



**HAL**  
open science

# Représentation sémantique multilingue, multiculturelle et temporelle des relations interpersonnelles, appliquée à une prothèse de mémoire

Noura Herradi

► **To cite this version:**

Noura Herradi. Représentation sémantique multilingue, multiculturelle et temporelle des relations interpersonnelles, appliquée à une prothèse de mémoire. Informatique et langage [cs.CL]. Conservatoire national des arts et métiers - CNAM, 2018. Français. NNT : 2018CNAM1205 . tel-01986518

**HAL Id: tel-01986518**

**<https://theses.hal.science/tel-01986518>**

Submitted on 18 Jan 2019

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

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

**ÉCOLE DOCTORALE INFORMATIQUE, TÉLÉCOMMUNICATIONS ET  
ELECTRONIQUE**

**CENTRE D'ETUDE ET DE RECHERCHE EN INFORMATIQUE ET  
COMMUNICATIONS**

**THÈSE** présentée par :

**Noura HERRADI**

Soutenue le : **20 Décembre 2018**

Pour obtenir le grade de : **Docteur du Conservatoire National des Arts et Métiers**

Discipline/S spécialité : Informatique

**Représentation sémantique multilingue, multiculturelle et  
temporelle des relations interpersonnelles, appliquée à une  
prothèse de mémoire**

**THÈSE dirigée par :**

**PR. Elisabeth METAIS**

**DR. Fayçal HAMDİ**

Professeur des universités, Cnam, France.

Maître de Conférences, Cnam, France. (Co-encadrant)

**RAPPORTEURS :**

**PR. Farid MEZIANE**

**PR. Max SILBERZTEIN**

Professeur, Université de Salford, Royaume-Uni.

Professeur, Université de Franche-Comté, France.

**EXAMINATEURS :**

**DR. Ghislain ATEMEZING**

**DR. Zoubida KEDAD**

Directeur Recherche et Développement, Mondeca, France.

Maître de Conférences-HDR, Université de Versailles  
St-Quentin-en-Yvelines, France.



*A mes très chers parents,*

*A mon frère et ma sœur,*

*A ma famille, mes amis et mes collègues,*

*A tous ceux qui défendent la cause animale,*

*A toute âme qui ne laisse pas sévir l'injustice,*

*Je dédie ce travail*

## Remerciements

Je remercie en premier lieu ma directrice de thèse, Mme Elisabeth METAIS, Professeure des universités, pour son encadrement, sa disponibilité, et sa réactivité surtout quand il s'agit de procédures administratives.

J'adresse mes remerciements à mon co-encadrant de thèse, M. Fayçal HAMDI, Maître de conférences, pour ses conseils ainsi que pour son écoute.

Je voudrais remercier les rapporteurs de cette thèse M. Max SILBERZTEIN, Professeur à l'université Franche-Comté, et M. Farid MEZIANE, Professeur à l'université de Salford, pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail.

J'associe à ces remerciements Mme Zoubida KEDAD, Maître de conférences-HDR à l'université Versailles St-Quentin-en-Yvelines, et M. Ghislain ATEMEZING, Directeur Recherche et Développement à Mondeca, pour avoir accepté d'examiner mon travail.

Je tiens à remercier tous les membres de l'équipe ISID et particulièrement mes amis et doctorants Pierre-Henri, Odette, Subhi et Quentin pour leur aide et leur bonne humeur ainsi que pour les bons moments que nous avons partagés.

Ma grande gratitude va à Zakaria LOTFI, pour tout le soutien qu'il m'a apporté, et l'encouragement qu'il a toujours eu à mon encontre.

Enfin, je remercie mon frère et ma sœur, Hamza et Wafaa, ainsi que mes parents, Aicha et Noureddine pour leur amour et leur soutien au cours de ces années de thèse et sans lesquels je n'en serais pas là aujourd'hui.

## Résumé

Dans ce travail de thèse, nous proposons une base de connaissances, destinée à une prothèse de mémoire « intelligente », appelée *CaptainMemo*, qui a pour but d'aider les malades d'Alzheimer, à pallier leurs problèmes de dégénérescence mnésique. Cette base de connaissances est basée sur l'ontologie temporelle, multiculturelle et multilingue *PersonLink*, permettant à la prothèse de mémoire une représentation sémantique rigoureuse, multilingue et temporelle des liens interpersonnels. L'ontologie *PersonLink* est déréréférençable et présente dans le Web de données.

Le multilinguisme et la représentation temporelle sont deux grands sujets de recherche en informatique et en Web sémantique en particulier.

Le multilinguisme appliqué à la représentation des relations interpersonnelles requiert un traitement spécifique, car il est lié au multiculturalisme. Par ailleurs, le passage d'une culture/langue à une autre s'avère une grande problématique de recherche. En effet, la traduction littérale n'est pas toujours permise, surtout quand il s'agit des relations interpersonnelles, car elles sont culturellement dépendantes. Dans ce contexte, nous proposons une approche permettant la représentation des ontologies dans plusieurs cultures/langues. Cette approche, en se basant sur un algorithme de traduction, permet le passage d'une culture/langue à une autre sans faire de la traduction littérale mais plutôt une traduction culturelle. Ainsi, en adoptant cette approche, notre ontologie *PersonLink* permet une représentation exacte des relations interpersonnelles, qui prend en considération l'aspect culturel pour la définition de chaque relation, et lui attribue le terme adéquat selon la langue liée à la culture dans laquelle elle est représentée.

Les relations interpersonnelles régissent à des règles et contraintes qui les définissent selon chaque culture, ces contraintes sont représentées sémantiquement dans l'ontologie *PersonLink* via *OWL2*. Cependant, il est difficile de prendre en considération ces

contraintes lors de l'introduction de la dimension temporelle pour représenter les intervalles de temps de ces relations interpersonnelles, surtout quand ces dernières sont diachroniques et leurs intervalles de temps sont qualitatifs. En effet, les modèles et solutions déjà existantes permettent de faire une représentation temporelle des intervalles de temps (ex *4D-Fluents*), et de lier entre ces intervalles de temps (ex Relations d'Allen), mais ne prennent pas en considération les contraintes sémantiques des relations interpersonnelles. Dans ce sens, nous proposons une approche qui permet une représentation sémantique, basée sur les contraintes *OWL2*, pour la représentation des intervalles de temps qualitatifs.

Enfin, pour traiter l'intelligence de la prothèse de mémoire *CaptainMemo*, nous proposons une approche pour le raisonnement sur les intervalles dans le temps. Dans cette approche nous introduisons un ensemble de règles *SWRL* pour affirmer des relations d'Allen temporelles inférées, permettant aux raisonneurs, tel que Pellet qui prend en charge les règles *DL-Safe*, d'être employés pour l'inférence et la vérification de la cohérence sur les relations temporelles entre différents intervalles de temps. La table des compositions des relations entre intervalles de temps a ainsi été considérablement réduite, car elle se base sur un ensemble tractable de ces relations, ce qui en résulte un temps de traitement de raisonnement plus réduit.

**Mots-clés :** Alzheimer, prothèse de mémoire, web sémantique, ontologie, multiculturalisme, multilinguisme, intervalle temporel qualitatif, raisonnement sémantique.

## Abstract

In this thesis, we propose a knowledge base for a "smart" memory prosthesis, called *CaptainMemo*, which aims to help Alzheimer's patients to overcome their memory impairments. This knowledge base is built over the temporal, multicultural and multilingual *PersonLink* ontology. This ontology gives the memory prosthesis a rigorous, multilingual and temporal semantic representation of interpersonal relationships. The *PersonLink* ontology is dereferenceable and available in the *Linked Data*.

Multilingualism and temporal representation are two major research topics in computer science and in the Semantic Web in particular.

Multilingualism applied to the representation of interpersonal relationships requires specific treatment because it is linked to multiculturalism. In addition, the transition from one culture / language to another is a major research problem. Indeed, literal translation is not always allowed, especially when it comes to interpersonal relationships, because they are culturally dependent. In this context, we propose an approach allowing the representation of ontologies in several cultures / languages. This approach, based on a translation algorithm, allows the transition from one culture / language to another by making a cultural translation rather than a literal one. Thus, by adopting this approach, our *PersonLink* ontology allows an exact representation of interpersonal relationships, because it takes into consideration the cultural aspect for the definition of each relationship, and assigns the appropriate term according to the language related to this culture.

Interpersonal relationships are governed by rules and constraints that define them according to each culture, these constraints are represented semantically in the *PersonLink* ontology using *OWL2*. However, it is difficult to consider these constraints



when introducing the temporal dimension to represent the time intervals of these interpersonal relationships, especially when these are diachronic and their time intervals are qualitative. Indeed, the legacy models and solutions make it possible to make a temporal representation of the time intervals (e.g. *4D-Fluents*), and to link between these time intervals (e.g. Allen Relations), but do not take into account the semantics constraints of interpersonal relationships. In this context, we propose an approach that allows a semantic representation, based on *OWL2* constraints, for the representation of qualitative time intervals.

Finally, to deal with the intelligence of the *CaptainMemo* memory prosthesis, we propose an approach for reasoning over time intervals. In this approach we introduce a set of *SWRL* rules to assert inferred temporal Allen relationships, allowing reasoners, such as *Pellet* that supports *DL-Safe* rules, to be used for the inference and the verification of consistency over the temporal relationships between different time intervals. Thus, the table of compositions of the relations between time intervals has been considerably reduced, since it is based on a tractable set of these relations, and, consequently, the processing time of the reasoning becomes shorter.

**Keywords:** Alzheimer, memory prosthesis, semantic web, ontology, multiculturalism, multilingualism, qualitative time interval, semantic reasoning.

# Table des matières

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Remerciements .....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>Résumé .....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>Abstract.....</b>  | <b>7</b>  |
| <b>Table des matières.....</b>  | <b>9</b>  |
| <b>Liste des tableaux.....</b>  | <b>16</b> |
| <b>Liste des figures.....</b>   | <b>18</b> |
| <b>Liste des annexes.....</b>   | <b>21</b> |
| <b>Chapitre 1 :                   INTRODUCTION.....</b>                 | <b>23</b> |
| 1.1   Contexte général.....   | 24        |
| 1.2   Problématique générale.....                                       | 26        |
| 1.3   Approches proposées.....  | 29        |
| 1.4   Résumé des contributions de la thèse.....                         | 30        |
| 1.5   Organisation du document.....                                     | 31        |
| <b>Chapitre 2 : .....</b>   | <b>33</b> |
| <b>CONTEXTE ET FONDEMENTS THEORIQUES.....</b>                           | <b>33</b> |
| 2.1   Les différents types de mémoire .....                             | 34        |
| 2.1.1   La mémoire à court terme.....                                   | 35        |
| 2.1.1.1   La mémoire de travail.....                                    | 35        |
| 2.1.2   La mémoire à long terme.....                                    | 37        |
| 2.1.2.1   La mémoire explicite .....                                    | 38        |
| 2.1.2.2   La mémoire implicite.....                                     | 39        |
| 2.1.3   La prothèse de mémoire et les différents types de mémoire ..... | 40        |
| 2.2   Introduction des formalismes et fondements théoriques.....        | 41        |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 2.2.1   | Le Web Sémantique.....  | 41 |
| 2.2.2   | L’Ontologie .....   | 42 |
| 2.2.3   | RDF (Ressource Description Framework) .....                           | 43 |
| 2.2.4   | RDFS (Resource Description Framework schema) .....                    | 44 |
| 2.2.5   | Les limites de RDF et RDFS.....                                       | 46 |
| 2.2.6   | Le langage OWL (Ontology Web Language).....                           | 46 |
| 2.2.7   | Le langage <i>OWL2</i> .....  | 47 |
| 2.2.8   | Les logiques de descriptions.....                                     | 48 |
| 2.2.9   | SWRL (Semantic Web Rule Language).....                                | 49 |
| 2.2.10  | Conclusion .....  | 50 |
| 2.3     | Représentation du temps dans le Web sémantique .....                  | 51 |
| 2.3.1   | Introduction .....  | 51 |
| 2.3.2   | La représentation du temps sous forme d’instant ou d’intervalle ..... | 52 |
| 2.3.3   | Logiques de description temporelles (TDLs) .....                      | 53 |
| 2.3.4   | Le versioning .....   | 53 |
| 2.3.5   | La réification.....   | 54 |
| 2.3.6   | L’approche « <i>4D-Fluents</i> » .....                                | 57 |
| 2.3.7   | L’approche « relations n-aires » .....                                | 59 |
| 2.3.8   | Les intervalles d’Allen.....  | 60 |
| 2.4     | Le raisonnement .....   | 62 |
| 2.4.1   | Le raisonneur .....   | 63 |
| 2.4.2   | Les types de raisonnement.....  | 64 |
| 2.4.2.1 | Le raisonnement de subsomption .....                                  | 64 |
| 2.4.2.2 | Le raisonnement de satisfaction.....                                  | 64 |

|                           |   |           |
|---------------------------|---|-----------|
| 2.4.2.3                   | La récupération d'instance .....                                  | 64        |
| 2.4.2.4                   | L'instanciation .....   | 65        |
| 2.4.3                     | Le raisonnement dans OWL .....                                    | 65        |
| 2.4.3.1                   | OWL Lite .....  | 66        |
| 2.4.3.2                   | OWL DL .....  | 66        |
| 2.4.3.3                   | OWL Full .....  | 67        |
| 2.4.3.4                   | La compatibilité entre les différents sous-langages OWL.....      | 68        |
| 2.4.3.5                   | Le choix entre les différents langages OWL .....                  | 68        |
| 2.4.4                     | Les différents raisonneurs recommandés par le W3C pour OWL2 ..... | 69        |
| 2.4.4.1                   | Fact++ .....  | 69        |
| 2.4.4.2                   | Pellet .....  | 69        |
| 2.4.4.3                   | Hermit .....  | 69        |
| 2.5                       | Conclusion du chapitre 2.....                                     | 70        |
| <b>Chapitre 3 : .....</b> |   | <b>73</b> |
| <b>ETAT DE L'ART.....</b> |   | <b>73</b> |
| 3.1                       | Les aide-mémoires existants .....                                 | 74        |
| 3.1.1                     | Les aide-mémoires industriels.....                                | 74        |
| 3.1.1.1                   | Les aide-mémoires destinés au grand public .....                  | 74        |
| 3.1.1.2                   | Les aide-mémoires pour les personnes âgées .....                  | 76        |
| 3.1.1.3                   | Les aide-mémoires de nouvelle génération .....                    | 83        |
| 3.1.2                     | Les travaux de recherche relatifs à l'aide à la mémoire .....     | 83        |
| 3.2                       | La représentation des liens interpersonnels.....                  | 89        |
| 3.2.1                     | <i>FOAF (Friend Of A Friend)</i> .....                            | 89        |
| 3.2.2                     | Le vocabulaire «Weighted Interest».....                           | 93        |

|  |  |            |
|--|--|------------|
| 3.2.3  | Le vocabulaire « Relationship » .....  | 93         |
| 3.2.4  | Le vocabulaire « FOAF Trust ».....   | 93         |
| 3.2.5  | Le vocabulaire « Bio ».....  | 94         |
| 3.2.6  | Le vocabulaire « WHOIS » .....   | 94         |
| 3.2.7  | Le vocabulaire « visit » .....   | 95         |
| 3.2.8  | Le vocabulaire « contact ».....  | 95         |
| 3.2.9  | Le vocabulaire « WAI » .....   | 95         |
| 3.2.10   | Le vocabulaire « Agent Relationship Ontology » .....   | 98         |
| 3.2.11   | Les bases de connaissances YAGO, Freebase et DBpedia .....                                       | 99         |
| 3.2.12   | Conclusion .....   | 100        |
| 3.3  | Le multilinguisme dans les ontologies .....  | 101        |
| 3.3.1  | Introduction .....   | 101        |
| 3.3.2  | Le multilinguisme et multiculturalisme dans les ontologies .....                                 | 101        |
| 3.4  | Conclusion du chapitre 3 .....   | 102        |
| <b>Chapitre 4 : REPRESENTATION MULTICULTURELLE<br/>ET MULTILINGUE DES LIENS INTERPERSONNELS.....</b> |  | <b>106</b> |
| 4.1  | Contexte.....  | 107        |
| 4.2  | Problématique et critères .....  | 109        |
| 4.3  | Les relations interpersonnelles .....  | 111        |
| 4.3.1  | Les relations interpersonnelles introduites d'un point de vue sociologique et<br>historique..... | 111        |
| 4.3.2  | Les types de relations interpersonnelles .....   | 112        |
| 4.3.3  | Les relations interpersonnelles « particulières » .....  | 116        |
| 4.3.3.1  | Le mariage homosexuel .....  | 117        |

|          |  |     |
|----------|--|-----|
| 4.3.3.2  | La polygamie .....   | 117 |
| 4.3.3.3  | Le mariage consanguin .....  | 118 |
| 4.3.3.4  | Le PACS .....  | 119 |
| 4.3.3.5  | Le concubinage .....   | 120 |
| 4.3.3.6  | L'union libre .....  | 121 |
| 4.3.3.7  | L'adoption homoparentale .....   | 122 |
| 4.3.3.8  | L'adoption monoparentale .....   | 122 |
| 4.3.3.9  | La gestation pour autrui : La notion de « mère porteuse » .....                            | 123 |
| 4.3.3.10 | La notion de beaux-parents .....   | 124 |
| 4.3.3.11 | Le parrainage .....  | 125 |
| 4.4      | Ontologie ou Vocabulaire ? .....   | 126 |
| 4.5      | La représentation multiculturelle/multilingue des ontologies .....                         | 127 |
| 4.5.1    | Notre approche pour la représentation multiculturelle/multilingue des ontologies: .....    | 127 |
| 4.5.2    | L'algorithme de traduction lié à l'approche de l'ontologie en dentelle .....               | 129 |
| 4.6      | Proposition de l'ontologie <i>PersonLink</i> .....   | 131 |
| 4.6.1    | Représentation formelle des liens interpersonnels dans l'ontologie <i>PersonLink</i> ..... | 133 |
| 4.6.2    | Application de notre approche du multilinguisme dans l'ontologie <i>PersonLink</i> .....   | 134 |
| 4.6.3    | Expérimentation de <i>PersonLink</i> .....   | 135 |
| 4.6.3.1  | Expérimentation dans <i>CaptainMemo</i> .....  | 136 |
| 4.6.3.2  | Expérimentation dans le web de données ( <i>Linked Data</i> ) .....                        | 139 |
| 4.6.3.3  | Expérimentation dans la littérature .....  | 143 |

|   |   |     |
|---|---|-----|
| 4.7   | Conclusion du chapitre 4.....   | 144 |
| <b>Chapitre 5 :                   REPRESENTATION SEMANTIQUE DES INTERVALLES</b> |   |     |
| <b>DE TEMPS DANS LES LIENS INTERPERSONNELS ..... 148</b>                        |   |     |
| 5.1   | Introduction .....  | 149 |
| 5.2   | Enquête concernant l'expression temporelle des relations interpersonnelles .... | 150 |
| 5.2.1   | Introduction.....   | 150 |
| 5.2.2   | Résultats de l'enquête .....  | 153 |
| 5.3   | Problématiques .....  | 154 |
| 5.4   | Notre contribution pour la représentation sémantique des intervalles de temps   | 155 |
| 5.5   | Notre approche .....  | 156 |
| 5.5.1   | Propriété « <i>functional</i> » .....   | 161 |
| 5.5.2   | Propriété « <i>Inverse Functional</i> » : .....                                 | 163 |
| 5.5.3   | Propriété de type « <i>Symmetric</i> » : .....                                  | 164 |
| 5.5.4   | Propriété de type « <i>Transitive</i> » : .....                                 | 166 |
| 5.5.5   | Propriété « <i>Inverse Of</i> » : .....   | 168 |
| 5.5.6   | Les contraintes de cardinalités.....  | 170 |
| 5.6   | Application à la prothèse de mémoire.....                                       | 173 |
| 5.7   | Conclusion du chapitre 5.....   | 174 |
| <b>Chapitre 6 :                   RAISONNEMENT SUR LES RELATIONS</b>            |   |     |
| <b>TEMPORELLES ENTRE INTERVALLES DE TEMPS ..... 176</b>                         |   |     |
| 6.1   | Utilisation du temps dans le raisonnement.....                                  | 177 |
| 6.2   | Le raisonnement sur les intervalles de temps.....                               | 177 |
| 6.3   | L'ensemble des relations d'Allen supporté par le mécanisme de raisonnement      | 188 |
| 6.4   | Le raisonnement sur les instants.....   | 189 |

|                               |  |            |
|-------------------------------|--|------------|
| 6.5                           | Les différentes représentations possibles des instants et intervalles .....  | 195        |
| 6.6                           | Evaluation.....  | 197        |
| 6.7                           | Application du raisonnement à la prothèse de mémoire .....   | 200        |
| 6.8                           | Conclusion du chapitre 6.....  | 201        |
| <b>Chapitre 7 :</b>           | <b>CONCLUSION ET PERSPECTIVES .....</b>  | <b>204</b> |
| <b>Liste des Publications</b> | <b>.....</b>   | <b>212</b> |
| <b>REFERENCES</b>             | <b>BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>  | <b>214</b> |
| <b>ANNEXES</b>                | <b>.....</b>   | <b>226</b> |
| <b>Annexe A</b>               | <b>Tableaux récapitulatifs de la représentation des différentes relations interpersonnelles dans les vocabulaires étendant <i>FOAF</i> .....</b>   | <b>227</b> |
| <b>Annexe B</b>               | <b>Enquête sur la représentation temporelle des liens interpersonnels ....</b>   | <b>232</b> |
| <b>Annexe C</b>               | <b>Vue d'ensemble de l'ontologie <i>PersonLink</i>.....</b>  | <b>236</b> |
| <b>Annexe D</b>               | <b>L'ensemble des règles SWRL pour l'inférence de nouvelles relations interpersonnelles .....</b>  | <b>241</b> |
| <b>Annexe E</b>               | <b>L'ensemble des requêtes utilisées pour l'extraction des connaissances depuis <i>Freebase</i> et <i>DBPedia</i> .....</b>  | <b>306</b> |
| <b>Annexe F</b>               | <b>Les règles <i>SWRL</i> pour la représentation des relations temporelles entre les différents intervalles qualitatifs dans <i>PersonLink</i> avec prise en compte des contraintes <i>OWL2</i>.....</b> | <b>319</b> |
| <b>Annexe G</b>               | <b>Règles SWRL pour le raisonnement sur les instants ainsi que sur les intervalles de temps dans <i>PersonLink</i> .....</b>   | <b>322</b> |



## Liste des tableaux

|   |     |
|---|-----|
| Tableau 1: Les aide-mémoires industriels (applications) destinés au grand public .....  | 75  |
| Tableau 2 : Récapitulatif des aide-mémoires industriels destinés aux personnes âgées ...  | 82  |
| Tableau 3 : Projets AAL s'intéressant à l'aide à la mémoire .....   | 85  |
| Tableau 4 : Les personnes ayant des parents, des enfants et des frères ou sœurs dans <i>DBpedia</i> .....   | 141 |
| Tableau 5 : Les personnes ayant des parents, des enfants et des frères ou sœurs dans <i>Freebase</i> .....  | 141 |
| Tableau 6 : Les relations de cousinage inférées .....   | 142 |
| Tableau 7 : Les nouvelles relations inférées en utilisant les propriétés de <i>Freebase</i> .....   | 142 |
| Tableau 8 : La relation "cousinOf" traduite en français .....   | 143 |
| Tableau 9 : Syntaxes et sémantiques des concepts et rôles basiques dans SROIQ(D) ...  | 160 |
| Tableau 10 : Table de compositions des relations temporelles entre intervalles avec prise en considération des contraintes <i>OWL</i> .....                         | 178 |
| Tableau 11 : Table de compositions des relations temporelles entre intervalles avec prise en considération des contraintes <i>OWL</i> (suite).....                  | 179 |
| Tableau 12 : Méthode de fermeture pour le calcul des relations minimales contenant un ensemble tractable de relations de base .....                                 | 186 |
| Tableau 13 : La table de composition des relations temporelles basées sur des instants  | 189 |
| Tableau 14 : Comparaison entre le raisonnement dans les représentations d'intervalles et d'instant .....  | 200 |
| Tableau 15 : Les relations "particulières" de mariages selon leur éventuelle présence dans les vocabulaires et ontologies existants .....                           | 228 |
| Tableau 16 : Les relations "particulières" représentant les unions hors mariages selon leur éventuelle présence dans les vocabulaires et ontologies existants ..... | 229 |

|  |     |
|--|-----|
| Tableau 17 : Les relations "particulières" représentant les adoptions et la Gestation pour autrui dans les vocabulaires et ontologies existants..... | 230 |
| Tableau 18 : La représentation des notions de « Beaux-parents » et de parrainage dans les vocabulaires et ontologies existants.....                  | 231 |
| Tableau 19 : Résultats de l'enquête sur la représentation temporelle des liens interpersonnels .....   | 235 |

## Liste des figures

|   |    |
|---|----|
| Figure 1 : Structures de la population européenne par tranche d'âge, entre 2015 et 2080 (Source : Eurostat) ..... | 25 |
| Figure 2 : Les différents types de mémoires.....  | 34 |
| Figure 3 : Schéma de la coordination des opérations de traitement de la mémoire de travail .....                  | 37 |
| Figure 4 : Les types de systèmes de mémoire décomposant la mémoire à long terme .....                             | 38 |
| Figure 5 : Composition d'un triplet RDF .....   | 44 |
| Figure 6 : Exemple de la relation entre RDF et RDFs.....  | 45 |
| Figure 7 : Une autre représentation de la relation RDF-RDFs .....   | 45 |
| Figure 8 : Exemple de la réification.....   | 55 |
| Figure 9 : Exemple d'une redondance induite en réifiant deux relations du même type (entre les mêmes objets)..... | 56 |
| Figure 10 : Représentation des relations (1) et (2) en utilisant l'approche 4D fluents.....                       | 59 |
| Figure 11 : Représentation des relations (1) et (2) en utilisant l'approche des relations n-aires.....            | 60 |
| Figure 12 : Les relations d'Allen .....   | 62 |
| Figure 13 : vue d'ensemble sur les 3 sous-langages d'OWL .....  | 65 |
| Figure 14 : Exemple d'un appareil trouveur d'objets égarés .....  | 77 |
| Figure 15 : Exemple d'un porte-clés parlant .....   | 79 |
| Figure 16 : Exemple d'une alarme pour la baignoire .....  | 81 |
| Figure 17 : Exemple d'une alarme pour baignoires avec thermomètre.....  | 81 |
| Figure 18 : interface de l'application "MyLife" .....   | 86 |
| Figure 19 : schémas représentatifs du projet "Lily" .....   | 88 |
| Figure 20 : Diagramme de classes du vocabulaire FOAF .....  | 90 |
| Figure 21 : Graphe représentant la description d'une ressource avec le vocabulaire FOAF .....                     | 92 |

Figure 22 : Exemple décrivant la relation entre les personnes dans le vocabulaire FOAF jouant des rôles décrits dans le vocabulaire « WAI »..... 96

Figure 23 : Hiérarchie et héritage des rôles dans le vocabulaire « WAI » ..... 96

Figure 24 : La distinction entre les rôles et les profils dans le vocabulaire « WAI »..... 98

Figure 25 : Une instanciation des *objectProperties* en utilisant l’approche de l’ontologie en dentelle ..... 129

Figure 26 : Algorithme de traduction de l’ontologie en dentelle..... 130

Figure 27 : Extrait du diagramme de classes de l'ontologie *PersonLink*..... 132

Figure 28 : Exemple DL de la relation de cousinage..... 133

Figure 29 : Partie de l’ontologie *PersonLink* décrivant la relation de cousinage en anglais, français et arabe suivant l’approche de l’ontologie en dentelle..... 135

Figure 30 : Menu d’insertion de l’interface *CaptainMemo* contenant les propriétés de l’ontologie *PersonLink*..... 137

Figure 31: Graphe représentant une personne et ses liens familiaux dans *CaptainMemo*, ainsi que les déductions et propositions de nouvelles relations..... 138

Figure 32 : Questionnaire sur l’expression de la temporalité dans les relations interpersonnelles ..... 152

Figure 33 : Représentation d’un exemple de la relation «*plink:straightHusbandOf*» en *4D-Fluents* ..... 157

Figure 34 : Représentation d’un exemple de la relation «*plink:polygynousHusbandOf*» en *4D-Fluents* ..... 158

Figure 35 : Les relations d’Allen possibles entre deux intervalles dans le cas d’une propriété de type «*functional*» ..... 162

Figure 36 : Les relations d’Allen possibles entre deux intervalles dans le cas d’une propriété de type «*inverse functional*»..... 164

Figure 37 : Les relations d’Allen possibles entre deux intervalles dans le cas d’une propriété de type «*symmetric*»..... 166

Figure 38 : Les relations d’Allen possibles entre deux intervalles dans le cas d’une propriété de type «*transitive*» ..... 168

|   |     |
|---|-----|
| Figure 39 : Les relations d'Allen possibles entre deux intervalles dans le cas d'une propriété de type « <i>inverse Of</i> ».....                                       | 170 |
| Figure 40 : Les relations d'Allen possibles entre deux intervalles dans le cas d'une propriété avec des restrictions de type « <i>MaxCardinality Restriction</i> »..... | 172 |
| Figure 41 : Graphe illustrant une vue globale des classes contenues dans l'ontologie <i>PersonLink</i> .....  | 236 |
| Figure 42 : Graphe illustrant une vue globale des <i>objectProperties</i> de l'ontologie <i>PersonLink</i> ayant comme <i>Range</i> la classe <i>Personne</i> .....     | 237 |
| Figure 43 : Graphe illustrant une vue globale des <i>objectProperties</i> entre la classe <i>Femme</i> et la classe <i>Homme</i> de l'ontologie <i>PersonLink</i> ..... | 238 |
| Figure 44 : Graphe illustrant une vue globale des <i>objectProperties</i> entre deux classes <i>Femme</i> dans l'ontologie <i>PersonLink</i> .....                      | 239 |
| Figure 45 : Graphe illustrant une vue globale des <i>objectProperties</i> entre deux classes <i>Homme</i> dans l'ontologie <i>PersonLink</i> .....                      | 239 |
| Figure 46 : Description Des arcs des différents graphes de l'Annexe C et vue globale des relations interpersonnelles de l'ontologie <i>PersonLink</i> .....             | 240 |

## Liste des annexes

|   |     |
|---|-----|
| Annexe A Tableaux récapitulatifs de la représentation des différentes relations interpersonnelles dans les vocabulaires étendant <i>FOAF</i> .....  | 227 |
| Annexe B Enquête sur la représentation temporelle des liens interpersonnels.....  | 232 |
| Annexe C Vue d'ensemble de l'ontologie <i>PersonLink</i> .....  | 236 |
| Annexe D L'ensemble des règles <i>SWRL</i> pour l'inférence de nouvelles relations interpersonnelles.....   | 241 |
| Annexe E L'ensemble des requêtes utilisées pour l'extraction des connaissances depuis <i>Freebase</i> et <i>DBPedia</i> .....   | 306 |
| Annexe F Les règles <i>SWRL</i> pour la représentation des relations temporelles entre les différents intervalles qualitatifs dans <i>PersonLink</i> avec prise en compte des contraintes <i>OWL2</i> ..... | 319 |
| Annexe G Règles <i>SWRL</i> pour le raisonnement sur les instants ainsi que sur les intervalles de temps dans <i>PersonLink</i> .....   | 322 |



**Chapitre 1 :**  
**INTRODUCTION**



## 1.1 Contexte général

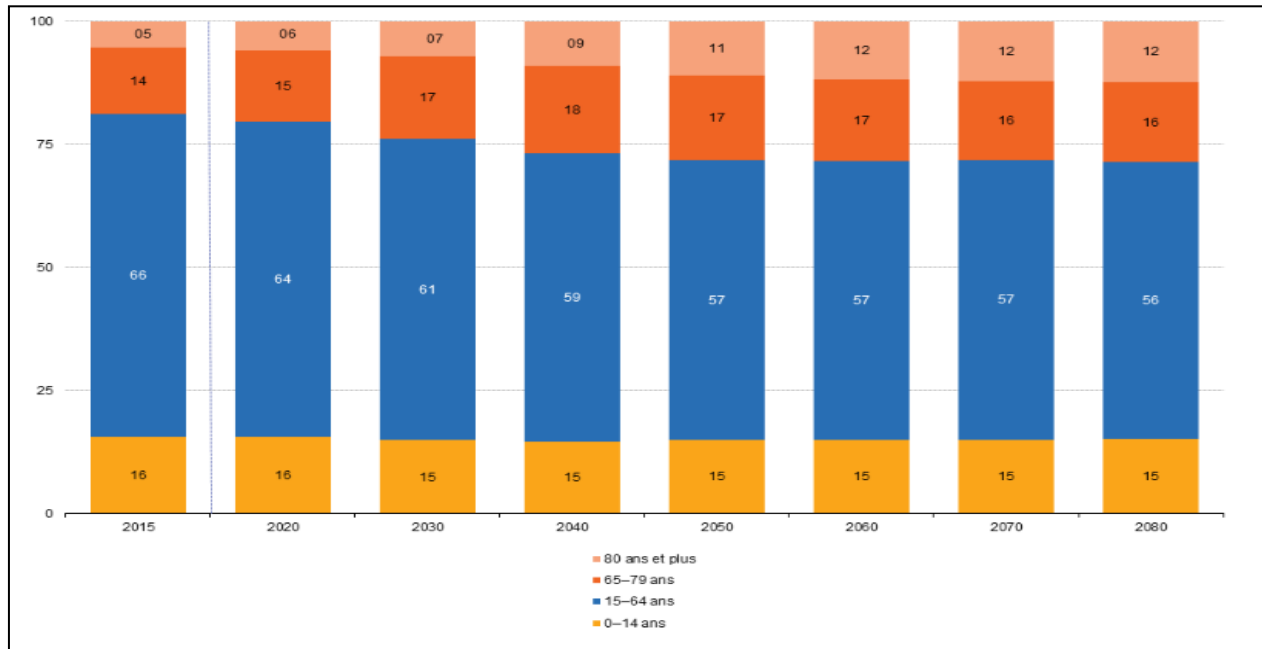
En 2080, environ 30% de la population des pays européens sera âgée d'au moins 65 ans (cf. Figure 1), car dans l'ensemble de l'Union européenne, l'espérance de vie à 65ans devrait augmenter pour les hommes ainsi que pour les femmes au cours de cette période de projection (The 2012 Ageing Report: Underlying Assumptions and Projection Methodologies. European Economy, 2011) (Structure et vieillissement de la population, s.d.). Les troubles de la mémoire seront un des principaux handicaps dont pourrait souffrir cette population.

Une étude montre que le déclin cognitif commence en moyenne avant l'âge de 60 ans (Salthouse, Schroeder, & Ferrer, 2004) (Salthouse, 2009). Elle montre également que la prévalence des maladies impliquant des troubles de la mémoire, telle que la maladie d'Alzheimer, est directement corrélée avec l'âge, et passe à 50% chez les personnes âgées de plus de 90 ans. En France, les dernières estimations rapportent qu'en 2040, 2 150 000 personnes seront atteintes de la maladie Alzheimer. La perte de mémoire est donc très progressive et les premiers symptômes commencent de nombreuses années avant que la personne ne devienne dépendante.

Selon d'autres études (Sainath, 2007), les personnes atteintes de troubles de la mémoire, qui ont utilisé un *PDA (Personal Digital Assistant)* ont vu leur indépendance, vis-à-vis des tâches quotidiennes, augmentée. Cette indépendance persiste même si ces personnes cessent d'utiliser de tels dispositifs.

Par ailleurs, l'étude de l'aspect ergonomique et de la « conception universelle » (*Design for All*) encouragera les personnes âgées à utiliser des dispositifs d'assistance. En effet, même si la mémoire épisodique des personnes âgées peut connaître un déclin, la mémoire implicite, basée sur des enchaînements et des automatismes, reste plus

préservée, et permettra ainsi à ces personnes de créer de nouvelles connexions pour une utilisation durable de dispositifs d'assistance.



**Figure 1 : Structures de la population européenne par tranche d'âge, entre 2015 et 2080 (Source : Eurostat<sup>1</sup>)**

Ce travail de thèse, intitulé « Représentation sémantique multilingue, multiculturelle et temporelle des relations interpersonnelles, appliquée à une prothèse de mémoire » s'inscrit dans la suite du projet VIVA<sup>2</sup> (Vivre à Paris en 2030 avec Alzheimer grâce aux nouvelles technologies) (Métais & Nakache, 2014) (Métais, Lammari, Si-Said Cherfi, Du Mouza, & Amara, 2011) qui a pour objectif d'élaborer des solutions d'aide à la mémoire (une prothèse de mémoire) pour les personnes souffrant de dégénérescence mnésique. L'objectif de ce travail est donc de construire, de créer et de mettre en place des solutions performantes permettant à une prothèse de mémoire d'être réactive et capable d'interagir de façon naturelle avec des personnes souffrant de dégénérescence mnésique. Les

<sup>1</sup> Eurostat: [http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=demo\\_pjangroup&lang=en](http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=demo_pjangroup&lang=en)

<sup>2</sup> <http://viva.cnam.fr>

solutions proposées intègrent le stockage, le traitement, l'apprentissage et l'inférence de connaissances.

## 1.2 Problématique générale

Au niveau des besoins identifiés, pallier les problèmes de mémoire consiste généralement à aider les personnes à se rappeler les informations et faits passés, les faits futurs (rappels de choses à faire, alertes, planification, agendas). Cependant, pour des personnes âgées atteintes d'Alzheimer, cela consiste principalement à les aider à se rappeler les informations concernant le moment présent: « Où suis-je », « Qu'est-ce que je suis en train de faire ? », « Qui est la personne en face de moi ? », « Quand est-ce que je l'ai connu? », etc.

Toutes ces interrogations ne trouveront pas leur réponse dans la consultation d'un simple aide-mémoire. Elles nécessitent en effet de mobiliser plusieurs technologies, capables non seulement d'aider la personne à se souvenir de ces informations, mais surtout de le faire d'une manière intelligente et automatique, lui évitant ainsi des situations qui peuvent lui être embarrassantes. Par exemple, pour reconnaître une personne, un patient souffrant de dégénérescence mnésique pourrait être assisté par un dispositif (par exemple des lunettes intelligentes) qui détecte les images des personnes en face, analyse en temps réel ces images par rapport à une base de connaissances, et indique au patient, dans le cas d'une correspondance, le nom de la personne et le type de relation qui les lie. Ce type d'aide-mémoire, basé sur un ensemble de nouvelles technologies, va permettre aux patients diagnostiqués Alzheimer de rester socialisés le plus longtemps possible.

Dans ce contexte, nous proposons la prothèse de mémoire *CaptainMemo*, qui est en cours de développement, et dont le prototypage a été fait sous une application Web. L'utilisation de cette prothèse de mémoire peut être effectuée dès les stades très précoces de la maladie d'Alzheimer.

La colonne vertébrale de la prothèse de mémoire *CaptainMemo* est une base de connaissances qui lui permet le stockage, le traitement, l'apprentissage et l'inférence des connaissances concernant la personne souffrant de dégénérescence mnésique. Dans un premier temps, la base de connaissances de la prothèse de mémoire inclue des **informations concernant l'entourage de la personne**, qui représente un élément très important dont elle souhaite se souvenir, et qui est essentiel à la socialisation. Ainsi, la base de connaissances doit pouvoir respecter certains critères de base nécessaires à son utilisation :

- L'exhaustivité des liens interpersonnels qu'elle permet de modéliser ;
- L'adaptation de ces liens interpersonnels à la culture de l'utilisateur ;
- La prise en compte du multilinguisme ;
- La possibilité de visualiser l'ensemble des liens interpersonnels représentant l'entourage d'une personne ;
- L'introduction de la notion de temps dans la représentation des liens interpersonnels ;
- La possibilité de décrire des liens interpersonnels en considérant leur situation temporelle par rapport à d'autres liens interpersonnels ou faits ou événements ;
- La possibilité de mettre à jour les liens interpersonnels, en prenant en compte leur évolution dans le temps ;
- La possibilité de déduire de nouveaux liens interpersonnels à partir de ceux déjà introduits par l'utilisateur ;

- La possibilité de détecter les éventuelles incohérences dans les liens introduits par l'utilisateur et de les corriger.

En effet, l'état de l'art réalisé dans ce travail de thèse (cf. section 13.1) a montré que d'une manière générale, l'intelligence des aide-mémoires existants est très insuffisante, car ils stockent les informations de manière distincte, c'est-à-dire qu'il n'existe aucun lien entre les notes entrées, les images enregistrées, les personnes ou encore les expériences vécues. La recherche de ces informations se fait d'une manière individuelle, via des listes ou des mots-clés pour les plus sophistiqués d'entre eux. Egalement, aucune déduction ni vérification de la cohérence des entrées n'est effectuée dans les prothèses de mémoire existantes, et cela ne pourra guère aider une personne souffrant de perte de mémoire, car elle devra par elle-même faire le lien entre ces différentes informations, chose qui lui est souvent impossible du fait de sa dégénérescence mnésique.

La base de connaissance de la prothèse de mémoire repose sur les technologies du Web sémantique et plus spécialement sur une ontologie pour la représentation des liens interpersonnels. L'utilisation de l'ontologie permet d'ajouter des contraintes et des spécifications aux liens interpersonnels (par exemple un homme ne peut pas être marié à plus d'une femme dans le cadre du mariage hétérosexuel monogame, une personne a une seule mère biologique, etc.), cela permet aussi l'inférence et la déduction de nouvelles connaissances, mais également la vérification de la cohérence des liens interpersonnels grâce à l'application d'un certain nombre de règles à l'ontologie. Néanmoins, l'état de l'art a montré que les vocabulaires et ontologies existants (ex. *FOAF*, *Agrelon*, *Relationship*, etc.) ne permettent pas une représentation rigoureuse des liens interpersonnels, ils ne prennent pas en considération l'aspect culturel dans la représentation de ces liens et elles proposent généralement des liens interpersonnels exprimés en anglais, pour une seule culture.

### 1.3 Approches proposées

Afin de répondre à la problématique que nous avons citée, nous proposons plusieurs approches :

- La conception d'une ontologie de liens interpersonnels nommée *PersonLink*, qui est basée sur une approche que nous avons appelée « ontologie en dentelle ». Cette approche permet le multilinguisme et le multiculturalisme dans une seule et même ontologie. Elle repose sur un algorithme lui permettant de passer d'une culture à une autre sans faire que de la simple traduction lexicale, respectant ainsi la définition de chaque lien interpersonnel dans la culture en question. L'ontologie *PersonLink* est publiée dans le Web de données via une URI déréréférencable<sup>3</sup>.
- La proposition d'une approche pour la représentation temporelle des liens interpersonnels, basée sur la sémantique d'*OWL2*. Contrairement aux approches existantes qui ne s'intéressent généralement qu'à la modélisation de la temporalité, cette solution permet la représentation précise des relations temporelles entre intervalles de temps, en se basant sur la sémantique des liens interpersonnels qu'ils représentent, et cela afin de réduire les possibilités d'incohérence à néant. Notre approche prend en considération les restrictions et contraintes *OWL2* liées aux axiomes de type *objectProperty* de chaque lien interpersonnel, et en déduit, des règles *SWRL* préalablement définies, les relations exactes entre les intervalles de temps de ce même lien interpersonnel. Cette solution permettra à la prothèse de mémoire *CaptainMemo* de vérifier la cohérence des connaissances introduites et détecter d'éventuelles inconsistances, permettant ainsi la représentation exacte et cohérente de la temporalité des liens interpersonnels.

---

<sup>3</sup> <http://cedric.cnam.fr/isid/ontologies/files/PersonLink.html#1.2>

- La proposition d'une approche pour le raisonnement sur les intervalles dans le temps. Dans cette approche nous introduisons un ensemble de règles *SWRL*<sup>4</sup> pour affirmer des relations d'Allen temporelles inférées, permettant aux raisonneurs, tel que Pellet (Sirin, Parsia, Cuenca Grau, Kalyanpur, & Katz, 2007) qui prend en charge les règles *DL-Safe*, c'est-à-dire les règles qui s'appliquent exclusivement aux individus nommés présents dans la base de connaissances, d'être employés pour l'inférence et la vérification de la cohérence sur les relations temporelles. Le raisonnement est appliqué soit directement sur des intervalles temporels, à travers des règles fondées sur la composition de paires de relations de base d'Allen, soit en appliquant un raisonnement sur les instants agissant sur des représentations d'intervalles, et cela en impliquant leurs points de départ et d'arrivée. La table des compositions ainsi que l'ensemble des disjonctions des relations entre intervalles de temps a été considérablement réduite, car elle se base sur l'approche de la représentation sémantique des relations entre intervalles de temps introduite dans ce travail de thèse, permettant ainsi un raisonnement plus précis sur les relations entre intervalles de temps, et un temps de traitement de ce raisonnement plus réduit.

#### 1.4 Résumé des contributions de la thèse

Nous pouvons résumer les contributions de la thèse en les points suivants :

- La conception d'une ontologie nommée *PersonLink* qui va servir de base de connaissances pour la prothèse de mémoire *CaptainMemo*. C'est une ontologie

---

<sup>4</sup> <http://www.w3.org/Submission/SWRL/>

multiculturelle et multilingue des liens interpersonnels. *PersonLink* est publiée dans le Web de données via une URI dérérérençable<sup>5</sup>.

- La proposition d'une solution à la temporalité, basée sur la sémantique d'*OWL2*. Cette solution permet la représentation précise des relations temporelles entre intervalles de temps, en se basant sur la sémantique des liens interpersonnels qu'ils représentent.
- La proposition d'une approche pour le raisonnement sur les intervalles de temps. Cette approche permet de raisonner sur les intervalles de temps diachroniques quantitatifs et qualitatifs, tout en prenant en considération la sémantique des liens interpersonnels auxquels ils sont liés.

## 1.5 Organisation du document

Ce document est organisé en sept chapitres. Le premier chapitre dresse une introduction générale de ce travail de thèse ainsi que la problématique à laquelle nous sommes intéressés. Il présente également une liste des approches proposées afin de répondre à cette problématique, ainsi qu'un résumé des travaux et contributions de ce travail.

Dans le second chapitre, nous présenterons le contexte de cette thèse ainsi que les éléments et connaissances de base nécessaires à son élaboration.

Le troisième chapitre sera consacré à l'établissement d'un état de l'art sur les travaux de recherche réalisés, qui sont en lien avec les problématiques traitées dans ce travail de thèse, ainsi qu'un benchmark sur les prothèses de mémoires disponibles.

---

<sup>5</sup> <http://cedric.cnam.fr/isid/ontologies/files/PersonLink.html#1.2>



## CHAPITRE 1 : Introduction générale

Le quatrième chapitre introduira notre contribution, concernant la création d'une ontologie de liens interpersonnels multilingue et multiculturelle, qui servira de base pour la base de connaissances de la prothèse de mémoire, mais qui servira également pour le web de données (*Linked data*). Nous présenterons dans ce chapitre également la particularité de cette ontologie, l'approche adoptée pour la réalisation d'une ontologie multiculturelle, l'algorithme utilisé pour le multilinguisme, ainsi que les différentes utilisations de cette ontologie qui ont servi de validation pour notre approche ainsi que notre algorithme.

Dans le cinquième chapitre, nous présenterons une autre partie de notre contribution apportée à la problématique de la représentation du temps dans *OWL2 (DL)* d'une manière générale, à travers notre contribution dans la représentation des intervalles temporels des liens interpersonnels dans la prothèse de mémoire.

Le sixième chapitre sera consacré au raisonnement, nous expliquerons la place que prend le raisonnement dans ce travail de recherche, l'approche ainsi que les outils et raisonneurs utilisés, nous présenterons également les résultats d'inférence et de déduction obtenus par rapport à nos contributions introduites dans les chapitres précédents.

Dans le septième chapitre, nous dresserons une conclusion des réalisations et contributions de ce travail de thèse, ainsi que les portes et perspectives de recherche vers lesquelles il tend. Enfin, nous listons les publications qui en ont résulté.

**Chapitre 2 :**  
**CONTEXTE ET FONDEMENTS**  
**THEORIQUES**

## 2.1 Les différents types de mémoire

Nous nous sommes bien évidemment posé des questions sur la capacité des personnes atteintes de dégénérescence mnésique à manipuler un tel dispositif. Pour cela, nous nous sommes intéressés dans notre recherche à la mémoire humaine, afin de comprendre son fonctionnement, et surtout comprendre son mécanisme qui permettrait à la personne de se servir de cette mémoire afin de garder un maximum d'autonomie quant à l'utilisation de notre prothèse de mémoire.

Différentes études de neuropsychologie et neurosciences cognitives ont démontré que les personnes atteintes de dégénérescence mnésique et notamment de la maladie d'Alzheimer pouvaient se rappeler et maîtriser parfaitement tous les éléments conceptuels liés à l'expression mais en même temps incapable de se projeter dans le temps, que ce soit vers le futur ou vers le passé (Eustache, 2014) (Craver, Kwan, Steindam, & Rosenbaum, 2014). En effet, cela est dû au fait que la mémoire humaine, qui est très complexe, soit organisée en différents types de mémoires (Tulving, 1995) (cf. Figure 2). Les principaux types de mémoires sont la mémoire dite à court terme et la mémoire dite à long terme.

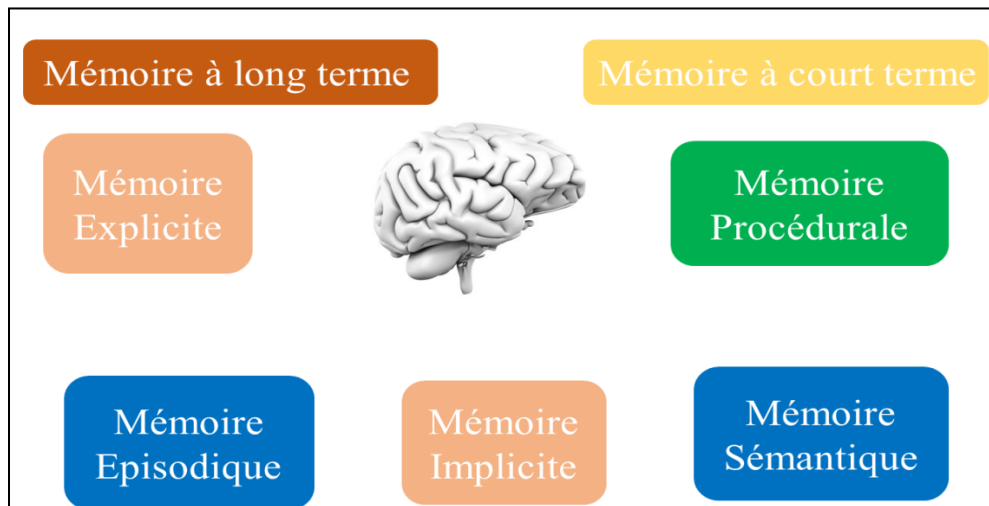


Figure 2 : Les différents types de mémoires

### **2.1.1 La mémoire à court terme**

La mémoire à court terme, qui est souvent associée à la mémoire de travail, correspond à la rétention temporaire de l'information en cours de traitement. Sa fonction est de permettre un stockage temporel et en même temps d'effectuer un certain nombre de traitements. Le registre à court terme semble avoir une capacité de stockage limitée (Miller, 1956), mais avec une vitesse de stockage et de lecture très rapide. En effet, la mémoire à court terme retient des informations pour une durée très courte équivalente à une dizaine de secondes environ, elle permet à une personne de retenir une information qui lui est utile sur le moment, comme retenir un nom avant de le chercher dans un annuaire par exemple.

La mémoire à court terme représente également la première étape d'une mémorisation à plus long terme. Si une personne souhaite mémoriser volontairement une information, elle peut faire appel à un processus volontaire d'apprentissage, qui consiste à répéter plusieurs fois l'information à mémoriser afin de la retenir et l'emmagasiner en mémoire à long terme.

L'information en mémoire à court terme est maintenue activement. Le traitement qu'elle effectue consiste à maintenir l'information disponible le plus longtemps possible sous forme de révision mentale et permettre la liaison avec les informations de la mémoire à long terme. Les activités de recherche en mémoire à long terme et de recodage de l'information pour faciliter le passage en mémoire à long terme font appel à la notion plus récente de mémoire de travail. Le registre à court terme semble utiliser un codage de l'information acoustique ou phonologique.

