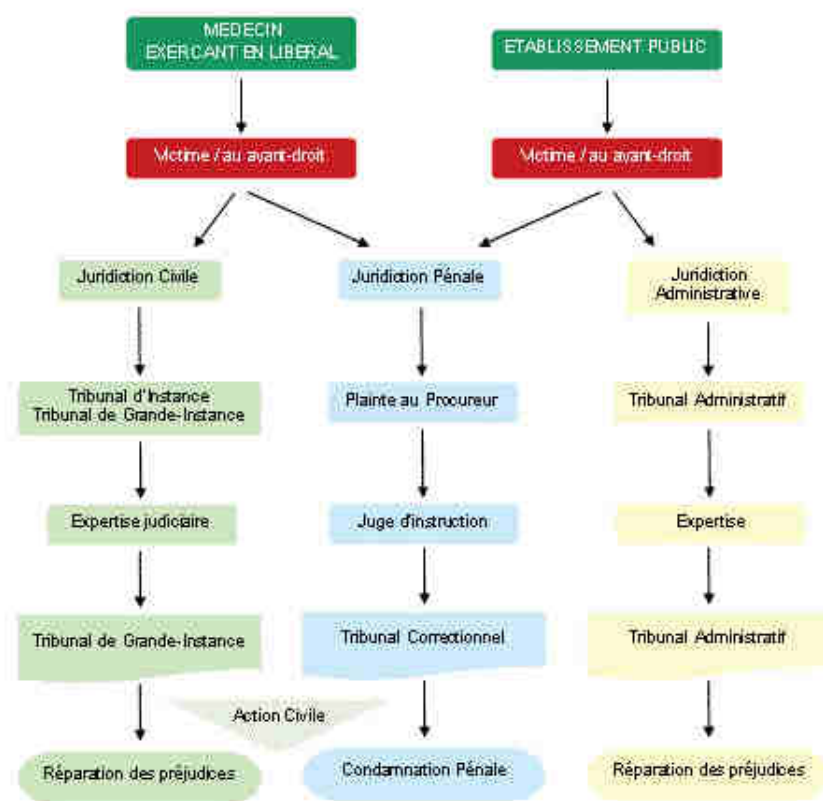


FIGURE 6.2 – Schéma récapitulatif des procédures judiciaires

d'accident médical qui aurait pu être évité, le professionnel de santé (ou l'établissement) en charge du patient concerné peut être incriminé. Par contre, le droit de réclamer un dédommagement dépend du fait que la faute soit commise par une équipe médicale ou une personne particulière soit qu'il s'agit un aléa thérapeutique (complication médicale ou effets secondaires ne dépendant pas des professionnels médicaux). En cas de faute c'est au professionnel de santé de réparer le préjudice sur la base de l'assurance de responsabilité civile de ce dernier. Lorsqu'il s'agit d'un aléa thérapeutique, en France, c'est l'Office National d'Indemnisation des Accidents Médicaux (ONIAM) qui s'occupe de l'indemnisation des patients ayant été victimes de préjudices. Le schéma du dispositif d'indemnisation est illustré dans la figure 6.3.

Le patient victime d'erreurs ou de fautes médicales ou son représentant a jusqu'à dix ans pour pouvoir demander une réparation des préjudices causés. Pendant ce temps des documents papiers peuvent être perdus ou inexploitable : d'où l'intérêt d'avoir un système informatisé (par exemple le DMP<sup>1</sup>) qui puisse garder une traçabilité des actes effectués sur le patient pour permettre aux experts d'accéder rapidement aux informations dont ils ont besoin pour l'expertise médicale.

La téléexpertise est un acte de la télémédecine qui permet/facilite la collaboration à distance entre différents professionnels de santé de spécialités différentes. Étant donné que la téléexpertise repose sur la collaboration, le principal défi est de déterminer qui

1. Dossier Médical du Patient

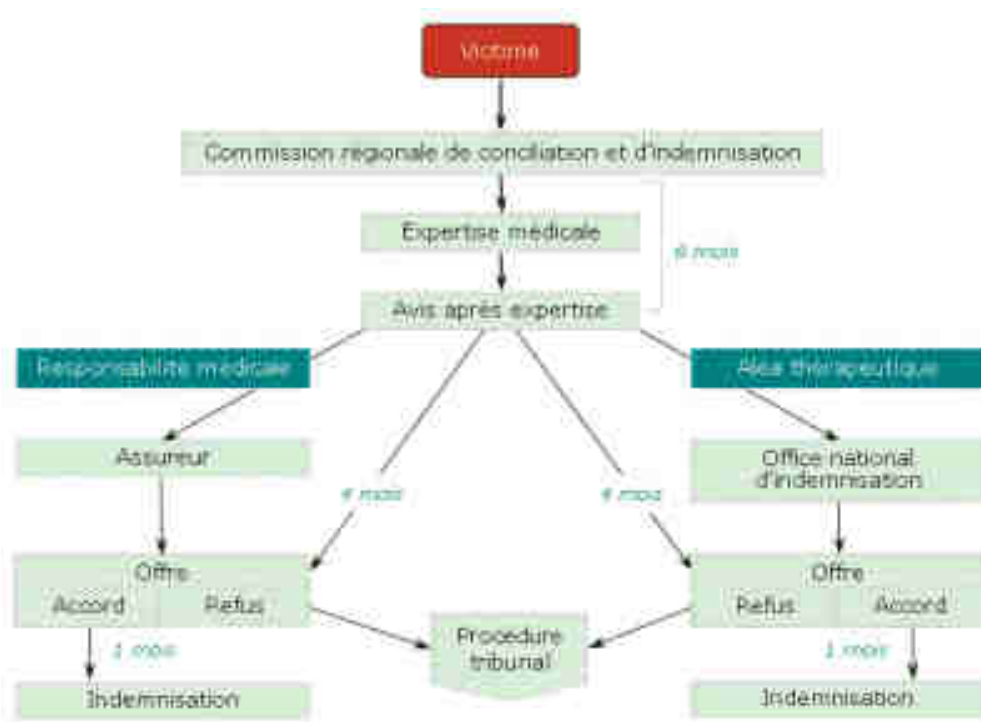


FIGURE 6.3 – Schéma du dispositif d'indemnisation (Loi du 4 mars 2002 relative aux droits des malades)

est responsable de quoi en cas d'erreurs médicales. Dans le cas de la téléexpertise, le médecin requérant est responsable des informations collectées et transmises, des informations délivrées au patient et de la décision finale prise. Cependant, quand les erreurs de diagnostic constituent une faute commune (faute commise conjointement par l'ensemble des intervenants), le régime applicable est la responsabilité conjointe et solidaire du médecin requérant et du médecin requis (Poitout *et al.*, 2010, Williatte-Pellitteri, 2013).

## 6.5 Détection d'erreurs médicales dans les processus de collaboration

Le but de ce travail est de fournir un cadre méthodologique pour contribuer à l'amélioration de l'expertise médicale. L'idée que nous nous allons développer concerne l'extension du cadre méthodologique de Dung en fournissant des arguments structurés intégrant des **sources** de justification des décisions des professionnels médicaux impliqués dans un acte de téléexpertise. Ces sources pourront aider les professionnels médicaux lors des étapes d'*expertise judiciaire*, *juge d'instruction*, *expertise* de la figure 6.2 et aussi dans l'étape d'*expertise médicale* de la figure 6.3. Les sources selon leur pertinence pourront influencer sur la décision judiciaire en cas d'erreurs ou de fautes médicales.

### 6.5.1 Architecture proposée

Notre contribution dans cette étude est double. Premièrement, l'utilisation du système d'argumentation de Dung pour retrouver à partir d'une base de connaissances les potentiels arguments acceptés lors de l'acte de téléexpertise qui a conduit aux litiges. Deuxièmement, ces arguments une fois retrouvés sont comparés avec ceux mentionnés dans le rapport médical. Ce processus de comparaison permettra d'analyser, d'élucider plusieurs vues conflictuelles et de générer un rapport d'expertise qui sera utilisé pour l'identification effective des erreurs ou fautes commises. Cette démarche est illustrée dans la figure 6.4.

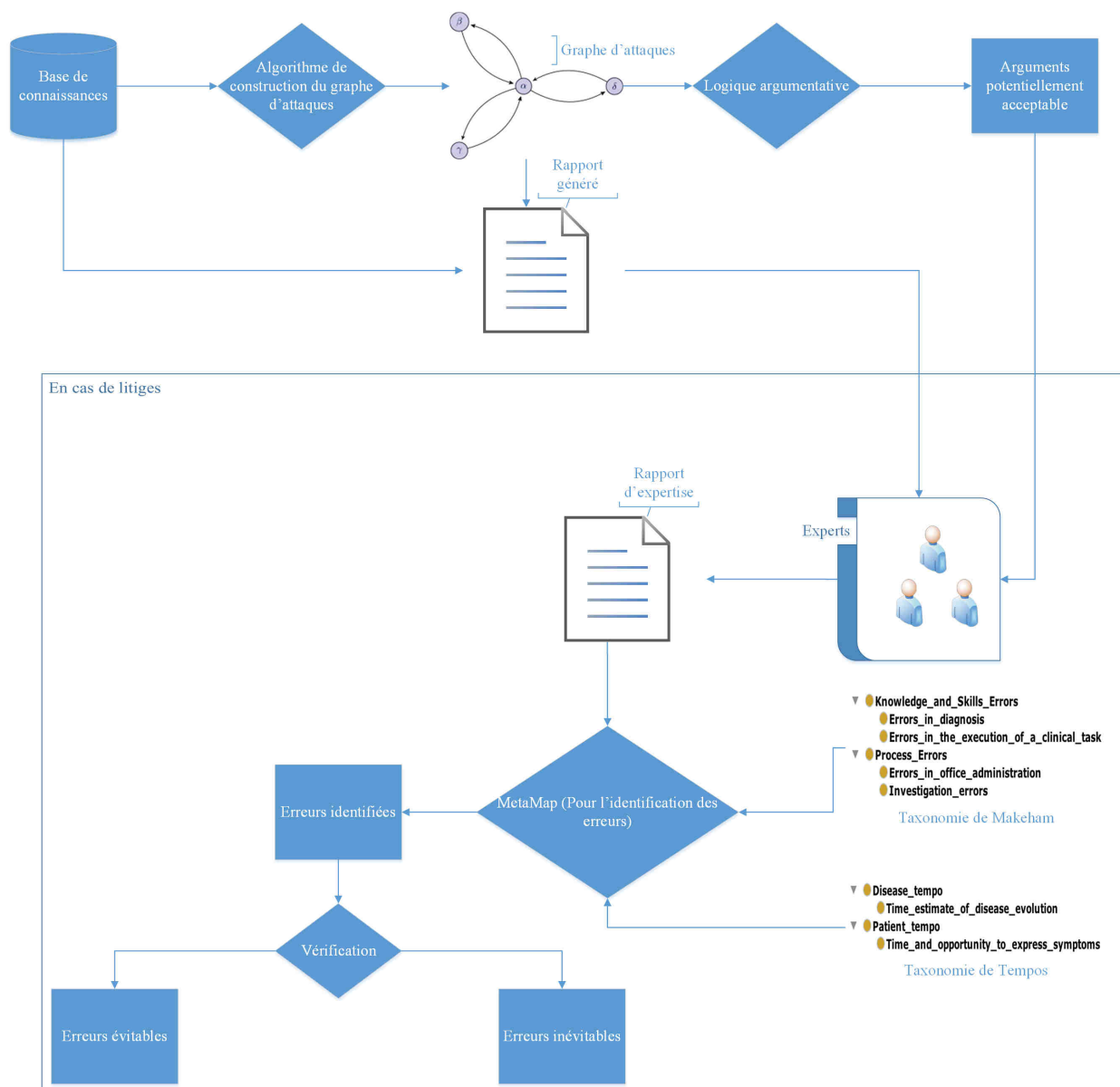


FIGURE 6.4 – Processus d'identification d'erreurs médicales

Les informations nécessaires sont extraites d'une base de connaissance. Elle comporte le Dossier Médical du Patient (DMP) et des taxonomies de concepts médicaux le tout connecté à des processus de raisonnement et de prise de décisions.

- Le DMP décrit le dossier électronique du patient qui peut être partagé les membres autorisés du corps médical. Avec le DMP, il sera aisé de fournir des preuves d'erreurs ou de fautes médicales vu qu'il s'agit d'un système informatisé. Lors d'une procédure judiciaire les documents papiers doivent être ordonnés dans l'ordre chronologique (Rougé, 2013), ainsi l'usage du DMP pourrait remédier cette tâche fastidieuse. Cependant, le médecin en charge du patient doit obtenir le consentement éclairé de ce dernier avant toute utilisation de ses données médicales. Les éléments que l'on peut rencontrer dans un DMP sont les suivants :
  - Les professionnels médicaux ayant intervenu,
  - Les actes réalisés,
  - Le compte-rendu des actes réalisés,
  - L'identité complète des professionnels médicaux,
  - Les médicaments pris,
  - Les dates et les heures des actes réalisés,
  - Les incidents techniques survenus,
  - Les participants (médecin requérant et requis) doivent enregistrer des informations pertinentes sur leurs interventions.
- Les taxonomies de concepts médicaux qui décrivent un groupe de vocabulaires structuré par une organisation hiérarchique.
- Les raisonnements et les processus de prises de décisions fournissent des procédures pour construire un moyen crédible de suivi d'informations et d'analyse des circonstances en termes de recherche d'erreurs médicales.

### 6.5.2 Description détaillée de l'architecture proposée

L'architecture proposée en figure 6.4 est composée de deux principales parties : (i) la première partie consiste à générer un rapport médical complet quand une erreur médicale survient ou est suspectée, (ii) la seconde partie consiste à générer un rapport d'expertise en cas de litige et qui sera utilisé par la suite pour déterminer la nature (faute ou non) des erreurs médicales et par la même occasion détecter si elles étaient évitables ou non.

Dans cette architecture, les données proviennent d'une base de connaissances et sont extraites par un algorithme dont la sortie est un graphe d'attaques. Les données de la base de connaissances sont stockées dans un formalisme XML<sup>2</sup> (<https://www.w3.org/XML/>) car nous utilisons CoGui (<http://www.lirmm.fr/cogui/>) comme logiciel de modélisation. Par conséquent, il sera donc aisé de produire un rapport avec un mode de représentation visuelle plus compréhensible par l'humain.

---

2. eXtensible Markup Language

### 6.5.2.1 Génération du rapport médical

Dans cette partie, un algorithme extrait les informations depuis la base de connaissance pour construire le graphe d'attaques. En substance, le principe sous-jacent de l'algorithme de construction du graphe d'attaques est un modèle réseau de raisonnement (Modgil et Caminada, 2009). Dans ce modèle de réseau, l'état de justification des arguments (nœuds) est déterminé par la propagation des attaques entre les différents nœuds de sorte à en tirer un ensemble d'arguments qui sont « collectivement acceptables » (Baroni et Giacomin, 2009). Les travaux réalisés dans (Doubouya *et al.*, 2015c), expliquent en détail comment la logique argumentative est utilisée dans un contexte médical.

Le graphe d'attaque généré permet de retracer les conflits qui ont eu lieu entre les avis des différents médicaux ayant pris part à l'acte de téléexpertise. Ces informations seront ajoutées au DMP du patient, le tout consigné dans un rapport médical complet.