#### **2.1.1.1 La mémoire de travail**

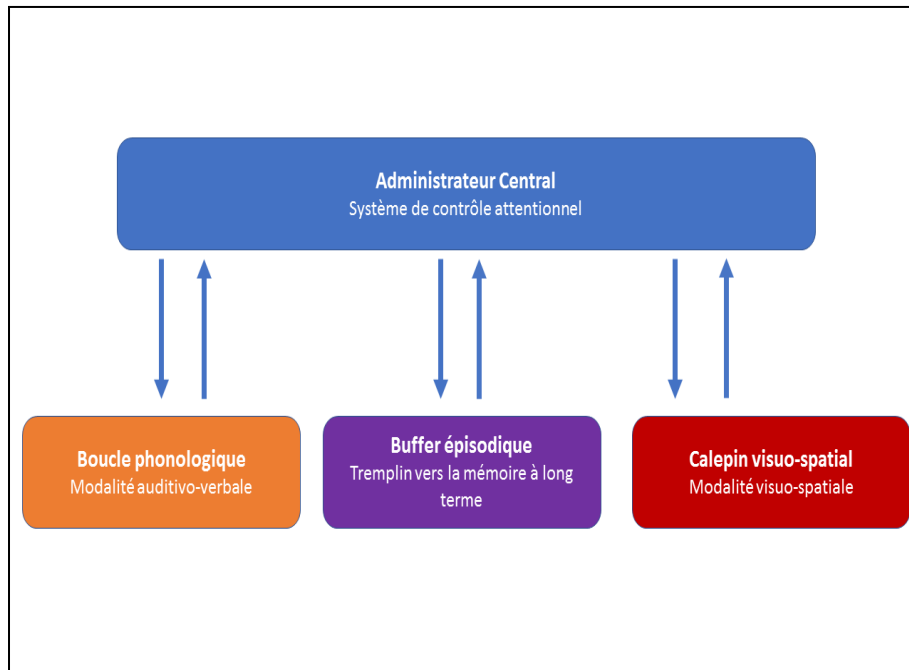
La mémoire de travail représente une sous-partie de la mémoire à court terme (Baddeley & Hitch, 1974). Elle permet de réaliser des manipulations cognitives sur des informations maintenues temporairement. C'est un système de mémoire transitoire

impliquant simultanément les opérations de stockage et les opérations de traitement, gardant à l'esprit les informations nécessaires pour raisonner, comprendre une phrase ou encore la construire.

Dans la mémoire de travail, les informations arrivent tout d'abord dans ce qui s'appelle un « *administrateur normal* » qui est chargé de sélectionner les informations. Il coordonne et contrôle les opérations de traitement des trois « *systèmes esclaves* » (cf. Figure 3):

- La « *boucle phonologique* », qui est responsable du stockage des informations verbales ;
- Le « *calepin Visuo-spatial* », qui lui stocke les informations visuelles et spatiales ;
- Le « *buffer épisodique* », qui représente l'interface entre la mémoire de travail et la mémoire à long terme.

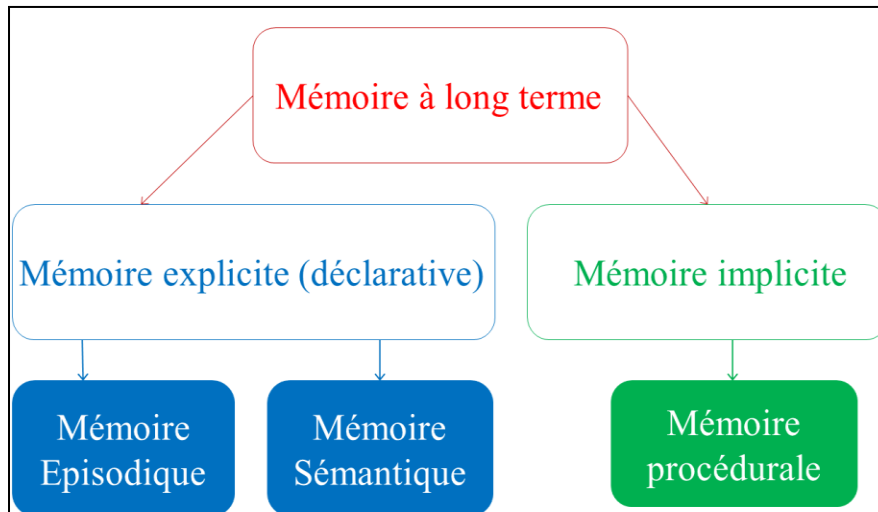
Les informations passent de la mémoire à court terme à la mémoire à long terme grâce à la mémoire de travail et via un tampon (*buffer*) épisodique (Baddeley A. , 2000). Afin que ce passage puisse s'effectuer, il est nécessaire que l'encodage soit approfondi, ou que l'information soit répétée car cette mémoire est de courte durée (Seron, 2007). L'information est simplement maintenue quelques secondes pour permettre la manipulation des données nécessaires à la réalisation de la tâche en cours.



**Figure 3 : Schéma de la coordination des opérations de traitement de la mémoire de travail**

### 2.1.2 La mémoire à long terme

La mémoire à long terme quant à elle se compose de différents types de systèmes de mémoire (cf. Figure 4), ces derniers se distinguent par rapport au type et à la nature de l'information à mémoriser. Bien que la mémoire soit typiquement définie en termes de souvenirs intentionnels et conscients (nous parlons de système de mémoire explicite), la mémoire des événements passés peut aussi influencer le comportement involontairement et sans le souvenir conscient (c'est le système de mémoire implicite). Ces systèmes de mémoire qui sont la mémoire explicite et la mémoire implicite ont été dissociés à travers différentes recherches et études de neuro-imagerie. Ces différenciations et dissociations concernent les bases neurales agissant sur ces deux types de mémoire mais également sur les deux façons différentes que l'organisme humain utilise afin d'exprimer le souvenir (Spataro, Rossi-Arnaud, & Mulligan, 2017).



**Figure 4 : Les types de systèmes de mémoire décomposant la mémoire à long terme**

### 2.1.2.1 La mémoire explicite

La mémoire explicite, aussi connue sous le nom de la mémoire déclarative (Spataro, Rossi-Arnaud, & Mulligan, 2017) (Riedel & Blokland, 2015) (Eichenbaum, 1997), est utilisée dans le stockage et la récupération conscients et voulus d'informations, elle nécessite donc un certain degré de pensées conscientes, avec des informations spatio-temporelles comme par exemple, se souvenir des invités reçus lors du mariage d'une certaine personne le mois dernier, ou encore de nommer les animaux qui ne peuvent vivre qu'en Afrique, etc. Cette mémoire explicite est souvent associative, c'est-à-dire que le cerveau humain fait le lien entre les différents souvenirs; quand une personne pense à un mot ou un événement, tel qu'un hôpital par exemple, sa mémoire fait surgir un certain nombre et type de souvenirs et mémoires qui lui sont associés, tel que le nom d'un hôpital où la personne a été hospitalisée suite à une urgence, ou un nom d'un médecin et plusieurs autres choses. La mémoire explicite est également composée de deux types de mémoires (cf. Figure 4), à savoir la mémoire épisodique et la mémoire sémantique (Tulving, 1972) :

- La mémoire épisodique (Tulving, 1993) fait référence à la capacité d'une personne à se souvenir de ses expériences personnelles ainsi que des événements spécifiques en matière de détails contextuels, de perceptions spécifiques, de pensées et d'émotions qu'il a vécues (Tulving, 2002). La vie d'une personne est donc faite d'un flux continu d'expériences et

d'événements (épisodes) que la mémoire épisodique conserve, permettant ainsi à la personne en question de se les remémorer lorsqu'elle n'est pas atteinte de maladies dégénératives.

- La mémoire sémantique (McRae & Jones, 2012) fait référence à la capacité d'une personne à apprendre et se remémorer des connaissances générales sur le monde. Elle est responsable de ce que nous pouvons appeler « l'apprentissage académique », comme par exemple quand une personne reconnaît le nom d'un président, ou encore la capitale d'un pays sans forcément savoir se rappeler exactement où et quand elle l'a appris. Contrairement à la mémoire épisodique, la mémoire sémantique tient plus longtemps et résiste mieux au temps. Ainsi, une personne dans la soixantaine est bien capable de conserver une mémoire hautement fonctionnelle, car cette mémoire est sujette à une lente régression.

### **2.1.2.2 La mémoire implicite**

La mémoire implicite (aussi connue sous le nom de la mémoire « non déclarative ») (Shacter, 1987) (Shacter, 1990) (Spataro, Rossi-Arnaud, & Mulligan, 2017) permet la mémorisation inconsciente des informations. Cela veut dire que la mémoire explicite se focalise sur la mémorisation des événements et souvenirs personnels, tandis que la mémoire implicite se focalise sur des actions et la capacité d'une personne à effectuer une tâche précise. La mémoire implicite permet à une personne de faire des choses de manière « routinière ». Elle ne nécessite aucune pensée consciente contrairement à la mémoire épisodique. Par conséquent, il n'est toujours pas facile de verbaliser la mémoire implicite, puisqu'elle s'intègre sans effort dans nos actions.

La mémoire implicite est composée d'un type de mémoire appelé la mémoire procédurale. Cette dernière permet à une personne d'accomplir des tâches sans avoir à y penser, c'est ce qui s'appelle le « savoir-faire ». Les tâches telles que conduire une voiture ou laver la vaisselle sont un exemple de tâches faisant appel à la mémoire procédurale. Egalement, les actions qui peuvent être considérées naturelles et innées (telles que



marcher ou courir) nécessitent cette mémoire procédurale. La mémoire procédurale utilise une partie différente du cerveau humain que la mémoire épisodique, c'est la raison pour laquelle il est possible de perdre une faculté sans qu'une autre ne soit perdue dans le cas de blessures cérébrales. Cela explique également pourquoi une personne qui souffre d'amnésie et qui oublie beaucoup de choses de sa vie personnelle retient souvent sa mémoire procédurale et saura comment tenir une cuillère ou monter à vélo, par exemple.

La mémoire implicite est responsable également dans la fonction d'amorçage (*priming* en anglais), c'est-à-dire la capacité inconsciente à se rappeler plus rapidement d'une chose, d'un fait ou d'un événement dont la personne a entendu parler ou a vécu récemment, ou bien qu'elle a répétés plusieurs fois (Shacter, 1992). Ce fait ou événement survient à sa mémoire plus rapidement qu'un autre. En effet, les expériences les plus fréquentes sont plus fortes que celles qui le sont moins.

### **2.1.3 La prothèse de mémoire et les différents types de mémoire**

Comme nous avons pu démontrer dans ce chapitre, lorsque la mémoire épisodique des personnes souffrant de dégénérescence mnésique est atteinte, cela aura un impact sur leur capacité à se rappeler les expériences et événements personnels, il y aura ainsi une perte du type de mémoire relatif aux souvenirs, à savoir la mémoire épisodique. Le degré de cette perte de mémoire est relatif au degré et au stade de leur maladie. Tandis que leur mémoire sémantique, relative à leur capacité à assimiler des connaissances générales acquises durant leur vie, reste relativement préservée, et leur mémoire procédurale, relative à leur habilité à effectuer certaines tâches quotidiennes, est préservée longtemps après la mémoire sémantique (McKenna & Gerhand, 2002) (Van der Linden, Bredart, Depoorter, & Coyette, 1996).

L'utilisation de la prothèse de mémoire par les personnes atteintes de dégénérescence mnésique, et notamment les personnes atteintes d'Alzheimer, dans leurs premiers stades sera tout à fait possible. Ces personnes, qui ont l'habitude d'utiliser un *PDA (Personal Digital Assistant)*, auront tout à fait la capacité à utiliser un tel dispositif.

En effet, cela est dû à leur mémoire sémantique qui est encore fonctionnelle, mais surtout parce que la mémoire procédurale demeure intacte jusqu'à un stade très avancé de la maladie.

## 2.2 Introduction des formalismes et fondements théoriques

Dans cette section, nous introduisons les formalismes ainsi que les fondements théoriques nécessaires à ce travail de thèse à savoir le Web sémantique, l'ontologie, les langages *RDF*, *RDFS*, *OWL* ainsi que les règles *SWRL*. Ensuite, nous établirons un état de l'art des travaux réalisés pour la représentation des relations interpersonnelles dans le web sémantique, en plus de ceux effectués pour la représentation du temps en général et dans le web sémantique en particulier. Enfin, nous aborderons dans la dernière section le raisonnement, sa définition, ainsi qu'un état de l'art des différents outils et techniques permettant sa réalisation.

### 2.2.1 Le Web Sémantique

Le web sémantique est un projet lancé en 2001 par Tim Berners Lee, l'inventeur du *World Wide Web*. C'est un ensemble de technologies qui ont un but commun qui est le traitement et le partage des données par les humains et les machines. Son objectif principal est d'interconnecter plusieurs sources de données afin de créer des informations significatives. Ces données peuvent provenir de différentes sources, transformant ainsi le web en une immense base de données au lieu d'une collection non ordonnée de documents. Par ailleurs, la vision du web sémantique est de permettre aux machines d'interpréter et de traiter l'information sur le Web afin de mieux soutenir les humains dans l'exécution de leurs différentes tâches avec le web. Plusieurs technologies ont été développées pour façonner, construire et développer le web sémantique.

Le défi du web sémantique est de fournir des informations distribuées avec un sens bien défini, compréhensible pour différentes parties et permettant ainsi de sortir du web ordinaire vers un web plus « intelligent » pouvant traiter et exploiter de manière automatique la sémantique des ressources du web.

La sémantique se caractérise par le triplet (Ressource, Agent, Concept), où la ressource est la donnée à traiter, l'agent est le programme s'exécutant sur l'ordinateur, et le concept est le terme utilisé par le web sémantique pour désigner l'information associée à la ressource et qui définit à quelle catégorie elle appartient. La sémantique consiste donc en une relation d'interprétation.

Ce principe est utilisé en informatique par les métadonnées qui sont des informations inscrites à l'intérieur d'un fichier et qui le décrivent, sans apparaître lorsqu'on le visualise. Le web sémantique en propose une utilisation systématique, structurée et normalisée.

Il est à noter qu'une ressource s'identifie de manière unique par une *URI* qui est soit une *URL (Uniform Resource Locator)* quand il s'agit d'une page localisée par une adresse virtuelle, ou encore une *URN (Uniform Resource Name)* quand il s'agit d'un autre objet.

### 2.2.2 L'Ontologie

Le terme *Ontologie* est un terme emprunté à la philosophie, il nous renvoie au mot grec « *Ontologia* », qui signifie « parler (*logia*) de l'être (*onto*) » et qui se réfère à la science de décrire les types d'entités dans le monde et comment ces entités sont liées entre elles.

En informatique, généralement l'ontologie est définie comme « une spécification explicite et formelle d'une conceptualisation partagée » d'un domaine spécifique (Gruber T. R., 1995) (Uschold & Gruninger). (Studer, Benjamins, & Fensela, 1998) ont précisé les termes qui constituent cette définition, à savoir :

- « explicite » : les concepts de l'ontologie sont explicitement définis ;
- « formelle » : l'ontologie est représentée dans un formalisme exploitable par les machines ;

- « conceptualisation » : se réfère à un modèle ;
- « partagée » : L'ontologie n'est pas propre à une seule personne, mais validée par un groupe d'individus.

Une ontologie fournit ainsi un *vocabulaire* commun et partagé, comprenant des *concepts*, des *propriétés* et leurs définitions, ainsi que des *contraintes*, tous utilisés dans un domaine pouvant être accessible en communication entre des personnes et des systèmes d'information.

### 2.2.3 RDF (Resource Description Framework)

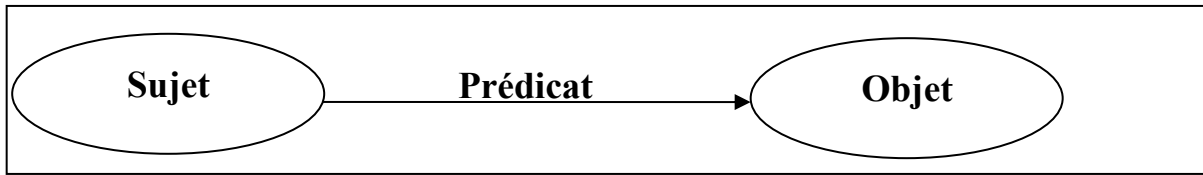
La plupart des technologies du Web sémantique développées jusqu'à présent nous fournissent des outils pour décrire et annoter des ressources sur le Web de manière standardisée, comme par exemple avec le *Resource Description Framework (RDF)* (RDF - Semantic Web Standards, 2014).

*RDF (Resource Description Framework)*, comme son nom l'indique, offre des outils qui servent à décrire des ressources de n'importe quel type. C'est le langage de base du web sémantique.

*RDF* étend la structure de liaison du Web et utilise les *URIs (Uniform Resource Identifier)* pour nommer la relation entre les choses ainsi que les deux extrémités du lien (ce que l'on appelle généralement un "triplet").

En utilisant ce modèle simple, *RDF* permet de mélanger, d'exposer et de partager des données structurées et semi-structurées entre différentes applications.

Cette structure de liaison forme un graphe dirigé, étiqueté, où les arêtes représentent le lien nommé entre deux ressources, représentées par les nœuds du graphe. *RDF* est donc basé sur le principe des triplets :



**Figure 5 : Composition d'un triplet RDF**

Où le sujet est la ressource à décrire, le prédicat est le type de propriété ou le paramètre que le sujet possède (exemple : titre, nom, etc.) et l'objet est la description du prédicat (exemple : Mlle, Noura, etc.).

Exemple : Pour dire que « Noura aPourSoeur Wafaâ » :

**Le triplet :**

|                  |   |
|------------------|---|
| <b>Sujet:</b>    | <http://exemple.com/Person/Noura>           |
| <b>Prédicat:</b> | <http://exemple.net/vocabulaire/aPourSoeur> |
| <b>Objet:</b>    | <http://exemple.com/Person/Wafaâ>           |

Il est à noter qu'il existe plusieurs syntaxes à *RDF*, notamment *N3* (pour Notation3) et *XML*.

**2.2.4 RDFS (Resource Description Framework schema)**

Le *RDFS* permet de définir des vocabulaires *RDF*. *RDFS* permet de définir la structure des données.

Quand la chose la plus spécifique que *RDF* définit est le prédicat nommé « *rdf: type* », *RDFS* va encore plus loin pour décrire les relations se trouvant entre les différents sujets, objets et prédicats (cf. Figure 6 et Figure 7).

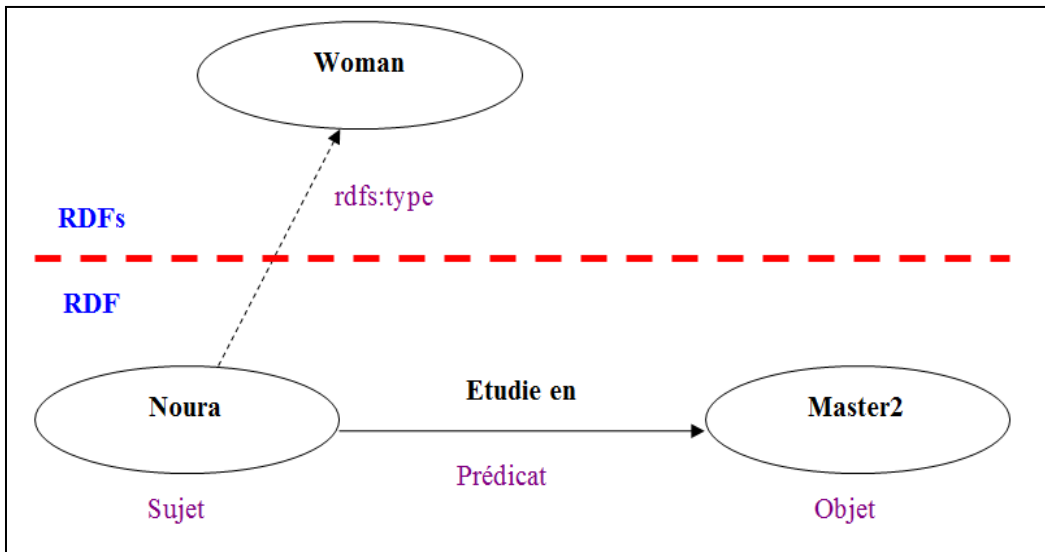


Figure 6 : Exemple de la relation entre RDF et RDFs

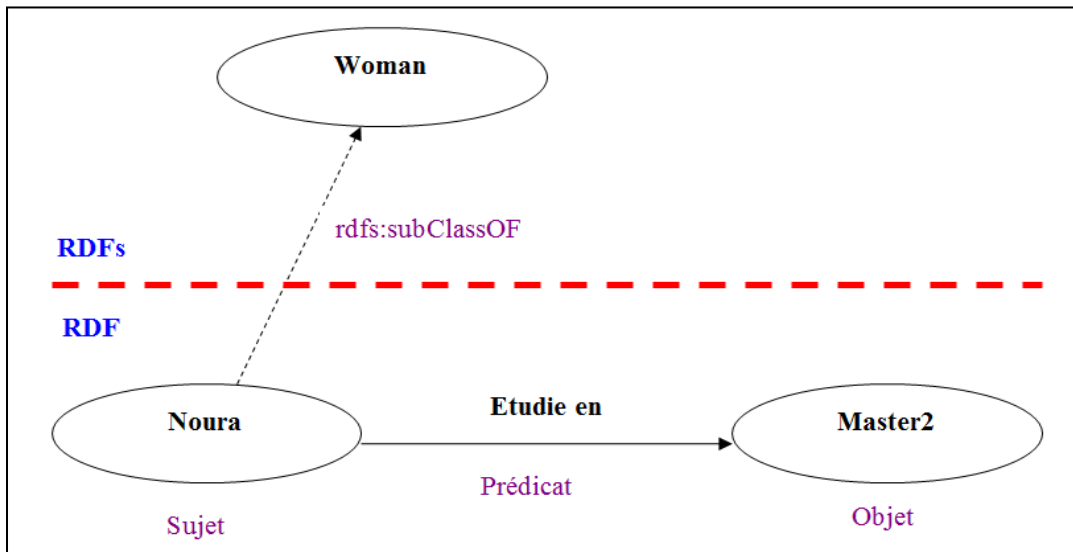


Figure 7 : Une autre représentation de la relation RDF-RDFs

### 2.2.5 Les limites de RDF et RDFs

*RDF* et *RDF-S* présentent des limites pour la représentation des ontologies, ci-dessous des exemples de ces limites :

- *RDFs* ne permet pas d'exprimer que 2 classes sont disjointes, comme par exemple pour exprimer que les classes des hommes et des femmes sont disjointes ;
- *RDFs* ne permet pas également la création des classes par combinaison ensembliste d'autres classes (intersection, union, complément), par exemple pour construire la classe *Personne* comme l'union disjointe des classes des hommes et des femmes ;
- Aussi, *RDFs* ne permet pas la définition des restrictions sur le nombre d'occurrences de valeurs que peut prendre une propriété, par exemple nous ne pourrions pas exprimer qu'une personne a exactement 2 parents ;
- Finalement, *RDFs* ne permet pas de caractériser des propriétés notamment :
  - la transitivité, par exemple pour la propriété *estPlusGrandQue* ;
  - l'unicité, pour la propriété *estLePèreBiologiqueDe* par exemple;
  - la propriété inverse, comme pour la propriété *filDe* qui est la propriété inverse de *pèreDe*.

D'où la nécessité d'utiliser un langage plus puissant pour la définition des ontologies, comme le langage *OWL*.

### 2.2.6 Le langage OWL (Ontology Web Language)

*OWL* est un langage du Web pour les ontologies, il a été conçu par le consortium mondial (*W3C*) dans le but de représenter de manière formelle les connaissances riches et complexes sur une donnée, un groupe de données ainsi que sur les relations entre les données. La syntaxe d'*OWL* est similaire à celle de *XML*, car comme *XML*, *OWL* repose sur le principe de balisage. *OWL* permet de décrire les deux entités globales au sein d'une

ontologie (la première est, comme la définition d'une classe en programmation orientée objet, permet de définir la nature des éléments qui composent le domaine de l'ontologie en question. La seconde partie d'une ontologie explicite les différentes relations entre plusieurs instances de ces classes définies dans la première partie).

En plus de pouvoir décrire les classes et les propriétés (les relations), *OWL* intègre des outils de comparaison des propriétés et des classes, par exemple : l'identité, l'équivalence, les cardinalités, la symétrie, le contraire, etc. (comme les manipulations qu'on peut remarquer dans l'outil *PROTEGE*<sup>6</sup>). Ainsi, *OWL* offre aux machines une plus grande capacité d'interprétation du contenu web grâce à un vocabulaire large et à une sémantique formelle.

### 2.2.7 Le langage *OWL2*

Le langage *OWL2* (Hitzler, Krötzsch, Parsia, Patel-Schneider, & Rudolph, 2012) est une extension du langage *OWL*. Comme son prédécesseur, il est également un langage du web sémantique destiné à exprimer les ontologies. *OWL2* est un langage déclaratif, c'est-à-dire qu'il décrit l'état des choses de manière logique, il permet donc de formuler, échanger et raisonner sur des connaissances concernant un domaine précis.

Alors qu'*OWL2* vise à capter la connaissance, le type de cette « connaissance » pouvant être représenté par *OWL2* ne reflète pas tous les aspects de la connaissance humaine. Cependant, *OWL2* peut être considéré comme un langage puissant de modélisation à usage général pour certaines parties de la connaissance humaine. Les résultats de ses processus de modélisation sont appelés « ontologies », qui est une terminologie aidant également à éviter la confusion puisque le terme « modèle » est souvent utilisé dans un sens assez différent dans la représentation des connaissances (Atkinson, 2007).

---

<sup>6</sup> <https://protege.stanford.edu/>



Or, pour formuler explicitement la connaissance, il est utile de supposer qu'elle est constituée de pièces élémentaires souvent appelées assertions ou propositions. Des déclarations comme «il pleut» ou «tout homme est mortel» sont des exemples typiques de ces propositions fondamentales. En effet, chaque ontologie *OWL 2* est essentiellement une collection de ces «bouts de connaissances» de base. Les déclarations qui sont faites dans une ontologie sont appelées axiomes dans *OWL 2*, et l'ontologie affirme que ses axiomes sont vrais. En général, les déclarations *OWL* peuvent être vraies ou fausses compte tenu d'un certain état des choses.

### 2.2.8 Les logiques de descriptions

Les logiques de description (*DL*) sont une famille de langages de représentation de connaissances qui peuvent être utilisés pour représenter la connaissance terminologique d'un domaine d'application d'une manière structurée et formellement bien définie.

Le terme « logiques de description » est motivé par le fait que, d'une part, les notions importantes du domaine sont décrites par des descriptions de concepts, c'est-à-dire des expressions construites à partir de concepts atomiques (prédicats unaires) et de rôles atomiques (prédicats binaires) en utilisant des constructeurs de concepts et de rôles fournis par le *DL* particulier. D'un autre côté, les logiques de description diffèrent de leurs prédécesseurs, telles que les réseaux sémantiques (*semantic networks*) et les cadres (*frames*) (Quillian, 1967) (Minsky, 1974), puisqu'ils sont dotés d'une sémantique formelle basée sur la logique, qui peut, par exemple, être obtenue par une traduction en logique de prédicat du premier ordre.

Les logiques de description permettent donc d'avoir une vue logique sur les ontologies de domaines en les décrivant sous forme de concepts (classes), rôles (propriétés ou relations) et individus.

### 2.2.9 SWRL (Semantic Web Rule Language)

*SWRL* est un langage permettant d'écrire des règles en web sémantique. Sa syntaxe s'exprime en utilisant les concepts de base d'*OWL*, c'est-à-dire les classes, les propriétés et les individus. Il permet d'imposer un certain nombre de conditions liées à un résultat quelconque.

Les règles *SWRL* permettent :

- D'apporter d'avantage de précision à une connaissance à travers l'attribution d'une propriété à une connaissance, par exemple pour préciser que si le parent d'une personne est un homme, cet homme est donc son père :

$$\text{Personne}(?x) \wedge \text{aPourParent}(?x, ?y) \wedge \text{Homme}(?y) \rightarrow \text{aPourPère}(?x, ?y)$$

- D'inférer de nouvelles connaissances à partir de celles déjà existantes, par exemple pour inférer que la mère de la mère d'une personne est sa grand-mère :

$$\text{Personne}(?x) \wedge \text{aPourMère}(?x, ?y) \wedge \text{aPourMère}(?y, ?z) \rightarrow \text{aPourGrandMère}(?x, ?z)$$

- D'augmenter l'expressivité d'une connaissance en utilisant des fonctionnalités intégrées dans *SWRL*, comme par exemple pour dire qu'une personne considérée adulte du moment où son âge dépasse les 17ans :

$$\text{Personne}(?x) \wedge \text{aPourAge}(?x, ?age) \wedge \text{swrlb:greaterThan}(?age, 17) \rightarrow \text{Adulte}(?x)$$

- D'ajouter des règles de calcul, par exemple si nous souhaitons exprimer le salaire d'une personne obtenu en euros en dirham marocain :

$$\begin{aligned} & Personne(?x) \wedge aPourSalaireEnEuro(?x, ?sEuro) \wedge \\ & swrlb:multiply(?sMAD, ?sEuro, 10) \rightarrow \\ & aPourSalaireDirhamMarocain(?x, ?sMAD) \end{aligned}$$

- De classifier une connaissance, à titre d'exemple nous pouvons classifier une connaissance appartenant à la classe *Homme* comme faisant partie également et par conséquence de la classe *Personne* :

$$Homme(?x) \rightarrow Personne(?x)$$

- D'attribuer une condition sur un individu nommé, comme par exemple si nous souhaitons attribuer une condition sur l'individu « *siham* » uniquement :

$$\begin{aligned} & Personne(Siham) \wedge aPourParent(Siham, ?x) \wedge Homme(?x) \rightarrow \\ & aPourPère(Siham, ?x) \end{aligned}$$

Par ailleurs, après exécution du moteur d'inférence (raisonneur), ce dernier va parcourir les règles SWRL une à une et vérifier si les données respectent les conditions imposées par les règles SWRL afin qu'il en résulte un ensemble de nouvelles connaissances ainsi que la vérification de la cohérence des connaissances.

### 2.2.10 Conclusion

Pour la représentation des liens interpersonnels, nous optons pour l'utilisation des technologies du web sémantique les plus récentes, à savoir les ontologies *OWL 2* qui se basent sur les logiques de description (*DL*). Ce choix est fait parce qu'*OWL2* nous apporte une représentation sémantique élevée et structurée des connaissances, avec une expressivité élevée (comparé à *OWL Lite*) et en parallèle permettant l'inférence et le raisonnement sur les connaissances, tout en assurant la complétude et la décidabilité. Les règles *SWRL* quant à elles sont utilisées pour permettre la vérification et la cohérence des

connaissances, et également l'inférence de nouvelles connaissances à partir de celles déjà existantes.

## **2.3 Représentation du temps dans le Web sémantique**

### **2.3.1 Introduction**

La problématique liée à la représentation ainsi qu'au raisonnement sur les connaissances temporelles représente un défi majeur dans un large éventail de disciplines tout comme en informatique.

En effet, dans le domaine informatique, ce problème est devenu central surtout avec l'émergence du web sémantique où de grandes quantités de données hétérogènes sont manœuvrées.

Notre thèse aborde le problème de la temporalité dans un contexte socioculturel lié notamment à la représentation des liens interpersonnels. En effet, la prothèse de mémoire est fortement concernée par la capture et l'extraction des connaissances temporelles liées aux liens interpersonnels, ces informations sont indispensables dans la représentation exacte des liens interpersonnels dont une personne souffrant de dégénérescence mnésique souhaitera extraire afin de répondre à ces interrogations et raviver ses souvenirs plus tard.

Le temps peut être représenté sous forme d'instants ou d'intervalles, il peut également être conceptualisé de manière quantitative ou qualitative.

Un instant ou un intervalle est représenté quantitativement quand nous disposons d'informations temporelles qui le caractérisent, c'est-à-dire une date de début et de fin (un instant est un intervalle dont les dates de début et de fin sont égales), et il est défini et représenté qualitativement lorsque ces informations temporelles le décrivant sont relatives, ne peuvent pas être décrites par oubli par exemple ou tout simplement quand elles ne sont pas connues.

Dans ce travail de thèse, nous nous intéressons plutôt à la représentation des entités temporelles dans un cadre qualitatif, jugeant que quantitativement, d'un point de vue technique, la représentation du temps se fait plus facilement en se basant sur la propriété « *xsd:date* », et les relations entre les différents instants (et par conséquent entre les intervalles) se fait en utilisant les relations de précédence. Dans la section 2.3.2, nous allons discuter le choix entre la représentation du temps sous forme d'instant ou d'intervalle. Ensuite, nous allons dresser les différentes approches qui ont été proposées pour la représentation de l'information temporelle dans le Web sémantique dans les sections qui suivent, ces approches seront comparées en se basant sur des critères que nous avons préalablement définis. Ces comparaisons nous ont permis de faire ressortir les limites des modèles et approches existants et d'introduire nos contributions dans le chapitre 5 de ce manuscrit.

### **2.3.2 La représentation du temps sous forme d'instant ou d'intervalle**

Le choix entre une représentation du temps sous forme d'instant ou d'intervalle a suscité l'attention de plusieurs travaux de recherche. D'un point de vue traditionnel, hérité de la physique, le temps est plutôt assimilé à une structure linéaire, éventuellement continue, dont les propriétés peuvent néanmoins varier selon le point de vue adopté (structure non bornée, arborescente, etc.). L'organisation des instants se fait intuitivement à travers la relation de précédence, en utilisant les trois relations possibles « < », « > », « = » (désignant respectivement : « avant », « après » et « égal »). A cette relation sont attribuées les propriétés de transitivité, d'irréflexivité et d'asymétrie.

Le choix des intervalles est par ailleurs fait quand il s'agit notamment d'une modélisation du sens commun en matière de temporalité. Ils sont les plus adaptés dans ce sens, car ils impliquent une durée, contrairement aux instants (Gabbay, Hogger, Robinson, & Galton, 1995). En plus des relations de précédence, d'autres relations interviennent entre les intervalles (Allen J. F., 1983). Le choix des intervalles nous amène

également à nous poser des questions d'ordre ontologique, notamment sur les propriétés mêmes de l'intervalle (fermé, borné, non borné, etc.).

Un intervalle est considéré délimité par un instant « début » et un autre « fin », connus ou pas, et dont les valeurs sont différentes. Un instant a été considéré dans certaines approches (Cox, Little, Hobbs, & Pan, 2017) comme étant un intervalle dont les valeurs « début » et « fin » sont égales (durée = 0).

### 2.3.3 Logiques de description temporelles (TDLs)

Les logiques de description temporelles (*TDLs*) reposent sur les logiques de descriptions (*DLs*) dites « standards ». Ainsi, en plus de la représentation des connaissances dites statiques initialement obtenue par les logiques de description standards, les logiques de description temporelles (*TDLs*) permettent de capturer l'aspect temporel des connaissances. Elles se basent sur deux primitives temporelles dans la représentation du temps, à savoir les intervalles et les instants.

Les logiques de description temporelles offrent des capacités additionnelles permettant une expressivité plus élevée (comparée à celle des logiques de description standards) en plus du maintien de la décidabilité. Cependant, les logiques de description temporelles nécessitent l'extension de la syntaxe ainsi que des sémantiques d'*OWL* avec des constructeurs temporels additionnels. Ainsi, les concepts des *LDTs* sont formés à partir des constructions de concept *ALC* enrichies par les constructeurs temporels *OC* et *CUD*, aussi connus sous « *Linear time Temporal Logic* » (*LTL*) (Gabbay, Hodkinson, & Reynolds, 1994).

### 2.3.4 Le versioning

Le « *versioning* » d'ontologies (Klein & Fensel, 2001) en générale signifie qu'il existe des variantes multiples à une même ontologie. Dans la pratique, ces variantes sont souvent issues des changements présents dans les différentes versions dérivées d'une même ontologie. Il se peut également que différentes versions d'ontologies d'un même

domaine existant, et que ces ontologies soient indépendamment développées et par conséquent n'aient pas de relation de dérivée. Dans ce cas-là, nous ne pouvons pas évoquer le *versioning* d'ontologies, mais plutôt dire que chacune de ces ontologies décrit séparément le domaine selon un point de vue spécifique. Dans (Klein & Fensel, 2001), les auteurs définissent le *versioning* d'ontologies comme étant la capacité de gérer les changements dans les ontologies et cela à travers la création et la gestion de leurs différentes variantes.

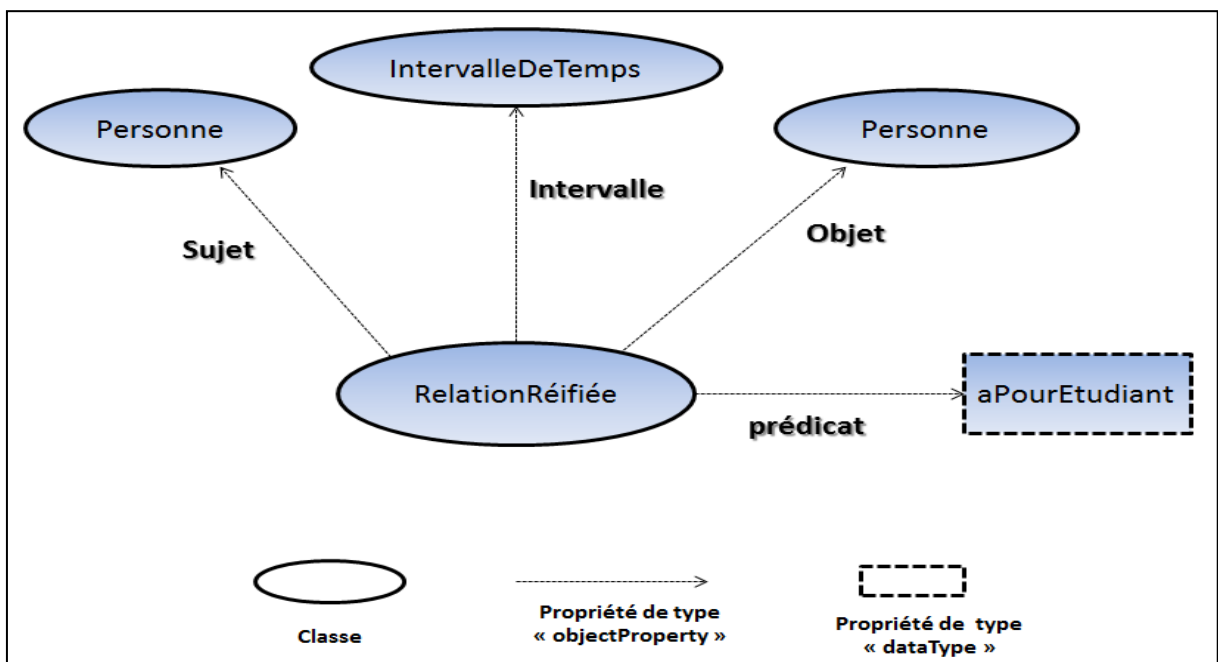
Dans la représentation du temps, le *versioning* d'ontologies est relié aux changements dans les ontologies, il permet donc de représenter les changements relatifs aux concepts évoluant dans le temps. Ainsi, à chaque fois qu'un changement a lieu, aussi simple soit-il, cela nécessite qu'une nouvelle version de l'ontologie en question soit créée. On obtient ainsi autant de versions de l'ontologie que le nombre de changements que cette ontologie a subit, chose qui représente un inconvénient majeur, car cela en résulte une redondance d'informations. Cette technique souffre d'autres inconvénients tels que la recherche des événements qui ont eu lieu à un instant précis ou durant un intervalle quelconque, car cela nécessite une recherche complète dans toutes les versions présentes de l'ontologie. En plus, le lien entre les différentes classes et informations en général qui évoluent dans le temps n'est pas clairement représenté.

### 2.3.5 La réification

La réification est une technique qui permet de représenter les relations *n-aires* représentant le temps dans *OWL*, et cela en décomposant chaque relation *n-aire* en un ensemble de relations binaires suivant certaines règles. La réification nécessite de créer un nouvel objet pour chaque relation réifiée, ce nouvel objet sera lié à chacun des arguments de la relation réifiée en utilisant les prédicats suivants : Sujet, Objet, temps et prédicat pour représenter le prédicat de la relation réifiée sous forme d'argument pour la nouvelle relation binaire qui en découle. Prenant l'exemple d'une relation *n-aire* reliant deux objets de type *Personne* dans un temps *IntervalleDeTemps*, exprimée ainsi :

**aPourEtudiant (Personne, Personne, IntervalleDeTemps)**

Cette relation sera entièrement définie comme un nouvel objet de type Classe (*RelationRéifiée*) lié via les prédicats sujet, objet, prédicat et intervalle qui sont des propriétés de types objet (*object properties*), avec les objets de type classe Personne et *IntervalleDeTemps* qui représentaient initialement les arguments de la relation réifiée. Le prédicat *aPourEtudiant*, sera quant à lui représenté sous forme de propriété (*data property*) de la relation réifiée. La Figure 8 illustre cet exemple de la réification.



**Figure 8 : Exemple de la réification**

La réification présente cependant un certain nombre de problèmes relevés par certains travaux (Noy, Rector, Hayes, & Welty, 2016) (Welty & Fikes, 2006). Nous citons par exemple la prolifération des objets, et cela pour cause la création d'un nouvel objet pour chacune des relations réifiées. Par conséquent, dans le cas des relations qui évoluent dans le temps, la réification nécessitera la création d'une nouvelle classe d'objets et quatre relations pour chaque relation réifiée. En parallèle, la réification peut causer une redondance d'objets, car il est possible d'avoir plusieurs objets qui réifient la même relation qui évolue dans le temps. Ce problème est particulièrement lié à *OWL* qui connaît

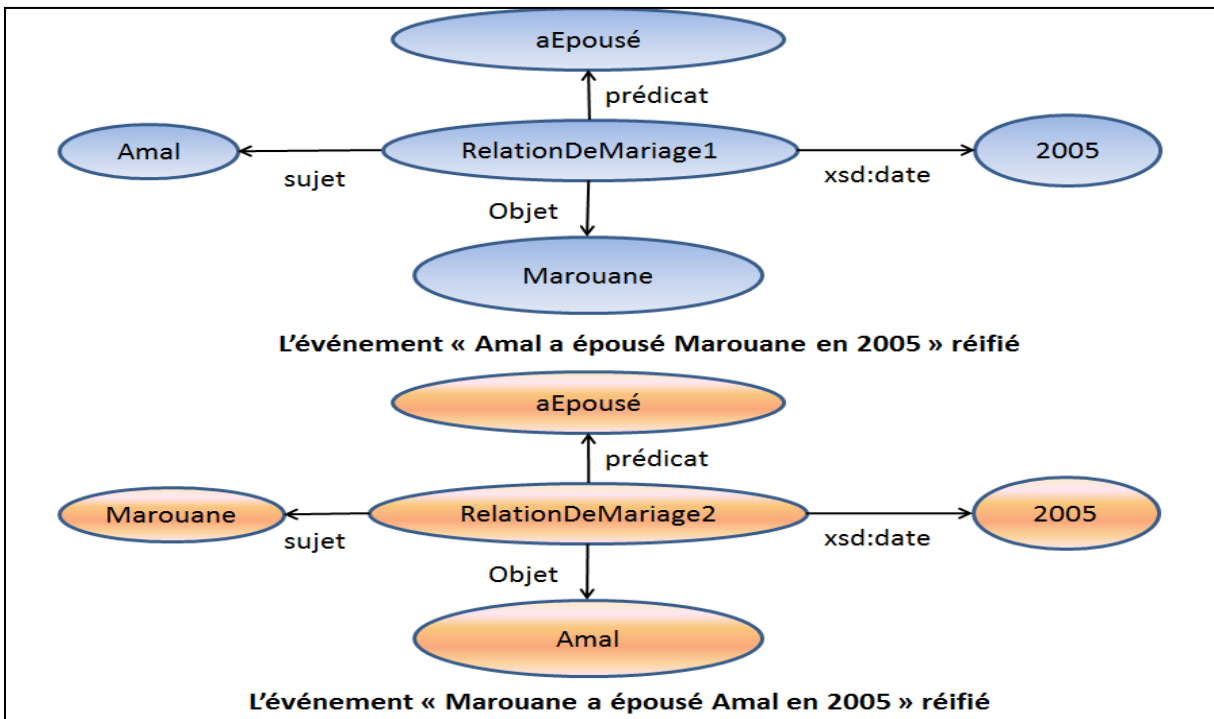


des limites dans sa capacité à exprimer l'identité des objets. Il serait donc nécessaire de préciser que dans le cas de deux événements (informations qui changent dans le temps) du même type avec les mêmes propriétés d'objets et les mêmes relations qui les lient à ces propriétés, ces événements sont les mêmes. Ci-dessous un exemple d'évènements réifiés qui peut créer une redondance :

« Amal a épousé Marouane en 2005 »;

« Marouane a épousé Amal en 2005 ».

En appliquant la technique de réification, ces deux événements sont représentés selon la Figure 9. Nous remarquons bien que la réification de ces deux événements crée des redondances d'objets, car ces deux événements représentent une même relation qui dont les arguments et objets sont les mêmes, donc à chaque fois que nous avons relation symétrique ou inverse, cela nécessitera de créer les mêmes objets pour chacune de ces relations, créant ainsi une multitude d'objets similaires.



**Figure 9 : Exemple d'une redondance induite en réifiant deux relations du même type (entre les mêmes objets)**

En plus de la prolifération et la redondance d'objets, s'ajoute le problème du raisonnement sous *OWL*. Il s'avère qu'il est extrêmement difficile d'utiliser les constructeurs du langage *OWL* sur des relations réifiées, puisque la plupart des relations réifiées évoluent dans le temps, et permettent donc de relier deux individus pour une période de temps donnée, mais pas à une autre. En plus, la réification traite les relations sous forme de nouvelles classes, la capacité d'utiliser *OWL* pour les décrire devient par conséquent limitée.

### 2.3.6 L'approche « *4D-Fluents* »

L'autre approche pour représenter le temps dans *OWL* est la *4D-fluents* (Welty & Fikes, 2006). Le mot « *fluent* » a été défini selon (McCarthy & Hayes, 1981) comme une fonction qui mappe entre les objets et les situations d'un côté et la vérité de l'autre. Une autre définition simplifiée pour le terme « *fluent* » a été donnée dans (Allen J. F., 1984), précisant qu'un « *fluent* » est une relation maintenue à un certain intervalle de temps et pas dans d'autres. Nous pouvons définir par conséquent un *fluent* comme étant tout simplement une relation qui évolue dans le temps. Cette approche est d'ailleurs dite « perdurantiste », car elle permet de gérer des « perdurants » pour modéliser l'évolution temporelle des données. Un perdurant est un terme utilisé par (Lewis, 2001) pour décrire des entités qui peuvent évoluer dans le temps (*fluent*), il est employé dans le cadre des ontologies formelles dites générales ou de haut niveau telles que *GFO* (Herre, et al., 2006), *BFO* (Smith, 1998) et *DOLCE* (Masolo, Borgo, Gangemi, Guarino, & Oltramari, 2003).

L'approche *4D-fluents* (Welty & Fikes, 2006) est également dite quadridimensionnelle, car les objets dans cette approche sont caractérisés dans leurs dimensions spatio-temporelles, contrairement à la tridimensionnalité, où un objet n'est caractérisé que dans ses dimensions spatiales. Cette approche de « quadridimensionalisme », défendue par (Quine, 1960) et (Lewis, 2001), considère qu'un objet se déroule dans le temps et détient des parties ou tranches temporelles (*timeslices*).

Dans cette approche, chaque objet a une partie temporelle et par conséquent, pour chaque moment, un objet ne peut être décrit dans sa totalité, mais seulement une de ses parties peut l'être. Ainsi, chaque concept est représenté comme un objet quadridimensionnel où le temps représente la quatrième dimension, et pour chaque objet, seule une partie (ou un cliché (*timeslice*)) est représentée dans un temps précis (intervalle soit-il ou instant). Par ailleurs, seules les entités de la partie temporelle subissent les changements, tandis que les entités de base restent inchangées.

Prenant l'exemple de la relation entre Elisabeth et Nebrasse, deux individus de la classe *Personne* :

- 1- Nebrasse est doctorante d'Elisabeth depuis 2006 ;
- 2- Nebrasse est collègue d'Elisabeth depuis 2016.

Comme illustré dans la Figure 10, dans les relations (1) et (2), les deux individus Nebrasse et Elisabeth ne feront plus partie directement de la classe *Personne*, mais plutôt du cliché de cette classe à un temps précis, qui correspond à la classe *PersonneTimeSlice*. La dimension temps quant à elle est représentée par la classe *TimeInterval* dont les individus de type temps seront liés aux individus de type *PersonneTimeSlice* via la propriété *TsTimeIntervalOf*. Ainsi, seules les entités appartenant aux classes *NebrasseTimeInterval* et *ElisabethTimeInterval* subissent les changements, tandis que les entités de base (Nebrasse et Elisabeth) restent inchangées.