### 6.5.2.2 Génération du rapport d'expertise

Lorsqu'un litige survient, une expertise doit être effectuée en vue d'en déterminer les causes. Pour cela un groupe d'experts constitué de professionnels médicaux reconnus (en France, ces derniers sont nommés (Le Jeunne, 2016) par le gouvernement) est mis en place. Ce groupe est chargé de générer un rapport d'expertise. La génération de ce rapport d'expertise va consister en la confrontation des éléments existants dans le rapport médical et les arguments potentiellement acceptables fournis par la logique argumentative vu que l'expertise médicale est une pratique fondée sur les faits (Racinet *et al.*, 2013). Normalement, dans le cadre d'un litige, le rapport d'expertise contient cinq parties :

1. L'exposé des faits, en tenant compte des antécédents du patient et des documents médicaux ;
2. L'analyse approfondie du dossier sur la base du dossier médical ;
3. La présentation de preuves médicales à l'appui de la demande du patient ;
4. La discussion argumentée pour déterminer si l'éventuelle erreur commise est un aléa thérapeutique ou une faute médicale.
5. La conclusion qui spécifie si l'état de santé actuel du patient avec des dommages physiques et psychologiques décrits est en relation directe avec l'éventuelle erreur commise.

### 6.5.2.3 Analyse des erreurs médicales

Après la génération du rapport d'expertise, on y trouve les différentes erreurs qui ont conduit au litige. Ces erreurs identifiées doivent être classifiées selon une classification internationale. Pour ce faire, le rapport d'expertise obtenu est injecté dans le logiciel

MetaMap (<https://metamap.nlm.nih.gov>) tout en prenant en compte les taxonomies de Makeham (Makeham *et al.*, 2002) et de tempos (Amalberti et Brami, 2011) dans le but d'effectuer une classification des potentielles erreurs selon les normes internationales. En effet MetaMap effectue un mappage avec les metathesaurus UMLS<sup>3</sup> (Aronson et Lang, 2010), tandis que la taxonomie de Makeham permet de classifier les erreurs selon une taxonomie mondialement reconnue et celle de Tempos (voir figure 6.5) est utilisée dans le but de prendre en compte la notion de gestion du temps puisque cette dernière fait vraiment défaut dans les systèmes de santé (Amalberti et Brami, 2011). Ainsi les deux taxonomies en question permettront d'avoir une idée plus appropriée sur les potentielles erreurs commises de manière à savoir si elles étaient évitables ou non.

- ▼ **Tempos**
  - ▼ **Disease tempo**
    - Time estimate of disease evolution
    - Time estimate of drug effects
  - ▼ **Out-office coordination/referral tempo**
    - Time to get referrals and examination
  - ▼ **Patient tempo**
    - Time and opportunity to express symptoms
    - Non-compliance with time-related aspects of care
  - ▼ **Office tempo**
    - Consultation management
    - Private agenda management, competitive duties
    - Interruption management
    - Telephone consultation management
  - ▼ **Acces to knowledge**
    - Inability to access the right knowledge during consultation
    - Priming of salient and frequent symptoms

FIGURE 6.5 – Taxonomie de Tempos (Amalberti et Brami, 2011)

### 6.5.3 Structure des nœuds (arguments) du système d'argumentation

Dans les systèmes d'argumentation abstrait (Dung, 1995), les arguments sont atomiques c'est-à-dire sans une structure interne (Besnard *et al.*, 2014). Les arguments atomiques ne correspondent pas à l'un des objectifs ; à savoir la prise en compte des

---

3. Unified Medical Language System



sources de justifications des décisions des professionnels médicaux impliqués dans un acte de téléexpertise. C'est ce qui nous a amené à définir des arguments avec des structures internes (voir figure 6.6).

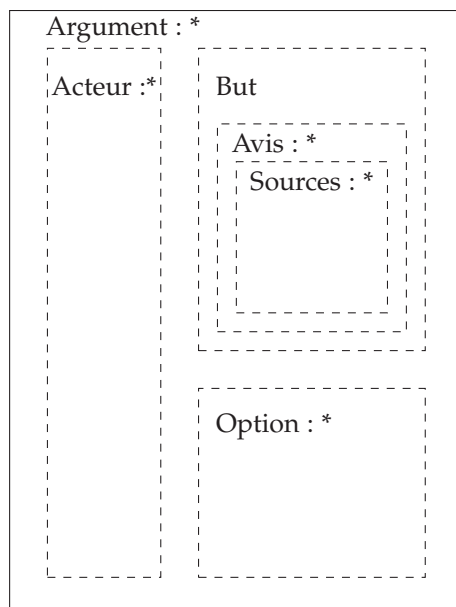


FIGURE 6.6 – Structure interne d'un argument

En termes de graphes conceptuels (Chein et Mugnier, 2008, Sowa, 1984), ce type de nœud (argument) est appelé nœud emboîté dans lequel le raisonnement s'effectue par des opérations de projection appelées de manière réursive pour trouver les arguments collectivement acceptables. À l'extraction des données de la base de connaissances, les arguments sont renseignés comme suit :

- **Argument** : représente le numéro assigné à un argument pour le distinguer des autres.
- **Acteur** : caractérise le professionnel médical participant à l'acte de téléexpertise et ayant donné cet argument.
- **But** : représente le but que le professionnel médical veut atteindre en fournissant un tel argument.
  - **Avis** : caractérise l'avis donné par le professionnel médical en question pour atteindre son but.
    - \* **Sources** : représentent l'endroit où le professionnel médical en question a puisé les informations pour justifier sa décision. Les sources fournissent des éléments pour renforcer la fiabilité des arguments sur lesquels les décisions médicales sont fondées.
- **Option** : représente le choix que le professionnel médical effectue lorsqu'il doit prendre des décisions. En général, les professionnels médicaux ont le choix entre traitements invasifs ( $\nearrow Proc$ ) tels que la chirurgie et traitements non-invasifs qui ( $\searrow Proc$ ), nous avons par exemple les prescriptions médicamenteuses, les

injections, etc . . . (Chalumeau *et al.*, 2008). Entre ces traitements, il y a un traitement appelé traitement médicotéchnique (→ *Proc*) qui est à la frontière de la chirurgie et du traitement non-invasif, l'endoscopie en est un exemple.

## 6.6 Analyse des résultats avec un cas d'étude

### 6.6.1 Cas d'étude

Cette section est divisée en deux sous-sections. La première décrit un scénario réel de téléexpertise qui a conduit à un litige et la seconde ... Le scénario de téléexpertise est décrit en français et en anglais car dans la suite nous allons essentiellement utiliser l'anglais vu que le logiciel MetaMap que nous utilisons dans ce travail ne produit que des sorties en anglais.

#### 6.6.1.1 Scénario de téléexpertise

##### Scénario de téléexpertise en français

*Un patient est admis dans un centre hospitalier en raison d'une blessure à la tête subie lors d'un accident de parapente. Le scanner du cerveau réalisé n'a montré aucune anomalie. Le patient est donc autorisé à quitter l'hôpital quelques jours plus tard. Un mois plus tard, le patient est de nouveau hospitalisé en raison d'un mal de tête et des vomissements inhabituels. L'état du patient ne s'est pas amélioré même après lui avoir prescrit des analgésiques. Un autre scanner du cerveau est réalisé et une téléexpertise est demandée au service de neurochirurgie d'un centre hospitalier universitaire avec transmission vidéo des images résultant d'un examen qui montre un hématome sous dural. Ce centre hospitalier universitaire a déclaré qu'il ne disposait pas de place pour accueillir le patient et aussi que l'état clinique du patient ne permettait pas à l'instant donné une opération de drainage, vu que ce dernier a consommé de l'aspirine. Le lendemain, l'état clinique du patient a empiré, mais cela n'a pas empêché le service de neurochirurgie de changer d'avis. Le patient est par la suite tombé dans le coma et a été transféré dans un autre centre médical spécialisé où il rendit l'âme.*

##### Scénario de téléexpertise en anglais

*A patient is admitted in a Hospital Centre due to a head injury sustained from a paragliding accident. A computed tomography (CT) of human brain was performed, and the results did not reveal any abnormalities. Hence, the patient was allowed to leave the hospital a few days later. A month later, this patient was hospitalised again due to an unusual headache and vomiting. The condition did not improve even after patient was administered some analgesics. A CT scan was performed and a teleexpertise was requested to neurosurgery department of a University Hospital Centre with video transmission of images resulting from an examination that shows a bilateral frontal-parietal subdural haematoma. This University Hospital Centre stated that he did*

not have available space and the clinical condition of the patient permits a delay to perform a drainage operation of haematoma, which had to be postponed due to the risk related to aspirin consumption. The next day, the patient's clinical condition has worsened. The neurosurgery service of the University Hospital Centre did not change its stance on the action to be taken. The patient went into a coma and was transferred to another specialised medical centre where he died.

Ce scénario de téléexpertise est basé sur un cas réel dans lequel il y a eu une collaboration à distance entre deux hôpitaux, notamment le centre hospitalier de Sallanches et le centre hospitalier universitaire (CHU) de Grenoble. Ce scénario décrit les principaux échanges qui ont eu lieu entre ces deux centres de santé et est stocké dans le DMP du patient. Lorsqu'un litige survient, les informations dans le scénario sont extraites selon les champs du tableau 6.1.

Tableau 6.1 – Argumentation des deux centres hospitaliers

Numéro Argument	Parties prenantes	Raisons	Options	Préoccupation	Buts
1	Centre hospitalier	Effectuer une intervention ( $\alpha$ ).	$\nearrow$ Proc	Traitement de l'hématome sous dural.	Effectuer une procédure médicale ou chirurgicale. <b>Sources</b> : Chronic subdural hematoma : to drain or not to drain (Markwalder et Seiler, 1985), Use of drains versus no drains after burr-hole evacuation of chronic subdural heamatoma : a randomised controlled trail (Santarius et al., 2009).
2	Centre Hospitalier Universitaire	Reporter l'intervention ( $\beta$ ).	$\searrow$ Proc	Traitement de l'hématome sous dural .	Éviter des complications dues à la prise d'aspirine. <b>Sources</b> : Does the time between preoperative interruption of aspirin intake and operation influence postoperative blood loss and transfusion requirement in coronary artery bypass graft? (Chavanon et al., 2002).
3	Centre Hospitalier Universitaire	Une surveillance attentive et un nouveau reoprt de l'intervention ( $\gamma$ ).	$\searrow$ Proc	Traitement de l'hématome sous dural.	Éviter des complications dues à la prise d'aspirine. <b>Sources</b> : Does the time between preoperative interruption of aspirin intake and operation influence postoperative blood loss and transfusion requirement in coronary artery bypass graft? (Chavanon et al., 2002).

Dans le tableau 6.1, nous constatons que le CHU a deux arguments. Ces deux arguments représentent chronologiquement les différentes décisions prises par le CHU. Même si ces deux arguments sont justifiés par la même source, ils sont différents dans le temps. En effet, dans notre modèle un argument peut être supporté par une ou plusieurs sources et par la même occasion une source peut justifier un ou plusieurs arguments (voir figure 6.6). Sur la base des informations recueillies dans ce tableau est construit le graphe d'attaques (figure 6.7). Le processus de construction du graphe d'attaques est expliqué en détail dans les précédents chapitres notamment le chapitre 4. Il est basé sur l'opération de projection dans les graphes conceptuels.

Après l'application de la logique argumentative sur ce graphe, il ressort que les arguments  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\gamma$  sont crédulément acceptables. Ce qui voudrait dire que dans l'acte de

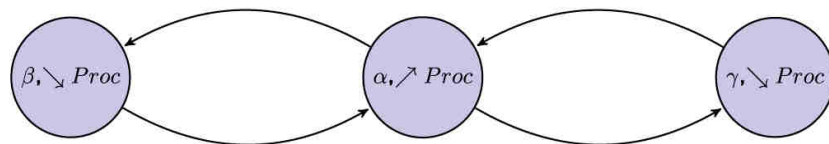


FIGURE 6.7 – Graphe d'attaques

téléexpertise qui a conduit au litige ce sont ces arguments qui auraient dû être acceptés sur un choix définitif du centre hospitalier demandant la téléexpertise bien sûr.

### 6.6.1.2 Scénario de l'expertise médicale

Lorsqu'un litige survient, un comité d'experts doit être mis en place dans le but d'identifier les potentielles erreurs médicales commises. La finalité de l'expertise médicale est de produire un rapport d'expertise. Pour ce faire, les experts se basent sur le rapport médical précédemment généré et le résultat de la logique argumentative.

Ainsi, dans ce cas d'étude la séquence suivante résume une partie du rapport d'expertise produit par les experts :

*The committee of experts noted a diagnostic error resulting from a common fault at the Hospital Centre and at the University Hospital Centre, thereby engaging the joint and several liability of the two hospital establishments. This judgment indicates that the computed tomographic scan performed showed a major central cerebral herniation with the beginning of a temporal herniation, indicating that this very important radiological sign, which meant that the subdural haematoma, despite its apparent good clinical tolerance, was a severe form already threatening the patient by an aggravation leading to coma, was ignored by doctors who evaluated medical images in both establishments. The court considers on the remarks that if the university hospital raises a doubt about the reception of the two sets of pictures by his neurosurgery department and a question about the quality of images, there is no indication of anything in the report that physicians whom have received and interpreted the images have made some reservations about their quality and completeness.*

La suite du processus consistera à injecter cette séquence dans le logiciel MetaMap en vue d'un mappage avec les concepts médicaux des terminologies standardisées.

### 6.6.2 Injection du rapport d'expertise dans MetaMap

MetaMap (<http://metamap.nlm.nih.gov>) est un outil pour reconnaître les concepts UMLS (<http://www.nlm.nih.gov/research/umls/>) dans un texte, mais dans UMLS, il n'y a pas de terminologies gérant les erreurs médicales (Sangster et Patrick, 2002). Cependant, les auteurs de (Boxwala et al., 2003) ont essayer de surmonter ce problème en proposant une terminologie pour les erreurs médicales. C'est dans cette optique que MetaMap en tant qu'outil de mappage a été introduit dans notre travail. En fait, ce logiciel fournit des procédures configurables pour l'indexation des documents médicaux

et la recherche d'information. Ainsi, il a été possible de l'adapter pour l'identification d'erreurs médicales par le mappage des concepts sémantiques.

La capture d'écran après l'injection du rapport d'expertise dans MetaMap est représentée par la figure 6.8.

```

Phrase: this very important radiological sign,
>>>> Phrase
very important radiological sign
<<<<< Phrase
>>>> Mappings
Meta Mapping (751):
  645 Very [Qualitative Concept]
  574 radiology (Diagnostic radiologic examination) [Diagnostic Procedure]
  812 Sign (Language Ability - Sign) [Idea or Concept]
Meta Mapping (751):
  645 Very [Qualitative Concept]
  574 radiology (Diagnostic radiologic examination) [Diagnostic Procedure]
  812 Sign (Physical findings) [Finding]
Meta Mapping (751):
  645 Very [Qualitative Concept]
  574 Radiology (Radiographic imaging procedure) [Diagnostic Procedure]
  812 Sign (Language Ability - Sign) [Idea or Concept]
Meta Mapping (751):
  645 Very [Qualitative Concept]
  574 Radiology (Radiographic imaging procedure) [Diagnostic Procedure]
  812 Sign (Physical findings) [Finding]
Meta Mapping (751):
  645 Very [Qualitative Concept]
  574 Radiology (Radiology Specialty) [Biomedical Occupation or Discipline]
  812 Sign (Language Ability - Sign) [Idea or Concept]
Meta Mapping (751):
  645 Very [Qualitative Concept]
  574 Radiology (Radiology Specialty) [Biomedical Occupation or Discipline]
  812 Sign (Physical findings) [Finding]
Meta Mapping (751):
  645 Very [Qualitative Concept]
  574 Radiology (Radiology studies) [Diagnostic Procedure]
  812 Sign (Language Ability - Sign) [Idea or Concept]
Meta Mapping (751):
  645 Very [Qualitative Concept]
  574 Radiology (Radiology studies) [Diagnostic Procedure]
  812 Sign (Physical findings) [Finding]
<<<<< Mappings
  
```

FIGURE 6.8 – Capture d'écran 1 de la sortie de MetaMap

Cette capture d'écran montre que l'une des causes des potentielles erreurs médicales qu'il faudrait examiner pourrait être la **Procédure de diagnostic**. Cette figure illustre l'identification des principaux concepts d'erreurs, mais pas le mappage avec l'erreur proprement dite. Ces concepts identifiés seront utilisés pour le mappage avec les erreurs médicales en utilisant la taxonomie de Makeham. Dans le rapport d'expertise, il est souligné qu'il y a eu une « ignorance de la part des professionnels médicaux durant l'acte de téléexpertise à propos du scanner qui montrait un signe radiologique très important », ce qui est décrit en anglais par « ignorance from the medical professionals in the process of teleexpertise (which one leads to the litigation) about the analysis of the CT scan that

showed a *very important radiological sign* ». Étant donné qu'il existe une potentielle erreur, le logiciel MetaMap rend possible l'identification du concept principal et des sous-concepts incluant la radiologie, *radiology* en anglais qui utilise les procédures d'imagerie pour le diagnostic. Ces concepts clés sont par la suite utilisés pour le mappage avec ceux de la taxonomie de Makeham. Ainsi donc, la procédure de diagnostic (*Diagnostic procedure*) peut être mappée avec les erreurs de processus (*process errors*) vu qu'une procédure est un processus. De la même manière, les termes radiologie (*radiology*) et imagerie (*imaging*) peuvent être mappés avec le concept *Diagnostic imaging errors*. Ceci permettra de déterminer le chemin vers l'erreur correspondante dans la taxonomie de Makeham (voir figure 6.9).

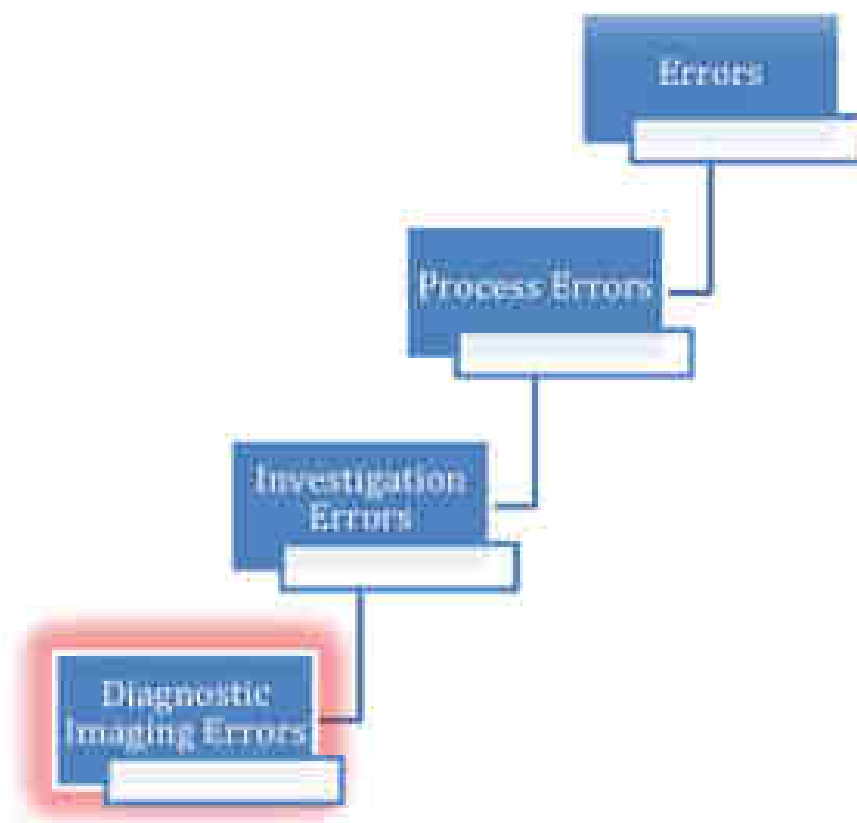


FIGURE 6.9 – Première erreur identifiée selon la taxonomie de Makeham

Après cette étape, l'on peut conclure que les erreurs identifiées sont des erreurs de diagnostic en imagerie (*Diagnostic Imaging Errors*).

Étant donné qu'il s'agit d'un acte de téléexpertise entre deux centres hospitaliers, il est donc important de vérifier aussi s'il n'y a pas eu d'erreurs de communication (Linkin *et al.*, 2007) entre ces deux institutions. Si ce genre d'erreurs est identifié, cela permettra à la cour de faire des investigations approfondies. La communication entre les deux hôpitaux est illustrée dans le rapport d'expertise. Ainsi, comme précédemment, l'injection du rapport d'expertise dans MetaMap permet d'identifier les concepts clés qui seront mappés par la suite avec ceux de la taxonomie de Makeham. Ces concepts clés sont illustrés dans la figure 6.10.

```

Phrase: at the hospital
>>>> Phrase
hospital
<<<< Phrase
>>>> Mappings
Meta Mapping (1000):
  1000 Hospital (Hospital environment) [Qualitative Concept]
Meta Mapping (1000):
  1000 Hospital, NOS (Hospitals) [Health Care Related Organization,Manufactured Object]
<<<< Mappings

Phrase: and at the University Hospital
>>>> Phrase
and at the university hospital
<<<< Phrase
>>>> Mappings
Meta Mapping (745):
  760 And [Idea or Concept]
  806 university hospital (Hospitals, University) [Health Care Related Organization,Manufactured Object]
<<<< Mappings
    
```

FIGURE 6.10 – Capture d'écran 2 de la sortie de MetaMap

Il ressort de cette capture d'écran le concept clé « Organisation dans le domaine de la santé » (*Health Care Related Organization*). Le mappage avec les concepts de Makeham permet de préciser qu'il y aurait eu aussi une « erreur de communication entre les deux centres hospitaliers » (*Errors in communication among the whole healthcare team*) (voir figure 6.11)

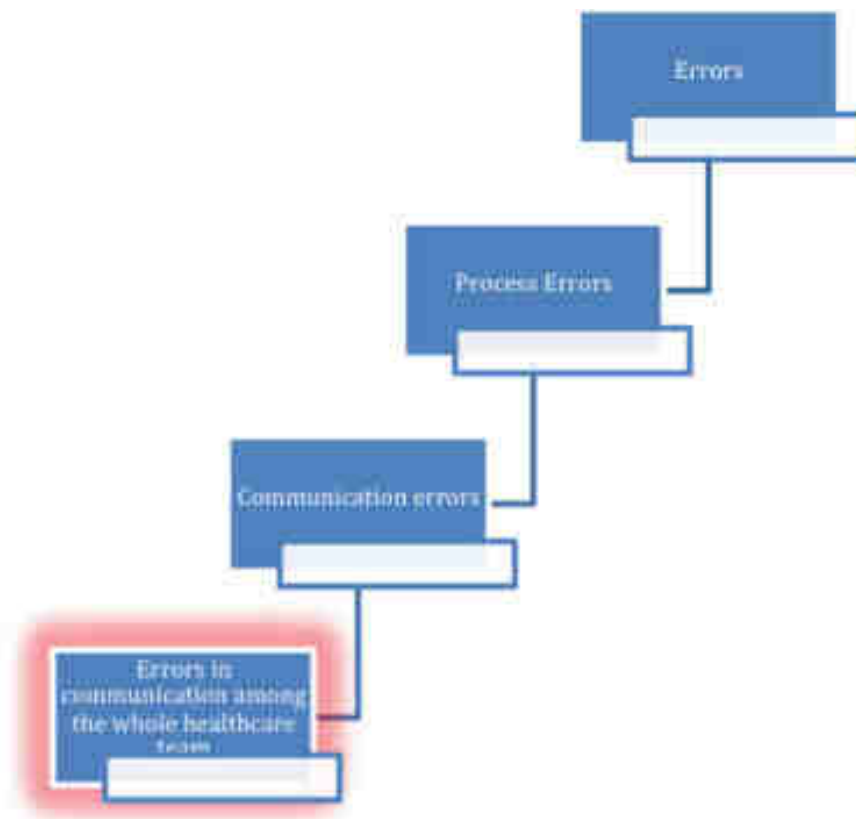


FIGURE 6.11 – Deuxième erreur identifiée selon la taxonomie de Makeham

Après ces différentes étapes, nous pouvons conclure qu'il y a deux principales erreurs trouvées lors de cette collaboration :

- Les erreurs de diagnostic en imagerie médicale ;
- Les erreurs de communication entre les équipes soignantes.

### 6.6.3 Prise en compte de la taxonomie de tempos

La taxonomie de tempos est utilisée en France depuis plusieurs années, mais elle est de plus en plus utilisée au niveau international comme méthode d'analyse pour une meilleure prise en compte du patient dans son parcours médical. En outre, cette classification prend en compte les contraintes générales de la pratique médicale en insistant sur les dimensions temporelles des activités médicales dans lesquelles les erreurs résultent principalement de la coordination et la cohérence des procédures et des directives incomplètes ([http://www.invs.sante.fr/beh/2014/24-25/pdf/2014\\_24-25.pdf](http://www.invs.sante.fr/beh/2014/24-25/pdf/2014_24-25.pdf)). Dans notre cas d'étude, les tempos identifiés sont les suivants :

- Tempo de la maladie ou du traitement (qui concerne ici un dysfonctionnement dans l'évaluation de l'évolution de la maladie) : en anglais, **Disease tempo** : *A patient is admitted in a Hospital Centre due to a head injury after a paragliding accident. A computed tomography (CT) of human brain was performed, but since it showed no abnormalities, the patient was allowed to leave the hospital a few days later. A month later, this patient was hospitalised again due to an unusual headache unimproved by with analgesics and vomiting. CT scan was performed and a teleexpertise has been requested to neurosurgery department of a University Hospital Centre with video transmission of images resulting from an examination that shows a bilateral frontal-parietal subdural haematoma.*
- Tempo de cabinet (transmission incomplète de données et informations médicales entre les deux services hospitaliers) : en anglais, **Office tempo** : *there is no indication of anything in the report that physicians whom have received and interpreted the images have made some reservations about their quality and completeness..*
- Tempo du médecin (difficultés d'accès à la bonne connaissance au bon moment (excès de prudence dû à une surestimation des effets secondaires d'une prise médicamenteuse)) : en anglais, **Access to knowledge** : *The physicians of the university hospital decided to postpone the intervention due to aspirin, and then the patient fell into a coma and passed away shortly after.*

### 6.6.4 Erreurs identifiées, classification et vérification

Les étapes précédentes ont permis d'identifier les potentielles erreurs qui ont conduit au litige. Ainsi, en prenant à la fois en compte la taxonomie de Makeham et celle de tempos, ces erreurs peuvent être classifiées en trois catégories qui représentent les principaux types de situations à risque :

- Mobilisation de connaissances/compétences
- Rédaction des prescriptions (informatisées ou non)
- Organisation du travail dans les structures de prise en charge en soins primaires.



Cette dernière étape consiste à vérifier si ces potentielles situations de risque étaient évitables ou non afin d'identifier leurs causes principales et d'engager ou non la responsabilité individuelle ou collective des différentes parties prenantes. Cette étape est réalisée manuellement par les experts. La fin de cette étape permettra de mieux situer les responsabilités des parties prenantes tout en précisant s'il s'agit d'une faute médicale ou d'un aléa thérapeutique. La responsabilité médicale est déterminée exclusivement à la lumière d'une analyse des circonstances médicales de chaque patient avec des considérations déontologiques et de sécurité.

## 6.7 Conclusion

Au terme de ce chapitre, il apparaît clairement que la plupart des litiges sont dus à des erreurs médicales. De nombreuses études sont en cours pour comprendre comment réduire voire éliminer ces erreurs médicales. Dans cette étude, nous avons utilisé le système d'argumentation de Dung a posteriori d'un acte de téléexpertise en vue de retracer les interactions qui ont eu lieu entre les différentes parties prenantes et d'en extraire les potentiels arguments acceptables. La confrontation de ces arguments avec le contenu du rapport médical permet d'identifier les potentielles erreurs commises via des mappages avec des concepts médicaux.

La contribution de cette étude est double. D'une part, elle est très utile pour les experts médicaux et juridiques elle leur facilite la tâche dans les processus de détection d'erreurs médicales. D'autre part, l'outil proposé permet de prévenir les risques dus aux connaissances générées, d'autant plus qu'il peut être utilisé pour un apprentissage organisationnel dans une perspective d'une amélioration continue.

La force de cette contribution réside dans sa capacité à fournir une méthode classification des erreurs détectées selon les taxonomies de Makeham et de tempos. Dans le cadre des travaux futurs, nous comptons nous concentrer sur l'automatisation de certaines procédures de détection d'erreurs médicales.

# CONCLUSION GÉNÉRALE

Au terme de ces travaux de recherche, plusieurs thématiques ont été abordées. Ces thématiques partent de l'interopérabilité des systèmes de santé aux processus de collaboration à distance entre professionnels médicaux en passant par les aspects légaux de la pratique de la télémédecine.

Les processus collaboratifs pour la prise de décisions dans une situation médicale complexe ont été modélisés en utilisant la combinaison du système d'argumentation de Dung ([Dung, 1995](#)) qui un outil d'Intelligence artificielle basé sur des fondements mathématiques et les graphes conceptuels ([Sowa, 1984](#)). La modélisation des interactions entre les professionnels médicaux lors d'une collaboration à distance par l'usage des graphes d'attaques peut présenter des incohérences. Ces incohérences peuvent être soit des mauvaises relations d'attaques soit le non-respect du droit médical dans le processus de collaboration. Des solutions basées sur la définition de contraintes en graphes conceptuels ont été proposées pour la détection de ces incohérences.

En plus de ces travaux, un travail beaucoup plus théorique (voir [Appendice A](#)) a été proposé au cours de cette thèse. Ce travail a consisté à utiliser les propriétés mathématiques de la théorie des graphes ([Carré, 1991](#)) pour proposer une nouvelle façon de détecter les sémantiques d'acceptabilité dans les systèmes d'argumentation.

Notre travail s'inscrit dans le cadre de la collaboration en santé en vue d'une prise de décision lors des situations médicales complexes. Dans ce champ de recherche, notre contribution est double. D'une part, la proposition d'un modèle garantissant une bonne interopérabilité aussi bien au niveau technique que sémantique. D'autre part, garantir une bonne collaboration aux professionnels médicaux pour se prémunir d'éventuelles conséquences financières et judiciaires.

Les principaux résultats obtenus au cours de ce travail de recherche sont résumés ci-dessous :

## Premier résultat

Le premier axe de recherche sur lequel nous nous sommes intéressés est l'interopérabilité technique au niveau des systèmes de communication en santé. Cette thématique a

été traitée dans le [chapitre 3](#). Notre contribution a consisté à modifier le protocole réseau contractuel pour l'adapter à notre contexte. Ce protocole a été initialement introduit pour garantir une collaboration efficace entre plusieurs participants voulant atteindre un même but. Il permet de collecter les réponses des différentes parties prenantes et par la même occasion d'identifier ceux qui n'ont pas répondu à la requête. De plus, étant donné que le protocole en question inclut une date limite (deadline), ce temps peut spécifier l'urgence de l'acte de téléexpertise *i.e* un temps court correspond à une forte urgence.