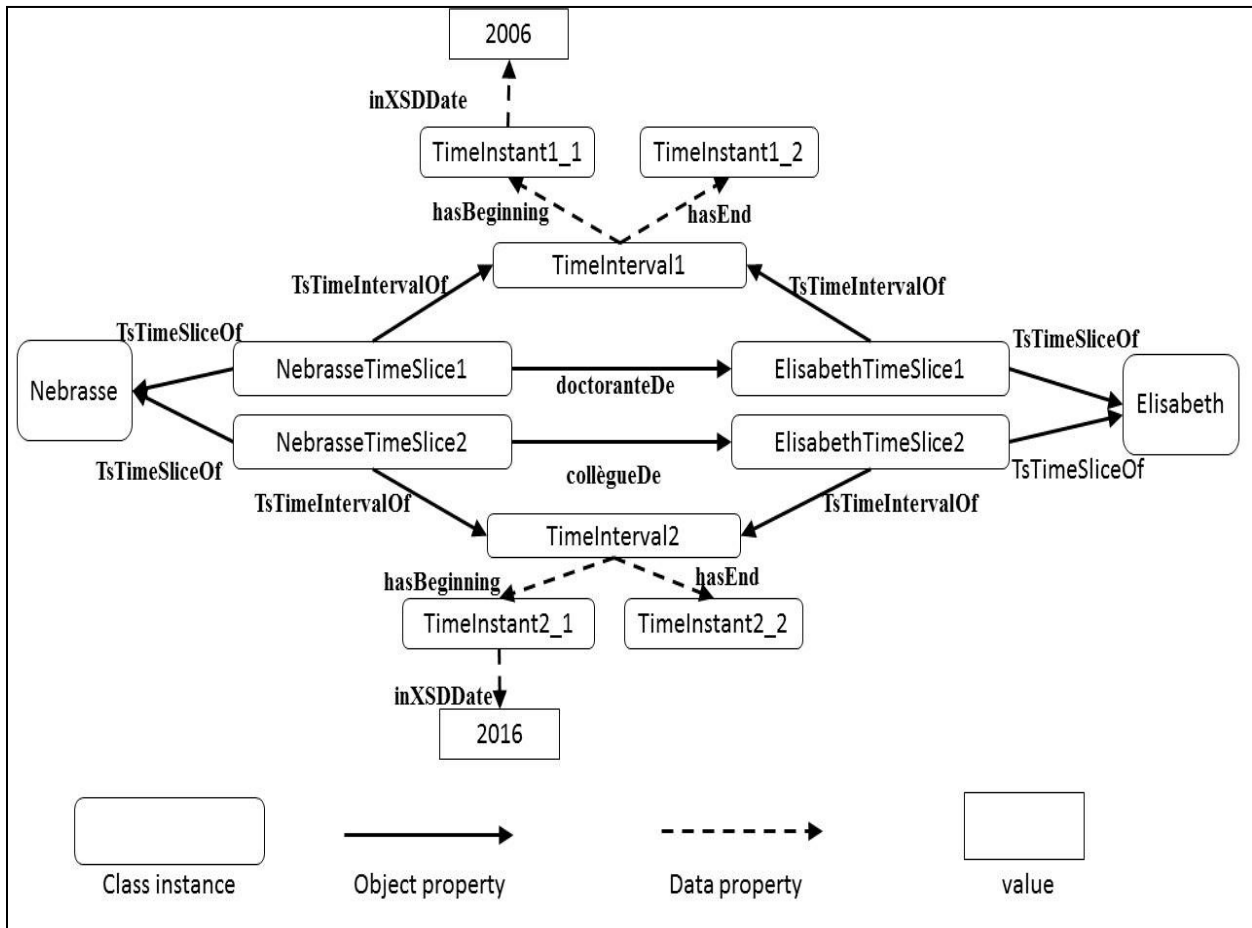
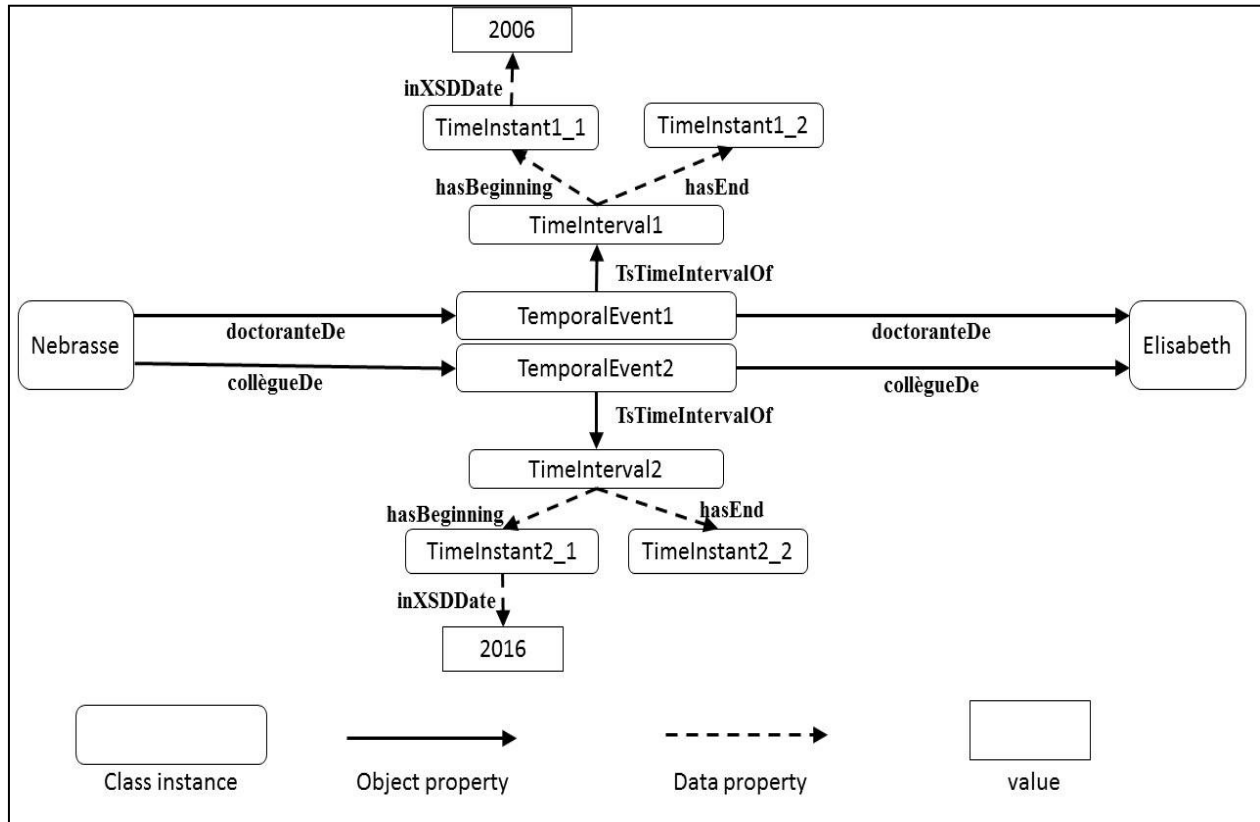


Figure 10 : Représentation des relations (1) et (2) en utilisant l'approche 4D fluents

### 2.3.7 L'approche « relations n-aires »

La méthode des « relations n-aires » est considérée comme une alternative à l'approche *4D-fluents*. Elle permet de mieux représenter le temps en évitant la prolifération des objets, car au lieu de créer deux objets supplémentaires pour chaque relation temporelle comme dans la méthode *4D-fluents*, nous n'en créerons qu'un seul en utilisant l'approche des « relations n-aires ». Ainsi, pour représenter les relations (1) et (2) en utilisant la méthode des « relations n-aires », Nebrasse et Elisabeth seront toujours des instances de la classe *Personne*, et un objet est créé pour représenter la relation qui existe entre ces deux instances, cet objet sera une instance de la classe « *TemporalEvent* » le résultat sera comme illustré dans la Figure 11.

- 1- Nebrasse est doctorante d'Elisabeth depuis 2006 ;
- 2- Nebrasse est collègue d'Elisabeth depuis 2016.



**Figure 11 : Représentation des relations (1) et (2) en utilisant l'approche des relations n-aires**

### 2.3.8 Les intervalles d'Allen

Si nous approfondissons la dimension relative à l'ordre entre les intervalles de temps, et nous dépassons les relations de précédence, tout en restant dans la représentation qualitative de la temporalité, nous pouvons évoquer naturellement le modèle des intervalles d'Allen (Allen J. F., Maintaining knowledge about temporal intervals, 1983) (Allen J. F., 1984). Ce modèle a été introduit initialement dans la communauté de l'intelligence artificielle.

Les relations d'Allen sont représentées graphiquement selon la Figure 12. La définition de chacune de ces relations entre intervalles est donnée en utilisant les relations de précedence entre les bornes « début » (s) et « fin » (e) délimitant les intervalles :

$$i1 \text{ before } i2 \Leftrightarrow e1 < e2$$

$$i1 \text{ meets } i2 \Leftrightarrow e1 = s2$$

$$i1 \text{ overlaps } i2 \Leftrightarrow s1 < s2 \wedge e1 < e2 \wedge e1 > s2$$

$$i1 \text{ starts } i2 \Leftrightarrow s1 = s2 \wedge e1 < e2$$

$$i1 \text{ during } i2 \Leftrightarrow s1 > s2 \wedge e1 < e2$$

$$i1 \text{ finishes } i2 \Leftrightarrow s1 > s2 \wedge e1 = e2$$

$$i1 \text{ equals } i2 \Leftrightarrow s1 = s2 \wedge e1 = e2$$

Il est à noter que le modèle d'intervalles, tel qu'il a été introduit dans (Allen J. F., 1983), considère les intervalles comme étant des entités primitives, c'est-à-dire sans la considération des instants, afin d'éviter certaines difficultés sémantiques telles que la représentation d'une proposition à un instant de rencontre entre deux intervalles (relation *meets*), tels que le risque d'avoir deux états contradictoires (dans le cas d'intervalles fermés), ou au contraire le risque de n'avoir aucun état et donc avoir une absence de vérité (dans le cas d'intervalles ouverts). Galton a établi un travail critiquant ce choix de considérer les intervalles comme primitifs et non analysables dans (Galton, 1990), Allen et Hayes sont par ailleurs revenus sur ce choix en introduisant les instants dans un article ultérieur (Allen & Hayes, 1990).

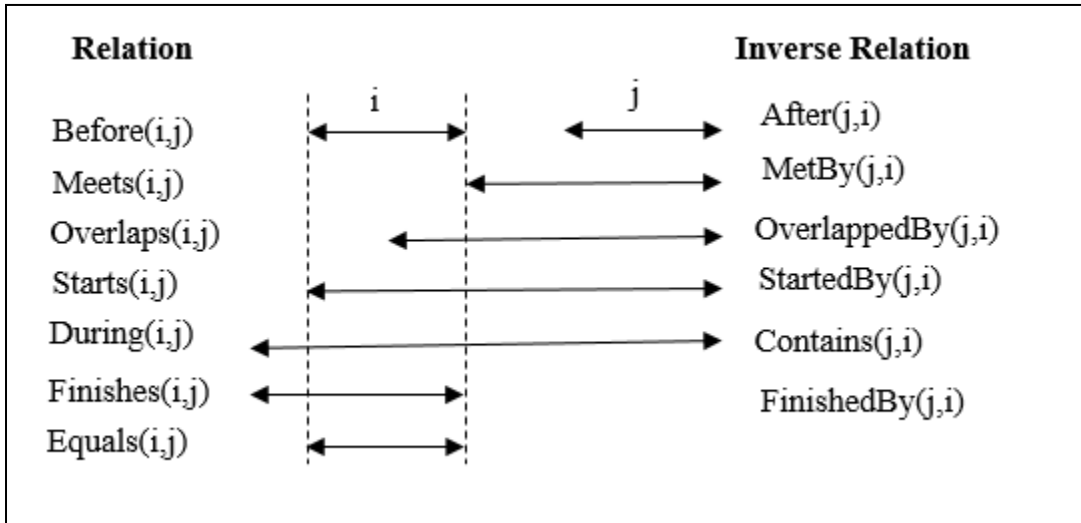


Figure 12 : Les relations d'Allen

## 2.4 Le raisonnement

Le raisonnement est la capacité d'inférer des conséquences logiques décrivant la relation entre les déclarations qui sont vraies lorsqu'une déclaration découle logiquement d'une ou de plusieurs déclarations, et cela à partir d'un ensemble de faits ou d'axiomes affirmés.

Une conséquence logique est un concept fondamental dans la logique, qui décrit la relation entre les déclarations qui sont vraies lorsqu'une déclaration découle logiquement d'une ou de plusieurs déclarations. Un argument logique valide est celui dans lequel la conclusion est entraînée par les prémisses, parce que la conclusion est la conséquence des prémisses. L'analyse philosophique de la conséquence logique implique les questions suivantes: En quel sens une conclusion découle-t-elle de ses prémisses? Et qu'est-ce que cela signifie pour une conclusion d'être une conséquence des prémisses? Toute la logique philosophique est destinée à fournir des récits de la nature de la conséquence logique et de la nature de la vérité logique.

La conséquence logique est nécessaire et formelle, à travers des exemples qui expliquent avec des preuves formelles et des modèles d'interprétation. On dit qu'une phrase est une conséquence logique d'un ensemble de phrases, pour une langue donnée, si et seulement si, en utilisant seulement la logique (sans tenir compte des interprétations personnelles des phrases) la phrase doit être vraie si chaque phrase dans l'ensemble est vrai.

### **2.4.1 Le raisonneur**

Le raisonneur sémantique, moteur de raisonnement, moteur de règles, ou simplement le raisonneur, est un logiciel capable d'inférer des conséquences logiques à partir d'un ensemble de faits ou d'axiomes affirmés.

La notion de raisonneur sémantique généralise celle d'un moteur d'inférence, en fournissant un ensemble plus riche de mécanismes avec lesquels l'utilisateur peut travailler.

Les règles d'inférence sont généralement spécifiées au moyen d'un langage d'ontologie, et souvent d'un langage logique de description.

De nombreux raisonneurs utilisent la logique des prédicats du premier ordre pour effectuer le raisonnement; l'inférence passe généralement par le chaînage avant et le chaînage arrière.

Il y a aussi des exemples de raisonneurs probabilistes, y compris le système de raisonnement non-axiomatique de Pei Wang, et les réseaux logiques probabilistes.

Un raisonneur utilise l'information présente et affirmée dans l'ontologie. Basé sur la sémantique décrite, il peut donc nous aider à découvrir des inférences qui sont une



conséquence des connaissances que nous avons présentées et dont nous n'avions pas connaissance auparavant.

Le raisonnement dans des mondes ouverts comme le web sémantique n'est pas encore complètement exploré, le partage et la réutilisation de ressources de haute qualité restent un problème ouvert.

## **2.4.2 Les types de raisonnement**

Il existe plusieurs types de raisonnement : le raisonnement de subsomption, le raisonnement de satisfaction, le raisonnement permettant la récupération d'instance et finalement le raisonnement permettant l'instanciation.

### **2.4.2.1 Le raisonnement de subsomption**

Le raisonneur nous permet de déduire quand une classe est une sous-classe d'une autre. B est une sous-classe de A si c'est nécessairement le cas que (dans tous les modèles), toutes les instances de B doivent être des instances de A. Cela peut être dû à une assertion explicite ou à un processus d'inférence basé sur une définition intensionnelle. Le raisonneur peut ensuite construire des hiérarchies conceptuelles représentant la taxonomie, c'est ce qu'on appelle la classification des classes.

### **2.4.2.2 Le raisonnement de satisfaction**

Le raisonneur nous dit quand un concept est insatisfiable, c'est-à-dire lorsqu'il n'y a pas de modèle dans lequel l'interprétation de la classe est non vide.

### **2.4.2.3 La récupération d'instance**

Le raisonneur nous permet de savoir quelles sont les instances d'une classe particulière.

#### 2.4.2.4 L'instanciation

L'instanciation se dit quand le raisonneur permet de savoir quelles sont les classes dont x est une instance.

#### 2.4.3 Le raisonnement dans OWL

Le langage *OWL* fournit un ensemble de constructeurs visant à exprimer d'une manière ciblée les propriétés des classes définies. Les limites de cette expressivité résident dans l'indécidabilité du langage qui en résulte en prenant en considération l'ensemble de ses constructeurs. Le langage *OWL* apporte une syntaxe bien définie, une sémantique formelle, un support pour un raisonnement efficace et une expressivité suffisante.

C'est dans ce sens que *OWL* a été fractionné en trois langages distincts, hiérarchisés et dont l'expressivité est évolutive (cf. Figure 13).

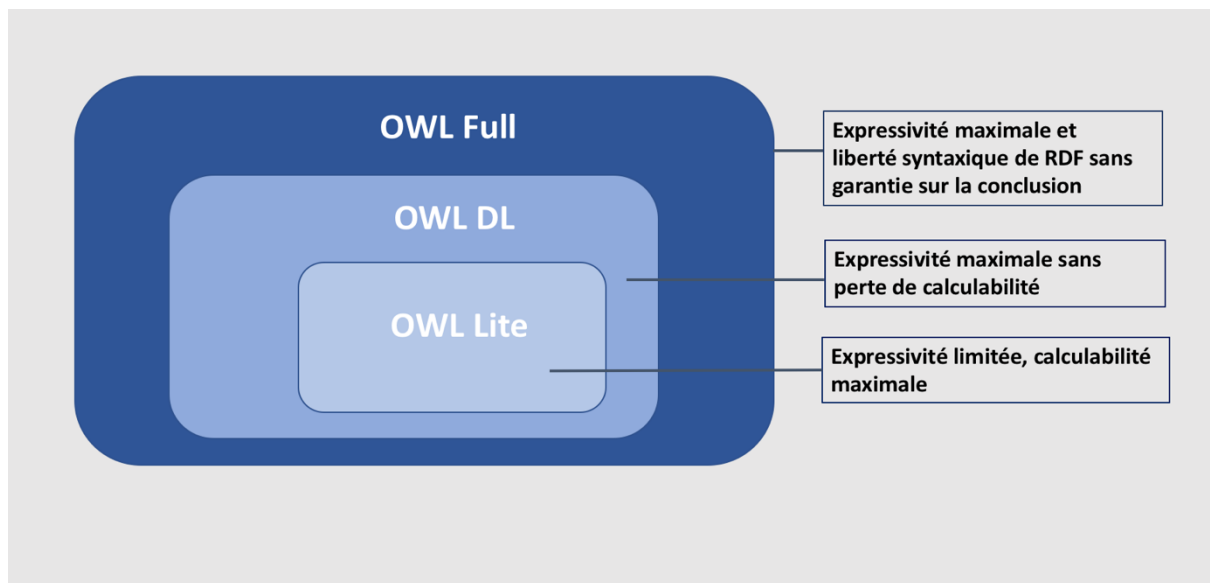


Figure 13 : vue d'ensemble sur les 3 sous-langages d'OWL

### 2.4.3.1 OWL Lite

*OWL Lite* est plus facile à comprendre et à mettre en œuvre par les utilisateurs. Par ailleurs, il est d'une expressivité minimale alors que sa calculabilité est maximale. Il est approprié aux utilisateurs dont le principal besoin est une hiérarchie de classification et de mécanismes de contraintes simples.

Les principales restrictions d'*OWL Lite* sont les suivantes :

- *OWL Lite* supporte les déclarations de cardinalités or elles ne peuvent qu'être faites sur les valeurs 0 et 1 ;
- Les déclarations avec *owl:equivalentClass* ne peuvent être faites qu'entre les classes identifiées ;
- L'utilisation des objets : *owl:oneOf*, *owl:disjoinWith*, *owl:complementOf* et *owl:hasValue* n'est pas permise.

### 2.4.3.2 OWL DL

*OWL DL (Description Logic)* est un sous-langage d'*OWL Full* restreignant l'application des constructeurs d'*OWL* et *RDF Schema*. Il permet une expression élevée sans pour autant qu'il y ait une perte de calculabilité. Il est conforme aux attentes des utilisateurs qui souhaitent une expressivité élevée sans sacrifier la complétude de calcul (toutes les inférences sont calculées) ni la décidabilité des systèmes de raisonnement (tous les calculs s'effectuent dans un temps fini). Le langage *OWL DL* restreint l'application des constructeurs d'*OWL* et *RDF Schema*, à savoir :

- Lorsqu'une classe est déclarée comme étant une sous-classe de plusieurs classes, celle-ci ne peut pas être une instance d'une autre classe ;

- Une classe ne peut pas être en même temps un individu ou une propriété, une propriété ne peut pas être un individu ou une classe ;
- Le typage est explicite : toute classe est à déclarer explicitement si elle est utilisée conjointement avec *rdfs:subclassOf*.

### 2.4.3.3 OWL Full

*OWL Full* répond aux besoins des utilisateurs souhaitant le maximum d'expressivité et la liberté syntaxique de *RDF* sans une garantie sur la décidabilité. *OWL Full* possède plusieurs particularités :

- Le langage *OWL Full* utilise toutes les primitives du langage *OWL* et permet la combinaison de ces primitives avec *RDF* et *RDF Schema* ;
- Une classe peut être traitée parallèlement comme une collection d'individus et comme un individu ;
- Une des différences avec *OWL DL* se place dans la possibilité de typer un objet *owl:DatatypeProperty* comme un objet *owl:InverseFunctionalProperty* ;
- Le langage *OWL Full* est si puissant en expressivité qu'il est indécidable ;
- Un système de raisonnement n'aura probablement pas la capacité d'appliquer toutes les caractéristiques d'*OWL Full*.

#### 2.4.3.4 La compatibilité entre les différents sous-langages OWL

Chaque sous-langage *OWL* représente une extension par rapport à son prédécesseur, à la fois dans l'expressivité ainsi que dans le raisonnement. Les relations suivantes sont vraies, mais ne sont pas symétriques.

- Toute ontologie *OWL DL* est une ontologie *OWL Lite* ;
- Toute ontologie *OWL Full* légale est une ontologie *OWL DL*.
- Toute inférence *OWL DL* valide est une inférence *OWL Lite* valide ;
- Toute inférence *OWL Full* valide est une inférence *OWL DL* valide.

#### 2.4.3.5 Le choix entre les différents langages OWL

Le choix du sous-langage *OWL* pour la création d'ontologies *OWL* doit cibler dans un premier temps le sous-langage qui correspond le mieux aux attentes ainsi qu'aux besoins.

Un compromis entre l'expressivité et le raisonnement efficace est à déterminer; car plus le langage est riche, moins le raisonnement sera efficace :

- Le choix entre *OWL Lite* et *OWL DL* dépendra du besoin des structures de restriction qui sont plus expressives sous *OWL DL* ;
- Les moteurs de raisonnement *OWL Lite* auront les propriétés de calcul souhaitables ;
- Le choix entre *OWL DL* et *OWL Full* dépendra principalement des besoins des utilisateurs en ce qui concerne les facilités de méta-modélisation offertes par le schéma *RDF* (par exemple, pour définir des classes de classes). Entre une utilisation d'*OWL Full* comparée à *OWL DL*, la prise en charge du raisonnement est donc moins prévisible.

## 2.4.4 Les différents raisonneurs recommandés par le W3C pour OWL2

### 2.4.4.1 Fact++

*Fact++*<sup>7</sup> est un raisonneur *OWL DL* distribué sous licence *GNU*. Son développement a été réalisé avec le langage de programmation *C++* ce qui maximise son rendement. Au-delà du raisonnement par tâche qu'il permet de réaliser, il apporte des services spécifiques comme la génération d'une ontologie *OWL* sous format *HTML*.

### 2.4.4.2 Pellet

*Pellet*<sup>8</sup> est un raisonneur *OWL DL open source*. Sa distribution est gratuite, mais elle est également accompagnée par une distribution commerciale. *Pellet* supporte l'ensemble des expressivités *OWL DL*. La dernière version de ce raisonneur contient plusieurs fonctionnalités proposées comme une extension à ses versions précédentes. Il s'agit d'une application *Java* orientée *web*, il est largement utilisé pour tous les types de raisonnement, et il actuellement est le seul raisonneur qui prend en considération les comparaisons date/heure.

### 2.4.4.3 Hermit

*Hermit*<sup>9</sup> est un raisonneur *open source* destiné aux ontologies écrites dans le langage d'ontologie *OWL*. Il se base sur le calcul dit « *Hypertableau* » (Motik, Shearer, & Horrocks, 2009). Ainsi, avec un fichier *OWL*, *Hermit* peut par exemple déterminer si l'ontologie est cohérente ou non, identifier les relations entre ses différentes classes, etc. Depuis sa version 1.1, *Hermit* peut gérer les règles *DL Safe* et les règles peuvent être directement ajoutées à l'ontologie.

---

<sup>7</sup> <http://owl.man.ac.uk/factplusplus/>

<sup>8</sup> <https://www.ossdirectory.com/fr/produits-oss/single/ossproduct/pellet/>

<sup>9</sup> <http://www.hermit-reasoner.com/>

## 2.5 Conclusion du chapitre 2

Dans ce chapitre, nous avons commencé par introduire le contexte de base pour l'établissement de la prothèse de mémoire *CaptainMemo*. Nous avons présenté les différents types de mémoires composant la mémoire humaine, dans le but de démontrer qu'une prothèse de mémoire pourrait être utilisée par les personnes souffrant de dégénérescence mnésique, et notamment les personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer dans ses premiers stade. En effet, les travaux de recherche ont montré que lorsqu'une personne souffre de dégénérescence mnésique, la mémoire nécessaire à l'assimilation des connaissances acquises dans sa vie, appelée mémoire sémantique reste relativement préservée, et que la mémoire procédurale, relative à son habilité à effectuer certaines tâches quotidiennes, est préservée encore longtemps après la mémoire sémantique, et cela contrairement à la mémoire responsable de la mémorisation des souvenirs, qui est la plus affectée.

Ensuite, nous avons introduit les formalismes ainsi que les fondements théoriques nécessaires à ce travail de thèse : le Web sémantique ; l'ontologie ; les différents langages de la représentation sémantique *RDF* et *RDFS*; le langage *OWL* et sa version récente (*OWL2*) ; ainsi que les règles *SWRL*. En effet, les règles *SWRL* sont utilisées dans ce trial pour permettre la vérification et la cohérence des connaissances, et également l'inférence de nouvelles connaissances à partir de celles déjà existantes.

Par ailleurs, nous avons présenté les travaux réalisés la représentation du temps en général et dans le web sémantique en particulier, nous avons montré les différences entre ces approches, l'approche adoptée dans ce travail de thèse pour la représentation du temps est l'approche *4D Fluents*.

Enfin, nous avons abordé dans la dernière section le raisonnement, sa définition, ainsi qu'un panorama des différents outils et techniques permettant sa réalisation. Pour la

représentation des liens interpersonnels, nous optons pour l'utilisation des technologies du web sémantique les plus récentes, à savoir les ontologies *OWL 2* qui se basent sur les logiques de description (*DL*). Ce choix est fait parce qu'*OWL2* nous apporte une représentation sémantique élevée et structurée des connaissances, avec une expressivité élevée (comparé à *OWL Lite*) et en parallèle permettant l'inférence et le raisonnement sur les connaissances, tout en assurant la complétude et la décidabilité.





**Chapitre 3 :**  
**ETAT DE L'ART**

### 3.1 Les aide-mémoires existants

Il existe des aide-mémoires qui offrent des fonctionnalités conçues pour pallier les problèmes de perte de mémoire. Nous les avons regroupés par catégories. Une catégorie des aide-mémoire est industrielle, fractionnée en deux sous-catégories, ceux destinés au grand public et ceux destinés à des personnes spécifiques. La seconde catégorie est conçue dans le cadre de projets de recherche européens destinés à mettre en œuvre des outils pour l'aide aux personnes âgées.

#### 3.1.1 Les aide-mémoires industriels

On trouve une catégorie destinée au grand public, présente sous forme d'applications pour Smartphones, ordinateurs ou encore en version Web, offrant la possibilité d'enregistrer toutes sortes d'informations que la personne désire sauvegarder pour se les rappeler ultérieurement. Une autre catégorie propose des outils et dispositifs destinés à des personnes bien spécifiques.

##### 3.1.1.1 Les aide-mémoires destinés au grand public

Ces aide-mémoires destinés au grand public (cf. Tableau 1) offrent des fonctionnalités basiques, telles que la capture d'informations sous forme de notes, manuscrites parfois (*Evernote*, *Microsoft OneNote*), à laquelle peuvent être ajoutées des images, des enregistrements audio ou vidéo, ou encore des pages web, comme dans le cas de l'aide-mémoire *Evernote*. Certains d'entre eux peuvent même stocker des mots de passe après les avoir cryptés (*Yojimbo*). Ces notes peuvent dans certains de ces aide-mémoires être triées dans des carnets de notes, être taguées, annotées, éditées, commentées et retrouvées via un module de recherche.

*Evernote* permet d'autres fonctionnalités intéressantes telles que l'historisation des personnes, des rencontres et des expériences partagées par la saisie d'informations, l'ajout d'images, la numérisation de cartes de visite. Il offre également la possibilité

### CHAPITRE 3 : Etat de l'art

d'immortaliser ses plats préférés, de conserver des recettes au même endroit, de rechercher et de sauvegarder des adresses de restaurants.

Le Tableau 1 récapitule les différents aide-mémoires industriels destinés au grand public, en donnant un résumé de leurs fonctionnalités.

| Produit                | Support   | Interface   | Mémorisation   | Rappel   |
|------------------------|---|---|--|--|
| Evernote               | -Android<br>-IOS<br>-MAC OS<br>Windows<br>-Web OS<br>-Blackberry OS       | S'adapte à l'appareil installé dessus             | - Notes<br>-Pages Web<br>-Photos<br>-Audio<br>-Numérisation de documents<br>-Personnes, rencontres et expériences partagées (Evernote Hello)<br>-Préférences culinaires (Evernote Food). | -Tâches à faire (icône Rappels)  |
| Microsoft OneNote      | -Android<br>-IOS<br>-Symbian<br>-Windows<br>-Windows Phone<br><br>-Web OS | S'adapte à l'appareil installé dessus             | - Notes<br>-Pages Web<br>-Photos<br>-Audio<br>-Numérisation de documents   | - Tâches à faire (Tâches Outlook (Donc utilisation d'Outlook sur le même ordinateur obligé)) |
| m>note Notepad         | -Android  | S'adapte à l'appareil installé dessus             | - Notes<br>-Photos   | - Pas de rappel automatique  |
| Memonic                | -Android<br>-IOS<br>-MAC OS<br>Windows<br>-Web OS                         | S'adapte à l'appareil installé dessus             | - Notes<br>-Pages Web<br>-Contenu Web<br>-Capture d'écran<br>-Contenu de documents   | -Pas de rappel automatique   |
| Yojimbo                | -Mac OS X   | -Clavier  | - Notes<br>-URLs<br>-Pages Web<br>-Photos<br>-Passwords<br>-Documents (PDF, etc.)  | - Pas de rappel automatique  |
| Circus Ponies Notebook | -Mac OS X<br>-IOS   | -S'adapte à l'appareil sur lequel il est installé | - Notes<br>-Pages Web<br>-Photos<br>-Diagramme<br>-Documents (PDF, etc.)   | - Pas de rappel automatique  |

**Tableau 1: Les aide-mémoires industriels (applications) destinés au grand public**

### **3.1.1.2 Les aide-mémoires pour les personnes âgées**

Nous pouvons également citer parmi cette première catégorie des aide-mémoires industriels d'autres aide-mémoires qui, d'après leurs descriptions, ont été spécialement conçus pour aider les personnes âgées dans leur quotidien (cf. Tableau 2). Le but de ces aide-mémoires est de pouvoir effectuer des aides à ces personnes à travers différents rappels et alarmes, que ce soit par exemple par rapport à des objets qu'ils ont égarés, ou des rappels des tâches à effectuer à travers des messages préenregistrés à l'avance, ou encore des avertissements en cas d'éventuel danger comme dans le cas d'une baignoire pleine d'eau. Nous avons regroupé ces aide-mémoires par catégories, chaque catégorie offre un ensemble de fonctionnalités communes, les aide-mémoires de chaque catégorie ont dans la plupart du temps les mêmes avantages et limites. Nous avons également résumé ces informations concernant ces aide-mémoires dans le Tableau 2.

#### **- Les trouveurs des objets égarés :**

Ils se présentent généralement sous forme de porte-clés électroniques (cf. Figure 14) qui s'attachent aux objets importants ou ceux souvent égarés. Leur fonctionnement est très simple, plus l'utilisateur s'approche de l'objet recherché, le dispositif sonne de plus en plus fort et les lumières passent du rouge, au jaune, au vert pour ceux qui disposent de cette fonctionnalité. Les plus sophistiqués d'entre eux permettent la programmation de quatre objets à la fois. Ils sont efficaces quand la distance de l'objet recherché ne dépasse pas dans les meilleurs des cas les 120 mètres et deviennent moins efficaces quand cette distance est dépassée ou quand la voie est obstruée. La personne qui l'utilise doit quand même avoir une certaine mémoire pour se rappeler quel objet est relié à quel bouton du dispositif, ainsi qu'un certain sens de l'orientation par rapport au volume de la sonnerie du dispositif indiquant si la personne est plutôt proche ou encore loin de l'objet égaré.



Figure 14 : Exemple d'un appareil trouveur d'objets égarés <sup>10</sup>

- **Les appareils de rappel :**

Ils se présentent généralement sous forme d'une montre, comme par exemple la *WatchMinder2*, la *Cadex 12 Alarm Watch*, la *MeDos™ Six Alarm Vibrating Watch*, la *VibraLite3*, etc.); Ou sous forme d'un « pager », comme par exemple le « pager » nommé *Invisible Clock II*. Cependant, il existe d'autres formes d'appareils de rappel, quoique le nombre de ces derniers reste relativement limité, en comparaison avec ceux des autres formes précédemment citées, tels que les appareils dits « de poche » ou les disques vibrateurs.

Ces appareils de rappel disposent généralement d'une alarme par son ou vibration. Certains types de ces appareils peuvent enregistrer plusieurs rappels qui arrivent des fois jusqu'à douze rappels. Ils peuvent être utilisés pour plusieurs types de rappel, tels que la prise de médicaments à une heure précise, ou se rappeler un rendez-vous avec une autre personne, changer de position ou même d'aller aux toilettes pour les personnes incontinentes, etc. Certains de ces outils comme le *WatchMinder2®* par exemple utilisent les vibrations comme alarme, et disposent même d'un écran pour indiquer textuellement le type de rappel. Cette dernière fonctionnalité est idéale pour les

---

<sup>10</sup> <https://loc8tor.co.uk/healthcare/>

personnes nécessitant plusieurs types de rappels, car cela leur évite de se tromper de rappel en cas d'oubli. L'appareil et les rappels par vibration sont indispensables pour les personnes avec des troubles auditifs. De plus, ils permettent une plus grande discrétion que les appareils sonores, cela évite la personne utilisant l'appareil d'être observé ou jugé, et lui évite également de déranger son entourage. Toutefois, les personnes nécessitant plusieurs types de rappels peuvent se voir désavantagées lorsqu'elles disposent d'un appareil avec une seule alarme, ou alors lorsqu'elles disposent d'un appareil qui a plusieurs alarmes, mais qui est sans écran qui indique le rappel en question; car cela peut leur provoquer plus de confusion et elles seront plus confuses et stressées.

- **Les porte-clés parlants :**

C'est un appareil qui a comme fonction d'enregistrer des petits mémos vocaux. Il se présente généralement sous forme d'un porte-clés (cf. Figure 15) avec un seul bouton qui sert pour enregistrer et aussi faire jouer l'enregistrement, certains modèles peuvent disposer d'une lumière qui s'allume pour indiquer que l'enregistrement est en cours de se faire. La taille du porte-clés est souvent petite lui permettant ainsi de bien se transporter et passer inaperçu aux yeux d'autrui, il peut également être accroché aux vêtements de la personne qui l'utilise. Il n'a qu'un seul bouton, ce qui peut représenter un avantage, car il est par conséquent facile d'utilisation. Néanmoins, il ne peut enregistrer qu'une seule séquence, et le temps d'enregistrement est très court et ne dépasse généralement pas les dix secondes, la personne l'utilisant ne pourra donc pas enregistrer plusieurs éléments ni des éléments dépassant dix secondes. De plus, même si certains modèles peuvent disposer d'une alarme, cela consiste généralement en une seule alarme relative au seul rappel que la personne peut enregistrer. Ce n'est donc pas pratique quand la personne souhaite enregistrer plusieurs éléments urgents.



Figure 15 : Exemple d'un porte-clés parlant <sup>11</sup>

- **Les appareils d'enregistrement :**

Le MEM-X est un appareil qui peut enregistrer jusqu'à quatre-vingt-dix séquences de dix secondes chacune, il permet d'établir pour chacun de ces enregistrements la date et l'heure du rappel ainsi que le nombre de répétitions, une alarme sonnera alors à la date et l'heure de chaque rappel.

Les Olympus VN permettent de faire de longs enregistrements pouvant atteindre, selon le modèle, les 330 ou 444 heures. Ils permettent également de régler une alarme sur une heure précise pour chaque enregistrement. Ils disposent également d'une fonctionnalité permettant de ralentir la vitesse de l'enregistrement si la personne qui souhaite écouter l'enregistrement trouve une difficulté à le comprendre.

---

<sup>11</sup> <http://www.pfa-pro.com/porte-cles-parlant.html>



- **Les alarmes pour la baignoire :**

Ce sont des appareils qui déclenchent une alarme lorsque l'eau qui remplit la baignoire les atteint, rappelant ainsi à la personne âgée qui laisse sa baignoire se remplir de fermer le robinet et éviter ainsi que l'eau ne déborde (par exemple le *Flood Detector* cf. Figure 16). Certains types de ces appareils (comme le *Starfish* par exemple) disposent également d'un thermomètre intégré, qui permet de vérifier également la température de l'eau (cf. Figure 17). Ainsi, lorsque la température de l'eau arrive à 36°C et plus, l'appareil change de couleur avisant ainsi la personne que l'eau est devenue chaude. Cette fonctionnalité est idéale pour les personnes atteintes de troubles de sensibilité. Pour ce type d'alarme de baignoire, il convient que la personne ne s'éloigne pas trop de la salle de bain, sinon elle risque de ne pas entendre l'alarme. Par ailleurs, il existe d'autres types qui remplacent carrément le bouchon régulier de la baignoire (comme par exemple le *Croydex Magi Plug Bath Overflow Protector*). Ainsi, lorsque l'eau de la baignoire atteint un certain niveau, cela crée une pression faisant ouvrir l'appareil qui fait couler le surplus d'eau. C'est très intéressant, car il n'y a pas de risque de débordement. Par contre, cela n'avertit pas la personne pour qu'elle ferme le robinet, car il ne dispose pas d'alarme, ce qui n'empêche pas le gaspillage de l'eau.



Figure 16 : Exemple d'une alarme pour la baignoire<sup>12</sup>



Figure 17 : Exemple d'une alarme pour baignoires avec thermomètre<sup>13</sup>

---

<sup>12</sup> <https://northwoodintouch.com/solutions/other-sensors/>

<sup>13</sup> <http://www.safekidshaven.com/site/677458/product/4800>

| Aide-mémoire                          | Fonctionnalités   | Avantages   | Limites et risques   |
|---------------------------------------|---|---|--|
| <b>Trouveur des objets Egarés</b>     | -Trouver les objets égarés, en émettant un son lorsque la personne s'approche de l'objet en question.                               | -Enregistre jusqu'à 4 objets.   | -La personne doit être capable de se souvenir quel objet est associé à quel bouton du dispositif.<br><br>-Ne trouve pas les objets à une distance dépassant les 100mètres.                                   |
| <b>Porte-clés parlant</b>             | -Enregistrer des petits mémos.  | -De petite taille, il est pratique puisqu'il se transporte bien et passe inaperçu aux yeux d'autrui.<br>-Peut être accroché aux vêtements de la personne.   | -N'enregistre qu'une seule séquence qui ne dépasse pas les 8 secondes.   |
| <b>Appareils de rappel</b>            | -Faire des rappels via alarmes ou vibration.  | -Permettent d'enregistrer jusqu'à 12 enregistrements.<br>-Certains appareils disposent d'écran permettant de savoir de quel rappel il s'agit.               | -Les appareils sans écrans désavantagent les personnes qui ont besoin de plusieurs rappels, ils auront des difficultés s'ils ne rappellent pas de quel rappel il s'agit lors de l'alarme.                    |
| <b>Les appareils d'enregistrement</b> | -Faire des enregistrements vocaux pour des rappels de tâches à effectuer.   | -Certains types permettent de faire jusqu'à 90 enregistrements de 10secondes.<br>-D'autres types permettent des enregistrements arrivant jusqu'à 444heures. | -Ces appareils sont trop gros et donc moins discrets que les porte-clés parlant par exemple.   |
| <b>Les alarmes pour la baignoire</b>  | -Emettre une alarme lorsque l'eau de la baignoire atteint le niveau souhaité<br>-Faire couler le surplus d'eau pour certains types. | -Aide à éviter le débordement de l'eau dans la baignoire.   | -Si la personne est trop loin de la salle de bain, elle risqué de ne pas entendre l'alarme.<br>-Le type qui fait couler le surplus d'eau ne dispose pas d'alarme, il y a donc un risque de gaspillage d'eau. |

**Tableau 2 : Récapitulatif des aide-mémoires industriels destinés aux personnes âgées**

### 3.1.1.3 Les aide-mémoires de nouvelle génération

Une nouvelle génération d'aide-mémoires (*MNEMOZYNE*, *REQUALL*) repose sur les nouvelles technologies (telle que la géolocalisation) pour aider son utilisateur à se rappeler les tâches de la vie quotidienne. Installé sur le smartphone de son utilisateur, ce type d'aide-mémoires alerte sur la tâche à exécuter lorsque son propriétaire passe à proximité d'un lieu où il devrait effectuer une tâche; par exemple lorsqu'il passe devant le pressing, l'aide-mémoire lui rappelle vocalement qu'il doit passer rechercher ses vêtements.

### 3.1.2 Les travaux de recherche relatifs à l'aide à la mémoire

En parallèle aux aide-mémoires industriels existants, des travaux de recherche se sont intéressés à la problématique d'aide à la mémoire. Nous en citons un ensemble de projets (cf. Tableau 3) lancés dans le cadre du programme européen de recherche conjoint nommé *Active and Assisted Living (AAL)* (Projets Access and Assisted Living Program (AAL), 2015), dont l'objectif est d'augmenter la qualité de vie des personnes âgées en utilisant les technologies de l'information et de la communication (*TIC*). Le projet *AAL* regroupe 23 pays, tous membres de l'association internationale *AAL*, responsable de la gestion du programme.

Jusqu'à présent, six appels à projets *AAL* ont été lancés, chacun de ces appels est inscrit sous une thématique précise, notamment :

- L'utilisation des Technologies de l'Information et de la Communication (*TIC*) pour la prévention et la gestion des conditions chroniques chez les personnes âgées ;
- Les Solutions basées sur les Technologies de l'Information et de la Communication (*TIC*) pour la promotion de l'interaction sociale des personnes âgées ;

- Les Technologies de l'Information et de la Communication (*TIC*) au service de l'indépendance et la participation des personnes âgées dans la « société auto-service » ;
- Les solutions fondées sur les *TIC* pour la promotion de la mobilité des personnes âgées ;
- Les solutions fondées sur les *TIC* pour la gestion des activités quotidiennes des personnes âgées à domicile ;
- Les solutions fondées sur les *TIC* pour maintenir les activités lucratives et bénévoles des personnes âgées.

Dans le cadre de ce projet *AAL*, il existe des projets ; réalisés ou en cours de réalisation, inscrits dans différentes thématiques et qui offrent, parmi les différentes fonctionnalités qu'ils proposent, des fonctionnalités qui convergent avec les objectifs d'un aide-mémoire. Nous citons dans cette catégorie les différents projets dont la solution (produits, systèmes ou services) répond au besoin de rappel des tâches à effectuer dans la vie quotidienne des personnes âgées et qui sont les projets « *ACCESS* » (Access Project, 2015), « *EDLAH* » (Edlah project, 2015) (EDLAH deliverable, 2015), « *SONOPA* » (Sonopa deliverable, 2014), « *VictoryaHome* » (VictoryaHome deliverable, 2015), « *WeTakeCare* » (WeTakeCare deliverable, 2015) et le projet « *MyLife* » (MyLife project, 2015).

CHAPITRE 3 : Etat de l'art

| Nom du Projet                               | Support de l'outils proposé                          | Fonctionnalités  |
|---|--|--|
| ACCESS                                      | Ordinateur<br>Smartphone<br>tablette                 | -Gestion des visites et des appels<br>-Rappel des tâches à effectuer   |
| EDLAH                                       | Tablette   | -Communication entre la personne et son entourage (proches, soignants, etc.)<br>-Rappel des tâches à faire   |
| SONOPA                                      | Panneaux muraux placés au domicile de l'utilisateur. | -Rappels des tâches à effectuer<br>-Recommandations personnalisée (ex : boire suffisamment d'eau, etc.)  |
| VictoryaHome                                | Robot  | -Observer la personne<br>-Alerte des soignants quand la personne est en difficulté (évanouie par exemple)<br>-Intervention virtuelle du soignant (télé-présence) afin d'effectuer des rappels à la personne des tâches à faire |
| ALFA (Active Living For Alzheimer-patients) | Support Vidéo  | -Stimulation visuelle des fonctions cognitives sous le cadre de la théorie des neurones miroirs  |
| LILY  | Tablette<br>Smartphone                               | -Enregistrement des souvenirs et des préférences de la personne pour les restituer par la suite  |
| MYLIFE                                      | Tablette   | -Gestion des agendas et rappels des tâches à effectuer   |

**Tableau 3 : Projets AAL s'intéressant à l'aide à la mémoire**

Quel que soit le support utilisé (ordinateur, tablette, Smartphone, robot, panneaux muraux, etc.), les projets « *ACCESS* », « *EDLAH* », « *WeTakeCare* » consistent en des plates-formes logicielles reliant les personnes âgées, les personnes de leur famille ainsi que leurs soignants, et qui offrent, en plus des fonctionnalités principales qui constituent le but de création de ces projets, une assistance dans les éléments fonctionnels de la vie tels que les rappels sur les prises de médicaments, sur les rendez-vous, etc. En plus de cela, le projet « *SONOPA* » présente des recommandations personnalisées à la personne âgée s'adaptant ainsi à son quotidien. Le projet « *VictoriyaHome* » offre également des rappels plutôt à travers une fonction de « télé-présence » permettant l'interaction des aides-soignants et/ou la famille de la personne âgée avec cette dernière de manière à lui offrir des rappels en temps réel. Enfin, le projet « *MyLife* » a pour but de créer un système avec une interface simplifiée (cf. Figure 18), qui offre la fonctionnalité de rappels pour les personnes âgées, mais qui repose sur des services qui sont principalement disponibles sur internet comme par exemple « Google Agenda », etc.

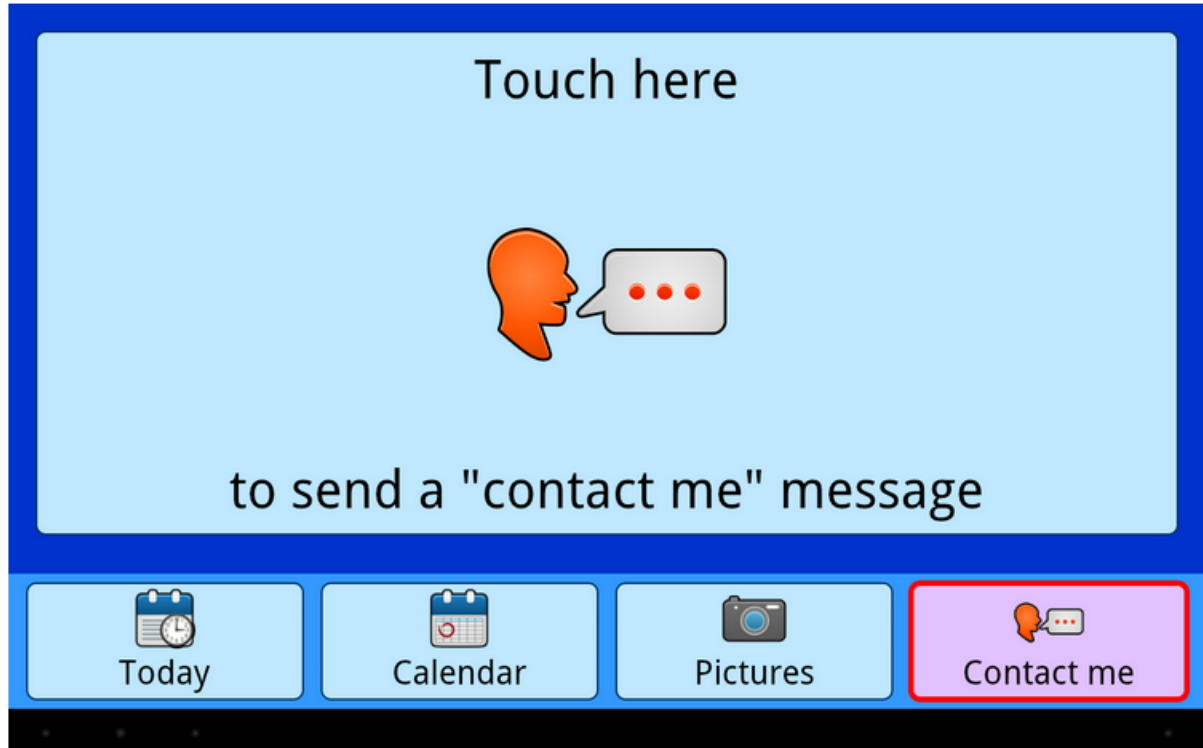


Figure 18 : interface de l'application "*MyLife*"

Aussi, il existe un projet AAL nommé « *ALFA* » (*Active Living For Alzheimer-patients*) dont le but est de développer une technologie pour soutenir les personnes atteintes de démence dans ses premiers stades. L'idée du projet consiste en la stimulation des fonctions cognitives (la marche et la mastication) de ces personnes, cette stimulation développée sous le cadre scientifique de la théorie des neurones miroirs.

Enfin, il existe un autre projet appelé « *Lily* » qui vise à créer une solution pour aider les personnes âgées dans leur vie quotidienne. Il cible principalement les personnes âgées, leur permettant le stockage de leurs souvenirs et préférences ; mais aussi les personnels de santé, les membres de la famille de la personne âgée ainsi que ses amis et son entourage, qui peuvent utiliser le système pour rester en contact avec leurs proches âgés. Le projet « *Lily* » cible également les autorités locales, les fournisseurs de services publics, les marchands, etc. qui peuvent l'utiliser pour annoncer des activités ou proposer différents types de services à ces personnes âgées afin de participer à ces activités.

La solution proposée serait développée en utilisant des technologies émergentes et adoptées par l'industrie, comme les normes Web 3.0, y compris les services web et les technologies sémantiques, les technologies vidéo, les écrans tactiles et une variété de dispositifs et interfaces pour l'utilisateur final (cf. Figure 19).



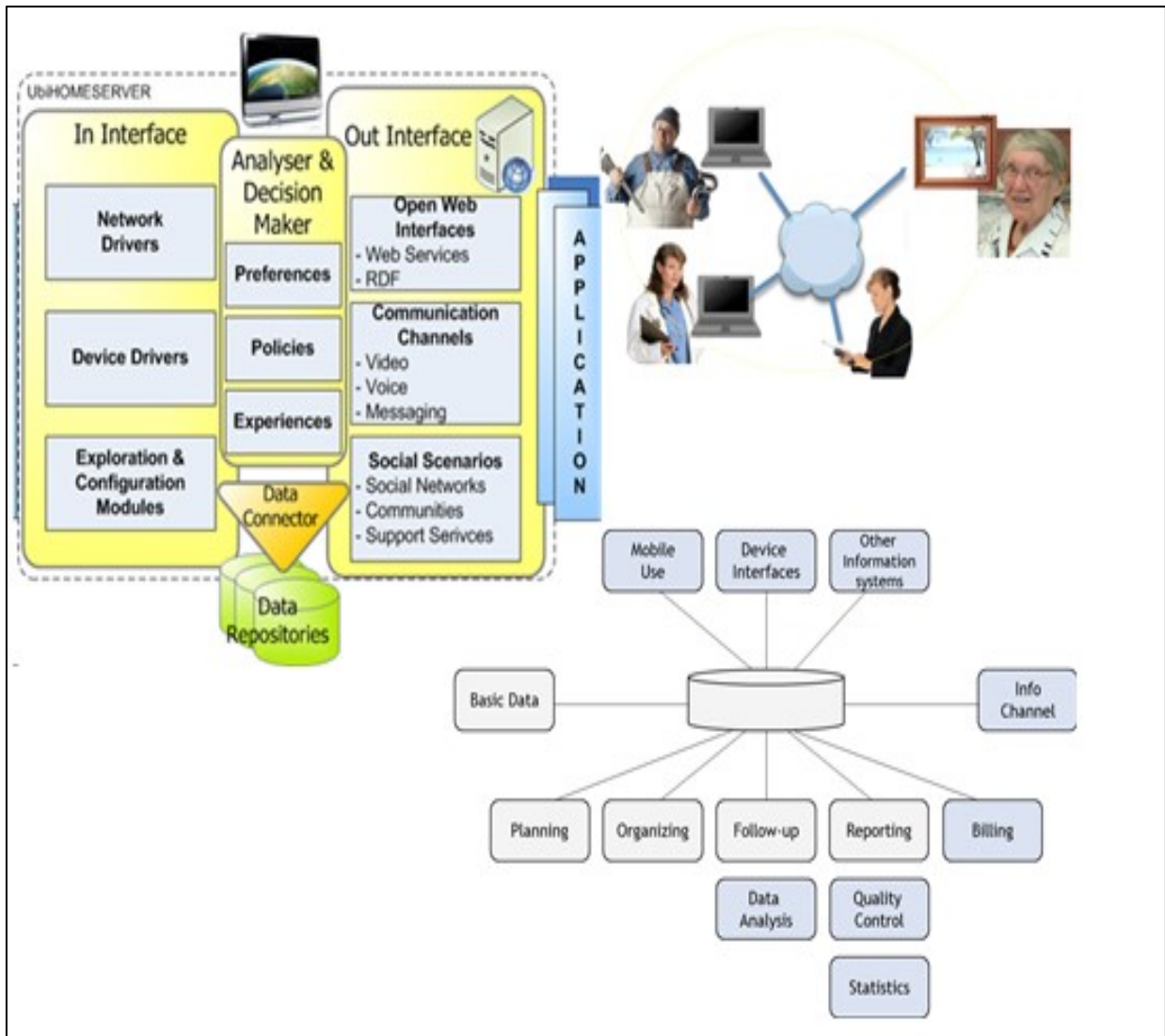


Figure 19 : schémas représentatifs du projet "Lily"<sup>14</sup>

Parallèlement aux projets *AAL*, il existe un autre projet de recherche, nommé *Cogknow* (Mulvenna, et al., 2010) (Meiland, et al., 2007), qui a pour but d'aider les personnes atteintes de démence à la planification de leurs activités quotidiennes. Cet aide-mémoire est basé sur une ontologie pour la modélisation de la couche de données. Néanmoins, cet aide-mémoire, tout comme les autres aide-mémoires existants, ne prend pas en compte le multilinguisme et le multiculturalisme. Nous notons en particulier qu'il n'existe pas d'aide-mémoire conçus nativement pour la langue arabe.