Les applications d'urgence de télémédecine et leurs scénarios d'utilisation imposent un certain nombre d'exigences sur la configuration et le fonctionnement du réseau informatique sous-jacent ainsi que des services fournis ([Saeed et al., 2012](#)). Notre modèle satisfait à quatre de ces exigences, à savoir :

- **Couverture** : les principaux acteurs sont équipés de périphériques mobiles, ainsi ils peuvent participer à un acte de téléexpertise n'importe quand et n'importe où à condition qu'il y ait une couverture réseau.
- **Garanties de qualité de service et des priorités** : l'implantation de l'architecture devrait suivre les spécifications proposées par la DGOS ([DGOS: Direction Générale de l'offre des Soins, 2012](#)).
- **Mobilité et itinérance** : cette exigence est garantie par la propriété de mobilité des équipements mobiles utilisés.
- **Facilité d'utilisation du service** : le modèle proposé prend en compte cette exigence dans le sens où le réseau sous-jacent est automatiquement redimensionné selon le mode de communication (visioconférence ou partage de documents).

Le système proposé n'est pas encore implanté; cependant avec l'usage des technologies telles le protocole SOAP (Simple Object Access Protocol) et le protocole réseau contractuel basés sur du XML, l'interopérabilité syntaxique est garantie. De plus, nous garantissons une communication sécurisée avec l'usage du protocole HTTPS<sup>4</sup>.

Par conséquent, comme résultat, le travail proposé permet aux principaux acteurs d'utiliser n'importe quel équipement dans la pratique de la téléexpertise tout en garantissant une interopérabilité syntaxique et une communication sécurisée.

## Deuxième résultat

Le deuxième résultat obtenu est la garantie de la traçabilité du raisonnement des professionnels médicaux lors de leur collaboration tout en assurant une interopérabilité sémantique du système et une résolution de certains problèmes éthiques ([Ataç et al., 2013](#)). Pour atteindre ce résultat, nous avons combiné le système d'argumentation avec le formalisme des graphes conceptuels. La traçabilité du raisonnement traitée dans le

---

4. HyperText Transfer Protocol Secure

[chapitre 4](#) est rendue possible par l'usage du système d'argumentation de Dung ([Dung, 1995](#)) qui grâce aux graphes d'attaques permet de retranscrire de manière fidèle les interactions ayant eu lieu entre les professionnels médicaux tout en fournissant par la même occasion des outils de calcul de sémantiques d'acceptabilité pour l'aide à la décision. Quant à l'interopérabilité sémantique, elle est rendue possible par l'usage des graphes conceptuels ([Sowa, 1984](#)) dans la modélisation des systèmes d'argumentation (voir [chapitre 5](#)). Les résultats obtenus au [chapitre 4](#) permettent entre autres aussi de résoudre les problèmes éthiques suivants :

- **Transfert d'informations cliniques insuffisantes** : dans notre approche, les informations cliniques transmises sont suffisantes puisque seules les informations nécessaires à la pratique de la téléexpertise sont envoyées aux différentes parties prenantes.
- **Peu ou pas de communication entre le médecin et son patient** : notre modèle assure une bonne communication entre le patient et son médecin. En effet avant toute exploitation des données du patient, le médecin doit au préalable expliquer au patient la manière dont ces données seront utilisées dans le but de pouvoir obtenir son consentement.
- **Un rapport imprécis et flou** : ici, l'outil proposé permet de générer un rapport clair sur la base du raisonnement effectué car le noyau de CoGui génère un fichier supportant le formalisme XML qui peut être formaté en langage naturel.
- **La sécurité des données médicales** : Ce problème est résolu dans notre proposition puisque tout accès à l'information médicale recueillie et transférée requiert le consentement de la personne concernée ou de son représentant légal.

## Troisième résultat

Lors des activités collaboratives, des problèmes peuvent survenir. Comme tout acte médical, le premier problème craint est l'erreur ou la faute médicale. Étant donné que nous utilisons le système d'argumentation pour représenter la collaboration en d'autres termes les interactions entre les différents professionnels médicaux impliqués, les problèmes pouvant survenir sont les mauvaises relations d'attaques induisant à des prises de décisions erronées. Les solutions proposées dans le [chapitre 5](#) et le [chapitre 6](#) permettent respectivement l'identification d'incohérences dans les systèmes d'argumentation via des mécanismes de pondération d'arguments, la vérification du respect du droit médical et la détection d'erreurs médicales dans les pratiques de téléexpertise ayant conduit à des litiges. Des cas d'études ont été proposés pour illustrer la faisabilité de nos propositions. Les principaux apports de ces solutions sont d'une part d'éviter l'apparition d'erreurs dans les processus de collaboration et d'autre

part, de faciliter l'identification d'erreurs survenues selon les concepts médicaux de terminologies standardisées telles que UMLS<sup>5</sup>.

## Perspectives

Les perspectives de ce travail peuvent être identifiées à la fois au niveau théorique et au niveau applicatif :

- **Au niveau théorique**, une de nos premières perspectives est le développement de nouvelles propriétés mathématiques sur les raisonnements effectués au sein du système d'argumentation abstrait. En effet au cours de ce travail de recherche, nous nous sommes intéressés à quelques propriétés de la théorie des graphes et leurs influences dans les raisonnements effectués au sein du système d'argumentation abstrait (voir [Appendice A](#)). Il serait intéressant d'investiguer davantage cet axe de recherche pour analyser l'impact d'autres propriétés de la théorie des graphes sur le calcul des sémantiques d'acceptabilité dans les systèmes d'argumentation. En outre lors de la réalisation d'un acte de téléexpertise en présence de plusieurs experts, il serait utile d'évaluer de manière comparative des différents modes d'engagement des experts. En l'occurrence, ceci pourra fournir des indications sur les moyens d'agrégations d'avis d'experts (par exemple en utilisant la théorie des croyances ou théorie de l'évidence ([Shafer, 1990](#))) et les formes efficaces de modes collaboratifs.
- **Au niveau applicatif**, notre travail de recherche s'inscrivant dans le cadre des systèmes d'aide à la décision dans le domaine médical, il serait fructueux de pouvoir développer un applicatif logiciel qui implémente nos contributions conceptuelles. Ceci se passera par la réalisation de modules logiciels permettant de connecter le système d'argumentation aux systèmes informatiques d'aide à la décision en médecine ([Musen et al., 2014](#)). Cet applicatif logiciel sera d'un intérêt pratique pour les réunions de concertation pluridisciplinaire (RCP) qui regroupent des professionnels de santé de différentes disciplines dont les compétences sont indispensables pour prendre une décision accordant au patient la meilleure prise en charge en fonction de l'état de la science du moment. En oncologie, la RCP s'impose pour la prise de décision sur les cas de tous les malades et se déroule dans un établissement de santé, un groupement d'établissements de santé, un réseau de cancérologie ou dans le cadre des centres de coordination en cancérologie (3C). Toutefois, les RCP ne sont pas exclusives à l'oncologie et peuvent être utilisées dans d'autres spécialités, notamment pour des prises en charge complexes. Dans tous les cas, il est nécessaire que soit assurée la traçabilité de l'application des décisions de la RCP pour le diagnostic et pour le traitement des patients (ou la raison argumentée de sa non-application).

---

5. Unified Medical Language System

# ARGUMENTATION ET PROPRIÉTÉS DE GRAPHERS

## Sommaire

---

<b>A.1 Introduction</b> . . . . .	<b>113</b>
<b>A.2 Rappels</b> . . . . .	<b>114</b>
A.2.1 Rappel sur l'argumentation . . . . .	114
A.2.2 Rappel sur les propriétés de graphes . . . . .	114
<b>A.3 Techniques et méthodes</b> . . . . .	<b>115</b>
A.3.1 Propositions et preuves . . . . .	116
A.3.2 Implantation algorithmique de la <i>proposition 1</i> . . . . .	118
<b>A.4 Discussions</b> . . . . .	<b>119</b>
<b>A.5 Conclusion</b> . . . . .	<b>121</b>

---

## A.1 Introduction

L'argumentation, particulièrement le système d'argumentation abstrait a été introduit par Dung (Dung, 1995) dans les années 90. Comme défini dans les précédents chapitres, un système d'argumentation est un couple  $(A, R)$ , où  $A$  est un ensemble d'éléments appelés *arguments* et  $R$  une relation binaire représentant une relation d'attaque entre les arguments. L'argumentation a été utilisée dans plusieurs travaux comme support dans les processus de prise de décisions. Ils consistent à connaître les arguments à accepter sous une sémantique (admissible, préférée, stable, etc) donnée.

Dans la plupart des travaux publiés, avant de connaître les potentiels arguments qui seront acceptés sous une sémantique donnée, l'on doit d'abord utiliser soit l'approche basée sur les extensions soit celle basée sur le labellings (Baroni et Giacomin, 2009). L'approche basée sur les extensions est un raisonnement théorique dans lequel la spécification des sémantiques d'acceptabilité se traduit par la génération des extensions à partir d'un système d'argumentation. Quant à l'approche basée sur les labellings, il

s’agit aussi d’un raisonnement théorique qui consiste en la spécification des sémantiques d’acceptabilité par la génération de labellings (qui sont des alternatives possibles des états d’un argument) à partir d’un système d’argumentation. Ici nous nous intéressons à l’approche basée sur les extensions dans laquelle il existe deux principales étapes pour la génération des extensions (Doubouya *et al.*, 2016), à savoir : (i) la détermination des ensembles sans conflits, (ii) la détermination effective des extensions selon une sémantique donnée (admissible, préférée, complète, stable, ...). L’idée de ce travail est donc de proposer une solution pour réduire le nombre d’étapes dans la génération des extensions. Pour ce faire nous nous sommes penchés sur les propriétés de graphes.

Dans la suite de cette annexe, nous rappellerons d’abord quelques notions de base sur le système d’argumentation abstrait (Dung, 1995), puis quelques propriétés de graphes, ensuite nous définirons quelques propositions mathématiques avec des preuves pour montrer l’impact des propriétés de graphes sur les étapes de génération des extensions et nous terminerons enfin cette annexe par une conclusion.

## A.2 Rappels

### A.2.1 Rappel sur l’argumentation

Le système d’argumentation à la Dung (Dung, 1995) a été rappelé en détail dans le chapitre 2, particulièrement dans la section 2.2 dudit chapitre.

### A.2.2 Rappel sur les propriétés de graphes

La théorie des graphes (Carré, 1991) a été utilisée il y a de cela plusieurs années dans le domaine des sciences telles que l’Intelligence Artificielle (Levi et Sirovich, 1976, Sanfilippo, 2006) pour la résolution des problèmes. Elle a aussi été utilisée dans plusieurs travaux comme outil de raisonnement, nous pouvons citer par exemple les graphes conceptuels (Sowa, 1992), et la théorie de l’argumentation (Baroni et Giacomin, 2009). Tout ceci montre que le champ d’application de la théorie des graphes est vraiment très vaste. Ainsi dans la suite, nous allons rappeler quelques concepts de base fondamentaux autour de la théorie des graphes.

**Définition 15.** Un graphe est un couple  $(V, E)$  où :

- $V$  est un ensemble fini d’objets. Les éléments de  $V$  sont appelés les sommets (ou nœud) du graphe.
- $E$  est un sous-ensemble de  $V \times V$ . Les éléments de  $E$  sont appelés les arêtes (ou arcs ou liens) du graphe.

**Définition 16.** Quelques définitions :

- Deux sommets  $x$  et  $y$  sont adjacents s’il existe une arête  $(x, y)$  dans  $E$ . Les sommets  $x$  et  $y$  sont donc appelés voisins.

- Une arête est incidente à un sommet  $x$  si  $x$  est une de ses extrémités.
- Le degré d'un sommet  $x$  est le nombre d'arêtes incidentes à  $x$ . Il est noté  $d(x)$ . Pour un graphe simple, le degré de  $x$  correspond au nombre de sommets adjacents à  $x$ . Par conséquent, un sommet ayant pour degré 0 est dit isolé.

**Définition 17.** Un graphe est dit **connexe** si et seulement s'il existe un chemin entre chaque pair de nœuds.

**Définition 18.** Un graphe orienté est dit **fortement connexe** si pour tout couple de nœuds  $x$  et  $y$ , il existe un chemin connectant  $x$  à  $y$ .

**Définition 19.** Un graphe est **symétrique** si pour tous nœuds  $x$  et  $y$ , si  $(x, y) \in E$  alors  $(y, x) \in E$ .

**Définition 20.** Quelques définitions additionnelles. Un graphe  $G$  est dit :

- **Réflexif** :  $\forall x \in V, (x, x) \in E$ ,
- **Irréflexif** :  $\forall x \in V, (x, x) \notin E$
- **Asymétrique** :  $\forall x, y \in V, (x, y) \in E \Rightarrow (y, x) \notin E$  (si  $G$  est asymétrique alors  $G$  est irréflexif),
- **Antisymétrique** :  $\forall x, y \in V, (x, y) \in E$  et  $(y, x) \in E \Rightarrow x = y$ ,
- **Transitif** :  $\forall x, y, z \in V, (x, y) \in E, (y, z) \in E \Rightarrow (x, z) \in E$ .

## A.3 Techniques et méthodes

Dans la suite,  $V = A$  et  $E = R$  (en référence aux définitions et propriétés du système d'argumentation abstrait où  $A$  représente l'ensemble des arguments et  $R$  l'ensemble des relations d'attaques).

Comme dit précédemment, notre objectif est de réduire le nombre d'étapes dans la génération des extensions selon une sémantique donnée (précisément les sémantiques admissibles et préférées). La méthode proposée est basée sur la combinaison de quelques propriétés de graphes notamment l'**irréflexivité**, la **symétrie** et la **forte connexité**. Ainsi donc, l'idée est que lorsqu'un graphe d'attaque est construit, l'on vérifie si ce dernier satisfait les propriétés qui nous intéressent. Le cheminement adopté est décrit dans la figure A.1. Ce cheminement ou processus vérifie si le graphe d'attaque satisfait aux propriétés mentionnées dans l'algorithme 2 :

- Si c'est le cas, alors l'algorithme en question retourne les arguments qui sont acceptables sous une sémantique donnée.
- Dans le cas contraire, le processus continue avec la méthode traditionnelle ; c'est-à-dire l'approche basée sur les extensions.