<sup>14</sup> <http://www.aal-europe.eu/projects/lily/>

## 3.2 La représentation des liens interpersonnels

Comme le premier volet de cette thèse s'intéresse à la représentation des liens interpersonnels dans une prothèse de mémoire destinée à un public dont la culture ainsi que la langue peuvent différer d'une personne à une autre. Cette représentation se fait en utilisant les technologies du web sémantique et notamment l'utilisation d'une ontologie, cette dernière devra donc pouvoir représenter tous les liens interpersonnels qu'une personne pourra entretenir avec son entourage, tout en prenant en considération certains critères notamment sur la culture à laquelle appartient la personne et qui permettra la définition de ces liens interpersonnels, ainsi que la langue liée à cette culture qui permettra l'attribution du terme adéquat à ces relations. Ces critères seront discutés plus en détail dans la section 4.2 de ce manuscrit.

Le but de cet état de l'art est d'explorer les différentes ontologies qui se sont intéressées à la représentation des liens interpersonnels, voir si elles permettent la représentation des liens interpersonnels tout en prenant en considération les différentes relations qui émergent dans notre société. Ensuite, vérifier si ces ontologies définissent les liens interpersonnels par rapport à la culture, et si c'est le cas, vérifier si elles proposent une représentation multiculturelle de ces liens interpersonnels et surtout explorer dans ce cas-là les méthodologies que ces ontologies appliquent pour le passage d'une culture/langue à une autre.

### 3.2.1 *FOAF (Friend Of A Friend)*

C'est le vocabulaire le plus connu et le plus utilisé dans le web des données. Il permet de décrire de manière structurée une personne et ses relations. Une relation entre deux personnes dans ce vocabulaire est définie via le prédicat « *foaf:knows* ». La Figure 20 montre le diagramme de classe de ce vocabulaire. Comme nous pouvons remarquer dans ce diagramme, il n'existe aucun autre lien entre les classes *Person*, ce qui limite la représentation des liens interpersonnels car nous ne connaissons dans ce cas-là la nature de la relation entre les différents individus (membre de la famille, ami, etc.).

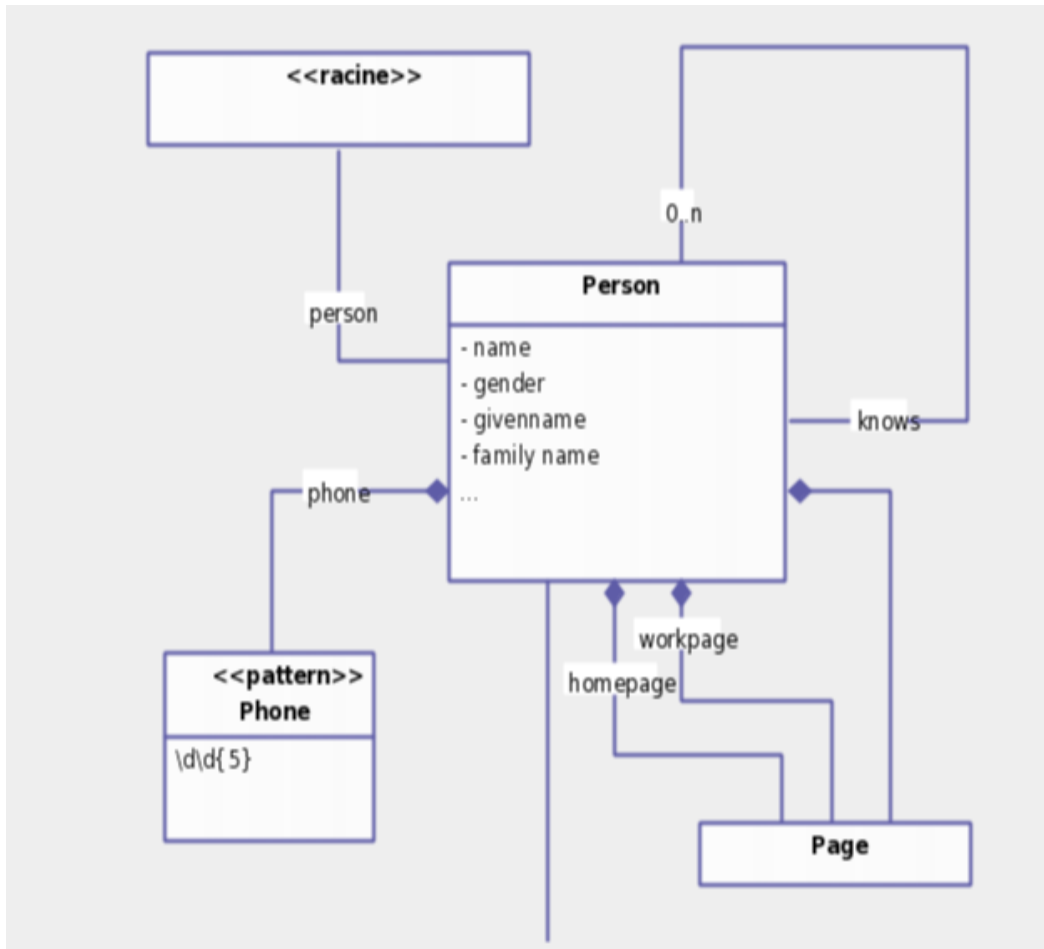


Figure 20 : Diagramme de classes du vocabulaire FOAF

Ci-dessous un exemple d'un fichier *RDF* décrivant un élément *FOAF* :

```

<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:foaf="http://xmlns.com/foaf/0.1/"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xmlns:dc="http://purl.org/dc/terms/"

```

```

<foaf :Person rdf :ID="http://www.exemple.fr/foaf/noura.rdf">
  <foaf :name> Noura HERRADI </foaf :name>
  <foaf :title> Mlle </foaf :title>
  <foaf: given_name> Noura </foaf :given_name>
  <foaf:family_name> HERRADI </foaf:family_name>
  <foaf:gender> Female </foaf:gender>

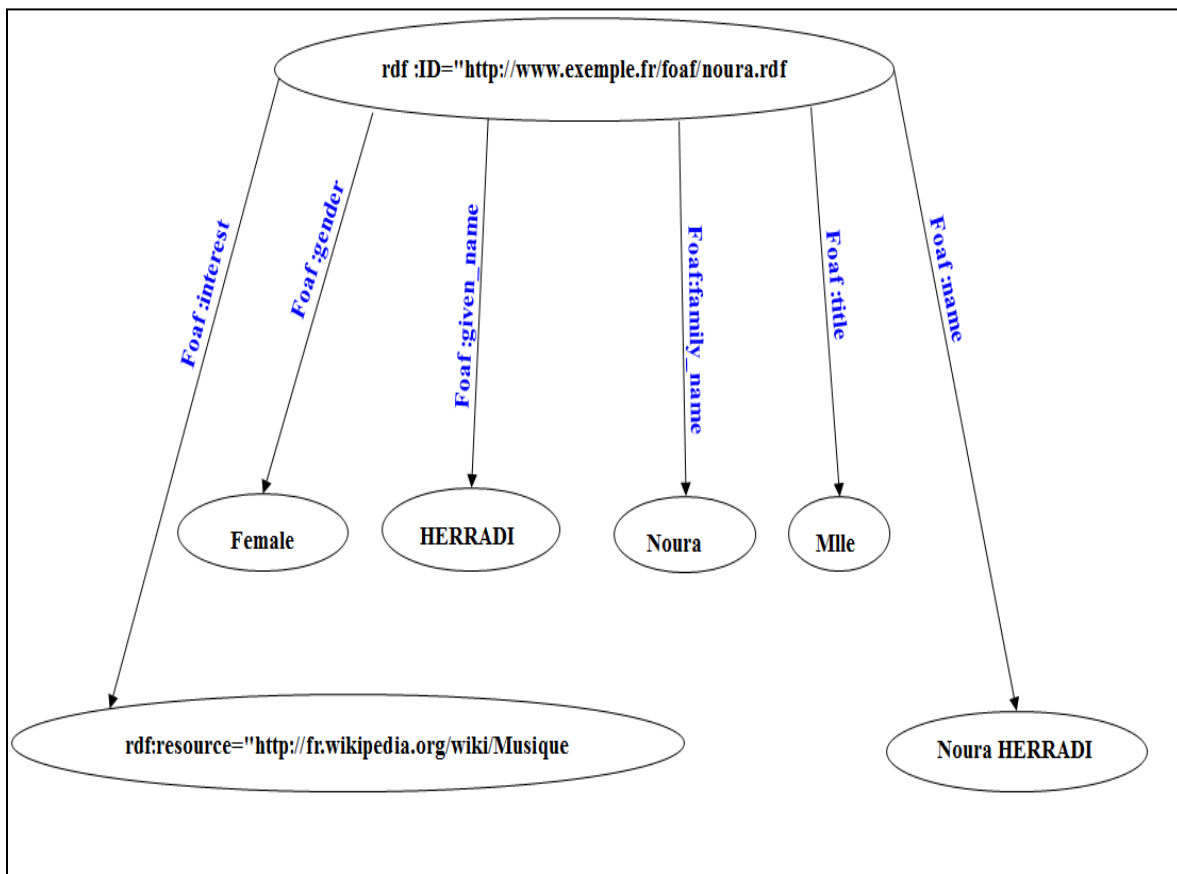
  <foaf:interest rdf:resource="http://fr.wikipedia.org/wiki/Musique"/>
  <foaf:interest rdf:resource="http://fr.wikipedia.org/wiki/Cinéma"/>

  <foaf:holdsAccount>
    <foaf:OnlineAccount
rdf:about="https://www.facebook.com/noura.herradi">
      <foaf:accountServiceHomepage
rdf:resource="https://www.facebook.com"/>
        <foaf:accountName> Noura HERRADI </foaf:accountName>
        <foaf:name> Facebook </foaf:name>
        </foaf:OnlineAccount>
    </foaf:holdsAccount>
  <foaf:knows>
    <foaf:Person rdf:about="http :exemple.fr/foaf2 .rdf">
      <foaf :name> Siham RAKI </foaf :name>
      </foaf :Person>
    </foaf :knows>
  </foaf :Person>

```

Après avoir déclaré les *namespaces* utilisés avec le préfixe *xmlns*, une description de l'élément *foaf* qui représente une personne est faite. Cette description contient l'*ID* de cet élément (*URL* dans ce cas car l'*URI* du sujet n'est pas spécifié), puis les informations sur cet élément en utilisant les différents prédicats de l'ontologie *FOAF* (son titre (*foaf:title*), son prénom (*foaf:given\_name*), son nom de famille (*foaf:family\_name*), son sexe (*foaf:gender*), son compte Facebook (*foaf:holdsAccount*), et finalement ses connaissances (*foaf:knows*)).

La Figure 21 illustre la représentation graphique d'une partie du fichier RDF qui résulte de cette description.



**Figure 21 : Graphe représentant la description d'une ressource avec le vocabulaire FOAF**

### 3.2.2 Le vocabulaire «Weighted Interest»

C'est un vocabulaire qui permet de décrire les intérêts d'une personne par ordre de préférence. Il peut également être utilisé pour dire qu'une personne ne s'intéresse pas à quelque chose. Le Préfixe utilisé pour ce vocabulaire est: « wi ».

Ce vocabulaire contient quatre classes et dix propriétés:

- Les classes :

Context | DocumentsAndConcepts | TimeIntervalsAndInstants | WeightedInterest |

- Les propriétés :

device | evidence | hasContext | location | notInterestedIn | preference | scale | timePeriod | topic | weight |

### 3.2.3 Le vocabulaire « Relationship »

C'est un vocabulaire qui permet de décrire le type de relations entretenues avec une personne décrite dans le *FOAF*. Le préfixe utilisé pour ce vocabulaire est : « rel: ».

Il contient plusieurs propriétés dont :

ParentOf | childOf | friendOf | enemyOf | lostContactWith | neighborOf, etc.

### 3.2.4 Le vocabulaire « FOAF Trust »

Le module *FOAF Trust* fournit un petit vocabulaire permettant d'exprimer le degré des relations de confiances entre les différentes ressources de type *foaf:person*. Le préfixe utilisé pour ce vocabulaire est : « trust: ».

Ce vocabulaire contient 6 propriétés :

trustsNever (-∞) | trustsNone (0) | trustsMinimally (1) | trustsAveragely (2) | trustsHighly (3) | trustsImplicitly (∞).

### 3.2.5 Le vocabulaire « Bio »

C'est un vocabulaire conçu pour décrire des informations biographiques sur les personnes (vivantes ou décédées). L'approche adoptée par ce vocabulaire consiste à décrire la vie d'une personne comme une série d'événements importants reliés entre eux, autour de laquelle d'autres informations peuvent être tissées. Le préfixe utilisé pour ce vocabulaire est: « Bio: ».

Ci-dessous un exemple de termes contenus dans le vocabulaire Bio groupés par thème:

- Propriétés liées aux personnes: *birthEvent, father, mother, lifeEvent, deathEvent, etc.*
- Propriétés décrivant les types d'événements: *Adoption, Assassination, Divorce, Employment, Promotion, Retirement, etc.*
- Propriétés liées aux événements: *Date, Place, State et Position.*
- Propriétés reliant un événement à une personne: *Parent, Employer, Partner, etc.*
- Propriétés reliant un événement à un autre événement: *FollowingEvent, immediatelyPrecedingEvent, PrecedingEvent, etc.*

### 3.2.6 Le vocabulaire « WHOIS »

C'est un vocabulaire conçu pour décrire le profil ou l'histoire d'une personne. Le préfixe pour le présenter est: « whois: ».

« *Whois:Stage* » est un exemple de classes contenues dans ce vocabulaire, elle décrit une étape de la vie d'une personne. Cette propriété est semblable au vocabulaire *BIO* qui lui permet de décrire des événements. La différence entre les deux, c'est que le vocabulaire *BIO* décrit les événements à une date donnée, alors que cette classe utilise les propriétés « *whois: since* » et « *whois: until* » afin de décrire une période de temps plus précise.

Ce vocabulaire contient également des propriétés telles que « *whois:professionalCareer* » pour décrire une carrière professionnelle d'une personne, ou encore la propriété « *whois:plan* » pour décrire les activités futures de la personne.

### 3.2.7 Le vocabulaire « visit »

C'est un vocabulaire qui permet d'indiquer les pays et États visités. Le préfixe utilisé est: « *visit:* ». Ce vocabulaire ne contient qu'une seule classe nommée « *CanadienRegion* » pour représenter les régions canadiennes, et trois propriétés: « *country* » pour citer les pays visités, « *caregion* » pour citer les régions canadiennes visitées, et enfin la propriété « *usstate* » pour indiquer les états américains visités.

### 3.2.8 Le vocabulaire « contact »

Ce vocabulaire fournit un ensemble de concepts utiles pour la vie quotidienne d'une personne. Il utilise comme préfixe: « *con:* ».

Parmi les classes contenues dans ce vocabulaire :

*Address* | *Phone* | *Male* | *Female* | *ContactLocation* | etc.

Ce vocabulaire contient également des propriétés dont :

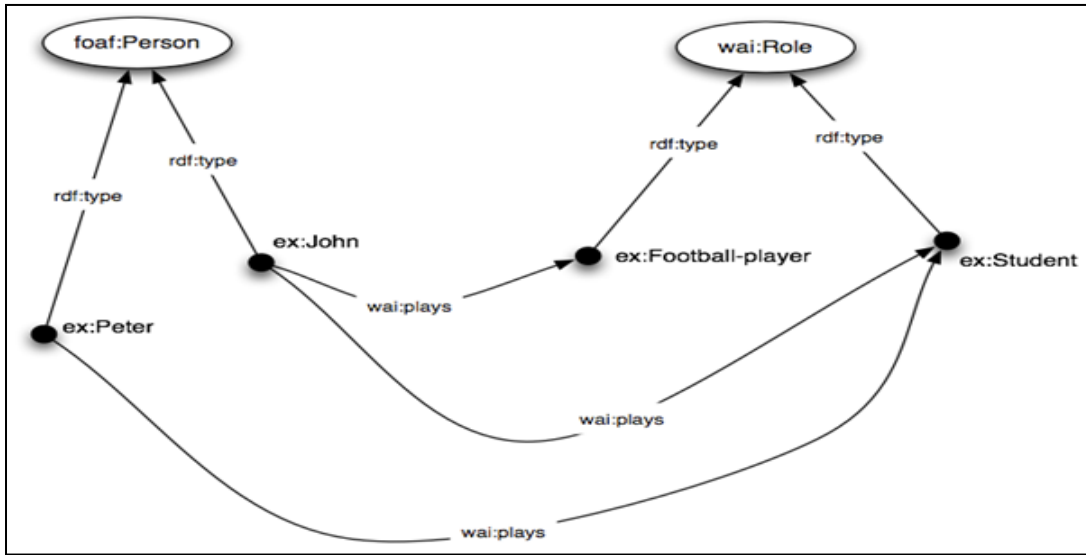
*Assistant* | *participant* | *office* | *home* | *vacationHome* | *emergency* | etc.

### 3.2.9 Le vocabulaire « WAI »

C'est un vocabulaire (Polo & Mínguez, 2010) conçu pour étendre le vocabulaire *FOAF* et cela en introduisant les notions de « rôles » et « profils ».

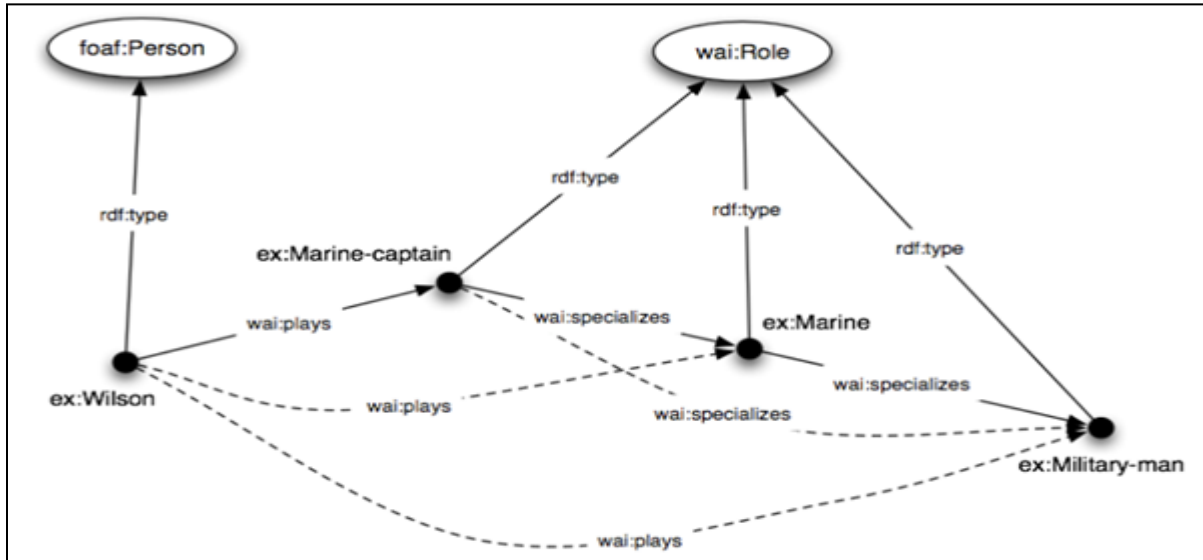
En utilisant ce vocabulaire, les gens peuvent être décrits spécifiquement, ils peuvent donc être décrits comme étant des musiciens, des joueurs de tennis, des professeurs, etc. Le préfixe utilisé pour ce vocabulaire est « *wai:* » (cf. Figure 22).





**Figure 22 : Exemple décrivant la relation entre les personnes dans le vocabulaire FOAF jouant des rôles décrits dans le vocabulaire « WAI »**

Ci-dessous une illustration des hiérarchies ainsi que l'héritage des rôles dans ce vocabulaire



**Figure 23 : Hiérarchie et héritage des rôles dans le vocabulaire « WAI »**

Les hiérarchies des rôles dans ce vocabulaire ont deux propriétés complémentaires. D'une part, « *wai: specializes* » qui est une propriété transitive. D'autre part, les rôles sont

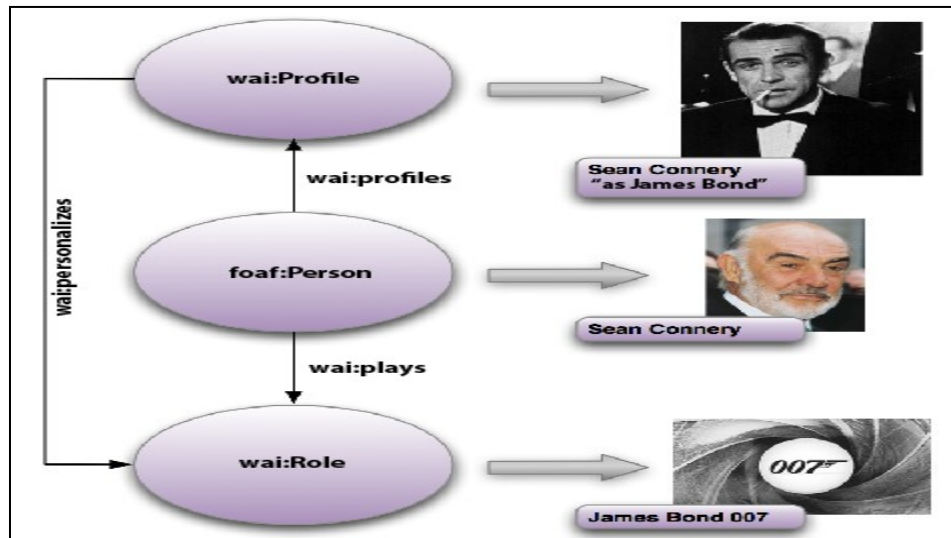
hérités selon la hiérarchie établie. Cela signifie que, compte tenu des deux rôles A et B. A spécialise B, si une personne joue un rôle A, alors il est vrai que cette personne joue également le rôle B.

La Figure 23 montre les deux déductions. Tout d'abord, la transitivité de « *wai: spécialises* » permet d'inférer qu'un « *Marine-captain* » est aussi une spécialisation du rôle « *military-man* ».

Deuxièmement, la personne « Wilson » étant un « *Marine-captain* », cela permet de déduire qu'il est aussi un « *Marine* » et un « *Military-man* ».

Les profils dans ce vocabulaire sont des entités qui permettent de capturer les aspects dynamiques et temporels des rôles. Par exemple, la signification de la phrase « Noura était une étudiante à l'université entre 2006 et 2013 » ne peut pas être représentée par une simple relation entre « Noura » et le rôle « étudiante » par le biais de la propriété « *wai: spécialises* ». Une localisation temporelle de Noura comme étant une étudiante est nécessaire. Les profils ont donc été conçus dans ce vocabulaire pour couvrir ce déficit lié à la représentation des connaissances.

La Figure 24 montre un exemple pour faire la distinction entre les rôles et les profils dans le vocabulaire « *WAI* » :



**Figure 24 : La distinction entre les rôles et les profils dans le vocabulaire « WAI »**

Le vocabulaire « *WAI* » contient trois classes: *Context*, *Role* et *Profile*. Il contient également huit propriétés: *atContext* | *isActive* | *participates* | *personalizes* | *plays* | *profiles* | *requires* | *specializes*.

### 3.2.10 Le vocabulaire « Agent Relationship Ontology »

Le vocabulaire « *AgRelOn* » pour « *Agent Relationship Ontology* » est un vocabulaire qui permet de définir les relations entre les personnes ou entre les personnes et les organisations. Ce vocabulaire fournit un ensemble de plus de 70 types de relations. Il discerne les relations privées, l'appartenance à des groupes, les contacts professionnels, les contacts spirituels, la parenté, etc. Le préfixe utilisé pour ce vocabulaire est: « *agRelOn:* ».

Ce vocabulaire contient plusieurs propriétés dont:

*hasAdoptiveChild* | *hasAdoptiveParent* | *hasIllegitimateChild* | *hasFiancee* | *hasGodChild* | *hasHalfSibling* | *hasNiece* | *hasNephew* | *hasStudent* | *hasTeacher* | *isFounderOf* | *isChiefOf* | *isMemberOf* | *hasProfessionalContact* | etc.

### 3.2.11 Les bases de connaissances YAGO, Freebase et DBpedia

Les ontologies *YAGO* (*Yet Another Great Ontology*), *FreeBase* et *DBpedia* ont été introduites dans le but de structurer les ressources Web, y compris celles pour la description des personnes.

- *YAGO* (Suchanek, Kasneci, & Weikum, 2007) est une ontologie dérivée principalement de *Wikipedia*, ainsi que d'autres ressources telles que *WordNet* et *GeoNames*. Son objectif est de structurer ces ressources en des bases de données liées. Ainsi, une sous-thématique importante de *YAGO* concerne les différentes relations entre les personnes. Cependant, toutes les relations sont exprimées en anglais et leur expressivité reste limitée par rapport au besoin de la prothèse de mémoire.
- *DBpedia* (Lehmann, et al., 2015) est une base de connaissances communautaire visant à extraire et explorer du contenu structuré à partir des informations créées dans divers projets *Wikimedia*<sup>15</sup> et plus particulièrement de *Wikipédia* afin de le rendre disponible sur le *Web*. Elle propose donc une version structurée et normalisée des informations présentes dans *Wikipedia* permettant ainsi une interrogation sémantique de ces ressources. Il existe plusieurs versions de cette base de connaissances, chacune de ces versions correspond à une langue différente. Les trois versions principales de *DBpedia* sont la version anglaise<sup>16</sup>, la version française<sup>17</sup> et la version allemande<sup>18</sup>. Une traduction littérale est faite entre ces différentes versions, ce qui n'est pas pertinent quand certaines ressources, telles que les relations interpersonnelles qui sont totalement dépendantes de la culture, sont représentées. En effet, la traduction littérale peut causer, dans ce cas-là, des informations incohérentes ou même incorrectes.

---

<sup>15</sup> <https://fr.wikipedia.org/wiki/Wikimedia>

<sup>16</sup> <http://dbpedia.org>

<sup>17</sup> <http://fr.dbpedia.org>

<sup>18</sup> <http://de.dbpedia.org>

- *Freebase* (Freebase, 2010) était une base de connaissances collaborative, visant à rassembler sémantiquement les connaissances du web. Elle était construite principalement à partir de données fournies par les membres de sa communauté. Le contenu de cette base de connaissances a été transféré en juin 2015 à *Wikidata*, qui est une autre base de connaissance collaborative faisant partie du projet *Wikimedia* (Wikidata, 2018). Pareillement que *YAGO* et *DBpedia* (dans sa version anglaise), *Freebase* offrait une description des relations interpersonnelles dans une seule culture et seulement en anglais, elle manquait d'exhaustivité et l'expressivité des liens interpersonnels est réduite.

### 3.2.12 Conclusion

Nous remarquons à travers cet état de l'art, ainsi que les tableaux récapitulatifs de la représentation des différentes relations dans les différents vocabulaires de l'état de l'art (cf. Annexe A), que la plupart de ces vocabulaires manquent d'exhaustivité en terme de représentation de liens interpersonnels, il n'y a aucune représentation des liens interpersonnels qui émergent dans notre société actuellement (exemple : mariage homosexuel, mère porteuse, etc.), ce point est discuté plus en détail dans la section 4.2. Egalement, certains vocabulaires manquent de précision dans la représentation des relations interpersonnelles (exemple : frère, demi-frère, père adoptif, grand-mère maternelle, etc.). En parallèle, la plupart de ces ontologies sont créées sans prendre en considération l'aspect culturel dans la définition de ces liens interpersonnels, et seuls les concepts de la langue anglaise sont présents dans ces ontologies sachant bien que la simple traduction des termes décrivant ces concepts est insuffisante, voire même qu'elle peut ne pas être correcte quand nous passons d'une culture/langue à une autre (cf. section 4.2).

Nous notons donc un réel besoin d'étendre les vocabulaires existants ou même d'en créer un nouveau afin de pouvoir prendre en compte le maximum d'information sur un individu et son entourage en matière de relations interpersonnelles et cela dans le but

de pouvoir répondre aux besoins d'alimentation de la prothèse de mémoire, mais également pour avoir une ontologie qui fournit plus pour le web de données (*Linked Data*) en matière de représentation rigoureuse de relations personnelles. La réponse à ce besoin sera traitée dans le chapitre 4 de ce manuscrit.

### **3.3 Le multilinguisme dans les ontologies**

#### **3.3.1 Introduction**

Chaque pays a une culture et une (ou plusieurs) langue(s) officielle(s). Nous entendons par langue officielle, toute langue utilisée administrativement par un pays (les dialectes ne sont pas traités dans ce travail).

Les liens interpersonnels dépendent de la culture dans laquelle ils sont représentés, et les concepts qui les définissent sont exprimés dans la (les) langue(s) liée(s) à cette culture. Un lien interpersonnel ainsi que ces contraintes peuvent exister dans une culture quelconque par différentes manières (L'aspect de la religion n'est pas évoqué dans ce travail, puisque nous considérons que cela rentre dans la liberté personnelle de chaque individu, nous ne rentrons pas dans les détails liés à comment un lien interpersonnel est apparu dans une culture quelconque (par la religion, une mode, un héritage culturel, etc.)

#### **3.3.2 Le multilinguisme et multiculturalisme dans les ontologies**

Outre le manque de précision dans la représentation des liens interpersonnels montré dans la section précédente, la majorité des ontologies existantes expriment les relations interpersonnelles sans prendre en considération l'aspect culturel, et utilisent généralement des termes en anglais pour exprimer les concepts des liens interpersonnels. Alors que les ontologies, et plus précisément celles conçues pour exprimer les liens interpersonnels, doivent pouvoir être utilisées dans différentes cultures, et le passage d'une langue/culture à une autre doit également être assuré par ces ontologies.

Certains projets se sont intéressés à la problématique de la traduction des ontologies, mais jusqu'à présent, à notre connaissance, les travaux sur la traduction des

ontologies ont principalement porté sur le développement de systèmes et outils de traduction pour l'importation et l'exportation des ontologies depuis et vers différentes langues et peu de travaux ont été consacrés à la traduction directe entre les langages ontologiques (Corcho, 2005).

Parmi ces travaux, certains projets ont proposé de faire une traduction dite «syntaxique» (Chalupsky, 2000) (Dou, McDermott, & Qi, 2005). Mais une traduction littérale n'est pas toujours pertinente quand il s'agit des relations interpersonnelles comme pour plusieurs raisons discutées dans le chapitre 4 de ce manuscrit.

Une autre étude a ciblé le problème de la traduction «culturelle», à l'instar du récent projet européen MONNET qui a proposé un modèle appelé LEMON pour traiter ce problème. Les auteurs de ce travail (Montiel-Pnsoda, Gracia, Aguado de Cea, & Gomez-Perez, 2011) ont développé un module de traduction destiné à relier des concepts issus d'ontologies linguistiques/culturelles différentes. Premièrement, ils fournissent une traduction littérale du concept dans la langue cible. Ensuite, ils recherchent son équivalent dans la culture cible associée, lorsque le terme utilisé dans la culture cible est différent de la traduction littérale donnée, ils relient le concept source et son équivalent en utilisant une classe «*CulturalEquivalentTranslation*». Mais cette solution ne considère pas l'absence du terme équivalent représentant le concept dans la culture cible, et donne toujours une traduction littérale au concept dans ce cas-là même si cette traduction peut être incorrecte, surtout quand il s'agit de relations interpersonnelles. De plus, les différentes langues ne sont pas fusionnées en une ontologie unique; leur solution est basée sur l'alignement des ontologies, y compris les équivalences culturelles.

### **3.4 Conclusion du chapitre 3**

Dans ce chapitre, nous avons dressé un état de l'art sur les aide-mémoires existants, les ontologies et vocabulaires qui représentent les liens interpersonnels, et les travaux de recherche qui se sont intéressés à la problématique du multilinguisme et/ou multiculturalisme.

Premièrement, nous avons montré à travers cet état de l'art qu'il existe plusieurs types d'aide-mémoires, que nous avons regroupés sous trois catégories : les aide-mémoires destinés au grand public, les aide-mémoires pour les personnes âgées, et les travaux de recherche relatifs à l'aide à la mémoire. Par ailleurs, nous avons introduit la définition des services et fonctionnalités de chaque aide-mémoire de ces catégories, et nous avons présenté les limites que représente chacun de ces aide-mémoires.

Nous avons conclu que même pour les aide-mémoires qui offrent plus de fonctionnalités, ils représentent plusieurs limites :

Certains de ces aide-mémoires ont été conçus pour des petites tâches bien spécifiques de la vie quotidienne, et l'intelligence de ces outils reste très limitée :

- Les informations sont souvent stockées de manière distincte, c'est-à-dire qu'il n'existe aucun lien entre les notes entrées, les images enregistrées, les personnes ou encore les expériences vécues ;
- La recherche des informations se fait individuellement, via des listes, ou pour les plus sophistiqués de ces aide-mémoires, via des mots-clés ;
- Aucune déduction n'est proposée, cela ne pourra guère aider une personne souffrant de perte de mémoire, car elle devra par elle-même faire le lien entre les différentes informations introduites dans ces aide-mémoires, chose qui généralement lui est impossible du fait de sa dégénérescence mnésique ;
- La plupart de ces aide-mémoires ne prennent pas en compte le multilinguisme et le multiculturalisme. Nous notons en particulier qu'il n'existe pas d'aide-mémoire conçus nativement pour la langue arabe.

Nous notons donc un réel besoin d'avoir un aide-mémoire « intelligent », qui pourra stocker d'une manière structurée les données fournies par le patient d'Alzheimer, lier entre ces différentes données via les technologies du Web sémantique, et notamment une ontologie, et qui reposera les outils de raisonnement afin de pouvoir inférer sur ces connaissances, vérifier leur cohérence, et permettre la déduction de nouvelles



connaissances à partir de celles introduites par le patient. L'aspect multiculturel et multilingue devrait également être pris en compte, car cet aide-mémoire sera individuel et devra par conséquent s'adapter à la culture/langue de chaque utilisateur.

Deuxièmement, nous avons démontré à travers l'état de l'art dressé dans cette section, sur les ontologies et vocabulaires des liens interpersonnels, ainsi qu'à travers les tableaux complémentaires récapitulant la représentation des différentes relations dans les différents vocabulaires de l'état de l'art (cf. Annexe A), que la plupart de ces vocabulaires représentent plusieurs limites :

- Ils manquent d'exhaustivité en terme de représentation de liens interpersonnels ;
- Il n'y a aucune représentation des liens interpersonnels qui émergent dans notre société actuellement (exemple : mariage homosexuel, mère porteuse, etc.) ;
- Certains vocabulaires manquent de précision dans la représentation des relations interpersonnelles (exemple : frère, demi-frère, père adoptif, grand-mère maternelle, etc.) ;
- La plupart de ces ontologies et vocabulaires sont créés sans prendre en considération l'aspect culturel dans la définition des liens interpersonnels, et seuls les concepts de la langue anglaise sont présents dans ces ontologies.

Nous notons ainsi également le besoin d'étendre les vocabulaires existants, ou même de créer un nouveau vocabulaire, capable de représenter le maximum d'information sur les liens interpersonnels qui lient un individu à son entourage, et cela dans le but de pouvoir répondre aux besoins d'alimentation de la prothèse de mémoire. Une ontologie qui prend en compte également l'aspect culturel dans la représentation des liens interpersonnels, afin de s'adapter au mieux à son utilisateur. Le but de créer une telle ontologie sera également un plus pour le web de données (*Linked Data*), car elle sera une plus-value en matière de représentation exhaustive et rigoureuse de relations interpersonnelles.

Enfin, nous avons montré à travers cet état de l'art que certains projets se sont intéressés à la problématique de la traduction des ontologies, mais que jusqu'à présent, à notre connaissance, les travaux sur la traduction des ontologies ont principalement porté sur le développement de systèmes et outils de traduction pour l'importation et l'exportation des ontologies, depuis et vers différentes langues ; et que peu de travaux ont été consacrés à la traduction directe entre les langages ontologiques. Ces travaux ont été regroupés sous deux catégories :

- Des projets qui ont proposé de faire une traduction dite «syntaxique», basée sur une traduction littérale, sans prendre en considération l'aspect culturel ;
- Un projet qui a proposé une traduction « culturelle », mais qui ne considère pas l'absence du terme dans la culture/langue cible, et propose tout de même une traduction littérale, le cas échéant.

Nous estimons qu'une traduction littérale n'est pas toujours pertinente surtout quand il s'agit des relations interpersonnelles. Car ces dernières dépendent de la culture à laquelle elles sont liées. De plus, ces travaux proposent des solutions basées sur l'alignement des ontologies, y compris les équivalences culturelles. Alors que nous souhaitons avoir une solution qui fusionne ces différentes langues, représentant les différents liens interpersonnels dans les cultures en question, dans une seule et même ontologie.

**Chapitre 4 :**  
**REPRESENTATION**  
**MULTICULTURELLE ET**  
**MULTILINGUE DES LIENS**  
**INTERPERSONNELS**

## 4.1 Contexte

La recherche médicale permet de diagnostiquer de plus en plus tôt la maladie d'Alzheimer, potentiellement plusieurs dizaines d'années avant l'apparition des premiers symptômes. Ceci va permettre de proposer au patient des solutions de type prothèse de mémoire; d'une part pour stocker et structurer les informations avant qu'elles ne soient oubliées, et d'autre part pour rendre l'utilisation d'une prothèse acquise (au tout début de la maladie, le patient possède encore des capacités d'apprentissage).

Le but d'une « prothèse mnésique » (ou « prothèse de mémoire ») est de pallier les problèmes de mémoire, par un dispositif externe. L'idée est de proposer au patient un aide-mémoire capable d'associer les données personnelles de son propriétaire avec les données ambiantes et les données publiques (par exemple fournies par les sociétés de transport). Le principe de base est de fournir un ensemble de services et de techniques au bénéfice des patients diagnostiqués Alzheimer pour leur permettre de rester socialisés le plus longtemps possible.

La prothèse de mémoire *CaptainMemo* dans laquelle s'inscrit ce travail de thèse est en cours d'élaboration; pour son prototypage, elle est développée sur un ordinateur personnel sous forme d'une application Web sémantique; mais l'objectif final est de la proposer comme application dans un dispositif mobile de type smartphone, lunettes intelligentes, ou robot et la connecter à l'environnement à l'aide de divers capteurs et systèmes de localisation afin de fournir un ensemble de services à l'intérieur comme à l'extérieur.

Par ailleurs, le but de la prothèse de mémoire *CaptainMemo* est de permettre à son utilisateur, qui est au premier stade de sa maladie, de stocker dans sa base de connaissances des informations qu'il va inévitablement perdre, afin de pouvoir les récupérer au fur et à mesure que sa maladie progresse. La prothèse de mémoire *CaptainMemo* offre à ses utilisateurs un ensemble de services :

- Le service « *Family/Entourage Show* » : Qui permet à l'utilisateur de la prothèse de mémoire, à travers la restitution des liens interpersonnels déjà introduits dans la prothèse de mémoire, de se rappeler les membres de sa famille ainsi que son entourage. La visualisation de ces liens interpersonnels se fait via un graphe des images des personnes, et un simple clic sur l'image de chaque personne permet d'avoir les informations la concernant ;
- Le service « *Autobiographical Training* » : Qui propose un jeu qui repose sur le principe des « questions-réponses », permettant de stimuler la mémoire du patient ;
- Le service « *E-Diary* » : Qui joue le rôle d'un journal pour le patient, il lui permet de raconter les différents événements vécus dans sa journée : ses pensées, ses problèmes de santé, les symptômes apparus, les personnes qu'il a rencontrées, etc. ;
- Le service « *Memo\_Calendring* » : Qui propose au patient une aide à la planification de ses tâches et activités de la vie quotidienne : ses rendez-vous, la prise de médicaments, le paiement de ses factures, etc.

Le service « *Family/Entourage Show* » de *CaptainMemo* est basée sur l'ontologie *PersonLink* (cf. section 4.6) qui est utilisée pour modéliser, stocker et raisonner sur les liens interpersonnels, la représentation temporelle de ces liens interpersonnels ainsi que le raisonnement et l'inférence seront discutés dans les prochains chapitres.

## 4.2 Problématique et critères

Les liens interpersonnels dans la base de connaissances de *CaptainMemo* et de manière générale ne dépendent pas uniquement de la langue, mais également de la culture liée à cette langue. En effet, d'une culture à une autre, nous pouvons être confrontés à plusieurs cas de divergence :

- Il existe davantage de relations dans les nouvelles législations de certains pays. Comme pour l'exemple du mariage : Le mariage homosexuel, la polygamie, le PACS, etc. ;
- Certaines relations peuvent ne pas exister quand nous passons d'une culture à une autre. Comme par exemple, le concept de « la mère porteuse » qui existe dans un certain nombre de pays qui ont une culture occidentale, mais qui n'est pas présent dans d'autres pays de culture orientale ou arabe ;
- Le niveau de précision diffère d'une culture/langue à une autre. Nous pouvons remarquer ce phénomène par exemple dans la définition de la relation de cousinage. En anglais, il existe un seul terme qui définit cette relation, qui est le terme « cousin ». En français, les deux termes « cousin » et « cousine » expriment cette relation et spécifient en l'occurrence le genre du cousin. En arabe, huit termes existent pour définir ce genre de relation. En plus du genre, une spécification est rajoutée pour définir de quel côté est le cousin (fils de la tante maternelle ou de l'oncle paternel, etc.) ;
- Les contraintes relatives à certaines relations interpersonnelles peuvent changer d'une culture à une autre. Par exemple dans le cas du mariage, dans certaines cultures, le mariage peut être entre un homme et une femme, et dans d'autres, cette relation peut lier entre un homme et plusieurs femmes, ou bien deux hommes, etc.

La simple traduction littérale n'est donc pas envisageable lors du passage d'une langue/culture à une autre, car elle ne permet pas d'avoir une cohérence et une exactitude quant à la définition de ces liens.

L'ontologie doit en l'occurrence permettre, d'un côté, la représentation de tous les liens interpersonnels, tout en prenant en compte l'aspect culturel, et d'un autre côté, elle devra permettre le passage d'une culture/langue à une autre sans avoir à faire une simple traduction littérale.

Nous avons pour cela défini les critères sur lesquelles doit se baser l'ontologie dont nous avons besoin, et qui s'énumèrent comme suit :

1. Une seule ontologie : Nous avons besoin d'une seule ontologie qui regroupe toutes les données dans une seule et même base de connaissances pour le besoin de la prothèse de mémoire. En effet, le but de ce travail n'est donc pas de faire de l'alignement d'ontologie, mais d'avoir une ontologie qui représentera la colonne vertébrale de la prothèse de mémoire ;
2. La définition rigoureuse des liens interpersonnels : La définition des liens interpersonnels doit se faire selon la culture en question, car les liens interpersonnels dépendent de la culture à laquelle appartient la personne, la définition de plusieurs termes peut différencier d'une culture à une autre, il peut également y avoir des termes qui n'existent pas quand nous passons d'une culture à une autre, etc. d'où la nécessité de représenter chaque relation selon la culture à laquelle elle est liée ;
3. Le multilinguisme : Pour répondre au besoin de la prothèse de mémoire qui doit être multilingue, mais également par manque d'ontologies multilingues décrivant les liens interpersonnels dans le web de données ;

4. Le basculement d'une langue/culture à une autre sans avoir à faire de la simple traduction car les liens interpersonnels ne dépendent pas uniquement de la langue mais également de la culture liée à cette langue.

### **4.3 Les relations interpersonnelles**

Avant d'introduire notre approche pour la représentation des liens interpersonnels, il a été nécessaire de définir dans un premier temps l'ensemble de ces relations d'un point de vue sociologique et historique, afin de montrer le poids et l'importance que chacune de ces relations représente dans la société ainsi que pour chaque individu.

Ensuite, nous allons définir les relations qui émergent dans notre société et qui font office d'actualités et termes de relations interpersonnelles, montrer leur présence ou absence par rapport à trois cultures que nous avons choisies pour ce travail de thèse (les cultures française, marocaine et nord-américaine), et définir les termes qui leur sont attribués le cas échéant.

Toutes les relations qui seront définies dans les sections suivantes de ce chapitre sont introduites dans notre travail afin de garantir son exhaustivité quant à la représentation des liens interpersonnel.

#### **4.3.1 Les relations interpersonnelles introduites d'un point de vue sociologique et historique**

La question des liens interpersonnels, au sein de la famille comme à sa périphérie, représente un domaine de recherche en permanente évolution dans le champ de la démographie historique et de l'histoire de la famille en général. L'article de John Hajnal (Hajnal, 1965), sur le modèle de mariage européen est une référence qui peut être considérée comme la première production majeure en la matière. Le mariage a en effet été le premier lien ayant retenu l'intérêt des historiens, et son rôle dans le fonctionnement des grands équilibres démographiques, a été une des questions majeures des années 1960 et 1970. Par la suite, l'observation des liaisons entre mariage, structures familiales et



transmission patrimoniale a permis d'enrichir les premiers apports. Mais très vite aussi, d'autres objets d'étude se sont révélés, à savoir les relations parents-enfants, la place des oncles et tantes, le rôle et poids des grands parents, etc. Les historiens se sont ensuite intéressés aux liens périphériques à la sphère familiale : Les témoins, marraines et parrains sont devenus des objets de recherche élargissant les frontières de la parenté biologique à une parenté spirituelle permettant ainsi de redéfinir l'objet « famille » sans cesse en mouvement.

### **4.3.2 Les types de relations interpersonnelles**

Le premier lien auquel nous nous intéressons est l'alliance, cette union importante qui est au cœur du fonctionnement social. Le mariage a suscité l'intérêt de plusieurs chercheurs, et les thématiques de recherche que ce lien a recouverts sont diverses, nous en citons à titre d'exemple : l'origine géographique et sociale des conjoints, le remariage, la représentation culturelle, etc. Une revue de littérature française plus détaillée (Bourdelaïs & Gourdon, 2000) a été effectuée dans ce sens.

Le second lien intéressant à discuter, est la parenté. Cette relation a suscité l'intérêt de plusieurs travaux de recherches traitant plusieurs thématiques qui en découlent, comme par exemple le traitement de l'évaluation systématique des lacunes liées à l'information généalogique (Barry & Gasperoni, 2008), la problématique de la segmentation et de la réduction des réseaux de parenté selon des critères « exogènes » propres aux individus (dates de naissance ou de mariage, résidence, profession, etc.) ou endogènes découlant du lien de parenté lui-même (nombre d'ascendants connu, nombre de conjoints, etc.) (Grange & Houseman, 2009) (Houseman, Hamberger, Grange, & Momon, 2014), l'indépendance et l'interconnexion des configurations matrimoniales (Hamberger & Daillant, 2008), l'engendrement de réseaux des groupes de parenté liés par des relations d'alliance (Gabail & Kyburz, 2008). La relation de la parenté a souvent été liée à l'alliance (Gabail & Kyburz, 2008) (Houseman, Grange, & Hamberger, 2005-2009). Plusieurs chercheurs, anthropologues et historiens réunis autour de cette

problématique considèrent que cette relation ne peut être isolée à la relation du mariage (Houseman, Grange, & Hamberger, 2005-2009). En effet, selon eux, chaque relation de parenté institue une connexion, non seulement entre des personnes mais aussi entre l'ensemble des relations qu'elles entretiennent, de sorte que les individus et les liens qui les unissent s'inscrivent dans un réseau relationnel plus large, dont les propriétés influent directement et indirectement sur les choix de mariage. Le projet (Houseman, Grange, & Hamberger, 2005-2009) a donné lieu à un logiciel intitulé *Program for the Use and Computation of Kinship data* (PUCK) dont le but est d'analyser les phénomènes de parenté (Hamberger & Daillant, 2008).

La grand-parenté quant à elle, représente le deuxième lien fondamental après la parenté, c'est également un lien « primaire » surtout dans les sociétés européennes anciennes où les relations verticales sont favorisées par rapport aux relations horizontales, dans un souci de préserver le respect des anciens et de la hiérarchie.

En France, Vincent Gourdon dans ses travaux (Bois, 2002) a montré l'importance progressive de ce lien entre le 18<sup>ème</sup> et le 19<sup>ème</sup> siècle. Les grands-parents étaient capables de s'impliquer en cas de décès précoces des parents ou de problèmes familiaux dus aux remariages parentaux. Il existait également au 19<sup>ème</sup> siècle, une cohabitation forte entre grands-parents et petits-enfants dans certaines régions, où près de cinquante pour cent des jeunes enfants vivaient avec une grand-mère ou un grand-père. Le modèle du grand-père/grand-mère docile apparaît au 18<sup>ème</sup> siècle et se développe au cours du 19<sup>ème</sup> siècle, valorisant des relations plus tendres, plus libérales et moins soumises à l'obligation du respect de la hiérarchie familiale autoritaire. La reconnaissance de ce lien fondamental était lente jusqu'au 20<sup>ème</sup> siècle, période pour laquelle les chercheurs des différentes sciences sociales ont d'ores et déjà souligné les rôles capitaux, voire « nouveaux » dans certains cas, des « papys » et « mamies » des dernières générations, à la fois plus jeunes, plus actifs et toujours amplement solidaires, comme les travaux de (Attias-Donfut, Lapierre, & Segalen, *Le Nouvel Esprit de famille*) l'ont montré. Dernièrement, les grands-parents occupent une nouvelle place primordiale au sein de la famille moderne, ils sont

sollicités de plus en plus par leurs enfants pour l'aide à la prise en charge des petits-enfants, ils s'investissent dans la garde des petits-enfants mais également dans les aides financières aux enfants et petits-enfants (Attias-Donfut, 2008).

Contrairement à la grand-parentalité qui semble désormais être assez bien connu en histoire de la famille comme en sociologie, le lien avunculaire (oncle/tante avec leurs neveux/nièces) demeure un lien de parenté encore peu évoqué dans les publications d'historiens ou de sociologues. À l'exception de quelques travaux (Caspard, 2010) abordant cette relation au 18<sup>ème</sup> siècle, en France du Nord, les publications traitant la teneur de ce lien sont rares. Il s'agit pourtant d'un lien d'une très grande importance dans les familles d'autrefois, spécialement dans la France démographique et souvent mobilisés au sein du réseau de parenté lors des étapes majeures et vitales de leurs neveux/nièces (baptême, témoignage au mariage, décès) comme dans les périodes de difficulté de la famille (tutelles, curatelles et succession). En effet, dans un contexte démographique de la France du 18<sup>ème</sup> siècle, un individu était entouré en moyenne par cinq à six oncles et tantes, et ce depuis sa naissance jusqu'à ses 20 ans. Par conséquent, les oncles et tantes étaient finalement bien plus présents que les grands-parents du point de vue démographique, alors que leur apparition dans les sources historiques traditionnelles est quasi-inexistante. Contrairement aux grands-parents, les oncles et tantes, qui ont actuellement une situation plutôt marginale dans les familles, se montrent finalement comme des parents de substitution dans les familles du 18<sup>ème</sup> siècle, en dépit de leur « second rang » naturel. Dans (Caspard, 2010), l'auteur démontre que la spécificité du lien avunculaire devient apparente surtout à travers le parrainage, la transmission et la tutelle. La présence des oncles et des tantes est spécifique lorsqu'on commence à parler de parenté de substitution ou de remplacement, car le lien avunculaire devient vite valorisé quand les oncles et les tantes jouent le rôle de père ou de mère en « second » pour leurs neveux/nièces. Nous en concluons qu'à cette époque, les oncles et tantes sont de loin les principaux parents capables de « substituer » les parents biologiques de leurs neveux et nièces, en raison de l'âge des grands-parents qui est souvent trop élevé ou même de

grands-parents décédés, tandis que les frères et sœurs aînés de ces enfants à prendre en charge sont encore trop jeunes.

D'après l'étude (Caspard, 2010), le lien adelphique (fratrie et sororité) aurait un impact affectif direct sur le lien avunculaire. En effet, plus les frères et sœurs sont affectivement proches, plus ils feront des oncles et des tantes potentiellement plus impliqués et concernés par leurs neveux et nièces. Le lien avunculaire sous-tend donc le lien adelphique, horizontal et de même génération. L'historiographie de ce lien de germanité antérieurement négligé s'est largement renouvelée depuis une vingtaine d'année. Grâce à plusieurs facteurs tel que le dépouillement massif des archives notariales et administratives ou encore à la démographie historique, les historiens modernistes français ont pu quantifier la composition et la taille des fratries, les intervalles inter-généraliques (intervalles entre leurs naissances), ils ont pu également mesurer la présence des sœurs et des frères au mariage, au décès, la fréquence de leurs relations, leurs conflits liés à l'héritage ou au mariage, leur cohabitation, le problème des cadets (Segalen & Giordani , 1999), etc. Mais le plus souvent, ces différents travaux restaient dans une optique d'étude des relations verticales au sein de la famille comme, à titre d'exemple, le problème de la transmission des biens des ascendants à chacun des enfants ou l'analyse de la reproduction sociale au sein des fratries (Buisson , 2003). Dernièrement, L'étude de ce lien adelphique ou des fratries connaît un accroissement en France, des colloques ont été organisés dans ce sens (Boudjaaba & Arrizabalaga, 2016) (Cassagnes-Brouquet & Yvernault, 2011- 2012 ), ils ont discuté des thèmes très diversifiés tels que la démographie de la fratrie, la transmission, les solidarités et les conflits, le genre, ou encore l'affection au sein de la fratrie. Actuellement, les sociologues affirment que le lien adelphique est répond peu à une norme et que la profondeur des fréquentations entre germains est mesurée en fonction de la présence des père et mère et que ces mêmes fréquentations faiblissent quand ces individus s'établissent en couple et ont des enfants, tout en précisant que les femmes s'impliquent en général plus que leurs conjoints dans les relations avec les membres de leur propre fratrie (Fine, 2011) (Déchaux, 2003). Il est

également à noter que ce lien est en voie d'amointrissement, et cela à cause des faibles taux de fécondité dans les pays occidentaux, où le renouvellement des générations n'est plus garanti et où les fratries sont en voie de disparition, laissant toujours plus de place aux enfants uniques (Toulemon, 2012).

Le lien de cousinage est un lien de parenté encore peu évoqué dans les publications d'historiens ou de sociologues. En effet, à notre connaissance, aucune étude sociologique ou historique approfondie dédiée à ce lien de parenté n'existe à ce jour. En revanche, ce lien a été évoqué brièvement dans des études sur les réseaux de parenté, sur la violence ou sur les solidarités familiales, mais nous n'en trouvons guère de mesure démographique et la spécificité de cette relation interpersonnelle n'est pas interrogée. Dans (Burguière, 1997), l'auteur montre l'importance du lien de cousinage dans les mariages entre proches parents dans la France du 18<sup>ème</sup> siècle.

### **4.3.3 Les relations interpersonnelles « particulières »**

Dans notre travail, nous cherchons à avoir un résultat qui répond à la fois aux besoins de la prothèse de mémoire et qui soit à la pointe des technologies. Dans ce sens, nous avons pensé à avoir une ontologie qui puisse couvrir ce besoin et être exhaustive en intégrant et en définissant tous les liens interpersonnels qui puissent exister, à notre connaissance, par rapport à certaines cultures.

Pour cela, nous présentons dans ce qui suit des relations dites « particulières », leurs définitions, leurs présences dans les socio-cultures et les lois ainsi que leurs appellations dans différentes langues. Une relation particulière est une relation qui ne relève pas directement d'un lien sanguin, et/ou toute relation qui n'existait pas dans notre société il y a quelques décennies.

Pour cette étude, nous avons choisi les trois cultures : française, marocaine et nord-américaine, et les langues correspondant respectivement à ces cultures à savoir la langue française, la langue arabe et la langue anglaise.

Enfin, nous traçons quatre tableaux (cf. Annexe A) récapitulant la présence éventuelle de ces relations dans les différents vocabulaires et ontologies des liens interpersonnels que nous avons traités auparavant (cf. section 3.2), avec par la suite les définitions de chaque propriété qui représente la relation dans le vocabulaire ou ontologie en question, ainsi que les restrictions qui lui ont été attribuées par les auteurs du vocabulaire (ou ontologie) dans lequel cette relation apparaît.

#### **4.3.3.1 Le mariage homosexuel**

Le mariage homosexuel est la possibilité pour les couples de même sexe de contracter un mariage.

En France, ce mariage est autorisé par la loi n°2013-404 du 17 mai 2013.

Aux Etats-Unis, le mariage homosexuel est interdit au niveau fédéral mais légal dans 12 Etats sur 50 (Connecticut (2008), Iowa (2009), Massachusetts (2004), New Hampshire (2010), Vermont (2009), New York (2011), Etat de Washington 2012), Maine (2012), Maryland (2012), Delaware (mai 2013), Minnesota (mai 2013), Rhode Island (mai 2013) ainsi que dans la capitale Washington).

Au Maroc, le mariage homosexuel est interdit.

En anglais : « marriedTo » ;

En arabe : « متزوج ب » ;

En français : « mariéA ».

#### **4.3.3.2 La polygamie**

La polygamie désigne la situation dans laquelle une personne dispose au même moment de plusieurs conjoints.

Au Maroc, la polygamie est autorisée, elle devient plus difficile après la Moudawana (code du statut personnel marocain) promulguée par le roi Mohamed VI en 2004, où le consentement de la première épouse devient obligatoire. Elle n'est pas abolie mais elle est soumise à des conditions strictes.

En France, il est en droit français impossible de se marier avec plusieurs partenaires.

Aux États-Unis, la polygamie est interdite dans tous les États. Cependant, une étude démontre qu'il y aurait un minimum de 30 000 personnes polygames dans tout le pays. Malgré l'illégalité de ce mode de vie, plusieurs le pratiquent et réussissent à contourner la loi. Même si quelqu'un entretient des relations avec plusieurs femmes et a plusieurs enfants de mères différentes cela peut être vu comme un mari infidèle. Un homme polygame ne peut épouser plusieurs femmes puisque la loi l'interdit. Donc, il se marie légalement avec la première épouse et les autres sont ensuite unies par des cérémonies religieuses non officielles face à la loi. Elles deviennent alors des «sisters-wives».

En anglais : « marriedTo » ;

En arabe : « متزوج ب » ;

En français : « mariéA ».

#### **4.3.3.3 Le mariage consanguin**

Le mariage consanguin est un mariage entre deux personnes ayant au moins un ancêtre commun. Par exemple le mariage entre un enfant et son parent, le mariage entre un oncle et sa nièce (les parents de l'oncle étant les grands parents de la nièce), etc...

En France, le mariage est interdit si les deux personnes prétendantes au mariage sont :

- Frère et sœur, même en cas d'adoption ;

#### *CHAPITRE 4 : Représentation multiculturelle et multilingue des liens interpersonnels*

- Ascendant et descendant (le lien de parenté est direct entre enfant et parent), même en cas d'adoption ;
- Entre beaux-parents et gendre ou belle fille (ex: une fille d'un premier mariage et le deuxième mari de sa mère). Cette interdiction peut être levée par le président de la République si la personne qui a créé l'alliance est décédée ;
- Oncle et nièce, ou neveu et tante (interdiction qui peut être levée par le président de la République).

Le droit français autorise cependant le mariage entre belle-sœur et beau-frère, entre cousins germains ou cousins éloignés et, entre oncle et nièce adoptive et entre tante et neveu adoptif.

Au Maroc, le mariage consanguin est interdit. Par contre, le mariage entre cousins germains ou cousins éloignés, comme en France est autorisé.

Aux Etats-Unis, les mariages consanguins sont interdits. Pour ce qui concerne le mariage entre cousins germains, il est rare, seule une union sur 1 000 est concernée, et il est illégal dans plus de la moitié des Etats.

En anglais: « marriedTo » ;

En arabe : « متزوج ب » ;

En français : « mariéA ».

#### **4.3.3.4 Le PACS**

Le PACS (Pacte Civil de Solidarité) est un partenariat contractuel établi entre deux personnes majeures, indépendamment de leur sexe, et qui a pour objet d'organiser leur vie commune en établissant entre eux des droits et des devoirs en termes de soutien matériel, de logement, de patrimoine, d'impôts et de droits sociaux.



En France, le Pacs est autorisé par une loi qui a été votée en 1999.

Au Maroc, le PACS n'existe pas.

Aux Etats-Unis, Le Pacs n'existe pas non plus.

En anglais : cette relation n'existe pas ;

En arabe : cette relation n'existe pas non plus ;

En français : « PacséAvec ».

#### **4.3.3.5 Le concubinage**

Le terme de concubinage désigne la situation juridique d'un couple de fait formé de deux personnes adultes qui vivent ensemble de façon durable et notoire sans avoir célébré leur union de façon officielle.

En France, L'article 515-8 du Code civil définit le concubinage comme « une union de fait, caractérisée par une vie commune présentant un caractère de stabilité et de continuité, entre deux personnes, de sexe différent ou de même sexe, qui vivent en couple ».

Le concubinage ne résulte d'aucun contrat, d'aucun acte administratif. Il peut tout au plus faire l'objet d'une convention, rédigée sous seing privé ou avec l'aide d'un notaire, destinée à régler des questions patrimoniales (en procédant à l'inventaire des biens de chacun). Toutefois la loi française ne reconnaît, en matière de concubinage, aucune obligation de fidélité, de maintien d'une communauté de vie ou d'assistance entre les intéressés et interdit même aux concubins d'en créer conventionnellement.

Le Mariage en « *common-law* » est une forme ancienne de reconnaissance du concubinage qui perdure dans les anciennes colonies britanniques que sont le Canada et les États-Unis.

Aux Etats-Unis, le concubinage, ou « *common-law marriage* » est toujours possible d'être contracté dans dix états : en Alabama, Colorado, Iowa, Kansas, Montana, Rhode Island, Caroline du Sud, Texas, Utah, et dans le District of Columbia. Et pratiquement tous les États des États-Unis reconnaissent les mariages en « *common-law* » dès lors qu'ils sont conclus entre personnes majeures.

Au Maroc, vivre à deux sans mariage est une situation illégale aux yeux de la loi et de la société.

En anglais : « *common-law marriage* » ;

En arab : « التسري » ;

En français : « Concubinage »

#### **4.3.3.6 L'union libre**

L'union libre correspond à la situation des couples non mariés et non partenaires. L'union libre est parfois confondue avec le concubinage dont elle se distingue pourtant par une absence totale d'effets juridiques.

En France, l'union libre n'est pas une notion présente dans le droit français : elle ne fait l'objet d'aucun texte, ni pour l'autoriser expressément, ni pour la définir, ni pour l'interdire, ni même pour lui attacher un quelconque droit particulier.

Aux Etats-Unis, cette notion d'union libre n'existe pas.

Au Maroc, l'union libre, est confondue et appelée aussi concubinage, et est interdite aussi par la loi que par la socio-culture.

En anglais : cette relation n'existe pas ;

En arabe : elle n'existe pas non plus ;

En français : « union libre ».

#### **4.3.3.7 L'adoption homoparentale**

L'adoption homoparentale est l'adoption d'un enfant par une personne ou un couple de personnes homosexuelles.

L'adoption homoparentale est liée au statut légal de l'homosexualité dans la juridiction considérée : interdite dans les pays où l'homosexualité est interdite, et généralement autorisée dans les pays où le mariage entre personnes de même sexe est légal.

Aux États-Unis, elle est légalisée en Californie, au Massachusetts, au New Jersey, dans l'État de New York, au Nouveau-Mexique, dans l'Ohio, à Washington DC, dans le Vermont, dans l'État de Washington et au Wisconsin.

En France, la loi dispose que l'adoption par un couple ne peut provenir que d'un couple marié (art.343 du code civil). Le mariage entre personnes de même sexe étant maintenant autorisé (2013), les couples de même sexe peuvent adopter.

Au Maroc, il n'existe aucune loi autorisant l'adoption homoparentale.

En anglais : il n'existe pas de nom spécifique pour ce type de relation ;

En arabe : cette relation n'existe pas ;

En français : « Adoption homoparentale ».

#### **4.3.3.8 L'adoption monoparentale**

L'adoption monoparentale est l'adoption des enfants par des célibataires. Elle est souvent méconnue car peu d'études lui ont été consacrées. L'opinion publique ignore le plus souvent qu'il existe des lois autorisant les personnes seules à adopter.

En France, l'adoption pour un célibataire est à l'exception de très rares cas quasi-impossible. La reconnaissance juridique de l'adoption monoparentale est ancienne

puisqu'elle remonte à 1923. Elle s'inscrit alors dans un contexte d'après-guerre où les veuves et les orphelins sont nombreux. Ces adoptions par un seul parent ne bénéficient pas de la légitimation adoptive créée en 1939, réservée aux conjoints, et qui intègre totalement l'enfant dans sa famille. Les célibataires en France peuvent prendre recours à l'adoption internationale proposée par quelques pays tels que l'Éthiopie ou le Burkina-Faso, etc.

Au Maroc, Les candidats à l'adoption peuvent être des femmes célibataires ou des couples mariés. A conditions, que l'adoptant soit musulman, en bonne santé physique et mentale et apte à prendre soin d'un enfant adopté.

Aux États-Unis, Il n'est pas nécessaire d'être marié pour pouvoir adopter un enfant. Par contre, Les conditions relatives aux adoptants varient suivant les états. Généralement, les caractéristiques suivantes sont requises : la stabilité, la maturité, et la capacité de prendre soin de son enfant en équipe avec les travailleurs sociaux.

En anglais : « Single Parent adoption »;

En arabe : il n'existe pas de nom spécifique pour ce type de relation ;

En français : « Adoption monoparentale ».

#### **4.3.3.9 La gestation pour autrui : La notion de « mère porteuse »**

La gestation pour autrui (GPA) est une méthode de procréation qui se pratique généralement en cas d'infertilité féminine liée à l'absence d'utérus, ou à sa déformation. La mère porteuse porte l'enfant d'un couple qui a fourni ses embryons. Elle ne fournit pas de contribution génétique, c'est-à-dire un ovule, mais prend en charge le « développement in utero » d'un embryon, et, à la naissance, remet l'enfant à la « mère génétique » (ou « sociale » en cas de don d'ovules) et à son père.

Aux États-Unis, il n'existe pas de législation fédérale en matière de Gestation pour autrui. Chaque Etat applique ses propres règles, en fonction des jurisprudences. La GPA est donc autorisée dans 14 états et la mère porteuse a le nom de « Surrogate ».

En France, la loi n° 94-653 du 29 juillet 1994 relative au respect du corps humain interdit explicitement la gestation pour autrui.

Au Maroc, il n'existe aucune loi autorisant ou interdisant la GPA, et une telle pratique reste marginale, en raison du poids des traditions.

En anglais : « Surrogate » ;

En arabe : Cette relation n'existe pas ;

En français : « Mère porteuse ».

#### **4.3.3.10 La notion de beaux-parents**

Le terme « beau-père » peut désigner :

- Beau-père, le père du conjoint, pour l'autre conjoint ;
- Beau-père, le nouvel époux de la mère, pour les enfants d'un mariage précédent.

Le terme belle-mère peut désigner, dans une famille :

- Belle-mère, mère du conjoint, pour l'autre conjoint ;
- Belle-mère, nouvelle femme du père, pour les enfants d'un mariage antérieur.

On dit « beaux-parents » pour parler du beau-père et de la belle-mère.

En France, le beau-parent n'a en principe aucun droit ni aucun devoir envers l'enfant de son conjoint ou de la personne avec laquelle il vit. Toutefois, deux dispositions du code civil lui permettent l'une d'exercer, totalement ou partiellement, l'autorité parentale sur cet enfant, et l'autre de partager l'exercice de l'autorité parentale avec l'un des deux parents, voire avec les deux. Ces mesures ne sont pas réservées aux beaux-

parents et peuvent donc être mises en œuvre au bénéfice d'autres tiers. Dans tous les cas, une décision du juge aux affaires familiales, qui ne peut être saisie que par le ou les parents détenteurs de l'autorité parentale, est nécessaire.

Au Maroc, les termes « belle-mère », « beau-père » ou « beaux-parents » peuvent seulement désigner la mère, le père ou les parents d'un conjoint par rapport à l'autre conjoint. La nouvelle femme du père ou le nouveau mari de la mère ne peuvent pas porter ces noms car ils ne sont souvent pas acceptés par les enfants. On dit alors « femme de mon père » ou « mari de ma mère » pour les désigner.

Aux Etats-Unis, ces termes-là sont utilisés pour désigner le père ou la mère du conjoint, ou encore pour désigner le nouveau mari de la mère ou la nouvelle femme du père.

En anglais: « Mother-in-law » / « stepmother », « father-in-law » / « stepfather », « parents-in-law » / « stepparents »;

En arabe: « زوجة الأب » / « حماة », « زوج الأم » / « الحمو أبو الزوجة أو الزوج ».

En français : « belle-mère », « beau-père », « beaux-parents ».

#### **4.3.3.11 Le parrainage**

Le parrainage constitue dans une partie du monde chrétien une forme particulière de parenté qui pourrait s'ajouter aux liens familiaux. Dans les Églises chrétiennes, le parrain/marraine joue le rôle de responsable spirituel d'une personne à partir de son baptême ou, dans les Églises baptistes et évangéliques, de sa présentation.

Au Maroc, cette notion de père ou mère spirituels n'existe pas.

En France, la loi ne reconnaît aux parrains et marraines aucun statut particulier, ils ne sont donc pas tenus d'assumer la garde de l'enfant et ne sont pas forcément tuteurs de leur filleul. Le tuteur est désigné par le juge de tutelle et le conseil de famille ; parrain et

marraine n'ont aucun droit. On peut dire dans son testament que l'on désire que telle personne différente soit le tuteur de ses enfants.

Aux États-Unis, on reconnaît plus la notion de parrainage humanitaire qui consiste à subvenir aux besoins d'un enfant en difficultés en lui permettant ainsi de rester dans son milieu familial.

Cette notion de parrainage est liée à la religion chrétienne et donc pratiquée dans les baptêmes chrétiens.

En anglais: « Godmother », « Godfather »;

En arabe: « العرابة », « العراب »;

En français : « Marraine », « Parrain ».

#### **4.4 Ontologie ou Vocabulaire ?**

Pour la représentation des liens interpersonnels, nous avons remarqué lors de l'établissement de l'état de l'art, que dans certains travaux, les auteurs utilisent le terme « ontologie » alors que dans d'autres, les auteurs utilisent plutôt le terme « vocabulaire ». Nous nous sommes donc naturellement posé la question concernant la différence entre ces deux termes.

« Ontologie » est un terme qui signifie généralement une spécification explicite et formelle d'une conceptualisation commune et partagée (Gruber, 1993) (Borst, 1997) (Studer, Benjamins, & Fensela, 1998).

Un vocabulaire contrôlé est une liste soigneusement sélectionnée de mots et de phrases, qui sont utilisés pour marquer des unités d'information (document ou travail) de sorte qu'ils puissent être plus facilement récupérés par une recherche. Il fournit un moyen d'organiser les connaissances pour une récupération ultérieure.

La différence fondamentale entre une ontologie et un vocabulaire contrôlé est le niveau d'abstraction et les relations entre concepts. Une ontologie formelle est un

vocabulaire contrôlé exprimé dans un langage de représentation ontologique. Ce langage a une grammaire pour utiliser des termes de vocabulaire pour exprimer quelque chose de significatif dans un domaine d'intérêt spécifique. La grammaire contient des contraintes formelles (par exemple, spécifie ce que signifie une instruction, une assertion, une requête, etc. correctement formées) sur la façon dont les termes du vocabulaire contrôlé de l'ontologie peuvent être utilisés ensemble.

Une ontologie formelle en science d'information est donc tout simplement un vocabulaire contrôlé exprimé dans un langage de représentation d'ontologies et auquel sont ajoutés des contraintes, des règles dans un domaine d'intérêt précis.

Pour notre travail, nous optons plutôt pour l'utilisation du terme « ontologie », car pour la représentation des liens interpersonnels, nous allons définir les contraintes et fonctionnalités qui les régissent. Nous allons également introduire des règles afin de s'assurer que ces contraintes seront bien appliquées lors de l'insertion des connaissances et vérifiées lors de l'inférence sur ces connaissances dans la prothèse de mémoire particulièrement et dans d'autres applications dans le Web de données en général.

## **4.5 La représentation multiculturelle/multilingue des ontologies**

Le multiculturalisme/multilinguisme est un sujet important pour les bases de connaissances en général, mais également et en particulier pour la prothèse de mémoire *CaptainMemo*, qui a été conçue pour une utilisation éventuelle par des personnes de différentes cultures et parlant différentes langues.

### **4.5.1 Notre approche pour la représentation multiculturelle/multilingue des ontologies:**

Nous présentons dans cette section notre approche nommée « *ontologie en dentelle* » qui consiste à modéliser les ontologies de telle manière à leur permettre une

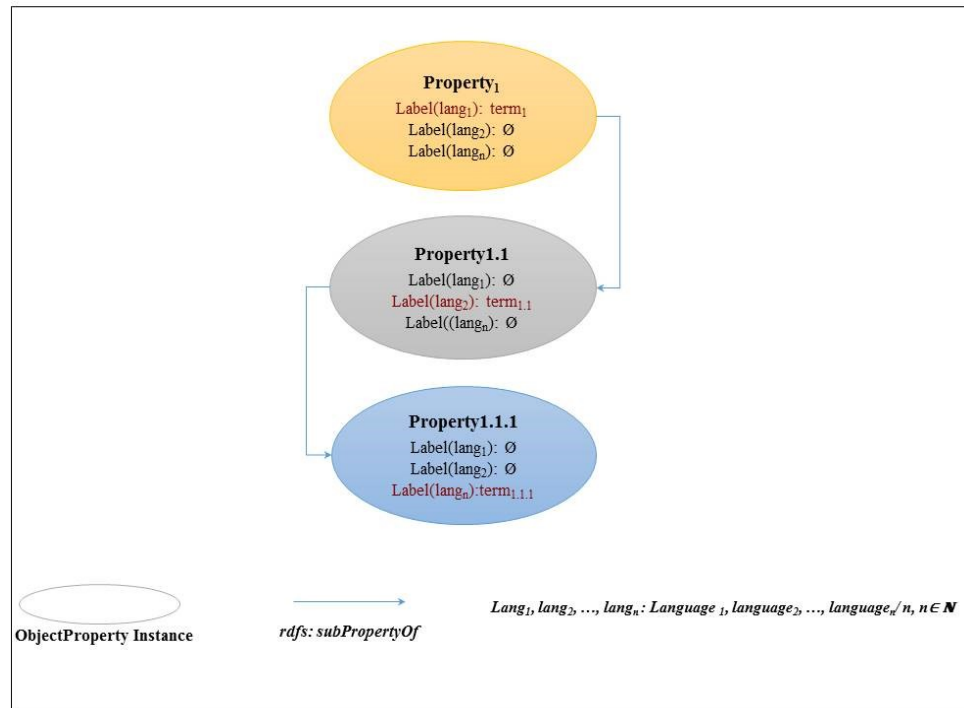


représentation des connaissances dans une seule et même ontologie et dans plusieurs cultures/langues, sans avoir à faire de l’alignement d’ontologies.

Le principe de notre approche est de représenter chaque concept par un triplet le définissant, tel que :  $D_{opi} = \langle not, def, C_{opi} \rangle$ , où *not* représente la notion qu’exprime le concept en question, *def* est sa définition en langage naturel, et  $C_{opi}$  est l’ensemble de triplets (culture, terme, langue) correspondant au(x) terme(s) qui exprime(nt) ce concept dans la/les langue(s) liée(s) à cette/ces culture(s) tel que :  $C_{opi} = \{ \langle c_i, t_i, l_i \rangle, \dots, \langle c_n, t_n, l_n \rangle \}$ .

Ainsi, pour chaque concept représentant une notion avec une définition, et dans chaque culture, un terme lui est attribué selon la langue liée à cette culture, à condition qu’il existe bien un terme dans cette culture. Dans le cas contraire, et dans l’absence de terme dans la langue liée à cette culture, le terme est représenté par une valeur nulle. Cette attribution se fait à travers des labels, car ces derniers sont le moyen permettant à l’humain d’interagir avec les données.

On obtient comme résultat une sorte d’ontologie en dentelle (à cause des valeurs nulles qu’elle peut contenir). En parallèle, le lien entre les différents concepts génériques ou spécifiques (exprimées avec *rdfs:subClassOf* ou *rdfs:subPropertyOf*) permettent d’avoir différentes hiérarchies représentant le niveau de spécificité de chacun des concepts, permettant ainsi de passer d’une langue/culture à une autre dans la même ontologie et avoir le terme approprié (générique soit-il ou spécifique). La Figure 25 montre une instanciation de la modélisation des *objectProperties* en utilisant l’approche d’ontologie en dentelle.



**Figure 25 : Une instantiation des *objectProperties* en utilisant l’approche de l’ontologie en dentelle**

#### 4.5.2 L’algorithme de traduction lié à l’approche de l’ontologie en dentelle

L’objectif principal de notre approche est d’exprimer rigoureusement les concepts en considérant l’aspect de la culture. Néanmoins, il est à noter que pour exprimer un concept présent dans une langue/culture source dans une culture/langue différente, et afin d’obtenir le(s) terme(s) utilisé(s) pour exprimer ce concept dans la langue cible liée à cette culture, nous appliquons un algorithme utilisant notre « *ontologie en dentelle* » comme suit :

Pour chaque concept  $C_s$  représentant une notion correspond un terme  $T_s$  exprimé dans une culture/langue de départ  $L_s$ . Si un terme  $T_T$  existe dans la culture/langue d’arrivée, il sera donc exprimé via un label dans langue  $L_T$  correspondante à cette culture/langue. Dans le cas contraire, le terme va être représenté par une valeur nulle et un

terme plus spécifique sera cherché dans le sous-concept (sous-classe ou sous-propriété) du concept en question (nous notons bien que quand le terme est cherché dans un niveau plus bas, il est question d'un concept spécifique, ce qui nécessiterait éventuellement d'avoir plus d'informations sur ce concept). Ainsi si un terme plus spécifique  $T_T$  existe dans la culture/langue d'arrivée, il sera donc exprimé via un label dans langue  $L_T$  correspondante à cette culture/langue. Sinon, le terme sera représenté par une valeur nulle et un terme plus générique, qui sera cherché dans le concept subsumé du concept en question, est donc proposé dans la culture/langue cible.

La Figure 26 montre l'algorithme utilisé dans l'obtention du/des terme(s) dans une culture/langue différente de la culture/langue source.

---

```

1:  $C_S \hat{=} T_S \mid T_S \equiv label(C_S, L_S)$ 
2:  $T_T = T_T + \{label(C_S, L_T)\}$ 
3: if  $T_T = \emptyset$  then
4:   for each  $C_I \mid C_I \sqsubseteq C_S$  do
5:      $T_T = T_T + \{label(C_I, L_T)\}$ 
6:     if  $T_T = \emptyset$  then
7:        $T_T = T_T + \{label(C_J, L_T)\} \mid C_S \sqsubseteq C_J$ 
8:     end if
9:   end for
10: end if

```

---

**Figure 26 : Algorithme de traduction de l'ontologie en dentelle**

Où :

- $C_s, C_I, C_J$  représentent respectivement le concept de la culture/langue source, le concept plus spécifique de  $C_s$ , et le concept plus générique de  $C_s$  ;
- $T_s, T_T$  représentent respectivement le terme correspondant au concept source dans la culture/langue source et le terme correspondant au concept source dans la culture/langue cible ;
- $L_s, L_T$  représentent respectivement la culture/langue source et la culture/langue cible.

Cette approche permet donc d'avoir une traduction des termes représentant les liens interpersonnels en prenant en considération l'aspect culturel, la traduction littérale n'est pas permise, comme dans le cas du projet LEMON (cf. section 3.3) par exemple où

une traduction littérale est proposée quand le terme dans la culture cible n'existe pas. En effet, dans notre approche, quand le terme dans la culture cible n'existe pas, un terme plus générique ou plus spécifique dans la même culture est proposé, ou bien la valeur nulle est déclarée le cas échéant.

#### 4.6 Proposition de l'ontologie *PersonLink*

Nous avons développé une nouvelle ontologie, nommée *PersonLink*, en réutilisant dans la mesure du possible, les liens interpersonnels déjà décrits dans des ontologies existantes (tel que *FOAF*, *Relationship*, etc.). Contrairement aux vocabulaires et ontologies existants (exemple *FOAF* cf. Figure 20), *PersonLink* décrit de façon précise et la plus exhaustive possible les liens interpersonnels, et définit même les nouvelles relations introduites de nos jours dans nos sociétés (par exemple la différenciation entre le mariage homosexuel, le mariage hétérosexuel, la polygamie, etc.), afin d'apporter plus de précision dans la représentation de ces liens. La Figure 27 montre un extrait du diagramme de classes de l'ontologie *PersonLink* en anglais. Dans la version complète, *PersonLink* contient 12 liens entre deux classes *Person*, 35 liens entre la classe *Female* et la classe *Person*, 2 liens entre deux classes *Female*, 8 liens entre la classe *Female* et la classe *Male*, 34 liens entre la classe *Male* et la classe *Person*, 8 liens entre la classe *Male* et la classe *Female* et enfin 2 liens entre deux classes *Male*.

*PersonLink* est une ontologie multiculturelle et multilingue, elle est donc basée sur notre approche « *ontologie en dentelle* ». Actuellement, l'ontologie *PersonLink* représente les liens interpersonnels dans trois cultures et inclut par conséquent les trois langues les correspondant, à savoir l'anglais, le français, et l'arabe. Toutefois, *PersonLink* peut être étendue dans le futur en incluant de nouvelles langues/cultures. Dans sa version actuelle, l'ontologie *PersonLink* contient 3 classes (Personne, Homme, Femme), 101 propriétés et 590 règles. Une vue sur l'ensemble des classes et propriétés de l'ontologie *PersonLink* est présente dans l'Annexe C, et l'ensemble des règles SWRL utilisées pour l'inférence de nouvelles relations interpersonnelles est présente dans l'Annexe D.

*PersonLink* est développée dans le cadre de la prothèse de mémoire *CaptainMemo* afin de permettre à son utilisateur le stockage des renseignements le concernant ainsi que celles concernant son entourage, mais elle peut être utilisée pour d'autres applications. En effet, *PersonLink* est publiée dans le Web de données et disponible via l'URI déréférençable suivante :

<http://cedric.cnam.fr/isid/ontologies/files/PersonLink.html#1.2>

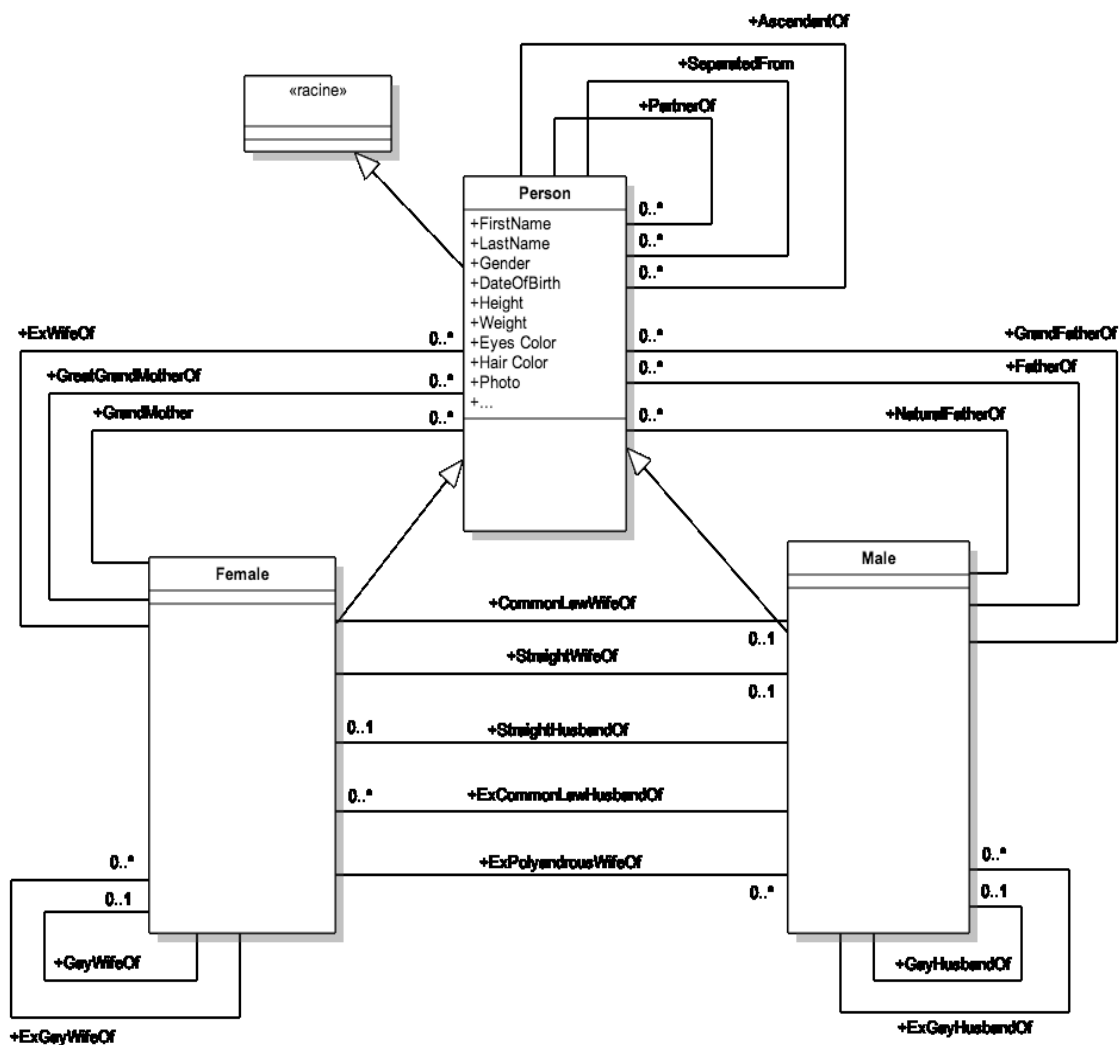


Figure 27 : Extrait du diagramme de classes de l'ontologie *PersonLink*

#### 4.6.1 Représentation formelle des liens interpersonnels dans l'ontologie PersonLink

Après avoir défini rigoureusement chaque concept dans la culture en utilisant les termes appropriés dans la langue correspondante, nous avons représenté ces relations en utilisant des fragments d'OWL2 correspondant à la logique de description  $SROIQ(D)$ . Enfin, nous avons enrichi ces relations interpersonnelles par un ensemble de règles  $SWRL$  ( $DL$ -safe), assurant la décidabilité, afin d'avoir plus de possibilités d'inférence et de déduction. La Figure 28 montre un exemple de description de la relation de cousinage en  $SROIQ(D)$ .

$$\begin{aligned}
 \mathcal{K} = \{ & \exists \text{cousinOf} . \top \sqsubseteq \\
 & \text{Person}, \text{Sym}(\text{cousinOf}), \text{Irr}(\text{cousinOf}), \\
 & \text{cousinDe} \sqsubseteq \text{cousinOf}, \text{Irr}(\text{cousinDe}), \\
 & \text{cousineDe} \sqsubseteq \text{cousinOf}, \text{Irr}(\text{cousineDe}), \text{cousineDe} \equiv \\
 & \text{cousinDe}^{-}, \\
 & \text{ابن خال ل} \sqsubseteq \text{cousinDe}, \text{Irr}(\text{ابن خال ل}), \\
 & \text{ابن عم ل} \sqsubseteq \text{cousinDe}, \text{Irr}(\text{ابن عم ل}), \\
 & \text{ابن خالة ل} \sqsubseteq \text{cousinDe}, \text{Irr}(\text{ابن خالة ل}), \\
 & \text{ابن عممة ل} \sqsubseteq \text{cousinDe}, \text{Irr}(\text{ابن عممة ل}), \\
 & \text{ابن عممة ل} \equiv \text{ابن خالة ل}^{-}, \\
 & \text{ابن خال ل} \equiv \text{ابن عممة ل}^{-}, \text{ابن عم ل} \equiv \text{ابن عممة ل}^{-}, \\
 & \text{ابنة خال ل} \sqsubseteq \text{cousineDe}, \text{Irr}(\text{ابنة خال ل}), \\
 & \text{ابنة عم ل} \sqsubseteq \text{cousineDe}, \text{Irr}(\text{ابنة عم ل}), \\
 & \text{ابنة خالة ل} \sqsubseteq \text{cousineDe}, \text{Irr}(\text{ابنة خالة ل}), \\
 & \text{ابنة عممة ل} \sqsubseteq \text{cousineDe}, \text{Irr}(\text{ابنة عممة ل}), \\
 & \text{ابنة عممة ل} \equiv \text{ابنة خالة ل}^{-}, \\
 & \text{ابنة خال ل} \equiv \text{ابنة عممة ل}^{-}, \text{ابنة عم ل} \equiv \text{ابنة عممة ل}^{-} \}
 \end{aligned}$$

Figure 28 : Exemple DL de la relation de cousinage

#### 4.6.2 Application de notre approche du multilinguisme dans l'ontologie *PersonLink*

Dans *PersonLink*, nous appliquons notre approche pour la représentation multiculturelle/ multilingue et cela en mettant en pratique les étapes de cette approche pour la représentation de l'ensemble des *objectProperties* qui définissent les liens interpersonnels.

Ainsi, nous définissons dans un premier temps chaque relation interpersonnelle selon chacune des trois cultures choisies. Ensuite, nous ajoutons le terme approprié dans la langue liée à chacune de ces cultures. Par ailleurs, pour chaque relation, si cette dernière existe dans la culture ciblée, un terme est attribué à cette relation selon la langue liée à cette culture. Si la relation n'existe pas, le terme est représenté par une valeur nulle. Nous faisons la même chose pour chacune des sous propriétés de nos *objectProperties*.

Nous avons obtenu par conséquent l'ontologie multiculturelle et multilingue *Personlink*, qui dispose de différentes hiérarchies représentant le niveau de spécificité de chacune des relations interpersonnelles (relation générique/spécifique), avec pour chacun de ces niveaux les termes permettant de représenter la relation définit dans la culture voulue avec la langue liée à cette culture.

Notre algorithme de traduction lui permet aussi de passer d'une langue/culture à une autre et d'avoir le terme approprié pour définir le lien interpersonnel visé, ou encore de lui proposer un terme plus générique/spécifique dans le cas contraire. La Figure 29 montre une partie de l'ontologie en dentelles qui représente la relation de cousinage.

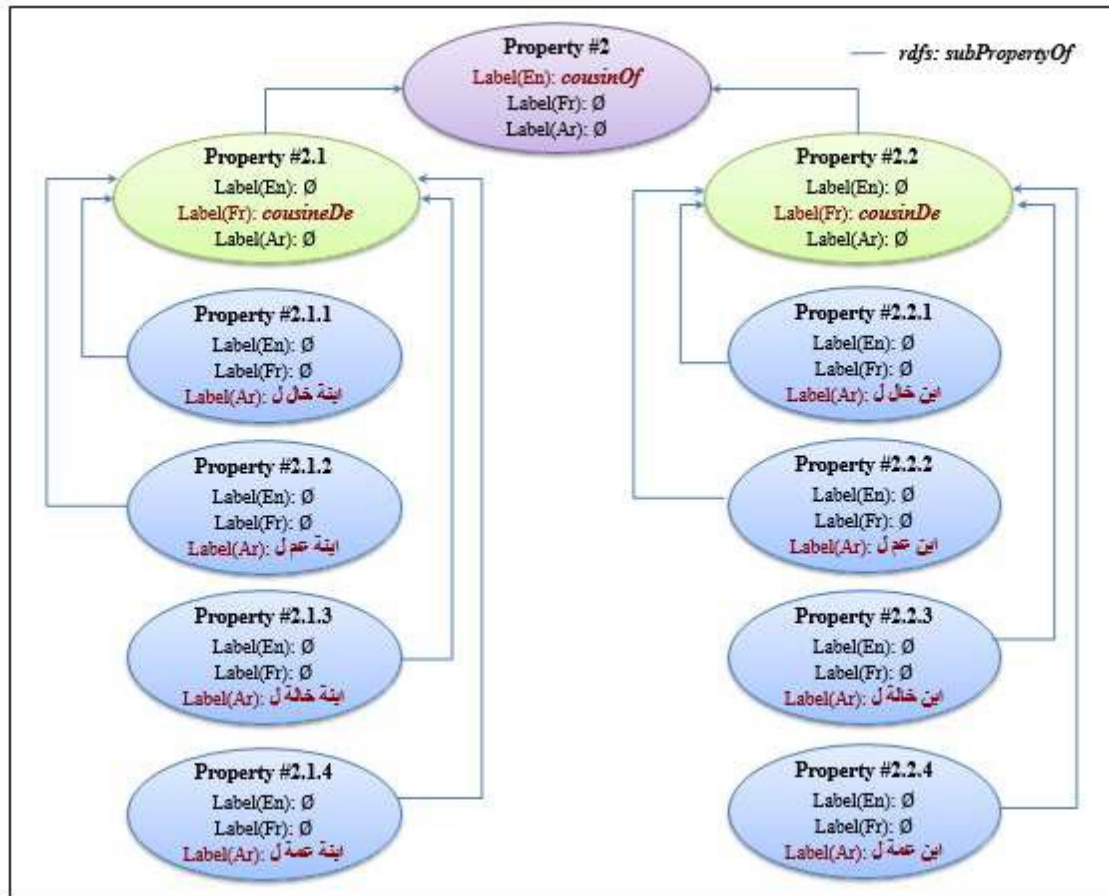


Figure 29 : Partie de l'ontologie *PersonLink* décrivant la relation de cousinage en anglais, français et arabe suivant l'approche de l'ontologie en dentelle

#### 4.6.3 Expérimentation de *PersonLink*

L'ontologie en dentelle *PersonLink* a été validée par plusieurs applications :

- Une application à *CaptainMemo*, la prothèse de mémoire (en cours de développement) destinée aux personnes souffrant de dégénérescence mnésique, où *PersonLink* lui a servi à construire sa base de connaissances permettant d'insérer, restituer et inférer des liens interpersonnels représentant l'entourage de la personne en question, ces différentes insertion et restitution ont été faites sur différentes langues.



- Une application au web de données (*Linked Open Data*), à travers sa mise en pratique sur des données provenant des grandes bases de connaissances *Freebase* et *DBpedia*. Cette application a permis plus spécialement de valider l'inférence de nouvelles relations interpersonnelles à partir de celles déjà existantes, ainsi que la validation de l'algorithme de traduction de *PersonLink*.
- Une application de l'ontologie *PersonLink* a été également effectuée dans le contexte de la littérature française, et cela afin de vérifier l'exhaustivité de l'ontologie en termes de relations interpersonnelles.

#### 4.6.3.1 Expérimentation dans *CaptainMemo*

Une expérimentation de *PersonLink* a été réalisée dans *CaptainMemo*. L'ontologie a été intégrée à la prothèse de mémoire, qui est implémentée sous forme d'une application web. *PersonLink* représente la base de connaissances de *CaptainMemo*. Elle permet de modéliser, stocker et raisonner sur les liens représentant les relations familiales ainsi que l'entourage d'une personne. Les règles *SWRL* sont fournies par *PersonLink* pour déduire de nouveaux liens à partir de ceux déjà existant et/ou vérifier la cohérence dans les entrées.

L'interface de *CaptainMemo* est ergonomique ce qui facilite son utilisation. Après avoir renseigné les noms des deux personnes à lier, l'utilisateur de *CaptainMemo* sélectionne la relation à partir d'une liste déroulante contenant les liens interpersonnels définis dans *PersonLink*. Il est à noter qu'une zone de texte est ajoutée à cette interface afin de permettre à l'utilisateur, s'il le souhaite, de renseigner des informations temporelles sur cette relation. Une fois il clique sur le bouton « ajouter », cette nouvelle relation est introduite dans la base de connaissance de la prothèse de mémoire et le moteur d'inférence est lancé, si aucune incohérence n'est détectée, l'interface confirmera cet ajout. Sinon, un message sera affiché expliquant les raisons de cette incohérence (liée

à une (d') autre(s) entrée(s) présente(s) dans la prothèse) et le système donnera à l'utilisateur la main pour effectuer des modifications sur cette relation ou bien l(a)es autre(s) relation(s) avec la(es)quelle(s) elle est incohérente. Par ailleurs, grâce aux contraintes et règles déjà prédéfinies dans *PersonLink*, la prothèse de mémoire contrôlera les nouvelles entrées d'utilisateurs et refusera ainsi toute incohérence. La Figure 30 montre l'interface de la prothèse de mémoire permettant d'insérer les personnes et leurs liens en utilisant des relations déjà prédéfinies dans *PersonLink*.



**Figure 30 : Menu d'insertion de l'interface CaptainMemo contenant les propriétés de l'ontologie PersonLink**

La Figure 31 montre une visualisation graphique d'une personne et de son entourage. Les différentes déductions qui répondent aux règles *SWRL* directes de l'ontologie *PersonLink* sont directement intégrées dans le graphe. Les autres inférences possibles, déduites à la suite de l'exécution indirecte de plusieurs règles *SWRL* sont celles

nécessitant une confirmation de l'utilisateur, *CaptainMemo* les propose dans ce cas-là à l'utilisateur pour confirmation.



**Figure 31: Graphe représentant une personne et ses liens familiaux dans *CaptainMemo*, ainsi que les déductions et propositions de nouvelles relations**

Dans l'exemple illustré dans la Figure 31, la relation *Jad Capa plink:petitFilsDe* François Courtois est déduite directement à partir des relations (1) et (2) après exécution de la règle SWRL (a). La relation *Marie-Madeleine Courtois plik:filLeDe* Jean Courtois est déduite directement à partir des relations (3) et (4) après exécution de la règle SWRL (b), il est à noter que si François Courtois avait un autre frère que Jean Courtois, la relation *Marie-Madeleine Courtois plik:filLeDe* Jean Courtois ne serait pas déduite immédiatement mais serait plutôt proposée à l'utilisateur pour confirmation. La relation *François Courtois plink:filLeDe* Michèle Simard est proposée à l'utilisateur pour confirmation à partir des relations (5) et (6) après l'exécution de la règle SWRL (c), en

effet cette relation ne peut être déduite immédiatement car François Courtois pourrait avoir d'autres conjointes qui dont l'une d'entre elle serait la mère de François Courtois.

- (1) François Courtois *plik:pèreDe* Sarah Courtois ;
- (2) Sarah Courtois *plink:mèreDe* Jad CAPA ;
- (3) Marie-Madeleine Courtois *plik:nièceDe* François Courtois;
- (4) François Courtois *plink:frèreDe* Jean Courtois ;
  
- (5) François Courtois *plink:filDe* François Courtois ;
- (6) Michèle Simard *plink:conjointeDe* François Courtois ;
  
- (a)  $\text{pèreDe}(?x, ?y), \text{mèreDe}(?y, ?z) \rightarrow \text{grandPèreDe}(?x, ?z)$
- (b)  $\text{nièceDe}(?x, ?y), \text{frèreDe}(?y, ?z) \rightarrow \text{filleDe}(?x, ?z)$
- (c)  $\text{filsDe}(?x, ?y), \text{conjointeDe}(?z, ?y) \rightarrow \text{filsDe}(?x, ?z)$

La déduction des nouveaux faits à partir de ceux déjà insérés par les utilisateurs, ainsi que la vérification des éventuelles incohérences dans les entrées en raison de la discordance mnésique dont peut souffrir l'utilisateur, représentent un point très important dans le cas de l'application *CaptainMemo* destinée aux personnes âgées et aux personnes souffrants de dégénérescence mnésique en général.

#### 4.6.3.2 Expérimentation dans le web de données (*Linked Data*)

Nous avons procédé à un certain nombre d'expérimentations afin de valider notre approche. Ces expérimentations consistaient en l'utilisation de l'ontologie *PersonLink* dans le domaine du web de données (*Linked Open Data (LOD)*), en l'appliquant à un sous ensemble de faits extrait de *DBpedia*<sup>19</sup> (Lehmann, et al., 2015) et de *Freebase*<sup>20</sup>.

---

<sup>19</sup> <https://wiki.dbpedia.org/about>

<sup>20</sup> <https://www.freebase.com/>

Le but de cette expérimentation est de voir, d'un côté, ce que l'ontologie *PersonLink* peut apporter en termes de représentation des relations interpersonnelles, ainsi qu'une validation de la représentation selon l'approche « ontologie en dentelle » et l'algorithme de traduction, et d'un autre côté, de voir les connaissances que nous pouvons inférer en raisonnant sur celles déjà existantes, et cela pour valider les règles et contraintes présentes dans l'ontologie *PersonLink*.

L'extraction des données s'est faite à travers le développement sous *Eclipse*<sup>21</sup> de scripts *Java*<sup>22</sup> automatiques contenant des requêtes *MQL* (*Metaweb Query Language*)<sup>23</sup> pour *Freebase* et le développement de scripts *Java* automatiques contenant des requêtes *SPARQL* (*SPARQL Protocol And RDF Query Language*)<sup>24</sup> pour *DBpedia*. L'ensemble de ces requêtes *MQL* et *SPARQL* ainsi que les programmes de scripts *Java* les exécutants est ajouté en annexe de ce manuscrit (cf. Annexe E).

Pour l'exemple du cousinage, *Freebase* et *DBpedia*, dans leurs versions de 2015, n'incluent aucune propriété qui exprime ce genre de relation interpersonnelle. Cependant, nous avons trouvé d'autres relations qui, combinées entre elles, peuvent être utilisées pour exprimer de manière implicite cette relation de cousinage, à savoir les relations de parents-enfants et des « *siblings* » (frères et sœurs).

Nous avons procédé, dans un premier temps, à l'extraction des échantillons depuis *Freebase* et *DBpedia*, les résultats sont décrits dans les Tableau 4 et Tableau 5 :

---

<sup>21</sup> <http://www.eclipse.org/>

<sup>22</sup> <https://www.oracle.com/fr/java/index.html>

<sup>23</sup> <https://web.archive.org/web/20160305144638/http://mql.freebaseapps.com/index.html>

<sup>24</sup> <https://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>

| Relationship    | DBpedia Relationship | Number of Entities |
|-----------------|----------------------|--------------------|
| Parent          | dbpedia-owl:parent   | 1675               |
| Child           | dbpprop:children     | 5117               |
| Sibling         | dbprop:sibling       | 4                  |
| Sibling's child | --                   | 0                  |
| Cousin          | --                   | 0                  |

**Tableau 4 : Les personnes ayant des parents, des enfants et des frères ou sœurs dans *DBpedia***

| Relationship    | Freebase Relationship                | Number of Entities |
|-----------------|--------------------------------------|--------------------|
| Parent          | /people/person/parents               | 2000               |
| Child           | /people/person/children              | 5155               |
| Sibling         | /people/sibling-relationship/sibling | 1815               |
| Sibling's child | --                                   | 0                  |
| Cousin          | --                                   | 0                  |

**Tableau 5 : Les personnes ayant des parents, des enfants et des frères ou sœurs dans *Freebase***

Ensuite, nous avons effectué l'intégration de ces échantillons dans l'ontologie *PersonLink* en utilisant l'outil *Protégé*<sup>25</sup>. Enfin, nous avons procédé à l'étape d'inférence et de déduction. Les résultats obtenus sont décrits dans le Tableau 6 ainsi que dans le Tableau 7.