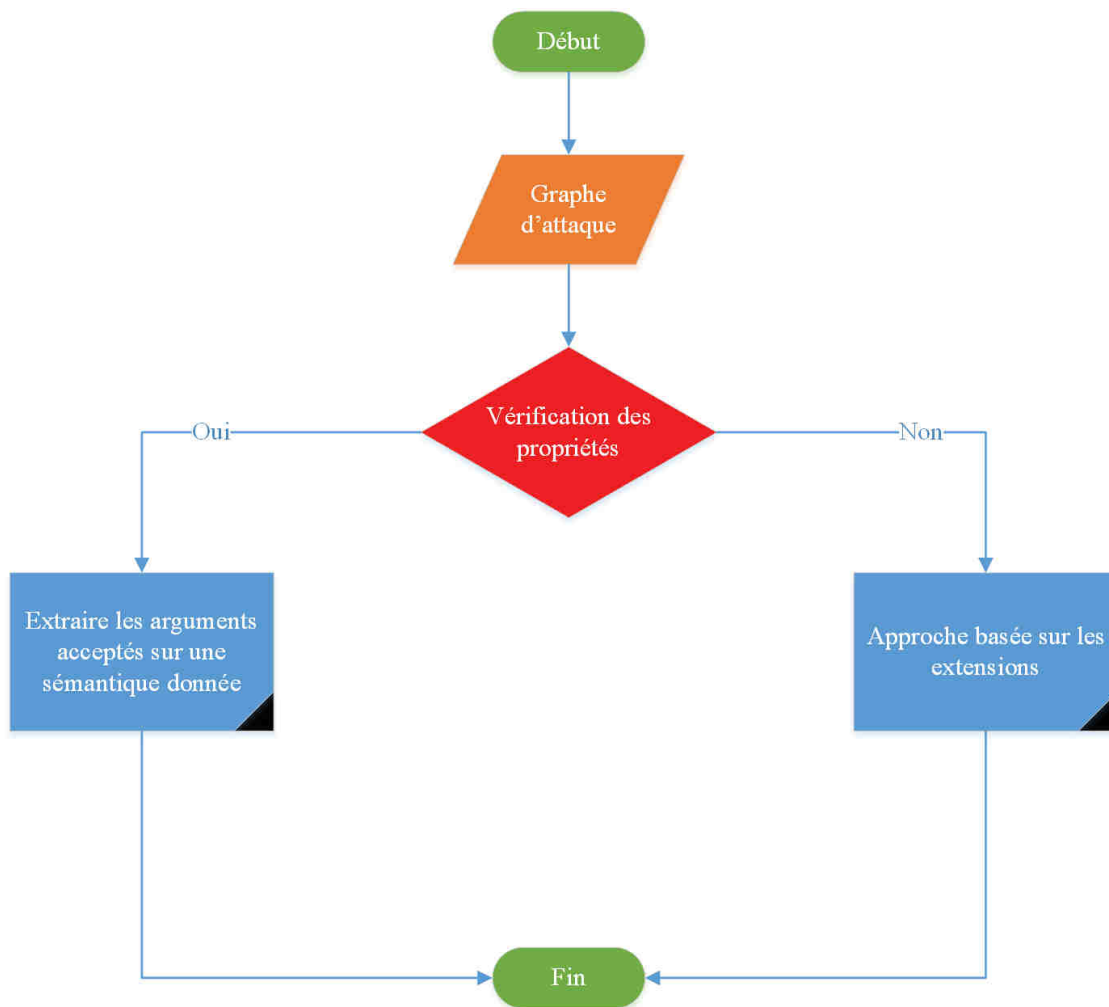


FIGURE A.1 – Cheminement proposé

**Algorithme 2 :** Algorithme pour l'extraction des arguments crédulément accepté sous les sémantiques admissible et préférée.

**Entrées :**  $G$  : graphe d'attaques,  $S$  : ensemble de tous les arguments

**Résultat :** Retourne un ensemble d'arguments qui sont crédulément acceptés sous les sémantiques admissible et préférée

**si**  $G$  estFortementConnecte() &&  $G$  estSymetrique() &&  $G$  estIrreflexif() **alors**

**retourner**  $S$ ;

**sinon**

**retourner** null;

### A.3.1 Propositions et preuves

**Proposition 1.** *Si un graphe d'attaque est fortement connexe, symétrique et irreflexif alors tous les arguments sont crédulément acceptés sous les sémantiques admissible et préférée.*

Voir figure A.2 pour une illustration de ce type de graphe.

*Première démonstration.*

Tout argument dans le graphe d'attaque pris un à un représente un ensemble sans-conflit dû au caractère irréflexif du graphe.

- Si  $u$  et  $v$  sont adjacents : cela signifie que  $u$  et  $v$  s'attaquent mutuellement vu que le graphe est symétrique, par conséquent  $\{u\}$  et  $\{v\}$  sont admissibles.
- Si  $u$  et  $v$  ne sont pas adjacents et que l'ensemble  $\{u, v\}$  est sans-conflit : supposons qu'il existe un argument  $z$  tel que  $u$  et  $z$  s'attaquent mutuellement de même que  $z$  et  $v$ .
  - Démontrons que  $\{u, v\}$  défend chacun de ses éléments c-à-d  $u$  et  $v$   
D'après notre hypothèse,  $z$  attaque  $u$  et  $v \in \{u, v\}$  attaque  $z$ ,  $\{u, v\}$  défend donc  $u$ . Étant donné que le graphe est symétrique on peut donc démontrer de la même manière que  $\{u, v\}$  défend donc  $v$ . Par conséquent  $\{u, v\}$  étant sans-conflit et défendant tous ses éléments, on peut donc conclure que  $\{u, v\}$  est admissible.
  - En appliquant cette démonstration de manière itérative sur des ensembles sans-conflits, l'on pourra démontrer qu'ils sont admissibles.
- Étant donné que toute extension préférée est une extension admissible dans le sens d'une inclusion maximale, les arguments des extensions admissibles sont donc nécessairement inclus dans l'une des extensions préférées.
- Un argument est accepté de manière crédule sous une sémantique donnée s'il appartient à au moins une extension de cette sémantique. On peut donc conclure que tous les arguments sont crédulement acceptés sous les sémantiques admissible et préférée.

■

*Deuxième démonstration.*

Étant donné que le graphe d'attaque est symétrique, alors tout argument attaqué se défend et par conséquent appartient à l'extension admissible qu'il forme dû au caractère irréflexif du graphe. La propriété de forte connexité garantit qu'il n'existe pas d'argument isolé (argument qu'interagit avec aucun autre argument). En conclusion tous les arguments formant ce type de graphe sont acceptés sous la sémantique admissible et par conséquent sous la sémantique préférée.

■

**Proposition 2.** *Dans un graphe symétrique, deux arguments adjacents ne sont jamais inclus dans la même extension.*

*Démonstration.*

Cette preuve est évidente, dans le sens où entre deux éléments adjacents il existe toujours une relation d'attaque. Ces deux éléments ne peuvent pas appartenir au même ensemble sans-conflit et par conséquent ne peuvent jamais appartenir à la même extension.

■

**Proposition 3.** *Si un graphe d'attaque est asymétrique et irréflexif et s'il existe un argument  $\alpha$  qui attaque tous les autres arguments alors il existe une unique extension stable définie par  $\{\alpha\}$ .*

*Démonstration.*

- La propriété d'irréflexivité du graphe garantit qu'un argument ne peut s'attaquer lui-même, et donc l'ensemble par cet argument est sans-conflit.
- Soit  $\alpha$  tel que  $\forall x \in A, (\alpha, x) \in R$ , ce qui signifie  $\alpha$  attaque toujours et n'est jamais attaqué en retour vu que le graphe est asymétrique.  $\{\alpha\}$  est donc une extension admissible.
- Tout argument qui n'appartient pas à  $\{\alpha\}$  est attaqué par  $\alpha$ ,  $\{\alpha\}$  est donc une extension stable.
- Démonstration de l'unicité :
  - Supposons qu'il existe deux extensions stables  $\{\alpha\}$  et  $\{\beta\}$  : cela signifie que  $\alpha$  attaquerait tout argument hors de  $\{\alpha\}$  dont  $\beta$ , de la même manière  $\beta$  attaquerait tout argument hors de  $\{\beta\}$  dont  $\alpha$  ; l'on aboutirait à dire que  $\alpha$  et  $\beta$  s'attaquent mutuellement ce qui est contradictoire dû au caractère asymétrique du graphe. Par conséquent il existe une unique extension stable. ■

### A.3.2 Implantation algorithmique de la proposition 1

La proposition 1 est la contribution principale de cette annexe, c'est pourquoi, nous avons trouvé intéressant de proposer une implémentation algorithmique de cette dernière.

L'algorithme en question (algorithme 2) prend en entrée un graphe d'attaque  $G$  et un ensemble  $S$  composé de tous les nœuds (arguments) de  $G$ . Et après vérification de la satisfaction des propriétés énoncées dans l'algorithme par  $G$ , deux cas se présentent :

- Soit  $G$  satisfait toutes les propriétés, et  $S$  est retourné dans ce cas ;
- Soit  $G$  ne satisfait pas à la condition , et l'algorithme retourne *null* dans ce cas. La méthode traditionnelle de calcul des extensions (approche basée sur les extensions) prend donc le relais.

Nous supposons qu'il existe déjà des algorithmes pour vérifier les différentes propriétés d'un graphe.

#### Calcul de la complexité de l'algorithme 2

Ici, la complexité de notre algorithme dépend de celle des algorithmes de la condition de test (forte connexité, symétrie, irréflexivité). Étant donné qu'il s'agit d'un traitement

conditionnel, alors la complexité (notée  $C$ ) est définie comme suit :

$$C(\text{algorithme 2}) = C(\text{estFortementConnexe}()) + C(\text{estSymmetrique}()) + C(\text{estIrreflexif}()) + O(1) \quad (\text{A.1})$$

## A.4 Discussions

Dans la littérature, les deux approches les plus utilisées pour la détermination des sémantiques d'acceptabilité (Baroni et Giacomin, 2009) sont :

- L'approche basée sur les extensions ;
- L'approche basée sur les labellings.

Il est clairement observé que l'expressivité des deux approches est équivalente en termes de définitions et de formulations. L'approche basée sur les extensions est la plus populaire puisqu'elle est utilisée dans plusieurs travaux traitant d'argumentation et prise de décisions. Cette approche aussi rappelée dans (Baroni et Giacomin, 2009) consiste en la détermination d'extensions et au calcul d'arguments acceptables sous une sémantique donnée. Aussi dans (Modgil et Caminada, 2009), les auteurs ont proposé une méthode pour définir les labellings dans le but de fournir une solution facile et intuitive pour une prise en compte formelle des systèmes d'argumentation. Étant donné que la théorie des graphes est une approche informatique et mathématique assez intuitive dans l'Informatique, nous pensons qu'une solution basée sur les propriétés de graphes serait mieux appréhendée par la communauté d'Intelligence Artificielle.

Contrairement à nos précédents travaux (Doubouya *et al.*, 2015c, Doubouya *et al.*, 2015a, Doubouya *et al.*, 2015b) nous espérons contourner l'étape de génération d'extensions pour trouver directement les arguments potentiellement acceptables sous une sémantique donnée en se basant sur les propriétés de graphes.

La figure A.2 illustre un graphe d'attaque qui respecte les propriétés mentionnées dans l'algorithme 2 avec  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$  et  $\gamma$  les nœuds du graphe appelés aussi arguments.

Le tableau A.1 montre la comparaison entre notre proposition et l'approche basée sur les extensions où les arguments sont acceptés sous la sémantique préférée. Dans cette comparaison, l'on peut noter que quand les propriétés sont satisfaites, on n'a besoin que d'une seule étape pour trouver les arguments acceptables. Tandis que dans l'approche basée sur les extensions, l'on a besoin de trois étapes.

Même si plusieurs travaux, par exemple (Coste-Marquis *et al.*, 2005) (symétrie), (Baroni *et al.*, 2005) (forte connexité) couplant argumentation et théorie de graphes et traitant aussi des problèmes de complexités (Baumann, 2011, Coste-Marquis *et al.*, 2005, Dunne, 2007, Dvořák *et al.*, 2012) ont été réalisés, cependant la plupart de ces travaux ne traite qu'une seule propriété de graphe à la fois. Tandis que notre approche fait appel à plusieurs propriétés de graphe. Une différence majeure avec ces travaux sus-cités est que nous prenons en compte les propriétés de graphes dans le processus

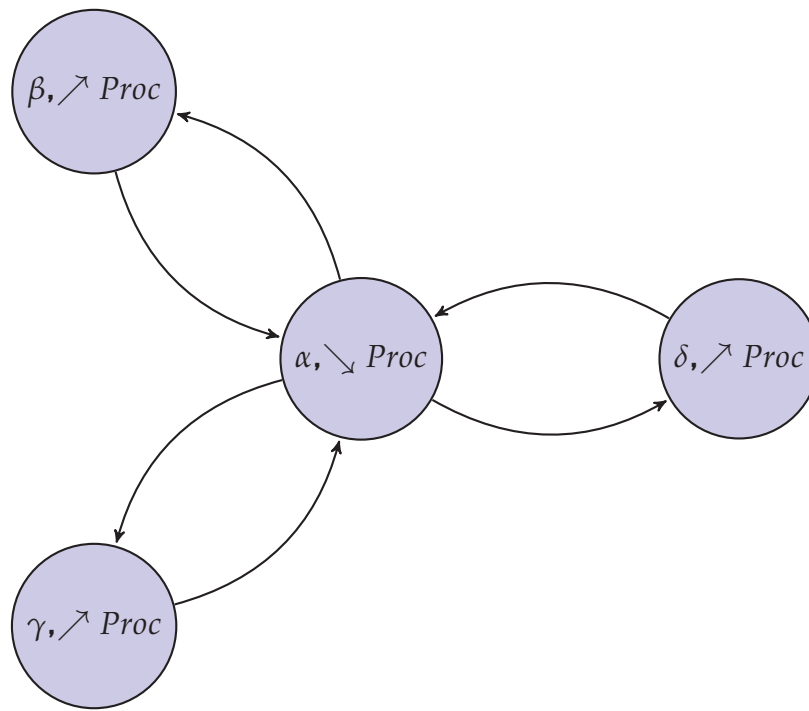


FIGURE A.2 – Graphe d'attaques

Tableau A.1 – Comparaison des différentes méthodes

Notre proposition	Approche basée sur les extensions
1. Vérification de la satisfaction des propriétés (forte connexité, symétrie, et irréflexivité). Ici les propriétés sont satisfaites.	<ol style="list-style-type: none"> <li>Détermination des ensembles sans conflits : <math>\{\emptyset\}, \{\alpha\}, \{\beta\}, \{\gamma\}, \{\delta\}, \{\beta, \gamma\}, \{\beta, \delta\}, \{\gamma, \delta\}, \{\beta, \gamma, \delta\}</math>;</li> <li>Détermination des ensembles admissibles : <math>\epsilon_1 = \{\emptyset\}, \epsilon_2 = \{\alpha\}, \epsilon_3 = \{\beta\}, \epsilon_4 = \{\delta\}, \epsilon_5 = \{\gamma\}, \epsilon_6 = \{\beta, \delta\}, \epsilon_7 = \{\beta, \gamma\}, \epsilon_8 = \{\delta, \gamma\}, \epsilon_9 = \{\beta, \delta, \gamma\}</math>;</li> <li>Détermination des extensions préférées : <math>\epsilon_2 = \{\alpha\}, \epsilon_9 = \{\beta, \gamma, \delta\}</math>.</li> </ol>
<b>Arguments acceptés</b> : $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ sont acceptés de manière crédule sous la sémantique préférée.	

de raisonnement pour la génération des arguments acceptables sous une sémantique donnée ce qui n'est pas le cas dans ces travaux. Comme dit précédemment, plusieurs travaux considèrent une seule propriété de graphe à la fois à l'exception de (Coste-Marquis *et al.*, 2005) qui combine la propriété de symétrie et d'irréflexivité. Nous nous sommes inspirés des travaux de (Coste-Marquis *et al.*, 2005) tout en y ajoutant la propriété de forte connexité pour aboutir à la proposition 1.

## A.5 Conclusion

La plupart des travaux autour de l'argumentation est basée sur la formalisation des évaluations des arguments. Cette formalisation se fait par des méthodes (procédurales ou déclaratives) utilisant des approches basées sur les extensions ou sur les labellings (Baroni et Giacomin, 2009).

L'idée proposée dans cette annexe est de court-circuiter le processus de génération des extensions pour obtenir directement les arguments acceptables sous les sémantiques admissibles et préférées. Pour ce faire, nous nous focalisons sur les propriétés de graphes notamment la *forte connexité*, la *symétrie*, et l'*irréflexivité*. Cette contribution permet de réduire le nombre d'étapes dans le calcul des arguments acceptables si certaines propriétés sont respectées.

En perspectives de cette annexe, nous envisageons de voir aussi l'impact d'autres propriétés de graphe sur les arguments potentiellement acceptables sous une sémantique donnée.



# ALGORITHMES DE CALCUL DES EXTENSIONS

## Sommaire

---

<b>B.1</b>	<b>Génération des ensembles sans-conflits</b>	<b>124</b>
<b>B.2</b>	<b>Génération des extensions admissibles</b>	<b>125</b>
<b>B.3</b>	<b>Génération des extensions préférées</b>	<b>125</b>
<b>B.4</b>	<b>Algorithme permettant de vérifier si un ensemble défend tous ses éléments</b>	<b>126</b>

---



## B.1 Génération des ensembles sans-conflits

### Algorithme 3 : Calcul des ensembles sans-conflits

**Entrées :**  $AS$ , initialisé avec l'ensemble de des ensembles de tous les arguments  
(taille= $n$ )

**Output :**  $CFS$ , ensemble sans-conflit initialisé à null

**Données :**  $quit$ , booléen initialisé à **faux**

```

pour  $i=1$  à  $n$  faire
  si  $AS(i)$  estVide() ||  $tailleDe(AS(i)) == 1$  alors
    |  $CFS = CFS + AS(i)$ ;
  sinon
    | pour  $j=1$  à  $tailleDe(AS(i))$  faire
      | |  $quit = \text{faux}$ ;
      | | pour  $k=j+1$  à  $tailleDe(AS(i))$  faire
        | | | si  $\exists$  RelationAttaque entre  $AS(i)(j)$  et  $AS(i)(k)$  alors
          | | | |  $quit = \text{vrai}$ ;
          | | | | arrêter;
          | | | fin
        | | fin
      | | si  $quit$  alors
        | | | continuer;
        | | fin
      | |  $CFS = CFS + AS(i)$ ;
    | fin
  fin
fin
retourner  $CFS$ ;

```

*Preuve.*

**Hypothèse :** Un argument ne s'attaque pas lui-même.

**Pré-condition :** Soit  $AS$ , l'ensemble de tous les ensembles possibles du système d'argumentation.

**Post-condition :** Retourner l'ensemble composé d'ensemble sans-conflits.

Deux boucles imbriquées sont utilisées : la première boucle l'ensemble  $AS$  tandis que la seconde boucle sur les éléments de l'ensemble  $AS$  courant, c'est-à-dire les arguments :

- Si l'ensemble courant est vide alors il est nécessairement un ensemble sans-conflit, il est donc ajouté à  $CFS$ ;
- Si l'ensemble courant est un singleton, il est nécessairement sans-conflit, car d'après l'hypothèse un argument ne s'attaque pas lui-même;
- Si la taille de l'ensemble courant est supérieure ou égale à 2 alors :

- Pour chaque élément de l'ensemble courant, on vérifie s'il existe au moins une relation d'attaque entre les arguments de l'ensemble courant. Si c'est le cas, cela voudrait dire que cet ensemble n'est pas sans-conflit. On quitte donc la boucle interne et continue sur l'itération suivante c'est-à-dire le prochain élément de l'ensemble  $AS$ . Dans le cas contraire l'ensemble courant est sans-conflit et est donc ajouté à  $CFS$ .

- À la fin, tous les ensembles sans-conflits seront dans  $CFS$ .

Ce qui prouve que cet algorithme est correct. ■

## B.2 Génération des extensions admissibles

**Algorithme 4** : Calcul des extensions admissibles

**Entrées** :  $CFS$ , ensembles sans-conflits

**Output** :  $AE$ , ensemble des extensions admissibles initialisé à null

```

pour  $i=1$  à  $tailleDe(CFS)$  faire
    | si  $CFS(i)$  estVide() ||  $CFS(i)$  défendTousSesElements alors
    | |  $AE = AE + CFS(i)$ ;
    | fin
fin
retourner  $AE$ ;

```

*Preuve.*

**Hypothèse** : L'ensemble vide défend tous ses éléments.

**Pré-condition** :  $CFS$ , l'ensemble des ensembles sans-conflits.

**Post-condition** : Retourner  $AE$ , l'ensemble des extensions admissibles.

Pour chaque élément de  $CFS$ , dans l'itération si l'élément courant est l'ensemble vide, alors il est ajouté à  $AE$ , ou bien si l'élément courant défend tous ses éléments (voir algorithme 6), il est aussi ajouté à  $AE$ . Par conséquent à la fin de l'itération, l'ensemble  $AE$  contiendra toutes les extensions admissibles. ■

## B.3 Génération des extensions préférées

L'algorithme ci-dessous permet de déterminer les extensions préférées. Une extension préférée est une extension admissible maximale au sens de l'inclusion. L'algorithme en question prend donc en entrée les extensions admissibles et produit les extensions préférées comme sortie. Les décisions finales seront prises sur la base des éléments des extensions préférées.

**Algorithme 5** : Calcul des extensions préférées**Entrées** :  $AE$ , extensions admissibles précédemment calculées**Output** :  $PE$ , ensemble des extensions préférées initialisé à null**pour**  $i=1$  à  $tailleDe(AE)$  **faire**    **si**  $tailleDe(AE(i)) > 0$  &&  $AE(i)$  estEnsembleMaximalContenant  $AE(i)$  **alors**         $PE = PE + AE(i)$ ;    **fin****fin****retourner**  $PE$ ;*Preuve.***Pré-condition** :  $AE$ , l'ensemble des extensions admissibles.**Post-condition** : Retourner  $PE$ , l'ensemble des extensions préférées.

Pour chaque élément de  $AE$ , il est vérifié si la taille de l'élément courant est plus grand que 1 et qu'il n'existe aucun ensemble dans  $AE$  contenant l'élément courant. Si ces conditions sont remplies alors l'élément courant de  $AE$  est ajouté à  $PE$ . Ainsi à la fin de la boucle  $PE$  contiendra les extensions préférées. ■

## B.4 Algorithme permettant de vérifier si un ensemble défend tous ses éléments

Cet algorithme prend en entrée un ensemble donné et l'ensemble de tous les arguments de la base de connaissances et retourne un booléen comme sortie. Il utilise les mécanismes de projection dans CoGui pour connaître s'il y a une relation d'attaque entre deux arguments.

**Algorithme 6** : Vérification si un ensemble défend tous ses éléments

**Entrées** :  $B$ , ensemble à vérifier.

**Output** :  $Sarg$ , ensemble de tous les arguments.

**Données** :  $k$ , entier

**pour**  $i=1$  à  $tailleDe(B)$  **faire**

**pour**  $j=1$  à  $tailleDe(Sarg)$  **faire**

**si**  $Sarg(i)$  attaque  $B(i)$  &&  $\exists \delta \in B / \delta$  attaque  $Sarg(i)$  **alors**

$k = k + 1;$

**arrêter;**

**fin**

**fin**

**fin**

**si**  $k == tailleDe(B)$  **alors**

**retourner vrai;**

**sinon**

**retourner faux;**

**fin**

*Preuve.*

**Pré-condition** :  $B$ , l'ensemble à vérifier et  $Sarg$ , l'ensemble de tous les arguments.

**Post-condition** : Retourner un booléen :

- **vrai** si  $B$  défend tous ses éléments ;
- **faux** sinon.

Deux boucles sont utilisées : la première boucle sur l'ensemble  $B$  et la seconde sur l'ensemble  $Sarg$ . Pour chaque élément de  $B$ , on vérifie la notion de défense. Si la condition est vérifiée, on incrémente la variable  $k$  et on sort de la boucle interne et ainsi de suite. À la fin de la boucle externe si  $k$  coïncide avec la taille de  $B$  cela veut dire que  $B$  défend tous ses éléments et l'algorithme retourne **vrai**, dans le cas contraire, il retourne **faux**. ■



# Bibliographie

- ADEBESIN, F., FOSTER, R., KOTZÉ, P. et GREUNEN, D. V. (2013). A Review of Interoperability Standards in E-health and Imperatives for their Adoption in Africa. *South African Computer Journal*, 50(1).
- ALAGOZ, O., HSU, H., SCHAEFER, A. J. et ROBERTS, M. S. (2010). Markov Decision Processes : A Tool for Sequential Decision Making under Uncertainty. *Medical decision making : an international journal of the Society for Medical Decision Making*, 30(4):474–483.
- AMALBERTI, R. et BRAMI, J. (2011). ‘Tempos’ management in primary care : a key factor for classifying adverse events, and improving quality and safety. *BMJ Quality & Safety*, page qhc.2010.048710.
- AMGOUD, L. et VESIC, S. (2014). Rich preference-based argumentation frameworks. *International Journal of Approximate Reasoning*, 55(2):585–606.
- AMMENWERTH, E., EHLERS, F., HIRSCH, B. et GRATL, G. (2007). HIS-Monitor : An approach to assess the quality of information processing in hospitals. *International Journal of Medical Informatics*, 76(2-3):216–225.
- ARONSON, A. R. et LANG, F.-M. (2010). An overview of MetaMap : historical perspective and recent advances. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 17(3):229–236.
- ATAÇ, A., KURT, E. et YURDAKUL, S. E. (2013). An Overview to Ethical Problems in Telemedicine Technology. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 103:116–121.
- AUDEMARD, G. et SIMON, L. (2009). The Glucose SAT Solver. <http://www.labri.fr/perso/lsimon/glucose/>. Dernier accès le 20 mai 2015.
- BAE, J.-M. (2014). The clinical decision analysis using decision tree. *Epidemiology and Health*, 36.
- BARJIS, J., KOLFSCHOTEN, G. et MARITZ, J. (2013). A sustainable and affordable support system for rural healthcare delivery. *Decision Support Systems*, 56:223–233.
- BARONI, P. et GIACOMIN, M. (2009). Semantics of Abstract Argument Systems. In SIMARI, G. et RAHWAN, I., éditeurs : *Argumentation in Artificial Intelligence*, pages 25–44. Springer US. DOI : 10.1007/978-0-387-98197-0\_2.

- BARONI, P., GIACOMIN, M. et GUIDA, G. (2005). SCC-recursiveness : a general schema for argumentation semantics. *Artificial Intelligence*, 168(1–2):162–210.
- BATET, M., SÁNCHEZ, D. et VALLS, A. (2011). An ontology-based measure to compute semantic similarity in biomedicine. *Journal of Biomedical Informatics*, 44(1):118–125.
- BAUMANN, R. (2011). Splitting an Argumentation Framework. In DELGRANDE, J. P. et FABER, W., éditeurs : *Logic Programming and Nonmonotonic Reasoning*, numéro 6645 de Lecture Notes in Computer Science, pages 40–53. Springer Berlin Heidelberg. DOI : 10.1007/978-3-642-20895-9\_6.
- BENNETT, C. C. et DOUB, T. W. (2016). Chapter 2 - Expert Systems in Mental Health Care : AI Applications in Decision-Making and Consultation A2 - Luxton, David D. In *Artificial Intelligence in Behavioral and Mental Health Care*, pages 27–51. Academic Press, San Diego.
- BENNETT, W. L. et FELDMAN, M. S. (1981). *Reconstructing Reality in the Courtroom : Justice and Judgment in American Culture*. Rutgers.
- BESNARD, P. et DOUTRE, S. (2004). Caractérisation de sémantiques de l’argumentation. <http://www.irisa.fr/dream/Seminaire/Tahiti/Tahiti04/transparents/philippe/philippe.pdf>. Dernier accès le 03 juin 2015.
- BESNARD, P., GARCIA, A., HUNTER, A., MODGIL, S., PRAKKEN, H., SIMARI, G. et TONI, F. (2014). Introduction to structured argumentation. *Argument & Computation*, 5(1):1–4.
- BEX, F., PRAKKEN, H., REED, C. et WALTON, D. (2003). Towards a Formal Account of Reasoning about Evidence : Argumentation Schemes and Generalisations. *Artificial Intelligence and Law*, 11(2-3):125–165.
- BIERE, A. (2009). P{re,i}cosat@sc’09. In *SAT Competition 2009*.
- BONDARENKO, A., DUNG, P. M., KOWALSKI, R. A. et TONI, F. (1997). An abstract, argumentation-theoretic approach to default reasoning. *Artificial Intelligence*, 93(1–2): 63–101.
- BOURGUET, J.-R. (2011). *Contribution aux méthodes d’argumentation pour la prise de décision. Application à l’arbitrage au sein de la filière céréalière*. Thèse de doctorat, Université de Montpellier.
- BOURGUET, J.-R., THOMOPOULOS, R., MUGNIER, M.-L. et ABÉCASSIS, J. (2013). An artificial intelligence-based approach to deal with argumentation applied to food quality in a public health policy. *Expert Systems with Applications*, 40(11):4539–4546.
- BOXWALA, A. A., ZENG, Q. T., CHAMBERAS, A., SATO, L. et DIERKS, M. (2003). Coverage of patient safety terms in the UMLS metathesaurus. *AMIA ... Annual Symposium proceedings / AMIA Symposium*. *AMIA Symposium*, pages 110–114.
- BURKE, L. E., STYN, M. A., SEREIKA, S. M., CONROY, M. B., YE, L., GLANZ, K., SEVICK, M. A. et EWING, L. J. (2012). Using mHealth Technology to Enhance Self-Monitoring for Weight Loss : A Randomized Trial. *American Journal of Preventive Medicine*, 43(1):20–26.

- CAMINADA, M. (2006). Semi-stable semantics. *In Computational Models of Argument; Proceedings of COMMA 2006*, pages 121–130. IOS Press.
- CAMINADA, M. (2007). An Algorithm for Computing Semi-stable Semantics. *In MELLOULI, K., éditeur : Symbolic and Quantitative Approaches to Reasoning with Uncertainty*, numéro 4724 de Lecture Notes in Computer Science, pages 222–234. Springer Berlin Heidelberg.
- CARRÉ, B. (1991). 4 - Graph theory A2 - McDermid, John A. *In Software Engineer's Reference Book*, pages 4/1–4/11. Butterworth-Heinemann.
- CAVALLI, E., MATTASOGLIO, A., PINCIROLI, F. et SPAGGIARI, P. (2004). Information security concepts and practices : the case of a provincial multi-specialty hospital. *International Journal of Medical Informatics*, 73(3):297–303.
- CAYROL, C. et LAGASQUIE-SCHIEX, M.-C. (2013). Bipolarity in argumentation graphs : Towards a better understanding. *International Journal of Approximate Reasoning*, 54(7): 876–899.
- CENTRE FOR ARGUMENT TECHNOLOGY (2009). ArgDB. <http://www.arg-tech.org/index.php/projects/argdb/argdb-user-guide/>. Dernier accès le 26 mai 2015.
- CERUTTI, F., DUNNE, P. E., GIACOMIN, M. et VALLATI, M. (2013). Computing Preferred Extensions in Abstract Argumentation : A SAT-Based Approach. *In BLACK, E., MODGIL, S. et OREN, N., éditeurs : Theory and Applications of Formal Argumentation*, numéro 8306 de Lecture Notes in Computer Science, pages 176–193. Springer Berlin Heidelberg.
- CERUTTI, F., GIACOMIN, M. et VALLATI, M. (2014a). ArgSemSAT : Solving Argumentation Problems Using SAT. *In 5th International Conference on Computational Models of Argument*, Pitlochry, Scotland.
- CERUTTI, F., GIACOMIN, M., VALLATI, M. et ZANELLA, M. (2014b). A SCC Recursive Meta-Algorithm for Computing Preferred Labellings in Abstract Argumentation. *In Proceedings of KR 2014*, Vienna, Austria.
- CHALUMEAU, M., DUBOS, F., LEROY, S., MOULIN, F., GENDREL, D. et BRÉART, G. (2008). [Clinical decision rules in the paediatric emergency department : when and how?]. *Archives De Pédiatrie : Organe Officiel De La Société Française De Pédiatrie*, 15(5):718–720.
- CHARWAT, G., DVOŘÁK, W., GAGGL, S. A., WALLNER, J. P. et WOLTRAN, S. (2015). Methods for solving reasoning problems in abstract argumentation – A survey. *Artificial Intelligence*, 220:28–63.
- CHAVANON, O., DURAND, M., ROMAIN-SORIN, V., NOIRCLERC, M., CRACOWSKI, J. L., PROTAR, D., ABDENNADHER, M. et BLIN, D. (2002). [Does the time between preoperative interruption of aspirin intake and operation influence postoperative blood loss and transfusion requirement in coronary artery bypass graft?]. *Annales Françaises D'anesthésie Et De Réanimation*, 21(6):458–463.