Le Tableau 6 montre les différentes relations de cousinage inférées depuis *Freebase* et *DBpedia*. Il est à noter que dans *DBpedia*, ce nombre est limité à trois en raison des limitations des requêtes utilisateurs, imposées par le moteur d'extraction lié à

<sup>25</sup> <https://protege.stanford.edu/>

cette base de connaissances, également en raison du nombre très bas de nombre de relations « *dbprop:sibling* » nécessaire pour l’inférence de la relation de cousinage.

| PersonLink Relationship | DBpedia Entities | Freebase Entities |
|-------------------------|------------------|-------------------|
| <i>cousinOf</i>         | 3                | 16426             |

**Tableau 6 : Les relations de cousinage inférées**

Le Tableau 7 montre un exemple de résultats obtenus pour la spécialisation de certaines relations présentes dans *Freebase*, en utilisant la propriété « *gender* ». Ainsi, nous avons pu inférer pour la relation « *parents* » de *Freebase* les relations spécifiques « *plink:motherOf* » et « *plink:fatherOf* », pour la relation « *children* » nous avons spécifié les deux relations « *plink:daughterOf* » et « *plink:sonOf* », et enfin nous avons inféré les relations spécifiques « *plink:nieceOf* » et « *plink:nephewOf* » à partir du résultat des faits obtenus via un programme java permettant d’avoir les enfants des frères et sœurs en utilisant les relations « *child* » et « *sibling* » de *Freebase*, car cette dernière ne dispose pas de propriété décrivant ce type de relation.

| Freebase Relationship   | Number of Entities | Inferred Relationship | Number of Entities | Null gender value |
|-------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-------------------|
| /people/person/parents  | 2000               | <i>motherOf</i>       | 717                | 8                 |
|                         |                    | <i>fatheOf</i>        | 1275               |                   |
| /people/person/children | 5155               | <i>daughterOf</i>     | 2100               | 269               |
|                         |                    | <i>sonOf</i>          | 2786               |                   |
| --                      | 5117               | <i>nieceOf</i>        | 2069               | 230               |
|                         |                    | <i>nephewOf</i>       | 2818               |                   |

**Tableau 7 : Les nouvelles relations inférées en utilisant les propriétés de *Freebase***

Nous avons également effectué des expérimentations sur l’ontologie afin de valider le passage d’une langue à une autre avec l’algorithme de traduction. Pour la relation de « *plink:cousinOf* » déduite sur les faits de *Freebase*, nous avons réussi à avoir la

traduction en Français en utilisant la propriété « *gender* », car selon l’algorithme de traduction la propriété du même niveau n’existe pas dans la langue française, d’où la nécessité d’aller dans un niveau plus spécifique et proposer cette traduction basée sur l’information « *gender* » fournie par *Freebase*. Le Tableau 8 regroupe les résultats obtenus.

|                   |       |
|-------------------|-------|
| cousinOf          | 16426 |
| cousinDe          | 5986  |
| cousineDe         | 4116  |
| null gender value | 6324  |

**Tableau 8 : La relation "cousinOf" traduite en français**

#### 4.6.3.3 Expérimentation dans la littérature

Afin de valider et enrichir les liens représentés dans l’ontologie *PersonLink*, nous avons réalisé une évaluation de cette ontologie, en l’appliquant sur un sous ensemble (100 personnages) de la généalogie des personnages d’une œuvre de Balzac (La Comédie Humaine). Cette évaluation consiste à reproduire l’arbre généalogique des personnages de « La Comédie Humaine » de Balzac en utilisant les liens définis dans *PersonLink*. Cette évaluation a montré que certains liens, qui sont présents dans cette œuvre, ne sont pas définis dans *PersonLink*, tels que les titres de noblesse (baron, duc, etc.), l’appellation ou le surnom de la personne (abbé, etc.). Toutefois, ces liens ne sont nécessaires que dans le cas d’une application de *PersonLink* à la littérature, et pourront par ailleurs être ajoutés à l’ontologie vu qu’elle reste extensible.



## **4.7 Conclusion du chapitre 4**

Dans ce chapitre, nous avons montré que les liens interpersonnels dépendaient de la culture à laquelle ils étaient liés. Nous avons également montré à travers des exemples, que lors du passage d'une culture à une autre, plusieurs divergences pouvaient apparaître. Cela représente une problématique majeure que les ontologies et vocabulaires existants n'ont pas prise en compte dans leurs représentations des liens interpersonnels. En effet, en plus du manque d'exhaustivité et de précision dans les définitions de ces liens interpersonnels, la majorité des ontologies et vocabulaires existants ne prennent pas en compte l'aspect culturel dans cette représentation.

Nous avons également montré que la problématique liée à l'aspect culturel ne se limite pas seulement aux ontologies décrivant les relations interpersonnelles mais qu'elle est présente dans les ontologies du Web de données en général, et les travaux qui ont traité le passage d'une culture/langue à une autre proposent généralement de faire un alignement d'ontologies, cette solution n'est pas compatible avec les besoins d'utilisation de la prothèse de mémoire ; ou encore ils proposent de faire une traduction syntaxique, cette solution ne peut pas être adoptée par ce travail de thèse ni par d'autres travaux qui représentent les liens interpersonnels d'une manière générale, car ces derniers dépendent de la culture et non de la langue dans laquelle ils sont exprimés, et une simple traduction littérale pourrait être fautive.

Ensuite, nous avons défini les types de relations interpersonnelles que nous intégrerons dans la prothèse de mémoire, leurs définitions selon trois cultures (française, marocaine et nord-américaine) ainsi que leur évolution d'un point de vue sociologique, démographique et historique. Ensuite nous avons également définie des relations interpersonnelles particulières et celles qui émergent dans notre société ces dernières décennies. Nous nous sommes focalisés sur les trois cultures nord-américaine, française et

marocaine pour décrire ces relations ainsi que leur éventuelle présence dans ces cultures, et nous avons exprimé les termes utilisés dans les langues liées à ces différentes cultures quand ces derniers sont présents.

Nous avons ensuite proposé une approche que nous avons nommée « *ontologie en dentelle* », permettant la représentation des différents concepts dans plusieurs cultures/langues. En se basant sur cette approche, nous avons créé une nouvelle ontologie *PersonLink* pour la représentation des relations interpersonnelles, la particularité de cette ontologie c'est qu'elle permet de représenter d'une manière rigoureuse les différents liens interpersonnels dans des cultures et langues différentes. Quant au passage d'une culture/langue à une autre, nous avons proposé également dans notre approche un algorithme permettant de faire cette transition. La particularité de cette proposition, c'est qu'elle ne fait pas de la simple traduction, car si le terme n'existe pas dans la culture cible cela est mentionné, et un terme plus spécifique ou générique est par conséquent proposé.

Enfin, nous avons réalisé une expérimentation à travers l'implémentation de l'ontologie *PersonLink* comme base pour la base de connaissances du prototype de la prothèse de mémoire *CaptainMemo*. *PersonLink* a permis à l'utilisateur de rentrer les relations liant entre deux personnes, d'inférer de nouvelles relations à partir de celles déjà rentrées. *PersonLink* a également permis de contrôler les entrées de l'utilisateur grâce aux contraintes et règles définies dans l'ontologie, et aussi de détecter les incohérences.

Afin de valider le passage à l'échelle, nous avons également réalisé des expérimentations dans le contexte du web de données, à travers l'application de l'ontologie à des *datasets* du *Linked Data*, les résultats obtenus ont montré que *PersonLink* fournit des relations encore plus rigoureuses que ce qui existe dans ces *datasets*, permettant ainsi de donner des spécifications plus précises aux relations déjà existantes, mais que l'ontologie permet également de proposer et d'inférer de nouvelles relations à partir de celles déjà existantes, et cela dans le but de donner une description plus proche de la réalité de ces liens interpersonnels.

Une autre expérimentation de l'ontologie *PersonLink* a été réalisée dans la littérature, à travers son application à un sous-ensemble de la généalogie des personnages d'une œuvre de Balzac (*La Comédie Humaine*), cette expérimentation a permis de vérifier et valider l'exhaustivité des liens interpersonnels présents dans l'ontologie *PersonLink*. En effet, une de nos perspectives est d'intégrer l'ontologie *PersonLink* aux e-books (par exemple SIGIL), afin de permettre par exemple à un lecteur de connaître la position d'un personnage par rapport au héros du roman, etc. La solution fournie sera en outre valide aux traductions du roman dans une autre langue.



**Chapitre 5 :**  
**REPRESENTATION SEMANTIQUE DES**  
**INTERVALLES DE TEMPS DANS LES**  
**LIENS INTERPERSONNELS**

## 5.1 Introduction

La représentation de l'information temporelle a toujours été le centre d'intérêts de plusieurs recherches dans les domaines de la représentation des connaissances, et plus récemment, du Web sémantique.

L'information temporelle peut être synchronique (qui ne change pas dans le temps) ou diachronique (qui évolue dans le temps), représentée via un instant ou un intervalle (ou un mixte intégrant un intervalle et un instant). Plusieurs recherches se sont intéressées à la représentation de ces différents types d'information, et plusieurs approches ont été par conséquent proposées (cf. section 2.3).

Nous admettons que d'une manière générale, les liens interpersonnels représentés via des instants peuvent être ordonnés d'une manière linéaire avec l'une des trois relations de précédence (avant « < », après « > ») et d'égalité (égal « = »). Les intervalles peuvent également être définis comme des paires ordonnées du moment où la définition d'un intervalle implique qu'il est délimité par deux instants  $d$  et  $f$  représentant respectivement le début et la fin de l'intervalle et où  $d$  se passe strictement avant  $f$  ( $d < f$ ) (à noter que cela concerne les intervalles impliquant une durée, un instant est considéré comme un intervalle avec  $f(d = f)$ ). Ainsi, une relation temporelle entre deux intervalles peut être l'une des 13 relations disjointes d'Allen (Allen J. F., 1983) impliquant également les relations entre leurs extrémités.

Les liens interpersonnels synchrones et asynchrones sont représentées quantitativement en utilisant des *datatype* fournis par OWL tels que *xsd:date*, *xsd:dateTime*, *etc.* qui peuvent être utilisés pour la comparaison des dates (et éventuellement la comparaison des heures également) quand il s'agit d'instant, ou en encore pour la comparaison des points de départ et/ou de fin des intervalles, ce qui en résulte l'obtention de l'une des relations d'Allen. La représentation de la relation entre les différents instants ou intervalles peut toujours être affirmée qualitativement, et cela au moyen des relations temporelles (par exemple « l'événement A arrive après l'événement

B » même dans le cas où les durées exactes des événements A et/ou B ne sont pas connues).

## 5.2 Enquête concernant l'expression temporelle des relations interpersonnelles

### 5.2.1 Introduction

Nous avons réalisé une enquête empirique en utilisant un site de création des enquêtes<sup>26</sup>, afin de déterminer comment des personnes questionnées expriment une information temporelle lorsqu'elles évoquent les liens interpersonnels qu'elles partagent avec d'autres personnes.

Pour cette enquête, nous avons créé en ligne un formulaire (cf. Figure 32) où nous avons introduit cinq questions. Ces dernières ont été posées de telle manière à éviter d'influencer la réponse des candidats de cette enquête, et aussi afin de laisser le candidat s'exprimer librement sur ces questions. La durée de cette enquête en ligne était de 30 jours, le lien du formulaire en ligne a été envoyé aux candidats par e-mail. Pour les candidats de cette enquête n'utilisant pas d'outils informatiques, les questions du formulaire leur ont été posées oralement, et les réponses ont été intégrées informatiquement par nos soins.

Les réponses aux questions de l'enquête doivent être exploitées par la suite, en tant qu'exemples de connaissances à intégrer dans l'ontologie *PersonLink*, afin d'introduire la dimension temporelle à cette ontologie. Pour cette raison, ces réponses doivent être sous une forme de triplet (sujet, prédicat, objet) avec en plus l'information temporelle sur la relation, afin de correspondre au modèle *4D-Fluents* utilisé dans la modélisation de la temporalité. Ainsi, nous avons posé nos questions de telle manière à répondre à cette forme :

---

<sup>26</sup> <https://www.mon-enquete-enligne.fr>

Après avoir demandé le nom de la personne (sujet), ainsi que son âge (information importante pour la prothèse de mémoire), nous demandons le nom de sa connaissance (objet), la relation qui les lie (prédicat), et enfin nous leur demandons quand est-ce que cette relation a eu / a lieu afin de capturer la temporalité de cette relation. Les candidats ont la possibilité de participer à plusieurs reprises s'ils souhaitent insérer plusieurs connaissances. Cela nous permettra par conséquent de recueillir plus d'informations.

Il est à noter que les noms des candidats ainsi que leurs connaissances sont facultatifs, et que dans le tableau des résultats, nous avons même changé les noms réels pour les personnes qui les ont insérés dans l'enquête afin de garder leur anonymat.



## Enquête

Cette enquête est effectuée dans le cadre d'un travail de recherche qui porte sur la prise en compte du temps dans les relations interpersonnelles.

L'objectif de cette enquête est de comprendre comment les personnes expriment l'information temporelle quand ils évoquent leurs relations avec leur entourage (famille, amis, etc.).

Il y a 5 questions dans ce questionnaire.

Note sur la vie privée

1

1: Quel est votre nom

2: \*Quel est votre âge?

3: \*Quel est le nom de votre connaissance?

4: \*Quelle est la relation qui vous lie avec cette personne?

5: \*Quand est-ce que vous avez connu cette personne?

Envoyer

Figure 32 : Questionnaire sur l'expression de la temporalité dans les relations interpersonnelles

### 5.2.2 Résultats de l'enquête

Les réponses au questionnaire ont été diverses et variées, nous les avons extraites et regroupées dans un tableau (cf. Annexe B). Nous avons remarqué que pour la dernière question sur la temporalité de leurs relations interpersonnelles, certaines personnes l'ont exprimé en utilisant plusieurs références. Pour cela, dans notre tableau nous avons différencié les différentes références utilisées par chaque personne pour exprimer la dernière question sur la temporalité, afin d'avoir une vision plus claire et exploitable de ces résultats.

Les résultats de notre enquête démontrent que les personnes questionnées utilisent différentes manières pour exprimer temporellement leurs relations interpersonnelles. Généralement, ces personnes ont eu tendance à exprimer ces relations de l'une des façons suivantes :

- **Par rapport à un événement** (tempête, mariage, fête, retraite, etc.)

Exemple depuis les résultats de l'enquête : François Courtois a connu Mohamed après la tempête) ;

- **En donnant une date exacte** (instant ou intervalle connus)

Exemple depuis les résultats de l'enquête : Rabiaa a connu Mostafa entre 2010 et 2015 (intervalle dont les dates de début et de fin sont connues) ;

- **En donnant une tranche d'années** (intervalle semi-ouvert ou ouvert)

Exemple depuis les résultats de l'enquête : Michèle Simard a connu son amie Mme Floriane depuis une dizaine/douzaine d'années et ce jusqu'à sa mort) ;

- **Par rapport à un statut personnel** (marié, divorcé, veuve, etc.)

Exemple depuis les résultats de l'enquête : Amal S. a connu son amie Carole lorsqu'elle était mariée à son ami Nabil ;

- **Par rapport à un statut professionnel** (Au collège, à l'université, etc.)  
Exemple depuis les résultats de l'enquête : Wafaa a connu Diego depuis qu'elle a intégré l'équipe « *Handling* » ;
- **Par rapport à un âge**  
Exemple depuis les résultats de l'enquête : Michèle Simard a connu Père S. quand sa fille avait 5 ans.

### 5.3 Problématiques

L'introduction des résultats de l'enquête dans le prototype de la prothèse de mémoire *CaptainMemo* nous a confrontés à deux problématiques liées au temps :

- La première concerne la représentation des relations interpersonnelles qui changent en avançant dans le temps (relations diachroniques). Comme dans l'exemple suivant :  
Nebrasse est l'étudiante d'Elisabeth de 2003 à 2006 ;  
Nebrasse est la collègue d'Elisabeth depuis 2006.
- La deuxième problématique est lorsqu'une personne est liée par la même relation interpersonnelle à plusieurs personnes, mais à des intervalles de temps différents. Notamment quand le type de relation l'impose (par exemple pour une relation de type *functional*), ou quand nous ne disposons pas des informations sur la durée de cette relation (information qualitative). Ce qui peut créer des ambiguïtés et générer de fausses informations ou des erreurs lors de l'inférence. L'exemple suivant illustre un exemple montrant cette problématique :  
Patrick était marié à Nicole de 1985 à 2005 ;  
Patrick était marié à Suzanne de 2004 à une date inconnue.

Le type de la relation de mariage dans ce cas-là est le seul élément qui pourra nous informer de la relation de précédence (dans le cas d'une relation quantitative) ou de la

(les) relation(s) d'Allen (dans le cas d'une relation qualitative) possible(s) entre les différents intervalles de temps représentant ces deux relations interpersonnelles. Les travaux de recherches présents ne prennent pas en considération ces contraintes qui ont un impact très important sur la représentation des intervalles temporels.

#### **5.4 Notre contribution pour la représentation sémantique des intervalles de temps**

Après l'établissement d'un état de l'art sur les solutions et approches disponibles pour la représentation du temps dans le web sémantique et dans *OWL2* en particulier (cf. section 2.3), nous optons pour l'utilisation de la méthode « *4D-fluents* », car elle nous permet d'insérer la dimension temporelle (représentation quadridimensionnelle) dans la représentation des informations en *OWL2* tout en ayant accès pour exploitation à toutes les ressources contrairement à la réification par exemple (cf. section 2.3.5). La méthode « *relations n-aires* » reste une alternative intéressante à la méthode « *4D-fluents* » car elle permet moins de prolifération des objets, et peut donc être adoptée lors du passage à l'échelle. En parallèle, la méthode « *relations n-aires* » n'est pas choisie parce que dans cette approche, les personnes sont liées à un événement et non les uns aux autres, ce qui ne nous permet pas de raisonner sur ces informations ni d'inférer de nouvelles connaissances en exploitant celles déjà présentes.

Dans l'approche « *4D-fluents* », chaque concept est représenté comme un objet quadridimensionnel avec comme quatrième dimension un « *timeSlice* ». Les changements se font donc au niveau de la partie temporelle de l'ontologie (« *timeSlices* ») gardant ainsi les entités de la partie statique de l'ontologie intactes. Un « *timeSlice* » représente donc une image du concept à un temps donné. Chaque « *timeSlice* » participe à une relation à un intervalle de temps unique, et chaque deux « *timeSlices* » participant à une même relation partagent le même intervalle de temps. Chaque intervalle de temps d'une relation a une date de début et une date de fin, connue (relation quantitative) ou pas (relation qualitative).

## 5.5 Notre approche

Le modèle de l'approche *4D-Fluents* permet une représentation des individus via des « *timeSlices* » (capture de l'individu à un temps spécifique). Par définition, les « *timeSlices* » participant à une même relation partagent le même intervalle de temps. En plus, tous les intervalles de temps de la même relation avec différents « *timeSlices* » peuvent être liés les uns aux autres via l'une des treize relations d'Allen quelles que soient les caractéristiques sémantiques de cette relation (cf. Figure 33 et Figure 34). Toutefois, la sémantique définissant une relation peut nous interdire de lier entre certains intervalles de temps avec certaines des relations d'Allen, ce qui montre les limites de cette représentation.

Prenons l'exemple des deux relations ci-dessous extraites du questionnaire visant à comprendre la manière dont les personnes questionnées évoquent le temps pour décrire leurs liens interpersonnels (cf. section 5.2) (les noms ont été changés afin de garder l'anonymat) :

(1) John was married to Sarah.

(2) John was married to Nicole.

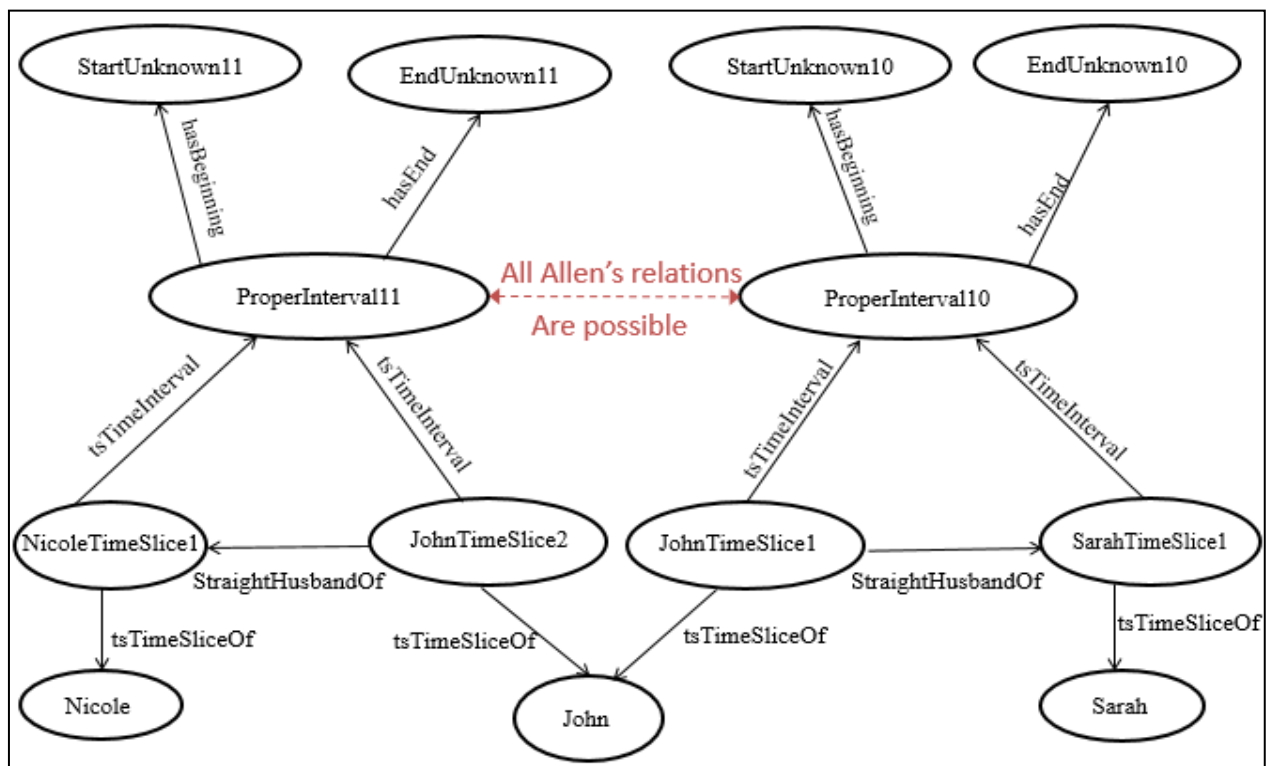
Ces deux informations indiquent que la même personne (John) a été mariée deux fois, une fois à Sarah et une autre fois à Nicole.

Puisque nous ne possédons pas d'information supplémentaire sur les périodes concernant ces deux mariages, deux possibilités donc s'offrent à nous :

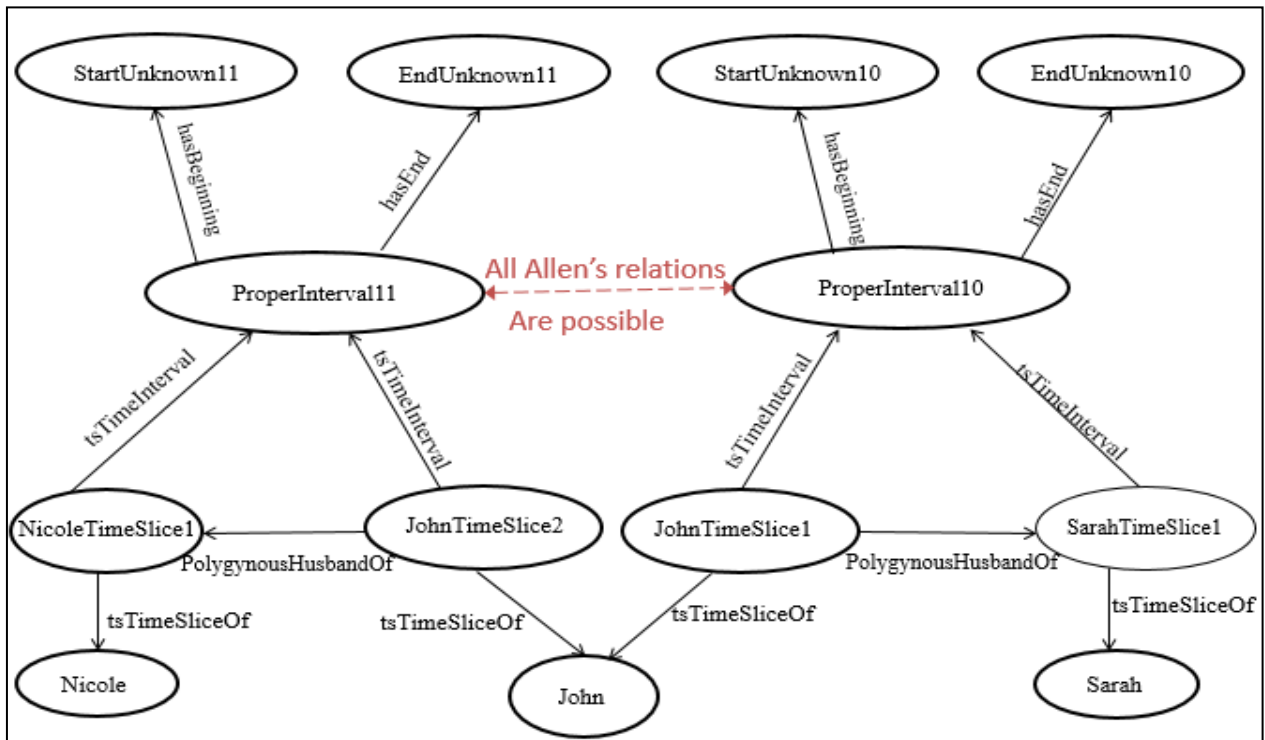
- La première est de considérer que ces deux mariages ont été faits dans le cadre de la monogamie, ce qui veut dire que John n'a le droit d'avoir qu'une seule femme à la fois. Ce qui implique que les deux mariages aient lieu dans des intervalles de temps strictement différents ;

- La deuxième possibilité est de considérer que ces deux mariages ont eu lieu dans le cadre de la polygamie, que John a la possibilité d’avoir plus d’une femme à la fois et par conséquent que les deux intervalles de temps les décrivant temporellement peuvent être distincts, comme ils peuvent également se chevaucher.

La représentation de ces deux relations est faite en utilisant des propriétés de l’ontologie *PersonLink* ; « *plink:straightHusbandOf* » dans le cas du mariage monogame, et « *plink:polygynousHusbandOf* » dans l’hypothèse que le mariage était fait dans un cadre polygame. Les résultats sont représentés dans la Figure 33 et la Figure 34.



**Figure 33 : Représentation d’un exemple de la relation «*plink:straightHusbandOf*» en 4D-Fluents**



**Figure 34 : Représentation d'un exemple de la relation  
«*plink:polygynousHusbandOf*» en 4D-Fluents**

Notre contribution consiste alors à exploiter la relation qui existe entre la sémantique liée à la définition de chaque lien interpersonnel, notamment les contraintes liées à ces relations, et la représentation des intervalles de temps les concernant. Pour ce faire, nous introduirons dans les sections suivantes, les caractéristiques et propriétés qui ont un impact direct sur les liens entre les intervalles de temps, ensuite nous donnerons pour chacune de ces caractéristiques sa définition, sa représentation sémantique, ainsi que les différentes relations d'Allen qu'elle impose sur les intervalles de temps. Nous finirons par donner pour chaque caractéristique un exemple d'utilisation qui lui est associé, ces exemples sont extraits à partir des résultats du sondage afin de permettre une meilleure approche avec des cas concrets de la vie réelle.

Comme *OWL 2* est essentiellement fondé sur les logiques de descriptions  $SROIQ^{(D)}$  (Horrocks, Kutz, & Sattler, 2006), nous allons nous baser sur ces logiques de description pour la représentation des concepts dans les sections qui suivent.

$SROIQ^{(D)}$  définissent de manière inductive les descriptions des concepts par un ensemble de constructeurs, notamment un ensemble  $N_C$  de concepts (ou classes), un ensemble  $N_R$  de rôles (ou propriétés) et un ensemble  $N_I$  d'individus. Les sémantiques relatives de ces descriptions de concepts dans  $SROIQ^{(D)}$  sont définies selon une interprétation  $I$  telle que  $I = (\Delta^I, \cdot^I)$ , où  $\Delta^I$  représente son domaine, qui consiste en un ensemble non vide d'individus, et  $\cdot^I$  est sa fonction d'interprétation, qui mappe chaque concept atomique  $A \in N_C$  à un ensemble  $A^I \subseteq \Delta^I$ , et qui attribue à chaque rôle  $R \in N_R$  un ensemble  $R^I \subseteq \Delta^I \times \Delta^I$ , et à chaque individu  $a \in N_I$  un individu  $a^I \subseteq \Delta^I$ . L'interprétation des concepts et des rôles plus complexes se base sur l'interprétation des entités basiques illustrée dans le Tableau 9.



| Name                    | Syntax                  | Semantics  |
|-------------------------|-------------------------|--|
| individual name         | $a$                     | $a^I$  |
| atomic role             | $R$                     | $R^I$  |
| inverse role            | $R^-$                   | $\{(x,y) \mid (y,x) \in R^I\}$   |
| universal role          | $U$                     | $\Delta^I \times \Delta^I$   |
| atomic concept          | $A$                     | $A^I$  |
| intersection            | $C \sqcap D$            | $C^I \cap D^I$   |
| union                   | $C \sqcup D$            | $C^I \cup D^I$   |
| complement              | $\neg C$                | $\Delta^I \setminus C^I$   |
| top concept             | $\top$                  | $\Delta^I$   |
| bottom concept          | $\perp$                 | $\emptyset$  |
| existential restriction | $\exists R.C$           | $\{x \in \Delta^I \mid \exists y \in \Delta^I : (x,y) \in r^I \wedge y \in C^I\}$            |
| universal restriction   | $\forall R.C$           | $\{x \in \Delta^I \mid \forall y \in \Delta^I : (x,y) \in r^I \wedge y \in C^I\}$            |
| at-least restriction    | $\geq nR.C$             | $\{x \in \Delta^I \mid \text{at least } n y \in \Delta^I : (x,y) \in r^I \wedge y \in C^I\}$ |
| at-most restriction     | $\leq$                  | $\{x \in \Delta^I \mid \text{at most } n y \in \Delta^I : (x,y) \in r^I \wedge y \in C^I\}$  |
| local reflexivity       | $\exists R.\text{Self}$ | $\{x \mid (x,x) \in R^I\}$   |
| nominal                 | $\{a\}$                 | $\{a^I\}$  |

**Tableau 9 : Syntaxes et sémantiques des concepts et rôles basiques dans SROIQ(D)**

Nous allons utiliser les notations suivantes pour les sections suivantes :

- $tsTimeSliceOf \in N_R$ ;
- $x, y, z, a, b, c$  représentent des individus appartenant au *Range* du rôle  $tsTimeSliceOf$ .
- $TimeSlice \in N_C$ ;
- $TimeInterval \in N_C$ ;
- $\forall i \in \mathbb{N}, TimeSlice(ts_i)$ ;
- $\forall i \in \mathbb{N}, TimeInterval(I_i)$ ;
- $r \in N_R$  tel que  $\exists r. T \sqsubseteq TimeSlice(Domaine), T \sqsubseteq \forall r.TimeSlice (Range)$  ;
- $s \in N_R$  tel que  $\exists r. T \sqsubseteq TimeSlice(Domaine), T \sqsubseteq \forall r.TimeSlice (Range)$  ;
- $C \in N_C$ ;
- $D \in N_C$ ;

### 5.5.1 Propriété « *functional* »

Une propriété dite fonctionnelle est une propriété ne pouvant avoir qu'une seule valeur dans son domaine d'arrivée (« Range »). C'est-à-dire que pour une propriété fonctionnelle donnée, chaque instance  $x$  ne peut avoir qu'une seule valeur unique  $y$  à un intervalle de temps donné.

Par ailleurs, si une relation  $r(x, y)$  est fonctionnelle, les individus  $x$  et  $y$  représentés par des « *time slices* » et participant à cette relation partagent le même intervalle de temps  $t_1$ , mais si  $x$  partage la même relation  $r$  avec un autre individu  $z$  à un autre intervalle de temps  $t_2$ , ce dernier doit impérativement être disjoint avec l'intervalle de temps  $t_1$ . Par conséquent, seules les relations d'Allen *Before* et *After* sont autorisées entre ces deux intervalles (cf. Figure 35) :

**Si :**

$r(ts_1, ts_2), r(ts_3, ts_4),$   
 $tsTimeInterval(ts_1, I_1), tsTimeInterval(ts_2, I_1),$   
 $tsTimeInterval(ts_3, I_2), tsTimeInterval(ts_4, I_2),$   
 $tsTimeSliceOf(ts_1, a), tsTimeSliceOf(ts_3, a).$

**Alors :**

$\top \sqsubseteq \text{after}(tsTimeInterval(ts_1, I_1), tsTimeInterval(ts_3, I_2))$   
 $\sqcup \text{before}(tsTimeInterval(ts_1, I_1), tsTimeInterval(ts_3, I_2))$

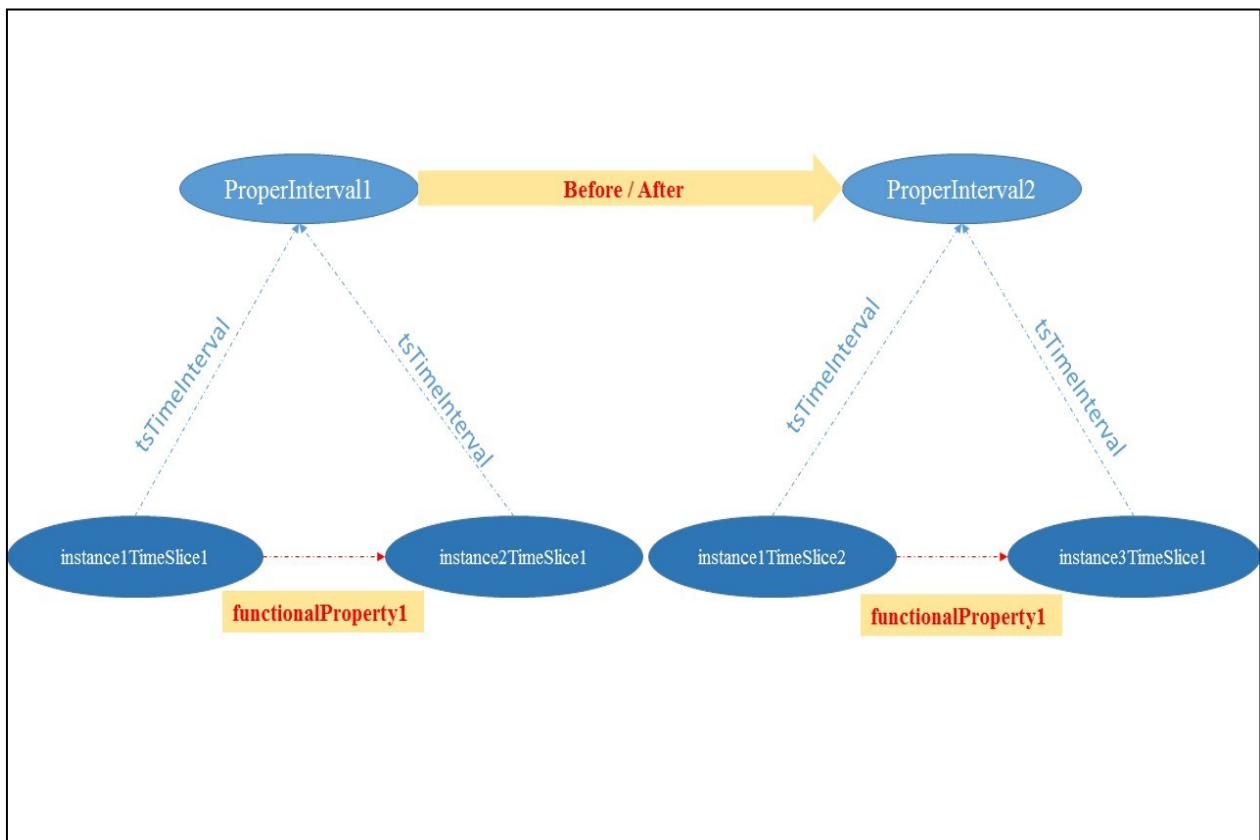
**La règle SWRL appliquée pour la définition de cette relation est la suivante :**

$r(?ts_1, ?ts_2), r(?ts_3, ?ts_4), tsTimeInterval(?ts_1, ?I_1), tsTimeInterval(?ts_2, ?I_1),$   
 $tsTimeInterval(?ts_3, ?I_2), tsTimeInterval(?ts_4, ?I_2), tsTimeSliceOf(?ts_1, ?a),$   
 $tsTimeSliceOf(?ts_3, ?a) \rightarrow \text{ab}(tsTimeInterval(?ts_1, ?I_1), tsTimeInterval(?ts_3, ?I_2))$

Où la relation *ab* représente la disjonction des relations *after* et *before* (cf. section 6.2).

**Exemple 1 :**

« John est le mari de Sarah à un intervalle de temps  $t_1$  et de Nicole dans un intervalle de temps  $t_2$ , ce mariage est dans un cadre monogame ». Par ailleurs, ces deux relations sont exprimées en utilisant la propriété fonctionnelle « *plink : straightHusbandOf* ». Les deux intervalles  $t_1$  et  $t_2$  doivent par conséquent être distincts, soit  $t_1$  doit avoir lieu avant ou après  $t_2$ .



**Figure 35 : Les relations d'Allen possibles entre deux intervalles dans le cas d'une propriété de type « *functional* »**

### 5.5.2 Propriété « *Inverse Functional* » :

Dans une propriété de type *inverse functional* l'objet détermine le sujet. C'est-à-dire que pour chaque objet appartenant au *Range* d'une propriété, cette dernière n'acceptera qu'une seule et unique valeur dans son domaine à un intervalle de temps donné.

Par conséquent, pour une relation  $r(x, y)$  de type *inverse functional*, qui relie deux « time slices » représentant deux individus  $x$  et  $y$  dans un intervalle de temps  $t_1$ , si cette même relation  $r$  relie entre  $x$  et un autre individu  $z$  à un autre intervalle de temps  $t_2$ , les deux intervalles  $t_1$  et  $t_2$  doivent impérativement être disjoints. Par conséquent, en utilisant les relations d'Allen, l'intervalle  $t_1$  doit impérativement être avant ou après l'intervalle  $t_2$  (cf. Figure 36) :

**Si :**

$r(ts_1, ts_2), r(ts_3, ts_4),$   
 $tsTimeSliceOf(ts_2, x)$  and  $tsTimeSliceOf(ts_4, x),$   
 $tsTimeIntervalle(ts_2, I_1)$  and  $tsTimeIntervalle(ts_4, I_2)$

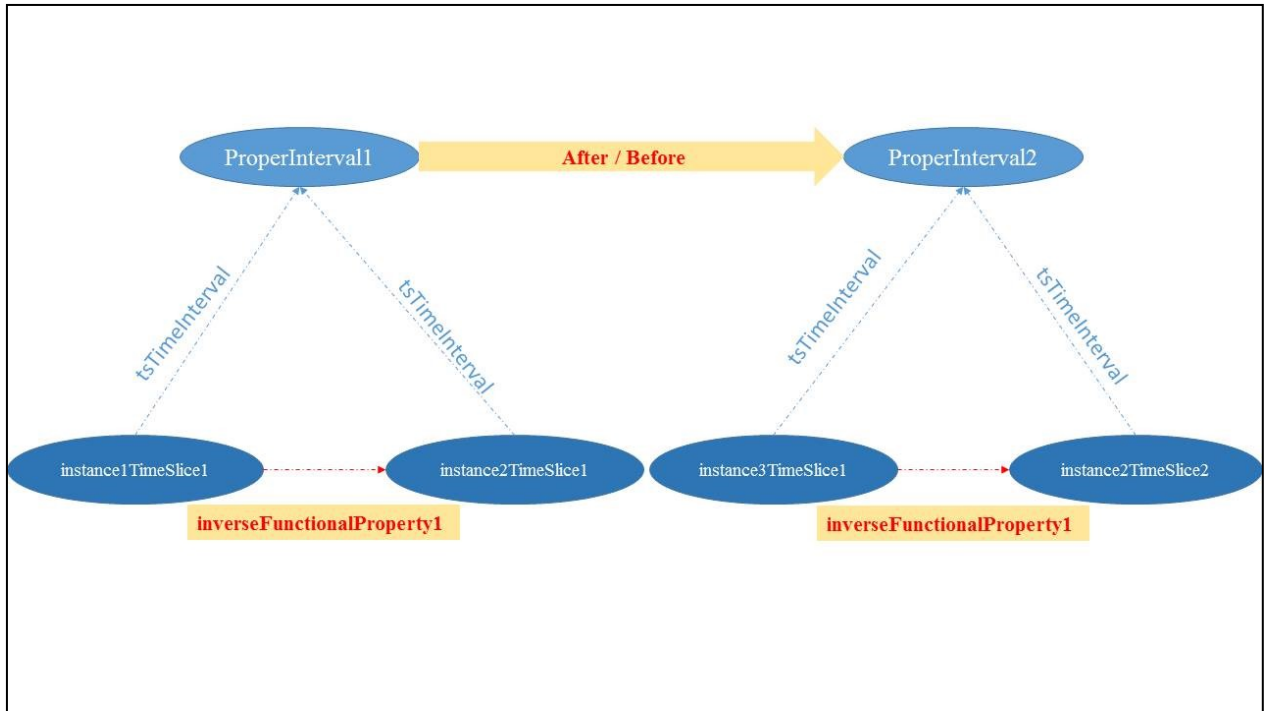
**Alors :**

$\top \sqsubseteq$  after (tsTimeInterval (ts<sub>1</sub>, I<sub>1</sub>), tsTimeInterval (ts<sub>3</sub>, I<sub>2</sub>))  
 $\sqcup$  before (tsTimeInterval (ts<sub>1</sub>, I<sub>1</sub>), tsTimeInterval (ts<sub>3</sub>, I<sub>2</sub>))

**La règle SWRL appliquée pour la définition de cette relation est la suivante :**

$r(?ts_1, ?ts_2), r(?ts_3, ?ts_4), tsTimeSliceOf(?ts_2, ?x), tsTimeSliceOf(?ts_4, ?x),$   
 $tsTimeIntervalle(?ts_2, ?I_1), tsTimeIntervalle(?ts_4, ?I_2) \rightarrow ab(?I_1, ?I_2)$

Où la relation *ab* représente la disjonction des relations *after* et *before* (cf. section 6.2).



**Figure 36 : Les relations d'Allen possibles entre deux intervalles dans le cas d'une propriété de type « *inverse functional* »**

**Exemple 2 :**

James est le supérieur hiérarchique unique de Thomas à un intervalle de temps  $t_1$ , et Carlos est le supérieur hiérarchique unique de Thomas à un intervalle de temps  $t_2$ , la relation supérieure hiérarchique étant de type *inverse functional*, les deux intervalles de temps  $t_1$  et  $t_2$  doivent donc être disjoints. Ce qui veut dire que  $t_1$  a lieu soit avant ou après  $t_2$ .

**5.5.3 Propriété de type « *Symmetric* » :**

Une relation est dite symétrique quand elle est partagée dans les deux sens par deux individus. C'est-à-dire si  $r(x, y)$  une relation d'un individu  $x$  envers un individu  $y$  dans un intervalle de temps donné  $t_1$ , alors  $r(y, x)$  est la relation que l'individu  $y$  a envers  $x$  à un intervalle de temps  $t_2$  (puisque dans le modèle 4D-fluents, chaque relation lie entre

de nouveaux *timeSlices* uniques à un intervalle de temps *timeInterval* unique). Pour ces deux relations, les deux intervalles  $t_1$  et  $t_2$  sont donc égaux (cf. Figure 37) :

**Si :**

$r(ts_1, ts_2), r(ts_3, ts_4),$   
 $tsTimeSliceOf(ts_1, x)$  and  $tsTimeSliceOf(ts_4, x),$   
 $tsTimeSliceOf(ts_2, y)$  and  $tsTimeSliceOf(ts_3, y),$   
 $tsTimeIntervalle(ts_1, I_1)$  and  $tsTimeIntervalle(ts_3, I_2)$

**Alors :**

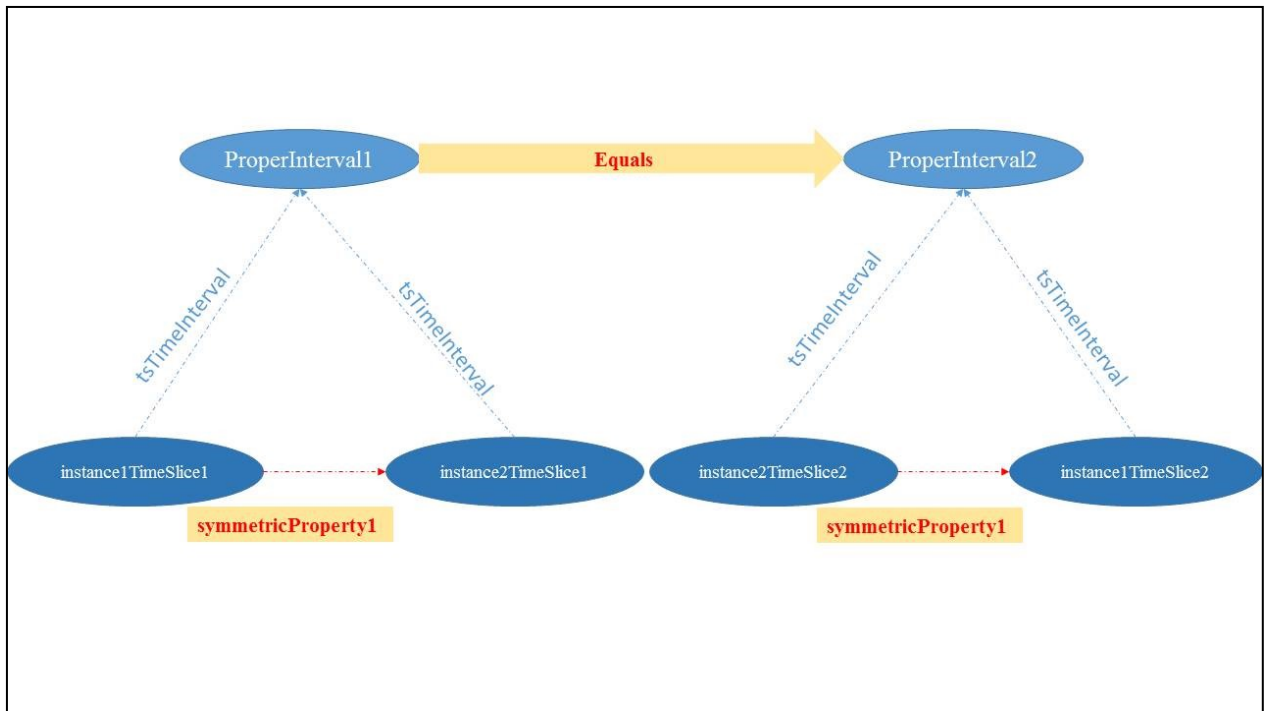
$\top \sqsubseteq \text{Equals}(I_1, I_2)$

**La règle SWRL appliquée pour la définition de cette relation est la suivante :**

$r(?ts_1, ?ts_2), r(?ts_3, ?ts_4), tsTimeSliceOf(?ts_1, ?x), tsTimeSliceOf(?ts_4, ?x),$   
 $tsTimeSliceOf(?ts_2, ?y), tsTimeSliceOf(?ts_3, ?y), tsTimeIntervalle(?ts_1, ?I_1),$   
 $tsTimeIntervalle(?ts_3, ?I_2) \rightarrow \text{equals}(?I_1, ?I_2)$

**Exemple 3 :**

Nous savons que Marta et Trevor sont conjoints mais nous ne possédons pas d'ample information sur la nature de ce mariage (monogame ou polygame), cette relation peut être représentée par la propriété « *plink:partnerOf* ». Marta est donc *partnerOf* Trevor à un intervalle de temps  $t_1$ , et Trevor est également *partnerOf* Marta à un intervalle de temps  $t_2$ . Puisque la relation « *plink:partnerOf* » est symétrique, les intervalles de temps  $t_1$  et  $t_2$  sont par conséquent égaux.



**Figure 37 : Les relations d'Allen possibles entre deux intervalles dans le cas d'une propriété de type « *symmetric* »**

#### 5.5.4 Propriété de type « *Transitive* » :

Une relation transitive est une relation qui relie une suite d'individus, et qui par conséquent, permet de relier le premier individu au dernier. Dans cette relation, l'intervalle de temps relatif au lien entre le premier individu et le dernier est au moins égal à l'intersection des autres intervalles de temps de la suite d'individus (cf. Figure 38) :

**Si :**

$r(ts_1, ts_2), r(ts_3, ts_4)$   
 $tsTimeSliceOf(ts_1, x), tsTimeSliceOf(ts_2, y), tsTimeSliceOf(ts_3, y), tsTimeSliceOf(ts_4, z),$   
 $tsTimeInterval(ts_2, I_1), tsTimeInterval(ts_3, I_2)$   
 $TimeInterval(I), ((intervalIn(I, I_1) \text{ or } equals(I, I_1) \text{ or } overlaps(I, I_1)) \text{ and } ((intervalIn(I, I_2)$

or equals(I, I<sub>2</sub>) or overlaps(I, I<sub>2</sub>))

**Alors :**

r(ts'1, ts'4)

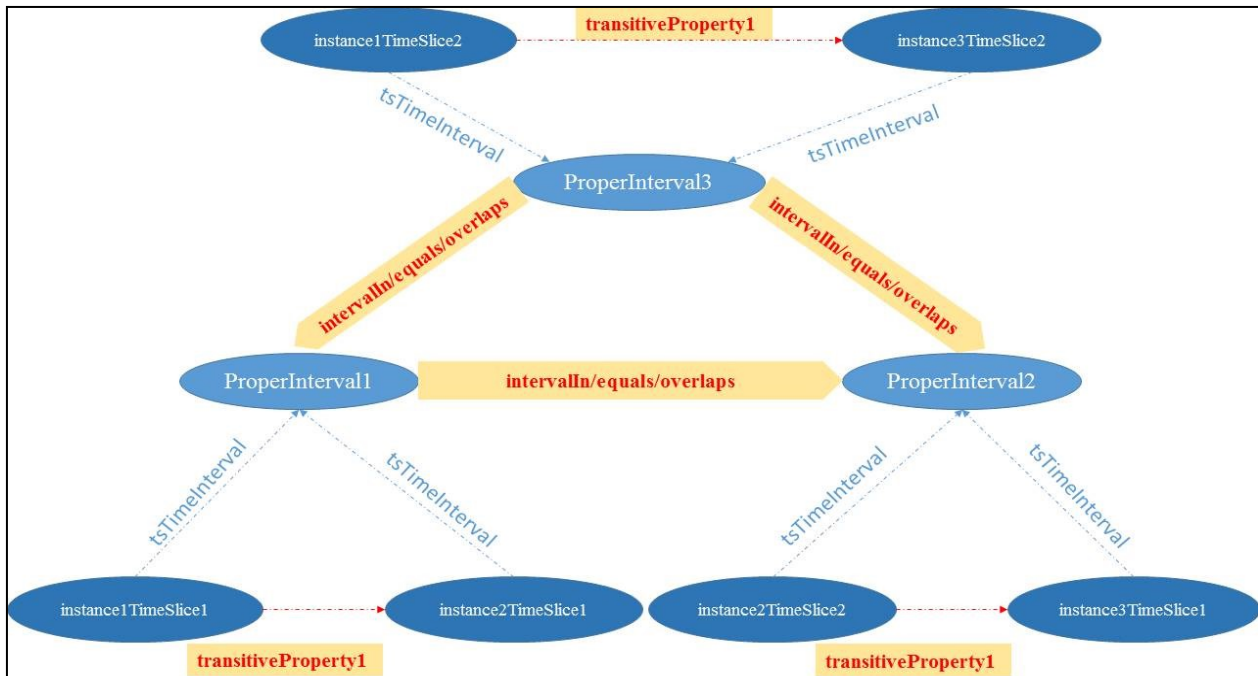
Avec:

tsTimeInterval(ts'1, I), tsTimeSliceOf(ts'1, x), tsTimeSliceOf(ts'4, z)

**La règle SWRL appliquée pour la définition de cette relation est la suivante :**

r(?ts<sub>1</sub>, ?ts<sub>2</sub>), r(?ts<sub>3</sub>, ?ts<sub>4</sub>), tsTimeSliceOf(?ts<sub>1</sub>, ?x), tsTimeSliceOf(?ts<sub>2</sub>, ?y),  
tsTimeSliceOf(?ts<sub>3</sub>, ?y), tsTimeSliceOf(?ts<sub>4</sub>, ?z), tsTimeIntervalle(?ts<sub>2</sub>, ?I<sub>1</sub>),  
tsTimeIntervalle(?ts<sub>3</sub>, ?I<sub>2</sub>), TimeInterval(?I), ((intervallIn (?I, ?I<sub>1</sub>) or equals(?I, ?I<sub>1</sub>) or  
overlaps(?I, ?I<sub>1</sub>)), ((intervallIn (?I, ?I<sub>2</sub>) or equals(?I, ?I<sub>2</sub>) or overlaps(?I, ?I<sub>2</sub>)) → r(?ts'1,  
?ts'4), tsTimeInterval(?ts'1, ?I), tsTimeSliceOf(?ts'1, ?x), tsTimeSliceOf(?ts'4, ?z)





**Figure 38 : Les relations d'Allen possibles entre deux intervalles dans le cas d'une propriété de type « transitive »**

**Exemple 4 :**

Stefan est le supérieur hiérarchique de Monica à un intervalle de temps  $t_1$  et Monica est supérieure hiérarchique de Peter à un intervalle de temps  $t_2$ . Puisque la relation « supérieur hiérarchique » est transitive, Stefan est dans ce cas-là également supérieur hiérarchique de Peter à un intervalle de temps  $t_3$ , et ce dernier est au moins égal à l'intersection entre les intervalles de temps  $t_1$  et  $t_2$ .

**5.5.5 Propriété « Inverse Of » :**

Une relation qui est l'inverse d'une autre relation signifie qu'elles concernent les mêmes individus  $x$  et  $y$  représentés dans chacune des deux relations par deux « time slices » et par deux intervalles de temps  $t_1$  et  $t_2$ . Ces intervalles de temps sont égaux (cf. Figure 39) :

**Si :**

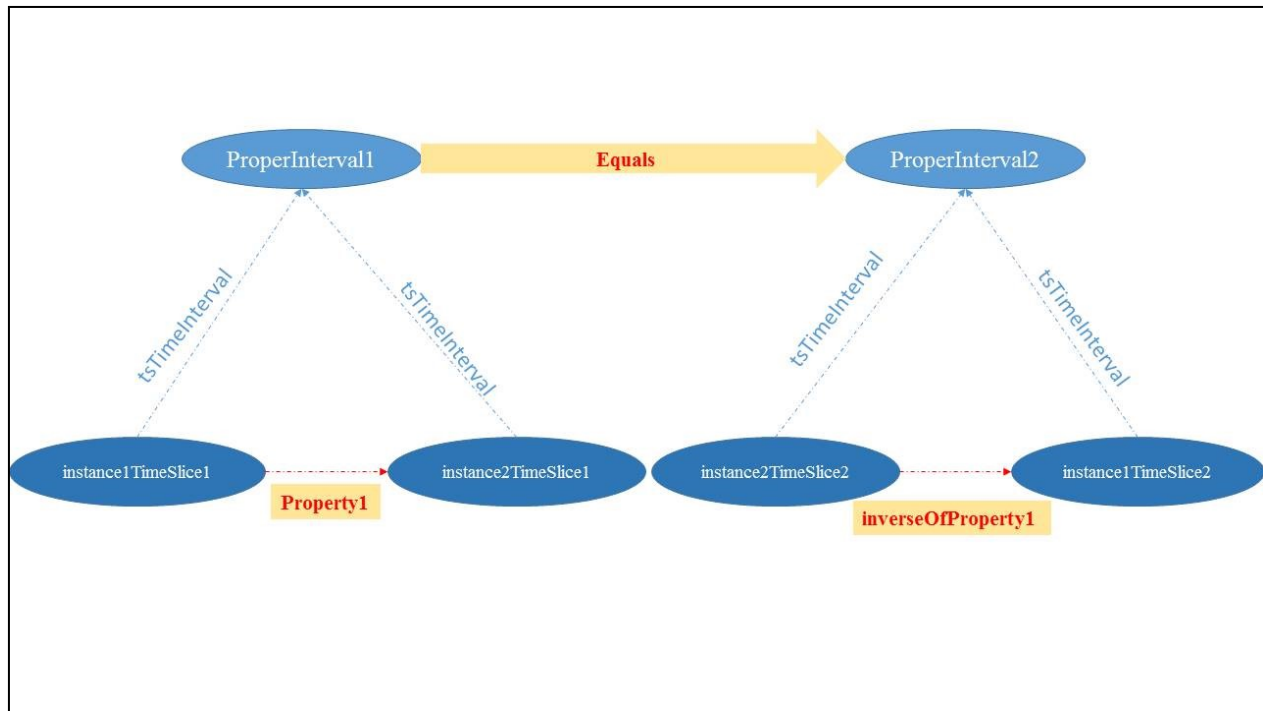
$r(ts_1, ts_2)$  et  $s(ts_2, ts_1)$  avec  $r = s^{-1}$   
et  $tsTimeInterval(ts_1, I_1)$ ,  $tsTimeSliceOf(ts_2, I_2)$

**Alors :**

$\top \sqsubseteq \text{Equals}(I_1, I_2)$

**La règle SWRL appliquée pour la définition de cette relation est la suivante :**

$r(?ts_1, ?ts_2)$ ,  $s(?ts_2, ?ts_1)$ ,  $tsTimeInterval(?ts_1, ?I_1)$ ,  $tsTimeSliceOf(?ts_2, ?I_2) \rightarrow \text{equals}(?I_1, ?I_2)$



**Figure 39 : Les relations d'Allen possibles entre deux intervalles dans le cas d'une propriété de type « *inverse Of* »**

**Exemple 5 :**

John et Sarah sont deux conjoints dans le cadre d'un mariage hétérosexuel monogame, nous représentons cette relation en utilisant les deux propriétés « *plink:straightHusbandOf* » pour lier John à Sarah à un intervalle de temps  $t_1$  et son inverse « *plink: straightWifeOf* » pour lier Sarah à John à un intervalle de temps  $t_2$ , grâce à la caractéristique « *inverse of* » qui relie entre ces deux propriétés, nous déduisons que les intervalles de temps  $t_1$  et  $t_2$  sont égaux.

**5.5.6 Les contraintes de cardinalités**

OWL2 nous permet d'appliquer des restrictions sur le nombre d'instances qu'une relation peut avoir dans son domaine d'arrivée (*Range*).

Si une cardinalité maximale  $n$  est appliquée à une relation dont le sujet est l'individu  $x$ , cela signifie que  $x$  peut avoir cette relation avec au maximum  $n$  individus à  $n$  intervalles de temps acceptant l'intersection. Toute relation entre  $x$  et un nouvel individu ( $n+1$ ) doit obligatoirement avoir un intervalle de temps qui est disjoint de l'intersection des  $n$  autres intervalles de temps (cf. Figure 40) :

Soit  $r(ts_{i1}, ts_{i2}) \forall i \in [1, n+1]$  et  $\text{TimeInterval}(I) \forall i \in [1, n]$

**Si :**

$\text{tsTimesSliceOf}(ts_{i1}, x)$  ,  $\text{tsTimeInterval}(ts_{i1}, I_i)$  ,  
 $((\text{intervalIn}(I, I_i) \text{ or equals}(I, I_i) \text{ or overlaps}(I, I_i))$

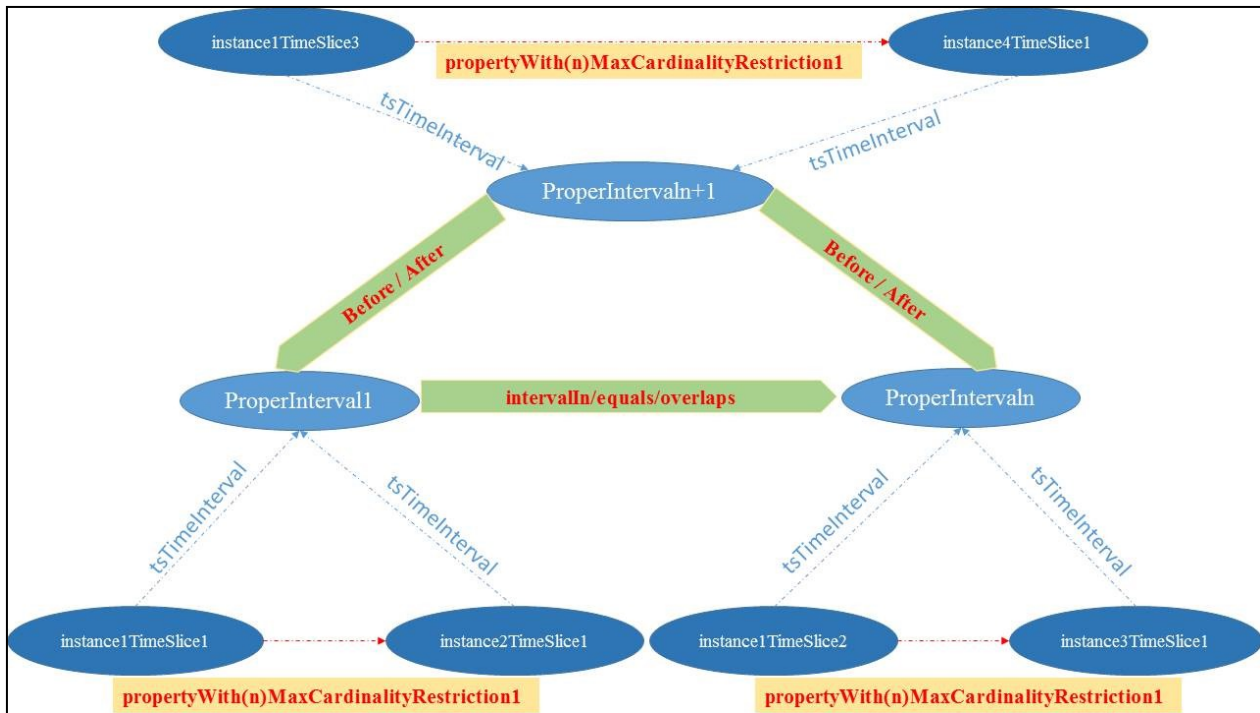
**Alors :**

$\top \sqsubseteq \text{after}(I_{n+1}, I) \sqcup \text{before}(I_{n+1}, I)$

**La règle SWRL appliquée pour la définition de cette relation est la suivante :**

$\text{tsTimesSliceOf}(?ts_{i1}, ?x)$  ,  $\text{tsTimeInterval}(?ts_{i1}, ?I_i)$  ,  $((\text{intervalIn}(?I, ?I_i) \text{ or equals}(?I, ?I_i) \text{ or overlaps}(?I, ?I_i)) \rightarrow \text{ab}(?I_{n+1}, ?I)$

Où la relation  $ab$  représente la disjonction des relations *after* et *before* (cf. section 6.2).



**Figure 40 : Les relations d'Allen possibles entre deux intervalles dans le cas d'une propriété avec des restrictions de type « MaxCardinality Restriction »**

**Exemple 6 :**

Neil est marié à Carole à un intervalle de temps  $t_1$ , à Nadia à un intervalle de temps  $t_2$ , et à Maya à un intervalle de temps  $t_3$ . Ces trois mariages ont eu lieu dans le contexte d'une culture permettant la polygamie à l'homme, ce dernier peut se marier à deux femmes au maximum dans le même intervalle de temps. Dans ce sens, l'un des trois intervalles  $t_1$ ,  $t_2$  ou  $t_3$  doit obligatoirement être disjoint avec l'intersection des deux autres.

Dans le cas de la cardinalité minimale, c'est-à-dire qu'un individu  $x$  participant à une relation avec une restriction de valeur minimale  $n$  dans son « range » doit obligatoirement avoir la même relation avec  $n$  individu au minimum et que tous les  $n$  intervalles de temps concernant chacune de ces relations doivent être intersectés. Cela semble intuitif quand cela concerne le langage naturel. Cependant, cette information temporelle constitue une affirmation qui ne peut pas être introduite à cause de l'hypothèse du monde ouvert (Drummond & Shearer, 2006) empêchant de vérifier sa véracité.

## 5.6 Application à la prothèse de mémoire

En application à la prothèse de mémoire, et spécialement en utilisant l'ontologie *Personlink* qui représente sa base de connaissance, nous nous sommes basés sur l'approche *4D-Fluents* pour la représentation des relations interpersonnelles tout en prenant en considération l'aspect temporel. Nous avons défini les contraintes sémantiques de chaque *objectProperty* permettant de représenter un lien interpersonnel, ensuite nous avons défini un ensemble de règles *SWRL DL-Safe* (cf. Annexe F) qui, en se basant sur la sémantique de chaque type de contrainte exprimée dans *OWL2*, permettent de préciser la(les) relation(s) possible(s) entre les différents intervalles qualitatifs. Ainsi, nous avons pu réduire considérablement le nombre de relations possibles entre les intervalles de temps relatifs à une même relation interpersonnelle, et cela en nous basant sur les contraintes *OWL2* de cette dernière, la déduction et l'inférence des relations temporelles entre tous les différents intervalles (et instants) de la base de connaissances ont été également traitées, la procédure de raisonnement appliquée ainsi que les résultats qui peuvent être obtenus ont été présentés dans la suite de ce manuscrit.

Ainsi, l'ontologie *PersonLink* a été enrichie pour pouvoir représenter et raisonner sur les relations interpersonnelles tout en prenant en considération l'aspect temporel dans *OWL*. Le fait de s'appuyer sur les standards bien établis du web sémantique (*OWL 2*, *SWRL*) permet à *PersonLink* la représentation des connaissances statiques et dynamiques basées sur l'approche *4D-fluents*. Ainsi, *PersonLink* représente à la fois les informations temporelles qualitatives (c.-à-d. les informations dont les étendues temporelles sont inconnues) en plus des informations quantitatives (c.-à-d. les informations temporelles définies précisément).

Aussi, les résultats de cette approche ont été étendus dans (Metais, et al., 2018) pour prendre en considération la représentation des intervalles de temps imprécis (c.-à-d. les intervalles de temps dont les dates de début et/ou de fin sont données d'une manière approximative).

## 5.7 Conclusion du chapitre 5

La notion du temps a toujours été une problématique majeure dans la représentation et l’historisation des connaissances en informatique, et notamment en web sémantique. En effet, la sémantique des connaissances joue un rôle très important dans la représentation temporelle des données. Ce sujet, à notre connaissance, n’a jamais été traité auparavant, puisque la plupart de recherches menées se focalisaient plus spécialement sur la modélisation temporelle (cf. section 2.3). Or, cette problématique représente un enjeu majeur par rapport à la cohérence et l’exactitude des données représentées.

Dans ce chapitre, nous avons relevé l’importance et l’implication de la sémantique liée aux liens interpersonnels, dans la définition des intervalles temporels les concernant. Par ailleurs, pour la représentation sémantique des liens interpersonnels diachroniques et qualitatifs, nous avons proposé une approche qui, en se basant sur le modèle *4D-Fluents*, permet à l’ontologie *PersonLink* d’exprimer précisément, selon la sémantique *OWL2* de chaque lien interpersonnel, les relations d’Allen possibles entre ses intervalles de temps.

Cette solution permet à la prothèse de mémoire *CaptainMemo* de vérifier la cohérence de la temporalité des liens interpersonnels introduits par ses utilisateurs, même quand il s’agit d’intervalles temporels qualitatifs. Egalement, cette solution permet de réduire considérablement le nombre de relations d’Allen possibles entre ces différents intervalles.





**Chapitre 6 :**  
**RAISONNEMENT SUR LES RELATIONS**  
**TEMPORELLES ENTRE INTERVALLES**  
**DE TEMPS**

## 6.1 Utilisation du temps dans le raisonnement

Le raisonnement temporel dans ce travail de thèse est accompli en introduisant un ensemble de règles *SWRL*<sup>27</sup> pour affirmer des relations d'Allen temporelles inférées. Les raisonneurs tels que Pellet (Sirin, Parsia, Cuenca Grau, Kalyanpur, & Katz, 2007), prenant en charge les règles *DL-safe*, c'est-à-dire les règles qui s'appliquent exclusivement aux individus nommés présents dans la base de connaissances, peuvent être employés pour l'inférence et la vérification de cohérence sur les relations temporelles.

De manière plus précise, le raisonnement peut être appliqué soit directement sur des intervalles temporels, soit en appliquant un raisonnement sur les instants agissant sur des représentations d'intervalles, et cela en impliquant leurs points de départ et d'arrivée. Les deux approches ont été mises en œuvre et sont discutées dans les sections qui suivent.

## 6.2 Le raisonnement sur les intervalles de temps

Le raisonnement est effectué en introduisant un ensemble de règles *SWRL* fonctionnant directement sur des intervalles temporels. Les règles de raisonnement temporel sont fondées sur la composition de paires de relations de base d'Allen telles que définies dans (Allen J. F., 1983), présentes dans la Figure 12 (cf. section 2.3.8). La table de composition des relations d'Allen représente le résultat de la composition de deux relations temporelles. En effet, si la relation  $R_1$  est maintenue entre  $intervalle_1$  et  $intervalle_2$  et que la relation  $R_2$  est maintenue entre  $intervalle_2$  et  $intervalle_3$  alors, la table de composition, définie dans (Allen J. F., 1983), montre et précise la (les) relation(s) possible(s) entre  $intervalle_1$  et  $intervalle_3$ . Cette table de composition a été réduite dans ce travail de thèse, pour les relations entre intervalles issues de propriétés ayant des caractéristiques et contraintes *OWL2*, à savoir les propriétés « *functional* », « *inverse functional* », « *symmetric* », « *transitive* », « *inverseOf* » et la contrainte de cardinalité « *MaxCardinalityRestriction* » (cf. Tableau 10). En effet, les relations temporelles  $R_n$

---

<sup>27</sup> <http://www.w3.org/Submission/SWRL/>

CHAPITRE 6 : Raisonnement sur les relations temporelles entre intervalles de temps

possibles entre les intervalles 1 et 2 ainsi que les relations  $R_n$  possibles entre les intervalles 2 et 3 sont par conséquent limitées pour chacune de ces types de propriétés, ce qui en résulte que la composition de ces deux relations précise la (les) relation(s) possible(s) entre les intervalles 1 et 3 tout en prenant en considération la sémantique des propriétés auxquelles ces intervalles de temps adhèrent. Le Tableau 10 ainsi que le Tableau 11 représentent la table de composition de ces relations temporelles.

| R1 (I1,I2)<br>R1 a comme propriété<br>ou contrainte |     | R2(I1,I2)<br>R2 a comme propriété<br>ou contrainte |               | Functional    |               | Inverse<br>functional |    | Symmetric |
|---|-----|--|---------------|---------------|---------------|-----------------------|----|-----------|
|   |     | a  | b             | a             | b             | eq                    |    |           |
| Functional  | a   | a  | T             | a             | T             | a                     |    |           |
|   | b   | T  | b             | T             | b             | b                     |    |           |
| Inverse<br>functional                               | a   | a  | T             | a             | T             | a                     |    |           |
|   | b   | T  | b             | T             | b             | b                     |    |           |
| Symmetric   | eq  | a  | b             | a             | b             | eq                    |    |           |
| Transitive  | d   | a  | b             | a             | b             | d                     |    |           |
|   | o   | a,ob,c,mb, sb                                      | b             | a,ob,c,mb, sb | b             | o                     |    |           |
|   | e   | a  | b             | a             | b             | f                     |    |           |
|   | s   | a  | b             | a             | b             | s                     |    |           |
|   | eq  | a  | b             | a             | b             | eq                    |    |           |
| Inverse<br>Of                                       | eq  | a  | b             | a             | b             | eq                    |    |           |
| Max Cardinality Restriction                         | n   | d  | a             | b             | a             | b                     | d  |           |
|   |     | o  | a,ob,c,mb, sb | b             | a,ob,c,mb, sb | b                     | o  |           |
|   |     | e  | a             | b             | a             | b                     | f  |           |
|   |     | s  | a             | b             | a             | b                     | s  |           |
|   |     | eq   | a             | b             | a             | b                     | eq |           |
|   | n+1 | a  | a             | T             | a             | T                     | a  |           |
|   |     | b  | T             | b             | T             | b                     | b  |           |

**Tableau 10 : Table de compositions des relations temporelles entre intervalles avec prise en considération des contraintes *OWL***

| R1 (I1,I2)<br>R1 a<br>comme<br>propriété<br>ou<br>contrainte | R2(I1,I2)<br>R2 a comme<br>propriété ou<br>contrainte | Transitive      |                 |               |                 |                 | Inverse Of | Max Cardinality Restriction |                 |                 |                 |                 |                   |                   |   |
|--|---|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|---|
|  |   |                 |                 |               |                 |                 |            | n                           |                 |                 |                 | n+1             |                   |                   |   |
|  |   | d               | o               | e             | s               | eq              | eq         | d                           | o               | e               | s               | eq              | a                 | b                 |   |
| Functional   | a   | a,ob,mb,d,<br>e | a,ob,mb,d,e     | a             | A,ob,m<br>b,d,f | a               | a          | a,ob,mb<br>,d,e             | a,ob,mb,<br>d,e | a               | A,ob,mb<br>,d,f | a               | a                 | T                 |   |
|  | b   | b,o,m,d,s       | b               | B,o,m,<br>d,s | b               | b               | b          | b,o,m,d,<br>s               | b               | B,o,m,<br>d,s   | b               | b               | T                 | b                 |   |
| Inverse<br>functional  | a   | a,ob,mb,d,<br>e | a,ob,mb,d,e     | a             | A,ob,m<br>b,d,f | a               | a          | a,ob,mb<br>,d,e             | a,ob,mb,<br>d,e | a               | a,ob,mb,<br>d,f | a               | a                 | T                 |   |
|  | b   | b,o,m,d,s       | b               | B,o,m,<br>d,s | b               | b               | b          | b,o,m,d,<br>s               | b               | B,o,m,<br>d,s   | b               | b               | T                 | b                 |   |
| Symmetric  | eq  | d               | o               | e             | s               | eq              | eq         | d                           | o               | e               | s               | eq              | a                 | b                 |   |
| Transitive   | d   | d               | b,o,m,d,s       | d             | d               | d               | d          | d                           | b,o,m,d,<br>s   | d               | d               | d               | a                 | b                 |   |
|  | o   | o,d,s           | b,o,m           | d,s,o         | o               | o               | o          | o,d,s                       | b,o,m           | d,s,o           | o               | o               | a,ob,c,m<br>b, sb | b                 |   |
|  | e   | d               | o,d,s           | f             | d               | f               | f          | d                           | o,d,s           | f               | d               | f               | a                 | b                 |   |
|  | s   | d               | b,o,m           | d             | s               | s               | s          | d                           | b,o,m           | d               | s               | s               | a                 | b                 |   |
|  | eq  | d               | o               | e             | s               | eq              | eq         | d                           | o               | e               | s               | eq              | a                 | b                 |   |
| Inverse<br>Of  | eq  | d               | o               | e             | s               | eq              | eq         | d                           | o               | e               | s               | eq              | a                 | b                 |   |
|  |   |                 |                 |               |                 |                 |            |                             |                 |                 |                 |                 |                   |                   |   |
| Max Cardinality Restriction                                  | n   | d               | d               | b,o,m,d,s     | d               | d               | d          | d                           | d               | b,o,m,d,<br>s   | d               | d               | d                 | a                 | b |
|  |   | o               | o,d,s           | b,o,m         | d,s,o           | o               | o          | o                           | o,d,s           | b,o,m           | d,s,o           | o               | o                 | a,ob,c,m<br>b, sb | b |
|  |   | e               | d               | o,d,s         | f               | d               | f          | f                           | d               | o,d,s           | f               | d               | f                 | a                 | b |
|  |   | s               | d               | b,o,m         | d               | s               | s          | s                           | d               | b,o,m           | d               | s               | s                 | a                 | b |
|  |   | eq              | d               | o             | e               | s               | eq         | eq                          | d               | o               | e               | s               | eq                | a                 | b |
|  | n+1   | a               | a,ob,mb,d,<br>e | a,ob,mb,d,e   | a               | A,ob,m<br>b,d,f | a          | a                           | a,ob,mb<br>,d,e | a,ob,mb,<br>d,e | a               | A,ob,mb<br>,d,f | a                 | a                 | T |
|  |   | b               | b,o,m,d,s       | b             | B,o,m,<br>d,s   | b               | b          | b                           | b,o,m,d,<br>s   | b               | B,o,m,<br>d,s   | b               | b                 | T                 | b |

**Tableau 11 : Table de compositions des relations temporelles entre intervalles avec prise en considération des contraintes OWL (suite)**

Il est à noter que toutes les compositions ne produisent pas forcément une relation unique. A titre d'exemple, la composition des relations *before* et *starts* en résulte la relation *before*, par contre, la composition des relations *before* et *after* en résulte que toutes les relations d'Allen sont possibles.

Dans notre approche proposée, le raisonnement est effectué par des ensembles de règles relatifs aux compositions des relations R1 et R2. Ainsi, les règles, donnant une relation R3 qui est unique, peuvent être représentées en utilisant une règle *SWRL* de cette manière:

$$R1(x, y) \wedge R2(y, z) \rightarrow R3(x, z)$$

Un exemple de règles d'inférence temporelle est le suivant:

$$after(x, y) \wedge equals(y, z) \rightarrow after(x, z)$$

La composition de relations de base d'Allen qui en résulte un ensemble de relations possibles ne peut pas être représentée directement dans *SWRL*, et cela en raison de l'impossibilité de la représentation des disjonctions de formules atomiques en tant que têtes de règles. Pour remédier à cela, nous représentons ces disjonctions de relations en utilisant de nouvelles relations dont les compositions doivent également être définies et affirmées par d'autres règles *SWRL* dans la base de connaissances. A titre d'exemple, la composition des relations *overlaps* et *during* produit la disjonction de trois relations possibles (*during*, *overlaps* et *starts*):

$$overlaps(x, y) \wedge during(y, z) \rightarrow during(x, z) \vee overlaps(x, z) \vee starts(x, z)$$

Si la relation « *DOS* » (*D* pour *during*, *O* pour *overlaps* et *S* pour *starts*) représente la disjonction des relations *during*, *overlaps* et *starts*, alors la composition de *overlaps* et *during* peut être représentée en utilisant une règle *SWRL* comme suit:

$$overlaps(x, y) \wedge during(y, z) \rightarrow DOS(x, z)$$

L'ensemble des disjonctions qui peut être obtenu sur toutes les relations fondamentales d'Allen contient  $2^{13}$  relations. Par conséquent, un raisonnement complet sur toutes ces relations temporelles d'Allen a une complexité temporelle exponentielle. Cependant, il existe également des sous-ensembles tractables (solvable en un temps fini) de cet ensemble de  $2^{13}$  relations disjointes. Ces sous-ensembles sont fermés sous la

composition, c'est-à-dire que des compositions de paires de relations d'un sous-ensemble donnent également une relation dans ce même sous-ensemble (Nebel & Burckert, 1995) (Van Beek & Cohen, 1990).

Dans ce travail, nous utilisons le sous-ensemble présenté dans la section 6.3, en plus des axiomes inverses à savoir les relations *after*, *metby*, *overlappedby*, *startedby*, *contains* et *finishedby* (qui sont respectivement l'inverse des relations *before*, *meets*, *overlaps*, *starts*, *during* et *finishes*), et sont également affirmées dans la base de connaissances les règles définissant la relation entre deux intervalles dont les points de départ et de fin sont connus. A titre d'exemple, si le point de départ de l'intervalle 1 est *after* le point de fin de l'intervalle 2, l'intervalle 1 est *after* l'intervalle 2.

De plus, l'utilisation de la représentation des intervalles de temps et la déduction des relations entre ces différents intervalles comme présenté dans ce travail de thèse (cf. section 5.5) permet de réduire considérablement la table de compositions ainsi que l'ensemble des disjonctions des relations entre intervalles concernant les différentes relations sur lesquelles les contraintes *OWL2* s'appliquent. En effet, pour chaque type de relation avec une contrainte *OWL2*, un ensemble de disjonction de relations est possible entre les intervalles de temps agissant sur ces relations :

- Pour les relations de types « *functional* », « *inverse functional* », ainsi que les relations avec une contrainte de cardinalité maximale, l'ensemble *ab* représente la disjonction entre les relations *after* et *before* possibles entre les intervalles de temps agissant sous ce type de relation, cette disjonction est alors représentée à l'aide d'une règle *SWRL* comme suit :

$$after(x, z) \vee before(x, z) \rightarrow ab(x, z)$$

- Pour la relation de type « *transitive* », l'ensemble *InEqOv* représente la disjonction entre les relations *IntervalIn*(*During*, *starts*, *ends*), *equals* et *overlaps*. Ainsi cette disjonction est représentée à l'aide d'une règle *SWRL* comme suit :

$$IntervalIn(x, z) \vee equals(x, z) \vee overlaps(x, z) \rightarrow InEqOv(x, z)$$

- Pour les relations de types « *symmetric* » et « *inverseOf* », la relation qui en résulte entre les différents intervalles est la relation *equals* qui est déjà définie dans l'ontologie *OWL-Time*<sup>28</sup>.

Les points délimitant les intervalles (instant de début et de fin) sont représentés à l'aide des *datatypes* tel que *xsd:date* qui prend en charge les relations d'ordre entre ces instants. Les axiomes qui impliquent des disjonctions de relations de base d'Allen sont exprimés en utilisant les axiomes correspondants à ces relations de base. Particulièrement, les compositions des disjonctions de relations fondamentales sont exprimées et définies comme la disjonction des compositions de ces relations fondamentales. A titre d'exemple, la composition de la relation *DOS* qui représente la disjonction de *during*, *overlaps* et *starts*, et la relation *during* en résulte la relation *DOS* :

$$\begin{aligned}
 &DOS \circ during \rightarrow (during \vee overlaps \vee starts) \circ during \rightarrow \\
 &(during \circ during) \vee (overlaps \circ during) \vee (starts \circ during) \rightarrow \\
 &(during) \vee (during \vee overlaps \vee starts) \vee (during) \rightarrow during \vee starts \vee overlaps \\
 &\rightarrow DOS
 \end{aligned}$$

Il est à noter que dans cet exemple *DOS* est décomposé en relations de base à des fins illustratives. Ainsi, le raisonnement *SWRL* correspondant à cette règle se compose de la tête et du corps et non de la décomposition intermédiaire :

$$DOS \circ during \rightarrow DOS$$

Le symbole  $\circ$  exprime la composition des relations. Les compositions des relations basiques d'Allen sont définies dans (Allen J. F., 1983). De même, l'inverse d'une disjonction des relations fondamentales d'Allen est la disjonction des inverses de ces

<sup>28</sup> <https://www.w3.org/TR/owl-time/>

relations fondamentales illustrées à la Figure 12 (cf. section 2.3.8). Par exemple, l'inverse de la disjonction des relations *before* et *meets* est la disjonction de leurs relations inverses respectives *after* et *metBy*.

En appliquant les compositions des relations, les relations implicites peuvent être incohérentes, c'est-à-dire qu'il en résulte la relation vide  $\perp$ . La vérification cette cohérence est donc réalisée, et cela en appliquant la consistance de chemin (*path consistency*) (Renz & Nebel, 2007) (Nebel & Burckert, 1995) (Van Beek & Cohen, 1990). Cette dernière est implémentée par l'application consécutive de la formule:

$$\forall x, y, k \quad R_i(x, y) \cap (R_j(x, k) \circ R_k(k, y)) \rightarrow R_s(x, y)$$

Cette formule représente l'intersection des compositions des relations avec les relations d'Allen existantes. Le symbole  $\cap$  dénote l'intersection, le symbole  $\circ$  désigne la composition et les symboles  $R_i, R_j, R_k, R_s$  désignent les relations d'Allen.

La formule est donc appliquée jusqu'à ce qu'un point final soit atteint, c'est-à-dire jusqu'à ce que l'application des règles ne donne pas de nouvelles inférences, ou bien jusqu'à ce que l'ensemble vide soit atteint, dans ce cas-là, l'ontologie est incohérente. L'implémentation de la formule nécessite bien évidemment la définition au préalable de règles pour l'intersection et la composition.

Un ensemble supplémentaire de règles *SWRL* définissant le résultat de l'intersection des relations entre deux intervalles est ainsi introduit, incluant les relations résultantes des compositions et leur intersection avec les relations de base d'Allen, ou l'intersection entre les relations de base d'Allen. Ces règles sont de la forme:

$$R1(x, y) \wedge R2(x, y) \rightarrow R3(x, y)$$

Dans ces règles,  $R3$  peut être une relation ou tout simplement la relation vide. A titre d'exemple, l'intersection de la relation *DOS*, qui représente la disjonction des relations *during*, *overlaps* et *starts*, avec la relation *during*, donne la relation *during*:



$$DOS(x, y) \wedge during(x, y) \rightarrow during(x, y)$$

L'intersection des relations *during* et *starts* en résulte la relation vide, et par conséquent une incohérence est détectée:

$$starts(x, y) \wedge during(x, y) \rightarrow \perp$$

Le sous-ensemble maximal tractable des relations d'Allen qui contient toutes les relations de base lors de l'application de la consistance du chemin (*path consistency*) comprend 868 relations (Nebel & Burckert, 1995). Par ailleurs, des sous-ensembles tractables des relations d'Allen contenant 83 ou 188 relations (Van Beek & Cohen, 1990) peuvent plutôt être utilisés. Certes, ces sous-ensembles offrent une expressivité réduite mais par contre ils permettent une efficacité accrue par rapport au sous-ensemble maximal comprenant les 868 relations.

Un ensemble de relations tractables est défini comme étant :

- un ensemble de relations de base d'Allen ;
- ou bien un ensemble de disjonctions des relations de base qui, lorsque les propriétés affirmées dans la base de connaissances sont restreintes à cet ensemble, un algorithme de temps polynomial tel que la consistance du chemin (*path consistency*) peut être utilisé pour déduire toutes les relations implicites et détecter toutes les incohérences, c'est-à-dire que cet algorithme est logique (*sound*) et complet (*complete*) sur cet ensemble. Ce qui n'est pas le cas des disjonctions arbitraires des relations d'Allen, qui nécessitent plutôt des algorithmes exponentiels qui doivent être appliqués à ces ensembles de relations (Allen J. F., 1983).

Par ailleurs, puisque ce mécanisme de raisonnement temporel n'affecte que les relations d'intervalles temporels, il peut également s'appliquer à d'autres méthodes de

représentation temporelle autre que les représentations *4D-fluents*, telles que les relations *N-aires*. Aussi, le raisonnement fonctionnant sur des instants temporels plutôt que sur des intervalles est pareillement réalisable (Van Beek & Cohen, 1990). Spécifiquement, les relations qualitatives impliquant des instants forment un ensemble tractable si la relation  $\neq$  (c'est-à-dire, un instant temporel est avant ou après un autre instant) est exclue. Egalement, on parvient à un raisonnement sur des relations entre intervalles et instants en exprimant les relations entre intervalles en relations entre leurs extrémités (Allen J. F., 1983).

La consistance du chemin (*Path consistency*) demande la composition des propriétés, l'intersection des propriétés et le complément du rôle. Il est à noter que la disjonction des propriétés peut être exprimée en termes de complément de propriétés, car nous disons que deux propriétés sont disjointes lorsque l'une d'entre ces deux propriétés est une sous-propriété du complément de la seconde. Néanmoins, la combinaison de l'intersection, la composition et du complément s'est avérée indécidable (Schild, 1989). Aussi, la représentation de la disjonction de deux propriétés par le complément de propriété peut être remplacée par une représentation de l'intersection de ces deux propriétés qui a une contrainte de cardinalité maximale égale à de 0. Cependant, la composition et l'intersection de deux propriétés en résulte une propriété composite et l'application de contraintes de cardinalité sur des propriétés composites s'est avérée indécidable (Horrocks, Sattler, & Tobies, 1999). Par conséquent, le raisonnement utilisant les règles SWRL, tel que proposé dans ce travail de thèse, est la seule solution qui permet à l'heure actuelle de conserver la décidabilité tout en étant conforme aux spécifications *OWL* actuelles.

La mise en œuvre de la consistance du chemin sur les relations d'Allen nécessite de minimiser les relations résultantes et les règles nécessaires à la mise en œuvre du mécanisme. Les travaux existants tel que (Renz, 1999) se focalisent sur la détermination des sous-ensembles maximaux tractables des relations, tandis que les implémentations pratiques nécessitent plutôt de minimiser ces sous-ensembles de relations. En effet, dans

la pratique, il est judicieux de trouver l'ensemble minimal tractable des relations requises. A titre d'exemple, la définition de toutes les intersections et compositions de paires de relations au moyen de règles *SWRL* sur l'ensemble tractable maximal des relations d'Allen, qui contient 868 relations (Renz, 1999), nécessite des millions de ces règles *SWRL*. Ce qui rend, par conséquent, la mise en œuvre de la consistance de chemin impraticable.

Dans ce travail, nous utilisons la méthode de fermeture proposée dans (Batsakis S. , Petrakis, Tachmazidis, & Antoniou, 2017) (cf. Tableau 12) pour calculer les relations minimales contenant un ensemble tractable de relations de base:

```
Input: Set S of tractable relations
Table C of compositions
WHILE S size changes
BEGIN
    Compute C: Set of compositions of relations in S
    S=S ∪ C
    Compute I: set of intersections of relations in S
    S= S∩I
END
RETURN S
```

**Tableau 12 : Méthode de fermeture pour le calcul des relations minimales contenant un ensemble tractable de relations de base**

Dans cette méthode, l'entrée par laquelle nous commençons est un ensemble tractable de relations, ensuite les compositions et les intersections des relations sont appliquées itérativement jusqu'à ce qu'aucune nouvelle relation ne soit produite. Puisque les compositions et les intersections sont des opérations qui s'exécutent en temps constant (c'est-à-dire que pour l'exécution d'une opération, il existe une valeur  $k$  telle que le temps

écoulé pour l'exécution de cette opération, indépendamment de la taille du problème, est au plus  $k$ .), le temps de fermeture est linéaire par rapport au nombre total de relations de l'ensemble tractable identifié. Par conséquent, l'application de cette méthode de fermeture sur l'ensemble des relations de base d'Allen en résulte un ensemble tractable contenant 28 relations, illustré dans la section 6.2.

Il est à noter que, l'application de la consistance du chemin en utilisant des règles de la forme 1 sur  $n$  relations requiert des règles  $O(n^3)$ , cela veut dire que pour chaque sélection possible de trois relations, des règles doivent être définies, alors que la mise en œuvre de la consistance du chemin selon les formes 2 et 3 nécessite  $O(n^2)$ , puisque seules des règles pour chaque paire de relations doivent être définies. Par ailleurs, dans ce travail, nous optons pour les dernières formes (2 et 3) agissant sur les paires de relations pour l'application de la consistance du chemin :

$$\text{Forme 1 : } \quad \forall x, y, k \quad R_i(x, y) \cap (R_j(x, k) \circ R_k(k, y)) \rightarrow R_s(x, y)$$

$$\text{Forme 2 : } \quad R_1(x, y) \wedge R_2(y, z) \rightarrow R_3(x, z)$$

$$\text{Forme 3 : } \quad R_1(x, y) \wedge R_2(x, y) \rightarrow R_3(x, y)$$

D'autres améliorations et réductions peuvent être obtenues. En effet, la disjonction de toutes les relations de base d'Allen (*All*) lorsqu'elles sont composées avec une autre relation donne la même relation (*All*), tandis que les intersections donnent comme résultat l'autre relation avec laquelle l'intersection s'est faite. Expressément, ces améliorations veulent dire qu'étant donné que *All* représente la disjonction de toutes les relations de base et que  $R_x$  est une relation dans l'ensemble tractable, alors les règles suivantes s'appliquent pour chaque relation  $R_x$  :

$$All(x, y) \wedge R_x(x, y) \rightarrow R_x(x, y)$$

$$All(x, y) \wedge R_x(y, z) \rightarrow All(x, z)$$

$$R_x(x, y) \wedge All(y, z) \rightarrow All(x, z)$$

En plus, puisque la relation *All* tient toujours entre deux individus (parce que la relation *All* est la disjonction de toutes les relations possibles), toutes les règles impliquant cette relation, que ce soit les compositions ou les intersections, n'ajoutent pas de nouvelles relations dans l'ontologie. Egalement, toutes les règles dont la relation *All* résulte à la suite de la composition de deux relations tractables  $R_{x1}$ ,  $R_{x2}$  peuvent être retirées :

$$R_{x1}(x, y) \wedge R_{x2}(y, z) \rightarrow All(x, z)$$

Ainsi, puisque les intersections engendrent des relations existantes et que la disjonction de toutes les relations fondamentales d'Allen doit tenir entre deux intervalles, toutes les règles impliquant la disjonction de toutes les relations fondamentales d'Allen (*All*) et par conséquent toutes les règles générant cette relation comme résultat peuvent être retirées de la base de connaissances. Après avoir appliqué cette optimisation, le nombre requis d'axiomes pour la mise en œuvre de la consistance du chemin sur l'ensemble tractable minimal des relations d'Allen est réduit à 983.

### 6.3 L'ensemble des relations d'Allen supporté par le mécanisme de raisonnement

L'ensemble minimal des relations d'Allen tractables utilisées pour mettre en œuvre le mécanisme de raisonnement de la section 6.2 est présenté dans cette section. Les relations *Before*, *After*, *Meets*, *Metby*, *Overlaps*, *Overlappedby*, *During*, *Contains*, *Starts*, *Startedby*, *Ends*, *Endedby* et *Equals* sont représentés en utilisant les symboles  $B$ ,  $A$ ,  $M$ ,  $Mb$ ,  $O$ ,  $Ob$ ,  $D$ ,  $C$ ,  $S$ ,  $Sb$ ,  $E$ ,  $Eb$  et  $Eq$  respectivement. Cet ensemble tractable est composé des relations fondamentales d'Allen ou des disjonctions de relations de base représentées comme un ensemble de relations entre parenthèses:

$$\{B\}, \{A\}, \{A, D, C, O, Ob, Mb, S, Sb, E, Eb, Eq\}, \{A, D, Ob, Mb, E\}, \{A, C, Ob, Mb, Sb\}, \{A, Ob, Mb\}, \{B, D, C, O, Ob, M, S, Sb, E, Eb, Eq\}, \{B, D, O, M, S\}, \{B,$$

$C, O, M, Eb\}, \{B, O, M\}, \{D\}, \{D, C, O, Ob, S, Sb,$   
 $E, Eb, Eq\}, \{D, Ob, E\}, \{D, O, S\}, \{C\}, \{C, Ob, Sb\},$   
 $\{C, O, Eb\}, \{Eq\}, \{E\}, \{E, Eb, Eq\}, \{Eb\}, \{M\}, \{Mb\},$   
 $\{O\}, \{Ob\}, \{S\}, \{S, Sb, Eq\}, \{Sb\}.$

#### 6.4 Le raisonnement sur les instants

Le raisonnement sur les instants se fait en introduisant des règles SWRL DL-Safe, ces règles expriment les compositions des paires de relations de base entre deux instants. Nous rappelons que les relations temporelles possibles entre deux instants sont les relations de précédence à savoir avant (*before*), après (*after*) et égales (*equals*), représentées respectivement par "<", ">" et "=". Le Tableau 13 illustre donc l'ensemble des règles de raisonnement obtenues par la composition de chaque paire de relations de base.

| Relations | <       | = | >       |
|-----------|---------|---|---------|
| <         | <       | < | <, =, > |
| =         | <       | = | >       |
| >         | <, =, > | > | >       |

**Tableau 13 : La table de composition des relations temporelles basées sur des instants**

Les résultats de ce tableau représentent la composition de deux relations temporelles entre instants. Par exemple, si la relation R1 est maintenue entre instant1 et instant2 et que la relation R2 est maintenue entre instant2 et instant3 alors, l'entrée du Tableau 13, correspondant à la ligne R1 pour la relation R1 et à la colonne R2 pour la relation R2, indique la relation possible entre instant1 et instant3. De même, toutes les paires des trois relations temporelles sont déclarées disjointes, puisqu'elles ne peuvent pas avoir lieu simultanément entre deux instants.

Comme illustré dans le Tableau 13, toutes les compositions ne produisent pas une relation unique. Par exemple, la composition des relations *before* et *after* en résulte

que les trois relations sont possibles. Du fait que de telles compositions ne fournissent pas de nouvelles informations, les règles *SWRL* les exprimant peuvent être supprimées. Par conséquent, seules les règles correspondant aux compositions des relations  $R_1$  et  $R_2$  et qui en résultent une relation  $R_3$  unique, sont retenues. Ces règles seront donc au nombre de 7 et sont exprimées en *SWRL* en utilisant des règles de la forme suivante :

$$R_1(x, y) \wedge R_2(y, z) \rightarrow R_3(x, z)$$

Voici un exemple d'une telle règle d'inférence temporelle:

$$equals(x, y) \wedge before(y, z) \rightarrow before(x, z)$$

Donc comme nous avons pu voir, 7 des 9 entrées du Tableau 13 peuvent être exprimées en utilisant les règles *SWRL* tandis que les deux entrées restantes ne transmettent pas de nouvelles informations. Aussi, il est à noter qu'il se peut qu'une série de compositions de relations puisse engendrer des relations qui seraient incompatibles avec des relations existantes. Pour cela, nous faisons une vérification de la cohérence des résultats obtenus, et cela en implémentant la consistance du chemin (*path consistency*) (Van Beek & Cohen, 1990). Cette dernière applique itérativement la relation suivante:

$$\forall x, y, k \quad R_i(x, y) \cap (R_j(x, k) \circ R_k(k, y)) \rightarrow R_s(x, y)$$

En plus des règles *SWRL* impliquant les compositions de relations temporelles, un ensemble de règles définissant le résultat des relations d'intersection entre deux instances doit également être défini. Ces règles sont de la forme suivante:

$$R_1(x, y) \wedge R_2(x, y) \rightarrow R_3(x, y)$$

Par exemple, l'intersection de la relation *ALL*, qui représente la disjonction de *before*, *after* et *equals*, et la relation *before* en résulte la relation *before* comme suit:

$$ALL(x, y) \wedge before(x, y) \rightarrow before(x, y)$$

Il est à noter que  $R_3$  peut être la relation vide. A titre d'exemple, l'intersection des relations *before* et *after* donne la relation vide, et une incohérence est par conséquent détectée:

$$before(x, y) \wedge after(x, y) \rightarrow \perp$$

Aussi, comme le montre le Tableau 13, les compositions de relations de base en résultent l'une des quatre relations suivantes: *before*, *after*, *equals* et la disjonction de ces trois relations ( $<$ ,  $=$ ,  $>$ ). L'intersection de la disjonction des trois relations avec l'une des trois relations de base laisse cette dernière inchangée. Egalement, l'intersection de l'une des relations de base (non disjonctive) avec elle-même en résulte que la relation reste inchangée.

Ainsi, seules les intersections des paires de relations de base différentes affectent l'ontologie en générant la relation vide, entraînant ainsi une incohérence. En déclarant les trois relations de base *before*, *after*, et *equals* par paire disjointe, toutes les intersections qui peuvent affecter l'ontologie sont définies. Par conséquent, la consistance de chemin est implémentée en définissant des compositions de relations en utilisant des règles SWRL et en déclarant les trois relations de base comme disjointes. Il est à noter que la consistance du chemin est logique (*sound*) et complète lorsqu'elle est appliquée aux trois relations de base (Van Beek & Cohen, 1990).

Alternativement, nous pouvons définir un axiome de transitivité pour exprimer la composition de la relation *before* avec elle-même plutôt que par une règle SWRL. Dans ce cas, il ne serait pas nécessaire que les règles SWRL soient *DL-Safe*, c'est-à-dire qu'elles s'appliquent uniquement aux individus nommés dans la *ABox* car la représentation qui en résulte s'appliquera également à la *TBox*. Néanmoins, ceci n'est pas compatible avec la spécification *OWL 2* car la relation *before* doit être déclarée transitive afin d'en déduire des relations implicites et en même temps elle doit être déclarée disjointe avec sa relation inverse *after*. Aussi, la relation *before* doit être déclarée asymétrique et irréflexive, et tout cela afin de détecter des incohérences. En effet, les spécifications *OWL* interdisent la combinaison des axiomes de transitivité et de disjonction (ou d'asymétrie) sur une



propriété puisqu'ils peuvent conduire à un résultat indécidable (Lewis, 2001). Cette restriction est nécessaire pour garantir la décidabilité des problèmes de raisonnement de base pour *OWL2 DL*. Par conséquent, l'utilisation des règles *SWRL* demeure nécessaire pour le raisonnement et la vérification de la cohérence.

Dans les cas où les informations temporelles des instants sont fournies sous forme de dates, les relations qualitatives peuvent toujours être spécifiées à l'aide des règles *SWRL* qui s'appliqueront dans ce cas-là à la représentation quantitative. A titre d'exemple, la relation *before* peut être déduite entre deux instants dont les informations temporelles sont exprimées sous forme de dates en utilisant la règle *SWRL* suivante:

$$\begin{aligned} & Instant(x) \wedge Instant(z) \wedge inXSDDateTime(x, y) \\ & \wedge inXSDDateTime(z, w) \wedge lessThan(y,w) \\ & \rightarrow before(x, z) \end{aligned}$$

L'opérateur *lessThan* est remplacé dans la règle *SWRL* par l'opérateur *greaterThan* ou *equal* afin de donner les règles correspondantes pour les relations *after* et *equals* respectivement. Il est à noter que ces relations qualitatives peuvent également être combinées avec d'autres relations qualitatives affirmées et inférées en utilisant la consistance de chemin.

Puisque toutes les relations entre intervalles impliquent des relations entre leurs extrémités, elles peuvent donc être représentées au moyen de relations ponctuelles entre les instants représentant ces extrémités. Par ailleurs, les règles *SWRL* implémentant la transformation des relations d'Allen entre intervalles en relations entre instants représentant leurs points de début et de fin, ainsi que les règles *SWRL* générant des relations d'Allen à partir des relations entre leurs extrémités ont également été implémentées. Par exemple, la règle donnant la relation de base d'Allen *During* tenant entre deux intervalles à partir des relations entre leurs points d'extrémité est la suivante:

$$ProperInterval(a) \wedge ProperInterval(x) \wedge before(b, y)$$

$$\begin{aligned} & \wedge \text{before}(z, c) \wedge \text{hasBeginning}(a, b) \\ & \wedge \text{hasBeginning}(x, y) \wedge \text{hasEnd}(a, c) \wedge \text{hasEnd}(x, z) \\ & \rightarrow \text{intervalDuring}(x, a) \end{aligned}$$

Ainsi, les règles similaires à celle ci-dessus, qui expriment toutes les relations fondamentales d'Allen, sont également implémentées. Il est à noter que la transformation inverse, c'est-à-dire l'inférence des relations qualitatives entre instants délimitant des intervalles à partir des relations entre ces intervalles, ne peut être exprimée que par une seule règle *SWRL*. Par conséquent, une relation d'Allen entre deux intervalles correspond à quatre relations entre leurs points d'extrémités car les conjonctions à la tête des règles ne sont pas supportées dans *SWRL*. Par ailleurs, les conjonctions peuvent être exprimées en tant que règles avec une partie antécédente identique mais une tête différente. Par exemple, les règles suivantes représentent la transformation de la relation *IntervalOverlaps* exprimant une relation entre deux intervalles:

$$\begin{aligned} & \text{hasBeginning}(a, b) \wedge \text{hasBeginning}(x, y) \\ & \wedge \text{hasEnd}(a, c) \wedge \text{hasEnd}(x, z) \\ & \wedge \text{intervalOverlaps}(x, a) \rightarrow \text{before}(b, z) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{hasBeginning}(a, b) \wedge \text{hasBeginning}(x, y) \\ & \wedge \text{hasEnd}(a, c) \wedge \text{hasEnd}(x, z) \\ & \wedge \text{intervalOverlaps}(x, a) \rightarrow \text{before}(z, c) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{hasBeginning}(a, b) \wedge \text{hasBeginning}(x, y) \\ & \wedge \text{hasEnd}(a, c) \wedge \text{hasEnd}(x, z) \\ & \wedge \text{intervalOverlaps}(x, a) \rightarrow \text{before}(y, b) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{hasBeginning}(a, b) \wedge \text{hasBeginning}(x, y) \\ & \wedge \text{hasEnd}(a, c) \wedge \text{hasEnd}(x, z) \end{aligned}$$

$$\wedge \text{intervalOverlaps}(x, a) \rightarrow \text{before}(y, c)$$

Il est à noter que le raisonnement peut être considérablement accéléré si la consistance des données peut être assurée. Aussi, le raisonnement avec consistance de chemin peut être carrément supprimé dans les cas où toutes les relations sont spécifiées quantitativement (c'est-à-dire par des valeurs numériques). Par exemple, pour les intervalles dont les instants les délimitant sont connus, toutes les relations possibles entre eux peuvent être calculées en temps quadratique à partir des dates de leurs extrémités. L'ensemble calculé des relations est garanti cohérent et le raisonnement n'est donc pas nécessaire.