- CHEIN, M. et MUGNIER, M.-L. (2008). *Graph-based Knowledge Representation : Computational Foundations of Conceptual Graphs*. Springer Publishing Company, Incorporated, 1 édition.
- CHRISTOPOULOU, E. et KAMEAS, A. (2004). Using Ontologies to Address Key Issues in Ubiquitous Computing Systems. In MARKOPOULOS, P., EGGEN, B., AARTS, E. et CROWLEY, J. L., éditeurs : *Ambient Intelligence*, numéro 3295 de Lecture Notes in Computer Science, pages 13–24. Springer Berlin Heidelberg. DOI : 10.1007/978-3-540-30473-9\_2.
- CIOFFI, J., PURCAL, N. et ARUNDELL, F. (2005). A pilot study to investigate the effect of a simulation strategy on the clinical decision making of midwifery students. *The Journal of Nursing Education*, 44(3):131–134.
- CORBY, O., DIENG-KUNTZ, R., FARON-ZUCKER, C. et GANDON, F. (2006). Searching the Semantic Web : Approximate Query Processing Based on Ontologies. *IEEE Intelligent Systems*, 21(1):20–27.
- COSTE-MARQUIS, S., DEVRED, C. et MARQUIS, P. (2005). Symmetric Argumentation Frameworks. In GODO, L., éditeur : *Symbolic and Quantitative Approaches to Reasoning with Uncertainty*, numéro 3571 de Lecture Notes in Computer Science, pages 317–328. Springer Berlin Heidelberg. DOI : 10.1007/11518655\_28.
- COSTE-MARQUIS, S., DEVRED, C. et MARQUIS, P. (2006). Constrained argumentation frameworks. In *Proceedings, Tenth International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning, Lake District of the United Kingdom, June 2-5, 2006*, pages 112–122.
- DARMONI, S. J., THIRION, B., LEROY, J. P., BAUDIC, F., DOUYÈRE, M. et PIOT, J. (2000). Informations de santé destinées aux patients sur internet. *ITBM-RBM*, 21(5):281–285.
- DGOS : DIRECTION GÉNÉRALE DE L’OFFRE DES SOINS (2012). *Recommendations for the implementation of a telemedicine project, Technical Deployment : Urbanization and infrastructure*. Group/Information Systems, French Ministry of Employment, Labour and Health. [http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/Recommandations\\_mise\\_en\\_oeuvre\\_projet\\_telemedecine.pdf](http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/Recommandations_mise_en_oeuvre_projet_telemedecine.pdf).
- DICKINSON, H. D. (1998). Evidence-based decision-making : an argumentative approach. *International Journal of Medical Informatics*, 51(2–3):71–81.
- DIENG-KUNTZ, R., MINIER, D., RŮŽIČKA, M., CORBY, F., CORBY, O. et ALAMARGUY, L. (2006). Building and using a medical ontology for knowledge management and cooperative work in a health care network. *Computers in Biology and Medicine*, 36(7–8):871–892.
- DOLAN, R. et BROADBENT, P. (2016). A quality improvement project using a problem based post take ward round proforma based on the SOAP acronym to improve documentation in acute surgical receiving. *Annals of Medicine and Surgery*, 5:45–48.

- DOUMBOUYA, M. B., KAMSU-FOGUEM, B. et KENFACK, H. (2016). Argumentation and graph properties. *Information Processing & Management*, 52(2):319–325.
- DOUMBOUYA, M. B., KAMSU-FOGUEM, B., KENFACK, H. et FOGUEM, C. (2014). Telemedicine using mobile telecommunication : Towards syntactic interoperability in teleexpertise. *Telematics and Informatics*, 31(4):648–659.
- DOUMBOUYA, M. B., KAMSU-FOGUEM, B., KENFACK, H. et FOGUEM, C. (2015a). Argumentative reasoning and taxonomic analysis for the identification of medical errors. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 46, Part A:166–179.
- DOUMBOUYA, M. B., KAMSU-FOGUEM, B., KENFACK, H. et FOGUEM, C. (2015b). Combining conceptual graphs and argumentation for aiding in the teleexpertise. *Computers in Biology and Medicine*, 63:157–168.
- DOUMBOUYA, M. B., KAMSU-FOGUEM, B., KENFACK, H. et FOGUEM, C. (2015c). A framework for decision making on teleexpertise with traceability of the reasoning. *IRBM*, 36(1):40–51.
- DOUTRE, S. et MENGIN, J. (2001). Preferred Extensions of Argumentation Frameworks : Query, Answering, and Computation. In GORÉ, R., LEITSCH, A. et NIPKOW, T., éditeurs : *Automated Reasoning*, numéro 2083 de Lecture Notes in Computer Science, pages 272–288. Springer Berlin Heidelberg.
- DRURY, J. et WILLIAMS, M. (2002). A framework for role-based specification and evaluation of awareness support in synchronous collaborative applications. In *Eleventh IEEE International Workshops on Enabling Technologies : Infrastructure for Collaborative Enterprises, 2002. WET ICE 2002. Proceedings*, pages 12–17.
- DUBOIS, D., GODO, L. et PRADE, H. (2014). Weighted logics for artificial intelligence – an introductory discussion. *International Journal of Approximate Reasoning*, 55(9):1819–1829.
- DUNG, P. M. (1995). On the acceptability of arguments and its fundamental role in nonmonotonic reasoning, logic programming and n-person games. *Artificial Intelligence Journal*, 77:321–357.
- DUNNE, P. E. (2007). Computational properties of argument systems satisfying graph-theoretic constraints. *Artificial Intelligence*, 171(10–15):701–729.
- DUNNE, P. E. et CAMINADA, M. (2008). Computational Complexity of Semi-stable Semantics in Abstract Argumentation Frameworks. In HÖLLDOBLER, S., LUTZ, C. et WANSING, H., éditeurs : *Logics in Artificial Intelligence*, numéro 5293 de Lecture Notes in Computer Science, pages 153–165. Springer Berlin Heidelberg.
- DVOŘÁK, W., JÄRVISALO, M., WALLNER, J. P. et WOLTRAN, S. (2014). Complexity-sensitive decision procedures for abstract argumentation. *Artificial Intelligence*, 206:53–78.
- DVOŘÁK, W., MORAK, M., NOPP, C. et WOLTRAN, S. (2013). dynPARTIX - A Dynamic Programming Reasoner for Abstract Argumentation. In TOMPITS, H., ABREU, S.,

- OETSCH, J., PÜHRER, J., SEIPEL, D., UMEDA, M. et WOLF, A., éditeurs : *Applications of Declarative Programming and Knowledge Management*, numéro 7773 de Lecture Notes in Computer Science, pages 259–268. Springer Berlin Heidelberg.
- DVOŘÁK, W., PICHLER, R. et WOLTRAN, S. (2012). Towards fixed-parameter tractable algorithms for abstract argumentation. *Artificial Intelligence*, 186:1–37.
- ELKIN, P. L., BEUSCART-ZEPHIR, M.-C., PELAYO, S., PATEL, V. et NØHR, C. (2013). The usability-error ontology. *Studies in Health Technology and Informatics*, 194:91–96.
- FARQUHAR, A., FIKES, R. et RICE, J. (1997). The Ontolingua Server : a tool for collaborative ontology construction. *International Journal of Human-Computer Studies*, 46(6):707–727.
- FERNANDO, I., HENSKENS, F. et COHEN, M. (2011). A Domain Specific Expert System Model for Diagnostic Consultation in Psychiatry. In *2011 12th ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing (SNPD)*, pages 3–6.
- FIGUEREDO, M. V. M. et DIAS, J. (2004). Mobile telemedicine system for home care and patient monitoring. *Conference proceedings : ... Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual Conference*, 5:3387–3390.
- FIPA (2002). FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents). <http://www.fipa.org/specs/fipa00029/SC00029H.pdf>, dernier accès le 07/12/2015.
- GARDNER, R. M., PRYOR, T. A. et WARNER, H. R. (1999). The HELP hospital information system : update 1998. *International Journal of Medical Informatics*, 54(3):169–182.
- GARG AX, ADHIKARI NJ, McDONALD H et ET AL (2005). Effects of computerized clinical decision support systems on practitioner performance and patient outcomes : A systematic review. *JAMA*, 293(10):1223–1238.
- GE, X., RIJO, R., PAIGE, R. F., KELLY, T. P. et McDERMID, J. A. (2012). Introducing Goal Structuring Notation to Explain Decisions in Clinical Practice. *Procedia Technology*, 5:686–695.
- GILBERT, K. et WHYTE, G. (2009). Argument and Medicine : A model of reasoning for clinical practice. *OSSA Conference Archive*.
- GORTZIS, L. G. et NIKIFORIDIS, G. (2008). Tracing and cataloguing knowledge in an e-health cardiology environment. *Journal of Biomedical Informatics*, 41(2):217–223.
- GRASSO, F., CAWSEY, A. et JONES, R. (2000). Dialectical argumentation to solve conflicts in advice giving : a case study in the promotion of healthy nutrition. *International Journal of Human-Computer Studies*, 53(6):1077–1115.
- GRIEVE, G. P. (1988). Clinical Examination and the SOAP Mnemonic. *Physiotherapy*, 74(2):97.

- GUILLAUME, R., HOUÉ, R. et GRABOT, B. (2014). Robust competence assessment for job assignment. *European Journal of Operational Research*, 238(2):630–644.
- HANDEL, M. J. (2011). mHealth (Mobile Health)—Using Apps for Health and Wellness. *EXPLORE : The Journal of Science and Healing*, 7(4):256–261.
- HERVEG, J. (2007). Confidentialité et sécurité pour les applications de télémédecine en droit européen. *Lex Electronica*, 12(1).
- HOLLANDER, R. D. (1984). Information constraints in medical encounters. *Journal of Bioethics*, 5(2):116–126.
- IWAYA, L. H., GOMES, M. a. L., SIMPLÍCIO, M. A., CARVALHO, T. C. M. B., DOMINICINI, C. K., SAKURAGUI, R. R. M., REBELO, M. S., GUTIERREZ, M. A., NÄSLUND, M. et HÅKANSSON, P. (2013). Mobile health in emerging countries : a survey of research initiatives in Brazil. *International Journal of Medical Informatics*, 82(5):283–298.
- JOUBE, D., AMGHAR, Y., CHABBAT, B. et PINON, J. M. (2003). Conceptual framework for document semantic modelling : an application to document and knowledge management in the legal domain. *Data & Knowledge Engineering*, 46(3):345–375.
- JUCHLI, P. O. (2013). The evidential foundations of probabilistic reasoning : toward a better understanding of evidence and its usage. *Frontiers in Genetics*, 4.
- KACI, S. et LABREUCHE, C. (2014). Valued preference-based instantiation of argumentation frameworks with varied strength defeats. *International Journal of Approximate Reasoning*, 55(9):2004–2027.
- KAMUSU-FOGUEM, B. et FOGUEM, C. (2014). Telemedicine and mobile health with integrative medicine in developing countries. *Health Policy and Technology*, 3(4):264–271.
- KAMUSU-FOGUEM, B., TCHUENTÉ-FOGUEM, G. et FOGUEM, C. (2014a). Conceptual graph operations for formal visual reasoning in the medical domain. *IRBM*, 35(5):262–270.
- KAMUSU-FOGUEM, B., TCHUENTÉ-FOGUEM, G. et FOGUEM, C. (2014b). Verifying a medical protocol with temporal graphs : the case of a nosocomial disease. *Journal of Critical Care*, 29(4):690.e1–9.
- KAMUSU-FOGUEM, B., TIAKO, P. F., FOTSO, L. P. et FOGUEM, C. (2015a). Modeling for effective collaboration in telemedicine. *Telematics and Informatics*, 32(4):776–786.
- KAMUSU-FOGUEM, B., TIAKO, P. F., MUTAFUNGWA, E. et FOGUEM, C. (2015b). Knowledge-based modelling applied to synucleinopathies. *European Geriatric Medicine*, 6(4):381–388.
- KAUSHAL R, SHOJANIA KG et BATES DW (2003). Effects of computerized physician order entry and clinical decision support systems on medication safety : A systematic review. *Archives of Internal Medicine*, 163(12):1409–1416.
- KAWAMOTO, K., HOULIHAN, C. A., BALAS, E. A. et LOBACH, D. F. (2005). Improving clinical practice using clinical decision support systems : a systematic review of trials to identify features critical to success. *BMJ*, 330(7494):765.

- KETTELER, E. R., AUYANG, E. D., BEARD, K. E., MCBRIDE, E. L., MCKEE, R., RUSSELL, J. C., SZOKA, N. L. et NELSON, M. T. (2014). Competency Champions in the Clinical Competency Committee : A Successful Strategy to Implement Milestone Evaluations and Competency Coaching. *Journal of Surgical Education*, 71(1):36–38.
- KNABE, T., SCHILLO, M. et FISCHER, K. (2002). Improvements to the FIPA Contract Net Protocol for Performance Increase and Cascading Applications. In *In International Workshop for Multi-Agent Interoperability at the German Conference on AI KI-2002*.
- LAWSON, A. E. et DANIEL, E. S. (2011). Inferences of clinical diagnostic reasoning and diagnostic error. *Journal of Biomedical Informatics*, 44(3):402–412.
- LE JEUNNE, C. (2016). Liens d'intérêt et expertise médicale. *Ethics, Medicine and Public Health*, 2(1):74–77.
- LEMPERT, R. (1986). New Evidence Scholarship : Analyzing the Process of Proof, The. *Boston University Law Review*, 66:439.
- LEVI, G. et SIROVICH, F. (1976). Generalized and/or graphs. *Artificial Intelligence*, 7(3):243–259.
- LI, W. D., ONG, S. K., NEE, A. Y. C. et MCMAHON, C. A. (2007). *Collaborative Product Design and Manufacturing Methodologies and Applications*. Springer Science & Business Media.
- LIEKNA, A., LAVENDELIS, E. et GRABOVSKIS, A. (2012). Experimental analysis of contract net protocol in multi-robot task allocation. *Applied Computer Systems*, 13(1):6–14.
- LINAS, B. S., LATKIN, C., GENZ, A., WESTERGAARD, R. P., CHANG, L. W., BOLLINGER, R. C. et KIRK, G. D. (2015). Utilizing mHealth methods to identify patterns of high risk illicit drug use. *Drug and Alcohol Dependence*, 151:250–257.
- LING, L., DESTRIE, P. et COHEN, N. (2013). Implementing Milestones and Clinical Competency Committees. <https://www.acgme.org/acgmeweb/Portals/0/PDFs/ACGMEMilestones-CCC-AssesmentWebinar.pdf>. Dernier accès, 23 Mars 2016.
- LINKIN, D. R., FISHMAN, N. O., LANDIS, J. R., BARTON, T. D., GLUCKMAN, S., KOSTMAN, J. et METLAY, J. P. (2007). Effect of communication errors during calls to an antimicrobial stewardship program. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 28(12):1374–1381.
- LIRMM : GRAPHIK TEAM (2005). CoGui : graph-based visual tool. <http://www.lirmm.fr/cogui/>. Dernier accès le 29 janvier 2016.
- LONGO, L. et HEDERMAN, L. (2013). Argumentation Theory for Decision Support in Health-Care : A Comparison with Machine Learning. In IMAMURA, K., USUI, S., SHIRAO, T., KASAMATSU, T., SCHWABE, L. et ZHONG, N., éditeurs : *Brain and Health Informatics*, numéro 8211 de Lecture Notes in Computer Science, pages 168–180. Springer International Publishing. DOI : 10.1007/978-3-319-02753-1\_17.

- LONGO, L., KANE, B. et HEDERMAN, L. (2012). Argumentation theory in health care. In *Computer-Based Medical Systems (CBMS), 2012 25th International Symposium on*, pages 1–6.
- LUXTON, D. D., JUNE, J. D., SANO, A. et BICKMORE, T. (2016). Chapter 6 - Intelligent Mobile, Wearable, and Ambient Technologies for Behavioral Health Care. In LUXTON, D. D., éditeur : *Artificial Intelligence in Behavioral and Mental Health Care*, pages 137–162. Academic Press, San Diego.
- MACLEAN, A., YOUNG, R. M., BELLOTTI, V. M. E. et MORAN, T. P. (1991). Questions, Options, and Criteria : Elements of Design Space Analysis. *Hum.-Comput. Interact.*, 6(3):201–250.
- MAKEHAM, M. A. B., COUNTY, M., KIDD, M. R. et DOVEY, S. M. (2002). An international taxonomy for errors in general practice : a pilot study. *Medical Journal of Australia*, 177(2).
- MARESCAUX, J., LEROY, J., RUBINO, F., SMITH, M., VIX, M., SIMONE, M. et MUTTER, D. (2002). Transcontinental Robot-Assisted Remote Telesurgery : Feasibility and Potential Applications. *Annals of Surgery*, 235(4):487–492.
- MARKWALDER, T. M. et SEILER, R. W. (1985). Chronic subdural hematomas : to drain or not to drain? *Neurosurgery*, 16(2):185–188.
- MILLER, P. L., BLUMENFRUCHT, S. J., ROSE, J. R., ROTHSCHILD, M., WELTIN, G., SWETT, H. A. et MARS, N. J. (1986). Expert System Knowledge Acquisition for Domains of Medical Workup : An Augmented Transition Network Model. *Proceedings of the Annual Symposium on Computer Application in Medical Care*, pages 30–35.
- MODGIL, S. et CAMINADA, M. (2009). Proof Theories and Algorithms for Abstract Argumentation Frameworks. In SIMARI, G. et RAHWAN, I., éditeurs : *Argumentation in Artificial Intelligence*, pages 105–129. Springer US. DOI : 10.1007/978-0-387-98197-0\_6.
- MUGNIER, M. L. (1995). On generalization/specialization for conceptual graphs. *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*, 7(3):325–344.
- MUSEN, M. A., MIDDLETON, B. et GREENES, R. A. (2014). Clinical Decision-Support Systems. In SHORTLIFFE, E. H. et CIMINO, J. J., éditeurs : *Biomedical Informatics*, pages 643–674. Springer London. DOI : 10.1007/978-1-4471-4474-8\_22.
- MÉHAND, G., DANIEL, P. et JÉRÔME, F. (2010). Tic & santé : Au-delà de l'innovation technologique? [https://www.google.fr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCEQFjAAahUKEwigm4HK2d\\_GAhWgv3IKHa3TAoc&url=http%3A%2F%2Fwww.altran.fr%2Ffileadmin%2Fmedias%2FFR.altran.fr%2Fdocuments%2FLivre\\_blanc\\_t%25C3%25A91%25C3%25A9m%25C3%25A9decine\\_-\\_Audel%25C3%25A0\\_de\\_l\\_innovation\\_technolique.pdf&ei=96mnVeDDLb\\_yg0tp4u4CA&usg=AFQjCNEuBUZqBxKTS5WYDc6fv55kZs0RNw&sig2=GezpzcsjS0psdC0fpajVuGg&bvm=bv.97949915,d.ZGU](https://www.google.fr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCEQFjAAahUKEwigm4HK2d_GAhWgv3IKHa3TAoc&url=http%3A%2F%2Fwww.altran.fr%2Ffileadmin%2Fmedias%2FFR.altran.fr%2Fdocuments%2FLivre_blanc_t%25C3%25A91%25C3%25A9m%25C3%25A9decine_-_Audel%25C3%25A0_de_l_innovation_technolique.pdf&ei=96mnVeDDLb_yg0tp4u4CA&usg=AFQjCNEuBUZqBxKTS5WYDc6fv55kZs0RNw&sig2=GezpzcsjS0psdC0fpajVuGg&bvm=bv.97949915,d.ZGU). Dernier accès le 16 juillet 2015.

- NAGEBA, E., RUBEL, P. et FAYN, J. (2013). Towards an intelligent exploitation of heterogeneous and distributed resources in cooperative environments of eHealth. *IRBM*, 34(1):79–85.
- PARK, S., KIM, W. et IHM, I. (2008). Mobile collaborative medical display system. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 89(3):248–260.
- PENG, J. et WANG, J. (2003). On-Demand Services Composition and Infrastructure Management. In LI, M., SUN, X.-H., DENG, Q.-n. et NI, J., éditeurs : *Grid and Cooperative Computing*, numéro 3032 de Lecture Notes in Computer Science, pages 511–518. Springer Berlin Heidelberg. DOI : 10.1007/978-3-540-24679-4\_94.
- POITOUT, D., HUREAU, J. et SARGOS, P. (2010). *L'expertise médicale en responsabilité médicale et en réparation du préjudice corporel*. Elsevier Masson, Issy-les-Moulineaux, 3e édition édition.
- POOLE, D. (2002). Logical Argumentation, Abduction and Bayesian Decision Theory : A Bayesian Approach to Logical Arguments and Its Application to Legal Evidential Reasoning. In MACCRIMMON, P. M. et TILLERS, P. P., éditeurs : *The Dynamics of Judicial Proof*, numéro 94 de Studies in Fuzziness and Soft Computing, pages 385–396. Physica-Verlag HD. DOI : 10.1007/978-3-7908-1792-8\_19.
- POTES RUIZ, P., KAMSU FOGUEM, B. et GRABOT, B. (2014). Generating knowledge in maintenance from Experience Feedback. *Knowledge-Based Systems*, 68:4–20.
- POTES RUIZ, P. A., KAMSU-FOGUEM, B. et NOYES, D. (2013). Knowledge reuse integrating the collaboration from experts in industrial maintenance management. *Knowledge-Based Systems*, 50:171–186.
- PRAKKEN, H. (2004). Analysing reasoning about evidence with formal models of argumentation. *Law, Probability and Risk*, 3(1):33–50.
- PRAKKEN, H. et SARTOR, G. (2015). Law and logic : A review from an argumentation perspective. *Artificial Intelligence*, 227:214–245.
- QASSAS, M. A., FOGLI, D., GIACOMIN, M. et GUIDA, G. (2015). Analysis of Clinical Discussions Based on Argumentation Schemes. *Procedia Computer Science*, 64:282–289.
- RACINET, C., MAS, J.-L. et HUREAU, J. (2013). L'expertise médicale fondée sur les faits. *Médecine & Droit*, 2013(123):167–174.
- RAŠKOVIĆ, D., MILENKOVIĆ, A., DE GROEN, P. C. et JOVANOVIĆ, E. (2008). 22 - From Telemedicine to Ubiquitous M-Health : The Evolution of E-Health Systems. In FENG, D. D., éditeur : *Biomedical Information Technology*, Biomedical Engineering, pages 479–496. Academic Press, Burlington.
- ROUGÉ, C. (2013). L'expertise médicale judiciaire ou menée dans le cadre d'une procédure devant les Commissions régionales d'indemnisation des accidents médicaux. *Médecine & Droit*, 2013(120):93–95.

- SAEED, R. A., CHAUDHARI, B. S. et MOKHTAR, R. A., éditeurs (2012). *Femtocell Communications and Technologies : Business Opportunities and Deployment Challenges*. IGI Global.
- SANFILIPPO, A. (2006). Graph Theory A2 - Brown, Keith. In *Encyclopedia of Language & Linguistics (Second Edition)*, pages 140–142. Elsevier, Oxford.
- SANGSTER, W. et PATRICK, T. B. (2002). Talking about Medical Errors : The Void in Existing Controlled Terminologies. *Proceedings of the AMIA Symposium*, page 1152.
- SANTARIUS, T., KIRKPATRICK, P. J., GANESAN, D., CHIA, H. L., JALLOH, I., SMIELEWSKI, P., RICHARDS, H. K., MARCUS, H., PARKER, R. A., PRICE, S. J., KIROLLOS, R. W., PICKARD, J. D. et HUTCHINSON, P. J. (2009). Use of drains versus no drains after burr-hole evacuation of chronic subdural haematoma : a randomised controlled trial. *Lancet (London, England)*, 374(9695):1067–1073.
- SANTOS, A., MACEDO, J., COSTA, A. et NICOLAU, M. J. (2014). Internet of Things and Smart Objects for M-health Monitoring and Control. *Procedia Technology*, 16:1351–1360.
- SENE, A., KAMSU-FOGUEM, B. et RUMEAU, P. (2015). Telemedicine framework using case-based reasoning with evidences. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 121(1):21–35.
- SHADBOLT, N., LEWIS, P., DASMAHAPATRA, S., DUPPLAW, D., HU, B. et LEWIS, H. (2004). Miakt : Combining grid and web services for collaborative medical decision making. In *AHM2004 UK eScience All Hands Meeting*. Event Dates : 31 August – 3 September.
- SHAFFER, G. (1990). Perspectives on the theory and practice of belief functions. *International Journal of Approximate Reasoning*, 4(5):323–362.
- SIMON, P. (2015). *Télémédecine - Enjeux et pratiques*. Le Coudrier.
- SIMON, P. et ACKER, D. (2008). La place de la télémédecine dans l'organisation des soins. [http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/Rapport\\_final\\_Telemedecine.pdf](http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/Rapport_final_Telemedecine.pdf). Dernier accès le 09 juillet 2015.
- SKILLEN, K.-L., CHEN, L., NUGENT, C. D., DONNELLY, M. P., BURNS, W. et SOLHEIM, I. (2014). Ontological user modelling and semantic rule-based reasoning for personalisation of Help-On-Demand services in pervasive environments. *Future Generation Computer Systems*, 34:97–109.
- SOUTH, M., VREESWIJK, G. et FOX, J. (2008). Dungine : A java dung reasoner. In *Proceedings of the 2008 Conference on Computational Models of Argument : Proceedings of COMMA 2008*, pages 360–368, Amsterdam, The Netherlands, The Netherlands. IOS Press.
- SOWA, J. (1992). Conceptual graphs. *Knowledge-Based Systems*, 5(3):171–172.
- SOWA, J. F. (1984). *Conceptual Structures : Information Processing in Mind and Machine*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., Boston, MA, USA.
- STANFORD CENTER FOR BIOMEDICAL INFORMATICS RESEARCH (1999). Protégé : an open source ontology editor and knowledge-base framework. <http://protege.stanford.edu/>. Dernier accès le 31 mars 2016.



- TAMANI, N. et CROITORU, M. (2014). A quantitative preference-based structured argumentation system for decision support. *In 2014 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE)*, pages 1408–1415.
- THAGARD, P. (2004). Causal inference in legal decision making : Explanatory coherence vs. bayesian networks. *Applied Artificial Intelligence*, 18:231–249.
- USCHOLD, M. et GRUNINGER, M. (1996). Ontologies : principles, methods and applications. *The Knowledge Engineering Review*, 11(02):93–136.
- VERHEIJ, B. (1996). Two Approaches to Dialectical Argumentation : Admissible Sets and Argumentation Stages. *In In Proceedings of the biannual International Conference on Formal and Applied Practical Reasoning (FAPR) workshop*, pages 357–368. Universiteit.
- VERHEIJ, B. (2003). Dialectical Argumentation with Argumentation Schemes : An Approach to Legal Logic. *Artif. Intell. Law*, 11(2-3):167–195.
- VERHEIJ, B. (2007). A labeling approach to the computation of credulous acceptance in argumentation. *In Proceedings of the 20th International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI'07*, pages 623–628, San Francisco, CA, USA. Morgan Kaufmann Publishers Inc.
- VREESWIK, G. A. W. et PRAKKEN, H. (2000). Credulous and Sceptical Argument Games for Preferred Semantics. *In OJEDA-ACIEGO, M., GUZMÁN, I. P. d., BREWKA, G. et PEREIRA, L. M., éditeurs : Logics in Artificial Intelligence*, numéro 1919 de Lecture Notes in Computer Science, pages 239–253. Springer Berlin Heidelberg.
- WAGENAAR, W. A., van KOPPEN, P. J. et M, F. (1993). *Anchored narratives : The psychology of criminal evidence*, volume vii. St Martin's Press, New York, NY, US.
- WENNBERG, J. et GITTELSON, A. (1973). Small Area Variations in Health Care Delivery A population-based health information system can guide planning and regulatory decision-making. *Science*, 182(4117):1102–1108.
- WHITE, P. (2004). Privacy and security issues in teleradiology. *Seminars in Ultrasound, CT and MRI*, 25(5):391–395.
- WIGMORE, J. (1931). *The principle of Judicial Proof, 2nd edition*. Little, Brown and Compagny.
- WIGMORE, J. H. (1913). *The principles of judicial proof as given by logic, psychology, and general experience, and illustrated in judicial trials*. Boston : Little, Brown, and company.
- WILLIATTE-PELLITTERI, L. (2013). Télémédecine et responsabilités juridiques. *European Research in Telemedicine / La Recherche Européenne en Télémédecine*, 2(1):17–22.
- WINTER, A. et HAUX, R. (1995). A three-level graph-based model for the management of hospital information systems. *Methods of information in medicine*, 34(4):378–396.
- WU, C. et BARNES, D. (2010). Formulating partner selection criteria for agile supply chains : A Dempster-Shafer belief acceptability optimisation approach. *International Journal of Production Economics*, 125(2):284–293.

# BIBLIOGRAPHIE DE L'AUTEUR

## Journaux internationaux du JCR (Journal Citation Reports)

Doumbouya, M. B., Kamsu-Foguem, B. et Kenfack, H. (2016). Argumentation and graph properties. *Information Processing & Management*, 52(2) :319–325.

Doumbouya, M. B., Kamsu-Foguem, B., Kenfack, H. et Foguem, C. (2014). Telemedicine using mobile telecommunication : Towards syntactic interoperability in teleexpertise. *Telematics and Informatics*, 31(4) :648–659.

Doumbouya, M. B., Kamsu-Foguem, B., Kenfack, H. et Foguem, C. (2015a). Argumentative reasoning and taxonomic analysis for the identification of medical errors. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 46, Part A :166–179.

Doumbouya, M. B., Kamsu-Foguem, B., Kenfack, H. et Foguem, C. (2015b). Combining conceptual graphs and argumentation for aiding in the teleexpertise. *Computers in Biology and Medicine*, 63 :157–168.

Doumbouya, M. B., Kamsu-Foguem, B., Kenfack, H. et Foguem, C. (2015c). A framework for decision making on teleexpertise with traceability of the reasoning. *IRBM*, 36(1) :40–51.

## Manifestations orales

Doumbouya, M. B., Kamsu-Foguem, B., Kenfack, H. and Foguem, C. (2015). Argumentation for Traceable Reasoning in Teleexpertise. In *Proceedings of the 4th International Workshop on Artificial Intelligence and Assistive Medicine*. In conjunction with AIME 2015, pages 1-10, Pavia, Italy.

Doumbouya, M. B., Kamsu-Foguem, B., Kenfack, H. and Foguem, C. (2015). Un cadre méthodologique pour la traçabilité du raisonnement en téléexpertise. GDR MACS, Troyes, France.

Doumbouya, M. B., Kamsu-Foguem, B., Kenfack, H. and Foguem, C. (2014). Interoperability in telemedicine : use of heterogeneous devices for performing the act of teleexpertise. JetSan 2014, Troyes, France.