Il existe certains cas où la vérification de la cohérence n'est pas nécessaire, comme dans le cas où les assertions d'instance ont une disposition correcte sur l'axe de temps et ne contiennent donc pas de conflits, qu'ils soient implicites ou bien directs. Par conséquent, leurs relations temporelles sont cohérentes par définition. Dans ces cas-là, les propriétés temporelles n'ont pas besoin d'être déclarées disjointes et le raisonnement peut être réalisé en utilisant des axiomes *OWL* d'inclusion de rôle à la place des règles *SWRL*, et qui s'appliquent également à l'ontologie *TBox*. De tels axiomes sont de la forme suivante:

$$\text{before} \circ \text{equals} \subset \text{before}$$

Ainsi, toutes les compositions de relations peuvent être définies de la même manière. Aussi, les intersections des relations ne sont pas nécessaires dans le cas de relations d'algèbre linéaire entre les instants et si l'exigence de la vérification de la cohérence est également supprimée, seuls les axiomes *OWL* seront suffisants pour implémenter le mécanisme de raisonnement.

## 6.5 Les différentes représentations possibles des instants et intervalles

Sur la base du mécanisme de raisonnement, les différentes représentations des instants qui peuvent être implémentées sont, au total, au nombre de cinq:

- Une représentation quantitative des instants (P1): Les relations sont déduites en comparant les valeurs *xsd:datetime* des instants via des règles *SWRL* ;
- Une représentation qualitative uniquement en utilisant des règles *SWRL* (P2): Seules les relations qualitatives entre instants sont affirmées et le raisonnement utilisant la consistance du chemin implémenté dans *SWRL* est appliqué. ;
- Une représentation qualitative uniquement en utilisant des axiomes d'inclusion de rôle (P3): Seules les relations qualitatives entre instants sont affirmées et le raisonnement utilisant la consistance de chemin est implémenté en utilisant les axiomes *OWL 2* d'inclusion de rôle ;
- Une représentation qualitative et quantitative combinée en utilisant les règles *SWRL* (P4): Les relations déduites à partir des valeurs *xsd:datetime* et les relations qualitatives sont affirmées et le mécanisme de raisonnement combine les règles des représentations P1 et P2 ;
- Une représentation qualitative et quantitative combinée utilisant les axiomes *OWL* d'inclusion de rôle (P5): Les relations déduites à partir des valeurs *xsd:datetime* et les relations qualitatives sont affirmées et le mécanisme de raisonnement combine les règles *SWRL* de la représentation P1 et les axiomes *OWL* de la représentation P3.

En se basant sur ces représentations d'instants et sur les règles d'extraction des relations d'intervalles à partir des relations entre leurs points d'extrémités, cinq différentes représentations d'intervalles peuvent également être implémentées :

- Une représentation basée sur les intervalles d'Allen (I1): Où seules les relations qualitatives d'Allen sont affirmées directement entre les intervalles, leurs points d'extrémités ne sont pas utilisés, elles sont combinées avec le mécanisme de raisonnement de la Section 6.2 ;
- Une représentation quantitative basée sur les intervalles quantitatifs (I2): Seules les relations quantitatives basées sur les intervalles, dont les dates de début et de fin sont connues et exprimées via *xsd:datetime*, sont affirmées. Ainsi, les relations d'Allen sont extraites directement à travers les comparaisons des *xsd:datetime* ;
- Une représentation quantitative uniquement en utilisant les instants quantitatifs (I3): Seules les *xsd:dateTime* qui sont associés aux points représentant les extrémités des intervalles sont représentés et les relations d'Allen entre les intervalles sont déduites par des comparaisons des *xsd:dateTime* de leurs points d'extrémités ;
- Une représentation qualitative des intervalles basée sur les instants uniquement (I4): Seules les relations qualitatives entre points sont affirmées et le mécanisme de raisonnement est basé sur les règles de raisonnement sur les instants expliqué dans la section 6.4 ainsi que sur les règles de déduction des relations d'Allen entre intervalles, à partir des relations qualitatives entre leurs extrémités, expliquées dans la section 6.2 ;
- Une représentation qualitative/quantitative combinée d'intervalles (I5): les dates et les relations qualitatives entre les points sont affirmées et les comparaisons des

*xsd:dateTime* sont combinées avec les règles *SWRL* de la section 6.4 ainsi qu'avec les règles d'extraction des relations d'Allen à partir des relations entre leurs instants.

## 6.6 Evaluation

Le but de cette analyse et évaluation théorique est de montrer l'efficacité de notre approche et montrer également que le raisonnement conserve la logique (*soundness*), la complétude (*completeness*) et la solvabilité dans un temps fini (*tractability*) sur les ensembles des relations prises en charge.

L'expressivité de la représentation proposée dans ce travail est dans les limites de l'expressivité d'*OWL 2* et *SWRL*. Il est à noter qu'il est possible qu'une application puisse requérir une expressivité supplémentaire, et que cette dernière puisse être évaluée, mais ce type d'évaluation n'est pas discuté dans l'analyse ci-dessous.

Le raisonnement est obtenu en utilisant des règles *DL-safe* qui sont exprimées en *SWRL* et qui s'appliquent à des individus nommés dans l'ontologie *ABox*, de telle sorte à ce que la décidabilité soit conservée tout en offrant une procédure d'inférence logique (*sound*) et complète pour les intervalles temporels affirmés. De plus, le calcul des règles a une complexité de temps polynomiale puisque les ensembles de relations traitables sont tous supportés (Nebel & Burckert, 1995) (Van Beek & Cohen, 1990).

Puisque n'importe quel intervalle de temps peut être relié à tous les autres intervalles avec une relation de base d'Allen (les relations de base d'Allen sont mutuellement exclusives), entre  $n$  intervalles, au plus  $(n-1)^2$  relations peuvent être affirmées et ceci s'applique également dans le cas des relations temporelles entre instants. De plus, la consistance du chemin a une complexité  $O(n^5)$  dans le pire des cas (avec  $n$  étant le nombre d'intervalles ou d'instant) et est logique et complète (Renz & Nebel, 2007).

Dans le cas le plus général où les relations disjonctives sont supportées en plus des relations de base, tout intervalle (ou instant) peut être lié à tous les autres intervalles (ou instant) d'au plus  $k$  relations, où  $k$  représente la taille de l'ensemble des relations supportées. Par conséquent, pour  $n$  intervalles ou instants, en utilisant  $O(k^2)$  règles, au plus  $O(kn^2)$  relations peuvent être affirmées dans la base de connaissances. Dans le cas des instants temporels (algèbre ponctuelle), les relations qualitatives sur les instants temporels forment un ensemble traitable (Van Beek & Cohen, 1990) (c.-à-d. un ensemble de relations appliquant la consistance du chemin sur cette méthode logique et complète) si la relation  $\neq$  (c.-à-d. un instant temporel est avant ou après un autre instant) est exclue.

Ainsi, la méthode de raisonnement proposée peut être étendue avec des relations disjonctives telles que  $\geq$  pour indiquer qu'un instant est après ou égal à un autre. En appliquant la méthode de fermeture sur les relations temporelles d'Allen, les ensembles traitables minimaux contenant les relations de base sont constitués de 29 relations (Batsakis & Petrakis, 2011a). Pour cet ensemble, le nombre requis d'axiomes *OWL* et de règles *SWRL* est de 983 (Batsakis & Petrakis, 2011a). Le raisonnement sur les relations d'algèbre ponctuelle de base n'exige pas de relations supplémentaires et un total de 20 axiomes sont adéquats pour la mise en œuvre de la consistance du chemin (Batsakis, Stravoskoufos, & Petrakis, 2011b).

La limite supérieure  $O(n^5)$  mentionnée ci-dessus est obtenue comme suit: Au plus  $O(n^2)$  des relations peuvent être ajoutées dans la base de connaissances. A chaque étape de cet ajout, le raisonneur sélectionne 3 variables parmi  $n$  intervalles (ou instants) qui correspondent à  $O(n^3)$  choix différents possibles. Clairement, cette borne supérieure est pessimiste, puisque le nombre total d'étapes peut être inférieur à  $O(n^2)$  car une détection d'incohérence peut terminer le processus de raisonnement au début, ou les relations revendiquées peuvent produire un petit nombre d'inférences. De même, les moteurs d'exécution de règles de chaînage avant utilisent plusieurs optimisations (par exemple, l'algorithme *Rete* employé à l'implémentation *SWRL* de Pellet comme présenté dans (Kolovski, Parsia, & Sirin, 2006)), donc la sélection des variables appropriées

implique généralement moins d'essais que  $O(n^3)$ . Néanmoins, puisque l'utilisateur final peut utiliser n'importe quel raisonneur supportant *SWRL*, une sélection de variables du pire cas peut être supposée afin d'obtenir une limite supérieure pour la complexité. Néanmoins, garder le contrôle sur l'ordre de sélection des variables et l'application des règles donne une limite supérieure de  $O(n^3)$  pour la consistance du chemin (Stocker & Sirin, 2009).

L'expressivité requise des représentations proposées est dans les limites de l'expressivité d'*OWL 2* combinée avec les types de données *SWRL* ainsi que les *datatypes* exprimant la date et l'heure. Ainsi, des raisonneurs tels que *Pellet* et *HermiT* peuvent être utilisés pour raisonner. Le mécanisme de raisonnement est traitable puisqu'il consiste en des comparaisons de date/ heure et/ou de consistance de chemin en utilisant *SWRL* (Nebel & Burckert, 1995). Parallèlement au problème de la représentation des propriétés dynamiques en utilisant l'approche *4D-fluents* (ou les relations *N-aires*), la représentation des instants et des intervalles se présente. Un résumé de toutes les représentations proposées est présenté au Tableau 14.



| <b>Représentation</b>                                  | <b>P1</b> | <b>P2</b> | <b>P3</b> | <b>P4</b> | <b>P5</b> | <b>I1</b> | <b>I2</b> | <b>I3</b> | <b>I4</b> | <b>I5</b> |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Qualitative</b>                                     | Non       | Oui       | Oui       | Oui       | Oui       | Oui       | Non       | Non       | Oui       | Oui       |
| <b>Quantitative</b>                                    | Oui       | Non       | Non       | Oui       | Oui       | Non       | Oui       | Oui       | Non       | Oui       |
| <b>Raisonneur supporté:<br/>Hermit (H), Pellet (P)</b> | P         | H, P      | H, P      | P         | P         | H, P      | P         | P         | H, P      | P         |
| <b>Consistance du chemin</b>                           | N/A       | Oui       | Non       | Oui       | Non       | Oui       | N/A       | N/A       | Oui       | Oui       |

**Tableau 14 : Comparaison entre le raisonnement dans les représentations d'intervalles et d'instant**

Comme mentionné dans ce tableau, les approches exclusivement quantitatives n'ont pas besoin d'effectuer de vérification de la cohérence puisque les assertions date/heure représentent une instanciation valide de ces valeurs, alors que les assertions qualitatives imposent des restrictions qui ne peuvent pas être satisfaites. Aussi, à notre connaissance, *Hermit* et *Pellet* sont les seuls raisonneurs qui soutiennent actuellement *SWRL*, alors que seul *Pellet* supporte actuellement les comparaisons date/heure, nécessaires pour les règles *SWRL* et utilisées par des approches quantitatives.

## 6.7 Application du raisonnement à la prothèse de mémoire

Le raisonnement sur le temps a été appliqué à la prothèse de mémoire, tout d'abord en basant la représentation du temps sur les différentes méthodes qualitatives et quantitatives, qui seules ou combinées, permettent d'introduire les différentes relations interpersonnelles et les exprimer dans le temps (cf. section 6.5). Egalement, la déduction

des différentes relations entre intervalles et entre les différents instants s'est faite en introduisant un ensemble de règles *SWRL*, permettant ainsi d'exprimer la composition et la disjonction de ces relations. La procédure d'inférence présentée dans ce travail et appliquée à la prothèse de mémoire est logique et complète. En effet, elle est basée sur la consistance du chemin afin de garantir la cohérence des inférences obtenues. L'ensemble de ces règles *SWRL* nécessaire au raisonnement et qui ont été implémentées dans la prothèse de mémoire sont présents dans ce manuscrit (cf. Annexe G).

## **6.8 Conclusion du chapitre 6**

Dans ce chapitre nous avons étudié le raisonnement dans le cadre des intervalles temporels. Nous avons introduit une approche, basée sur la sémantique *OWL2* ainsi que sur les règles *SWRL DL-Safe*. Cette approche permet de raisonner sur les différentes relations temporelles entre les intervalles (et instants) quantitatifs et qualitatifs.

Grâce à l'approche de la représentation sémantique des relations entre intervalles de temps, présentées dans le chapitre précédent, nous avons réussi à réduire les relations d'Allen possibles entre différents intervalles présents dans la table des compositions, qui représente les relations d'Allen possibles entre les différentes relations liant les intervalles de temps qualitatifs.

Cette approche gère aussi bien les instants que les intervalles temporels, ainsi que les intervalles semi-fermés, et cela en utilisant une procédure d'inférence logique et complète basée sur la consistance de chemin.

Sur la base du mécanisme de raisonnement de cette approche, nous avons défini 10 différentes représentations qui peuvent être implémentées. Cinq représentations concernent la représentation des instants, et les cinq autres concernent la représentation des intervalles.

Une évaluation théorique sur cette approche a été réalisée afin de démontrer son efficacité et afin de montrer que le raisonnement, sur les ensembles de relations qu'il

prend en charge, conserve bien la logique (*soundness*), la complétude (*completeness*) et la solvabilité dans un temps fini (*tractability*). Ainsi, l'expressivité requise des représentations d'instant et d'intervalles proposées, est bien dans les limites de l'expressivité d'*OWL2-DL* combinée avec les types de données *SWRL*, ainsi que les *datatypes* exprimant la date et l'heure. Ce qui permet, par ailleurs, à des raisonneurs tels que *Pellet* et *HermiT* d'être utilisés pour raisonner.



**Chapitre 7 :**  
**CONCLUSION ET PERSPECTIVES**

Cette thèse s'inscrit dans la suite du projet VivA (Vivre à Paris avec Alzheimer en 2030 grâce aux nouvelles technologies), qui s'adresse principalement, aux patients d'Alzheimer souffrant de dégénérescence mnésique, dans leurs premiers stades de la maladie, et dont l'objectif final est d'élaborer une prothèse (ou orthèse) de mémoire, nommé *CaptainMemo*, dans le but d'aider ces patients dans leur vie quotidienne.

Dans ce travail de thèse, nous avons commencé par démontrer, dans un premier temps, la possibilité de l'utilisation de la prothèse de mémoire *CaptainMemo*, par les personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer, à travers un état de l'art sur les travaux de recherche effectuée sur les différents types de mémoires, composant la mémoire humaine.

Ensuite, nous avons effectué un état de l'art et benchmark sur les aide-mémoires existants, ces derniers ont été regroupés sous trois catégories : les aide-mémoires industriels destinés au grand public, les aide-mémoires industriels destinés aux personnes âgées, et enfin les aide-mémoires issus de travaux et projets de recherche. A l'issue cet état de l'art, nous avons conclu que l'ensemble de ces aide-mémoires, quels que soient leurs fonctionnalités et services proposés, ont été conçus pour des petites tâches bien spécifiques de la vie quotidienne, et pas spécialement pour des personnes atteintes de dégénérescence mnésique ; qu'ils ne disposent généralement pas de notion « d'intelligence », qui permettra l'aide aux personnes atteintes de dégénérescence mnésique ; d'autant plus que ces aide-mémoires ne prennent pas en compte le multilinguisme et le multiculturalisme, qui représente un objectif majeur d'une prothèse de mémoire, qui devrait être destinée à des patients issus éventuellement de différentes cultures et qui parlerait des langues différentes.

La prothèse de mémoire *CaptainMemo* a été pensée de telle manière à proposer quatre services :

- Le service « *Family/Entourage Show* »: qui représente la fonctionnalité majeure de la prothèse de mémoire, il permet aux patients d'Alzheimer de se rappeler les

membres de leurs familles ainsi que les personnes formant leur entourage, dans le but de leur socialisation ;

- Le service « *Autobiographical Training* »: qui propose un jeu basé sur un ensemble de questions-réponses, dans le but de stimuler la mémoire des patients d'Alzheimer ;
- Le service « *E-Diary* »: qui permet à la personne atteinte d'Alzheimer de raconter les principaux événements constituant sa journée : ses réflexions, ses problèmes de santé, les personnes qu'elle a rencontrée, etc. ;
- Le service « *Memo\_Calendring* » : qui propose une aide à la planification des activités de la vie quotidienne du patient d'Alzheimer : ses rendez-vous, ses factures à payer, sa liste de courses, ses dates et horaires de médicaments à prendre, etc.

Ce travail de thèse avait pour objectif de créer la base de connaissances nécessaire à l'élaboration du service « *Family/Entourage show* ». Pour l'élaboration de cette base de connaissances, nous avons choisi d'utiliser les technologies du web sémantique, et plus particulièrement une ontologie, pour la structuration des données stockées. En effet, l'ontologie nous permet de représenter la « sémantique » des données de cette base de connaissances, de lier entre ces données, de vérifier la cohérence des données insérées et enfin d'effectuer des déductions de nouvelles connaissances à partir de celles déjà existantes dans la base de connaissances.

Ainsi, nous avons effectué un état de l'art sur les différentes ontologies et vocabulaires destinés à la représentation des liens interpersonnels. Nous avons remarqué à travers cet état de l'art, que la plupart de ces vocabulaires manquent d'exhaustivité en terme de représentation de liens interpersonnels ; qu'il n'y a aucune représentation des liens interpersonnels qui émergent dans notre société actuellement ; que certains de ces

vocabulaires manquent de précision dans la représentation des relations interpersonnelles ; que la plupart de ces ontologies sont créées sans prendre en considération l'aspect culturel dans la définition des liens interpersonnels ; et finalement que seuls les concepts de la langue anglaise sont présents dans ces ontologies, sachant bien que la simple traduction des termes décrivant ces concepts est insuffisante, voire même qu'elle peut ne pas être correcte quand nous passons d'une culture/langue à une autre, et cela parce que les liens interpersonnels dépendent de la culture à laquelle ils appartiennent.

Par ailleurs, nous avons proposé une nouvelle ontologie de liens interpersonnels nommée *PersonLink*, qui définit d'une manière rigoureuse et exhaustive les liens familiaux dans trois cultures (française, marocaine et nord-américaine). Pour cela, nous avons commencé par introduire et énumérer les différents types de liens interpersonnels existants (l'alliance, la parenté, la grand-parenté, le lien avunculaire, le lien adelphique et le cousinage), à travers un état de l'art sociologique et historique sur ces différents liens. Ensuite, nous avons défini les relations interpersonnelles dites « particulières » ; nous avons expliqué leur présence ou absence dans les trois cultures que nous avons choisies ; et enfin nous avons présenté les termes utilisés dans les langues liées à ces cultures pour les exprimer. Nous avons également montré que les liens interpersonnels dépendaient de la culture à laquelle ils étaient liés. En parallèle, nous avons démontré à travers des exemples, que lors du passage d'une culture à une autre, plusieurs divergences pouvaient apparaître. Nous avons également montré que la problématique liée à l'aspect culturel ne se limite pas seulement aux ontologies décrivant les relations interpersonnelles mais qu'elle est présente dans les ontologies du Web de données en général, et que les travaux qui ont traité le passage d'une culture/langue à une autre ne sont pas compatibles avec les besoins d'utilisation de la prothèse de mémoire ; et que même la simple traduction littérale, proposée par certains travaux, pourrait être fautive du point de vue culturel.

Afin de solutionner cette problématique, nous avons proposé une approche que nous avons nommée « *ontologie en dentelle* ». Cette approche permet la représentation des



différents concepts de liens interpersonnels en prenant en considération l'aspect culturel. Ainsi, chaque concept est défini dans les trois cultures choisies dans ce travail, et pour chacun de ces concepts, un terme lui est éventuellement attribué dans la langue liée à chacune de ces cultures. Par ailleurs, l'absence du concept dans une culture est traduite par l'absence du terme lié à ce concept dans la langue liée à cette culture ; car le terme est plutôt représenté par une valeur nulle.

Quant au passage d'une culture/langue à une autre, nous avons introduit un algorithme permettant de faire cette transition. La particularité de cette solution, c'est qu'elle ne fait pas de la simple traduction, car si le terme n'existe pas dans la culture cible cela est mentionné, et un terme plus spécifique ou générique est par conséquent proposé.

Nous avons également relevé l'importance et l'implication de la sémantique liée aux liens interpersonnels, dans la définition des intervalles temporels les concernant. Par ailleurs, pour la représentation sémantique des liens interpersonnels diachroniques et qualitatifs, nous avons proposé une approche qui, en se basant se base sur le modèle *4D-Fluents*, permet à l'ontologie *PersonLink* d'exprimer précisément, selon la sémantique *OWL2* de chaque lien interpersonnel, les relations d'Allen possibles entre ses intervalles de temps. Cette solution permet à la prothèse de mémoire *CaptainMemo* de vérifier la cohérence de la temporalité des liens interpersonnels introduits par ses utilisateurs, même quand il s'agit d'intervalles temporels qualitatifs. Egalement, cette solution permet de réduire considérablement le nombre de relations d'Allen possibles entre ces différents intervalles.

Ensuite, nous avons étudié le raisonnement dans le cadre des intervalles temporels. Nous avons introduit une approche, basée sur la sémantique *OWL 2* ainsi que sur les règles *SWRL DL-Safe*. Cette approche permet de raisonner sur les différentes relations temporelles entre les intervalles (et instants) quantitatifs et qualitatifs. En parallèle, grâce à l'approche de la représentation sémantique des relations entre intervalles de temps, que nous avons présentée, la table des compositions, qui représente les relations d'Allen

possibles entre les différentes relations liant les intervalles de temps qualitatifs, a été considérablement réduite. Par ailleurs, cette approche gère aussi bien les instants que les intervalles temporels, ainsi que les intervalles semi-fermés, et cela en utilisant une procédure d'inférence logique et complète basée sur la consistance de chemin. De plus, sur la base du mécanisme de raisonnement de cette approche, nous avons pu définir 10 différentes représentations qui peuvent être implémentées. Cinq d'entre ces représentations concernent la représentation des instants, et les cinq autres concernent la représentation des intervalles.

Pour le développement de notre ontologie *PersonLink*, nous nous sommes appuyés sur les technologies du Web sémantique, notamment le langage *OWL 2*, qui permet à cette ontologie une expressivité élevée tout en préservant sa décidabilité. Par ailleurs, *OWL 2* permet l'inférence et le raisonnement sur les connaissances, tout en assurant la complétude et la décidabilité. Parallèlement à cela, les règles *SWRL* ont été utilisées dans l'ontologie *PersonLink* afin de permettre la vérification et la cohérence des connaissances, et également l'inférence de nouvelles connaissances à partir de celles déjà existantes. L'ontologie *PersonLink* compte actuellement trois classes (*Personne*, *Homme*, *Femme*), 94 relations interpersonnelles et 697 règles *SWRL* dont 582 règles sont pour l'inférence et la déduction des relations interpersonnelles, 8 règles pour la prise en compte de la sémantique des liens interpersonnels dans la représentation des intervalles temporels, et enfin 107 règles pour le raisonnement sur les intervalles et les instants. Notre ontologie est extensible, elle peut intégrer de nouveaux liens interpersonnels, et représenter ces liens dans d'autres nouvelles cultures.

Enfin, nous avons réalisé des expérimentations et implémentations afin de vérifier nos différentes approches :

- Une implémentation de l'ontologie *PersonLink* comme base de connaissances pour le prototype de la prothèse de mémoire *CaptainMemo*. *PersonLink* a permis à l'utilisateur de rentrer les relations liant entre deux personnes, d'inférer de

nouvelles relations à partir de celles déjà rentrées. *PersonLink* a également permis de contrôler les entrées de l'utilisateur grâce aux contraintes et règles définies dans l'ontologie, et aussi de détecter les incohérences, notamment quand il s'agit de l'introduction de la dimension temporelle des liens interpersonnels ;

- Des expérimentations dans le contexte du web de données, afin de valider le passage à l'échelle, ont été réalisées à travers l'application de l'ontologie à des *datasets* du *Linked Data*. Les résultats obtenus ont montré que *PersonLink* fournit des relations encore plus rigoureuses que celles qui existent dans ces *datasets*, permettant ainsi de donner des spécifications plus précises aux relations déjà existantes, et que *PersonLink* permet également de proposer et d'inférer de nouvelles relations à partir de celles déjà existantes, et cela dans le but de donner une description plus proche de la réalité de ces liens interpersonnels ;
- Une expérimentation de l'ontologie *PersonLink* a été réalisée dans la littérature, à travers son application à un sous-ensemble de la généalogie des personnages d'une œuvre de Balzac (*La Comédie Humaine*), cette expérimentation a permis de vérifier et valider l'exhaustivité des liens interpersonnels présents dans l'ontologie *PersonLink* ;
- Une évaluation théorique de l'approche sur le raisonnement temporel a été réalisée, afin de démontrer son efficacité et afin de montrer que le raisonnement, sur les ensembles de relations qu'il prend en charge, conserve bien la logique (*soundness*), la complétude (*completeness*) et la solvabilité dans un temps fini (tractability). Ainsi, l'expressivité requise des représentations d'instant et d'intervalles proposées, est bien dans les limites de l'expressivité d'*OWL 2* combinée avec les types de données *SWRL*, ainsi que les *datatypes* exprimant la date et l'heure. Ce

qui permet, par ailleurs, à des raisonneurs tels que *Pellet* et *HermiT* d'être utilisés pour raisonner.

Notre travail de recherche a pour perspectives :

- L'extension de l'ontologie *PersonLink*, en introduisant les liens interpersonnels « conviviaux », comme par exemple : l'épicier du quartier, le médecin traitant, etc., et aussi en introduisant d'autres cultures ;
- L'intégration de l'ontologie *PersonLink* dans des éditeurs de livres électroniques *e-books* (par exemple *SIGIL*). L'ontologie pourrait permettre par exemple au lecteur de connaître le lien interpersonnel entre le personnage qu'il a sélectionné avec le personnage principal, et les liens entre les différents personnages du roman. La solution fournie serait également valide aux traductions des relations interpersonnelles présentes dans les romans dans une autre langue ;
- L'application de l'ontologie multiculturelle et temporelle *PersonLink* dans le cadre du projet *QUALHIS* (CNRS *Mastodons*), qui a pour but la construction et l'interrogation des grandes bases prosopographiques historiques. En effet, l'ontologie *PersonLink* pourrait apporter une représentation sémantique rigoureuse des relations interpersonnelles décrivant une personne. Aussi, la représentation du temps introduite dans ce travail de thèse serait une bonne proposition pour l'historisation de ces liens interpersonnels, ainsi que l'établissement de l'ordre entre les différents intervalles de temps qualitatifs. Également, la dimension multiculturelle et multilingue de l'ontologie pourrait avoir une valeur ajoutée vu la mixité des cultures dans les bases prosopographiques interrogées dans le cadre de ce projet.

# Liste des Publications

Ce travail de thèse a fait l'objet de plusieurs publications scientifiques dans six conférences internationales, deux revues internationales avec comité de lecture, ainsi qu'à la rédaction d'un rapport scientifique et un chapitre de livre :

➤ *Conférences internationales avec comité de lecture :*

- **N. Herradi**, F. Hamdi, E. Metais. "A Semantic Representation of Time Intervals in OWL2", KEOD 2017, November 2017, Madeira, Portugal.
- F. Ghorbel, N. Ellouze, E. Metais, F. Hamdi, F. Gargouri, **N. Herradi**. "MEMO GRAPH: An Ontology Visualization Tool for Everyone", KES-2016 20th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems, September 2016, Vol. 96(2016), pp.265-274, Series Procedia Computer Science, York, UK.
- F. Ghorbel, N. Ellouze, E. Metais, F. Gargouri, F. Hamdi, **N. Herradi**. "Designing and Evaluating Interfaces for the CAPTAIN MEMO Memory Prosthesis", ACHI 2016 (The Ninth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions), April 2016, pp.16, Venice, Italy.
- **N. Herradi**, F. Hamdi, E. Metais, A. Soukane. "PersonLink: A Multilingual and Multicultural Ontology Representing Family Relationships", KEOD 2015, November 2015, Lisbon, Portugal.
- **N. Herradi**, F. Hamdi, F. Ghorbel, E. Metais, N. Ellouze, A. Soukane. "DEALING WITH FAMILY RELATIONSHIPS IN LINKED DATA", IWICM 2015, October 2015, Prague, Czech Republic.

- **N. Herradi**, F. Hamdi, E. Metais, F. Ghorbel, A. Soukane. "PersonLink: An Ontology Representing Family relationships for the CAPTAIN MEMO Memory Prosthesis", ER 2015 (Workshop AHA), October 2015, Vol. 9382, Series Lecture Notes in Computer Science, Stockholm, Sweden, (DOI: 10.1007/978-3-319-25747-1\_1).

➤ ***Revue internationale avec comité de lecture***

- E. Metais, F. Ghorbel, F. Hamdi, N. Ellouze, **N. Herradi**, A. Soukane. "Representing Imprecise Time Intervals in OWL 2", Enterprise Modelling and Information Systems Architectures -International Journal of Conceptual Modeling, pp. 120-132, 2018.
- E. Metais, F. Ghorbel, **N. Herradi**, F. Hamdi, N. Lammari, D. Nakache, N. Ellouze, F. Gargouri, A. Soukane. "Memory Prosthesis", Non-pharmacological Therapies in Dementia, vol. 3(2), pp. 177-180, 2015, (doi: ISSN: 1949-484X).

➤ ***Chapitre de livre :***

- E. Metais, F. Hamdi, N. Lammari, D. Nakache, F. Ghorbel, N. Ellouze, **N. Herradi**, A. Soukane. "Vers un système d'information personnel pour l'aide à la dégénérescence de mémoire", Titre du livre: "Ingénierie et management des systèmes d'information", December 2016, Cepadues, pp. 227-241, (ISBN: 978.2.36493.573.0).

➤ ***Rapport scientifique :***

- E. Metais, D. Nakache, **N. Herradi**, F. Ghorbel. "Rapport final du projet VIVA : Vivre à Paris avec Alzheimer grâce aux nouvelles technologies", Date de dépôt : 2014/12/31, Nb pages 134, (Tech. Rep.: CEDRIC-14-3246).

**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Access Project*. (2015). Consulté sur <http://www.aal-europe.eu/access/>
- Allen, J. F. (1983). Maintaining knowledge about temporal intervals. *Communications of the ACM*, 26(11), 832-843.
- Allen, J. F. (1984). Towards a general theory of action and time. *Artificial Intelligence*, 23(2), 123-154.
- Allen, J. F., & Hayes, P. J. (1990). Moments and points in an interval-based temporal logic. *Computational Intelligence*, 5(4), 225-238.
- Atkinson, C. (2007, April 19). Models versus Ontologies – What’s the Difference and where does it Matter?
- Attias-Donfut, C. (2008). Les grand-parents en Europe : de nouveaux soutiens de famille. (C. n. (CNAF), Éd.) *Informations sociales*, 5(149), p. 172.
- Attias-Donfut, C., Lapierre, N., & Segalen, M. (s.d.). *Le Nouvel Esprit de famille*. ODILE JACOB.
- Baddeley, A. (2000, November). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417-423.
- Baddeley, A., & Hitch, G. (1974). Working Memory. *Psychology of Learning and Motivation*, 8, 47-89.
- Barry, L., & Gasperoni, M. (2008). L'Oubli des origines. Amnésie et information généalogiques en histoire et en ethnologie. *Annales de Demographie Historique*, Centre National de la Recherche Scientifique.
- Batsakis, S., & Petrakis, E. (2011a). SOWL: A Framework for Handling Spatio-temporal Information in OWL 2.0. *International Workshop on Rules and Rule Markup Languages for the Semantic Web*, 242-249.



## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Batsakis, S., Petrakis, E., Tachmazidis, I., & Antoniou, G. (2017). Temporal Representation and Reasoning in OWL 2. *Semantic Web*, 8(6), 981-1000.
- Batsakis, S., Stravoskoufos, K., & Petrakis, E. (2011b). Temporal Reasoning for Supporting Temporal Queries in OWL 2.0. *International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems*, 558-567.
- Bois, J.-P. (2002). Vincent Gourdon, Histoire des grands-parents, Paris, Perrin, 2000, 453 p. (Belin, Éd.) *Revue d'histoire moderne & contemporaine*, 166-168.
- Borst, W. (1997). Construction of Engineering Ontologies for Knowledge Sharing and Reuse. (C. f. (CTIT), Éd.) Enschede, The Netherlands.
- Boudjaaba, F., & Arrizabalaga, M.-P. (2016, January). Les systèmes familiaux. De la cartographie des modes d'héritage aux dynamiques de la reproduction familiale et sociale. *Annales de démographie historique*, pp. 165-199.
- Bourdelaïs, P., & Gourdon, V. (2000). L'histoire de la famille dans les revues françaises (1960-1995) : la prégnance de l'anthropologie. *Annales de démographie historique*, 5-48.
- Buisson, M. (2003). *La fratrie, creuset de paradoxes*. (L'harmattan, Éd.)
- Burguière, A. (1997, Decembre). « Cher cousin » : les usages matrimoniaux de la parenté proche dans la France du XVIIIe siècle. *Annales. Histoire, Sciences Sociales.*, 52(6), 1339-1360.
- Caspar, P. (2010). TRÉVISI (Marion), Au cœur de la parenté. Oncles et tantes dans la France des Lumières. *Histoire de l'éducation*, 113-115.
- Cassagnes-Brouquet, S., & Yvernault, M. (2011- 2012 ). Frères et sœurs. Les liens adelphiques dans l'Occident antique et médiéval. *Frères et sœurs du Moyen Âge à nos jours* (pp. 1519-1521). Rennes-Toulouse: Brepols.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Chalupsky, H. (2000). *OntoMorph: A Translation System for Symbolic Knowledge. Principles of Knowledge Representation and Reasoning: Proceedings of the Seventh International Conference (KR)*.
- Corcho, O. (2005). *A Layered Declarative Approach To Ontology Translation With Knowledge Preservation*. Madrid: IOS Press.
- Cox, S., Little, C., Hobbs, J., & Pan, F. (2017, October 19). *Time Ontology in OWL*. Consulté sur W3C Recommendation: <https://www.w3.org/TR/owl-time/>
- Craver, C., Kwan, D., Steindam, C., & Rosenbaum, R. (2014, May). Individuals with episodic amnesia are not stuck in time. *Neuropsychologia*, 57, 191-195.
- Déchaux, J.-H. (2003). La parenté dans les sociétés modernes : un éclairage structural. *Recherches et prévisions, Caisse Nationale d'Allocations Familiales*, 53-63.
- Dou, D., McDermott, D., & Qi, P. (2005). Ontology Translation on the Semantic Web. *Journal on Data Semantics II*, 35-57.
- Drummond, N., & Shearer, R. (2006). The open world assumption. *eSI Workshop: The Closed World of Databases meets the Open World of the Semantic Web*.
- EDLAH deliverable*. (2015a). Consulté sur <http://deliverables.aal-europe.eu/call-5/edlah>
- Edlah project*. (2015a). Consulté sur [http://www.aal-europe.eu/wp-content/uploads/2017/03/Brochure\\_AAL\\_engl\\_new\\_Switzerland.pdf](http://www.aal-europe.eu/wp-content/uploads/2017/03/Brochure_AAL_engl_new_Switzerland.pdf)
- Eichenbaum, H. (1997). Declarative memory: Insights from cognitive neurobiology. *Annual Review of Psychology*, 48, pp. 547-572.
- Eustache, F. (2014). Mémoire épisodique et mémoire sémantique : du patient amnésique KC à la démence sémantique. (J. L. Eurotext, Éd.) *Neuropsychologie*, p. 66.
- Fine, A. (2011). *Frères et sœurs en Europe dans la recherche en sciences sociales*. (Belin, Éd.)

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Freebase*. (2010). Consulté sur <http://archive.wikiwix.com/cache/?url=http%3A%2F%2Fwww.freebase.com%2F>
- Gabail, L., & Kyburz, O. (2008). Hurons chez les Touaregs : une analyse comparée de deux réseaux matrimoniaux. (Belin, Éd.) *Annales de démographie historique*, 320.
- Gabbay, D. M., Hodkinson, I., & Reynolds, M. (1994). *Temporal Logic: Mathematical Foundations and Computational Aspects* (Vol. 1).
- Gabbay, D. M., Hogger, C. J., Robinson, J. A., & Galton, A. (1995). *Epistemic and temporal reasoning*. (O. .: Press, Éd.)
- Galton, A. (1990, March). A critical examination of Allen's theory of action and time. *Artificial Intelligence*, 42(2-3), 159-188.
- Grange, C., & Houseman, M. (2009). Objets d'analyse pour l'étude des réseaux de parenté : Une application aux familles de la grande bourgeoisie juive parisienne, XIXe-XXe siècles. *Annales de DemographieHistorique, Centre National de la Recherche Scientifique*, 105-144.
- Gruber, T. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. (ELSEVIER, Éd.) *Knowledge Acquisition*, 5(2), 199-220.
- Gruber, T. R. (1995, Nov./Dec.). Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing. *International Journal of Human-Computer Studies - Special issue: the role of formal ontology in the information technology*, 43(5-6), 907-928.
- Hajnal, J. (1965). European marriage patterns in perspective. In: *Glass DV, Eversley DE, eds. Population in history: essays in historical demography.*, 101-143.
- Hamberger, K., & Daillant, I. (2008). L'analyse de réseaux de parenté: concepts et outils. (Belin, Éd.) *Annales de démographie historique*, 320.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Herre, H., Heller, B., Burek, P., Hoehndorf, R., Loebe, F., & Michalek, H. (2006). General Formal Ontology (GFO) a foundational ontology integrating objects and processes. *Onto-Med Report*, 8.
- Hitzler, P., Krötzsch, M., Parsia, B., Patel-Schneider, P., & Rudolph, S. (2012, Decembre 11). *OWL 2 Web Ontology Language*. Consulté sur W3C Recommendation: <https://www.w3.org/TR/owl2-primer/>
- Horrocks, I., Kutz, O., & Sattler, U. (2006, June). The even more irresistible SROIQ. *KR'06 Proceedings of the Tenth International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning*, 57-67.
- Horrocks, I., Sattler, U., & Tobies, S. (1999). Practical Reasoning for Expressive Description Logics. *International Conference on Logic for Programming Artificial Intelligence and Reasoning*, 161-180.
- Houseman, M., Grange, C., & Hamberger, K. (2005-2009). *Projet TIPP « Traitement Informatique des phénomènes de parenté »*.
- Houseman, M., Hamberger, K., Grange, C., & Momon, C. (2014). Scanning for patterns of relationship: analyzing kinship and marriage networks with Puck 2.0. *The History of the Family*, 564-596.
- Klein, M., & Fensel, D. (2001). Ontology Versioning on the Semantic Web. (Citeseer, Éd.) *In Proceedings of the International Semantic Web Working Symposium (SWWS)*, 75–91.
- Kolovski, V., Parsia, B., & Sirin, E. (2006). Extending the SHOIQ(D) Tableaux with DL-safe Rules: First Results. (CEUR-WS.org, Éd.) *CEUR Workshop Proceedings*, 189, 192-199.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Lehmann, J., Isele, R., Jakob, M., Jentzsch, A., Kontokostas, D., Mendes, P. N., . . . Bizer, C. (2015). DBpedia - A Large-scale, Multilingual Knowledge Base Extracted from Wikipedia. *Semantic Web*, 6(2), 167-195.
- Lehmann, J., Isele, R., Jakob, M., Jentzsch, A., Kontokostas, D., Mendes, P., . . . Bizer, C. (2012). DBpedia – A Large-scale, Multilingual Knowledge Base Extracted from Wikipedia. *Semantic Web*, 1-29.
- Lewis, D. K. (2001). *On the Plurality of Worlds*. (Wiley-Blackwell, & 2. Revised edition (February 8, Éds.)
- Masolo, C., Borgo, S., Gangemi, A., Guarino, N., & Oltramari, A. (2003). *WonderWeb: Ontology Infrastructure for the Semantic Web*.
- McCarthy, J., & Hayes, P. (1981). Some Philosophical Problems from the Standpoint of Artificial Intelligence. *Readings in Artificial Intelligence*, 431-450.
- McKenna, P., & Gerhand, S. (2002). Preserved Semantic Learning in an Amnesic Patient. *Cortex*, 38(1), 37-58.
- McRae, K., & Jones, M. (2012). Semantic memory. *The Oxford Handbook of Cognitive Psychology*.
- Meiland, F., Reinersmann, A., Bergvall-Kåreborn, B., Craig, D., Moelaert, F., Mulvenna, M., . . . Dröes, R.-M. (2007). COGKNOW development and evaluation of an ICT-device for people with mild dementia. *Studies in health technology and informatics*, 166-77.
- Métais , E., Lammari , N., Si-Said Cherfi, S., Du Mouza, C., & Amara, S. (2011, Novembre). Projet VIVA : Vivre avec Alzheimer en 2030. *colloque international sur l'avenir des villes*. Paris.
- Métais, E., & Nakache, D. (2014). *Rapport final du projet VIVA : Vivre à Paris avec Alzheimer grâce aux nouvelles technologies*. Paris.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Metais, E., Ghorbel, F., Hamdi, F., Ellouze, N., Herradi, N., & Soukane, A. (2018). Representing Imprecise Time Intervals in OWL 2. *Enterprise Modelling and Information Systems Architectures -International Journal of Conceptual Modeling*, 13, 120-132.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63(2), 81-97.
- Minsky, M. (1974). *A Framework for Representing Knowledge*. Massachusetts Institute of Technology Cambridge, MA.
- Montiel-Pnsoda, E., Gracia, J., Aguado de Cea, G., & Gomez-Perez, A. (2011, October). Representing Translations on the Semantic Web. *Proceeding of 2nd Workshop on the Multilingual Semantic Web, at ISWC'11*.
- Motik, B., Shearer, R., & Horrocks, I. (2009, September). Hypertableau reasoning for description logics. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 165-228.
- Mulvenna, M., Martin, S., Sävenstedt, S., Bengtsson, J., Meiland, F., Dröes, R., . . . Craig, D. (2010). Designing & evaluating a cognitive prosthetic for people with mild dementia. *ECCE '10 Proceedings of the 28th Annual European Conference on Cognitive Ergonomics*, 11-18 .
- MyLife project*. (2015). Consulté sur <http://www.karde.no/mylife-project.org/>
- Nebel, B., & Burckert, H. J. (1995). Reasoning About Temporal Relations: A Maximal Tractable Subclass of Allen's Interval Algebra. *Journal of the ACM*, 42(1), 43-66.
- Noy, N., Rector, A., Hayes, P., & Welty, C. (2016, April 12). *Defining N-ary Relations on the Semantic Web*. Consulté sur W3C Working Group Note: <https://www.w3.org/TR/swbp-n-aryRelations/>
- Polo, L., & Mínguez, I. (2010, November 8). *Who Am I! Vocabulary Specification*. Consulté sur Ontology Who Am I!: <http://vocab.ctic.es/wai/wai.html>

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Projets Access and Assisted Living Program (AAL)*. (2015). Consulté sur <http://www.aal-europe.eu/>
- Quillian, M. (1967, September). Word concepts: A theory and simulation of some basic semantic capabilities. *Behavioral Science*, 12(5), 410–430.
- Quine, W. v. (1960). *Le mot et la chose*. Flammarion.
- RDF - Semantic Web Standards*. (2014). Consulté sur <https://www.w3.org/RDF/>
- Renz, J. (1999). Maximal Tractable Fragments of the Region Connection Calculus: A Complete Analysis. *IJCAI '99 Proceedings of the Sixteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence*, 448-455.
- Renz, J., & Nebel, B. (2007). Qualitative Spatial Reasoning using Constraint Calculi. Dans *Handbook of Spatial Logics* (pp. 161-215). doi:10.1007/978-1-4020-5587-4\_4
- Riedel, W., & Blokland, A. (2015). Declarative Memory. Dans *Handbook of experimental pharmacology* (Vol. 228, pp. 215-36).
- Sainath, R. (2007). *Use of Personal Digital Assistants (PDAs) by Individuals with Acquired Brain Injury: Does it Improve Their Adaptive Function?* San Diego: Alliant International University, California School of Professional Psychology, San Diego.
- Salthouse, T. A. (2009). "When does age-related cognitive decline begin?". *Neurobiol Aging*, 507-514.
- Salthouse, T. A., Schroeder, D. H., & Ferrer, E. (2004). Estimating Retest effects in Longitudinal Assessments of Cognitive Functioning in Adults between 18 and 60 years of age. *Developmental Psychology*, 813-822.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Schild, K. (1989). *Towards a Theory of Frames and Rules*. Berlin: Technische Universitaet Berlin.
- Segalen, M., & Giordani, G. (1999). *Cadets*. (C. Eds, Éd.)
- Seron, X. (2007). La mémoire de travail : du modèle initial au buffer épisodique. *Neuropsychologie de la mémoire de travail*, pp. 13-33.
- Shacter, D. L. (1987). Implicit Memory: History and Current Status. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13(3), 501-518.
- Shacter, D. L. (1990). Introduction to "Implicit memory: Multiple perspectives". *Bulletin of the Psychonomic Society*, 28(4), 338-340.
- Shacter, D. L. (1992). Priming and Multiple Memory Systems: Perceptual Mechanisms of Implicit Memory. *Journal of cognitive neuroscience*, 4, 244-56.
- Sirin, E., Parsia, B., Cuenca Grau, B., Kalyanpur, A., & Katz, Y. (2007). Pellet: A practical OWL-DL reasoner. (ELSEVIER, Éd.) *Journal of Web Semantics*, 51-53.
- Smith, B. (1998). Basic Concepts of Formal Ontology. *Formal Ontology in Information Systems*, 19-28.
- Sonopa deliverable*. (2014). Consulté sur <http://deliverables.aal-europe.eu/call-5/sonopa>
- Spataro, P., Rossi-Arnaud, C., & Mulligan, N. W. (2017). Implicit Versus Explicit Memory. Dans *Reference Module in Neuroscience and Biobehavioral Psychology*.
- Stocker, M., & Sirin, E. (2009). PelletSpatial: A Hybrid RCC-8 and RDF/OWL Reasoning and Query Engine. *Proceedings of the 6th International Workshop on OWL: Experiences and Directions*, 529, 39-48. doi:10.13140/2.1.1111.5521
- Structure et vieillissement de la population*. (s.d.). Consulté sur [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Population\\_structure\\_and\\_ageing/fr](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Population_structure_and_ageing/fr)



## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Studer, R., Benjamins, V., & Fensela, D. (1998, March). Knowledge engineering: Principles and methods. *Data & Knowledge Engineering*, 25(1-2), 161-197.
- Suchanek, F., Kasneci, G., & Weikum, G. (2007, May 8-12). Yago: A Core of Semantic Knowledge Unifying WordNet and Wikipedia. *Proceedings of the 16th International Conference on World Wide Web*, 697-706.
- (2011). *The 2012 Ageing Report: Underlying Assumptions and Projection Methodologies. European Economy*.
- Toulemon, L. (2012). Évolution des fratries : les enseignements de la démographie. *Informations sociales*, 173(5), 24-31.
- Tulving, E. (1972). Episodic and semantic memory. Dans E. Tulving, & W. Donaldson, *Organization of Memory* (pp. 381–402). New York: Academic Press.
- Tulving, E. (1993, June). What Is Episodic Memory? *Current Directions in Psychological Science*, 2(3), 67-70.
- Tulving, E. (1995). Organization of memory: Quo vadis? *The cognitive neurosciences*, 839-853.
- Tulving, E. (2002). Episodic Memory: From Mind to Brain. *Annual Review of Psychology*, 53, 1-25.
- Uschold, M., & Gruninger, M. (s.d.). Ontologies: principles, methods and applications. *The Knowledge Engineering Review*, 11(2), 93-136.
- Van Beek, P., & Cohen, R. (1990, Aug). Exact and approximate reasoning about temporal relations. *Computational Intelligence*, 6(3), 132-147. doi:10.1111/j.1467-8640.1990.tb00130.x
- Van der Linden, M., Bredart, S., Depoorter, N., & Coyette, F. (1996). Semantic Memory and Amnesia: A Case Study. *Cognitive Neuropsychology*, 13, 391-413.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

*VictoryaHome deliverable*. (2015). Consulté sur <http://deliverables.aal-europe.eu/call-5/victoryahome>

Welty, C., & Fikes, R. (2006). A Reusable Ontology for Fluents in OWL. *Formal Ontology in Information Systems, Proceedings of the Fourth International Conference*, 226–336.

*WeTakeCare deliverable*. (2015). Consulté sur <http://deliverables.aal-europe.eu/call-5/wetakecare>

*Wikidata*. (2018, september). Consulté sur [https://www.wikidata.org/wiki/Wikidata:Main\\_Page](https://www.wikidata.org/wiki/Wikidata:Main_Page)

# **ANNEXES**

## Annexe A Tableaux récapitulatifs de la représentation des différentes relations interpersonnelles dans les vocabulaires étendant FOAF

Dans cette annexe, je trace quatre tableaux récapitulatifs de la présence éventuelle des relations interpersonnelles particulières, cités dans la section 4.3.3, dans les différents vocabulaires que j'ai traités dans la section 3.2.

### a. Légende

**Vocabulaire:Relation** : Propriété existante avec une prise en charge claire et définie du type de la relation.

**Vocabulaire:Relation** : Propriété existante, avec une définition générique, donc la propriété peut inclure le type de relation.

**Vocabulaire:Relation** : Le type de la relation est absent dans la définition de la propriété mais peut être assimilé.

**Vocabulaire:Relation** : Propriété existante mais la relation ne peut pas correspondre à cause des restrictions.

**Vocabulaire:Relation** : Propriété proche mais ne peut pas être assimilée.

























**Vocabulaire:Relation** : Propriété inexistante.

ANNEXES

| Relation<br>Vocabulaire  | Mariage homosexuel       | Polygamie                | Mariage consanguin       |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <i>Weighted Interest</i> |                          |                          |                          |
| <i>Relationship</i>      | <i>Rel:spouseOf</i>      | <i>Rel:spouseOf</i>      | <i>Rel:spouseOf</i>      |
| <i>FOAF Trust</i>        |                          |                          |                          |
| <i>Bio</i>               | <i>Bio:Marriage</i>      | <i>Bio:Marriage</i>      | <i>Bio:Marriage</i>      |
| <i>Whois</i>             |                          |                          |                          |
| <i>Visit</i>             |                          |                          |                          |
| <i>Contact</i>           |                          |                          |                          |
| <i>WAI</i>               |                          |                          |                          |
| <i>AgRelOn</i>           | <i>Agrelon:hasSpouse</i> | <i>Agrelon:hasSpouse</i> | <i>Agrelon:hasSpouse</i> |

**Tableau 15 : Les relations "particulières" de mariages selon leur éventuelle présence dans les vocabulaires et ontologies existants**

ANNEXES

| Vocabulaire \ Relation   | PACS  | Concubinage  | Union libre   |
|--------------------------|---|--|---|
| <i>Weighted Interest</i> |    |    |    |
| <i>Relationship</i>      |    |    |    |
| <i>FOAF Trust</i>        |    |    |    |
| <i>Bio</i>               | <i>Bio.Marriage</i>   | <i>Bio.Marriage</i>  | <i>Bio.Marriage</i>   |
| <i>Whois</i>             |   |   |   |
| <i>Visit</i>             |  |  |  |
| <i>Contact</i>           |  |  |  |
| <i>WAI</i>               |  |  |  |
| <i>AgRelOn</i>           |  |  |  |



















**Tableau 16 : Les relations "particulières" représentant les unions hors mariages selon leur éventuelle présence dans les vocabulaires et ontologies existants**

ANNEXES

| Relation<br>Vocabulaire  | Adoption homoparentale           | Adoption monoparentale           | Notion de « Mère porteuse »        |
|--------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| <i>Weighted Interest</i> |                                  |                                  |                                    |
| <i>Relationship</i>      | <i>Rel:childOf</i>               | <i>Rel:childOf</i>               | <i>Rel:parentOf</i>                |
| <i>FOAF Trust</i>        |                                  |                                  |                                    |
| <i>Bio</i>               | <i>Bio:Adoption</i>              | <i>Bio:Adoption</i>              | <i>Bio:Mother</i>                  |
| <i>Whois</i>             |                                  |                                  |                                    |
| <i>Visit</i>             |                                  |                                  |                                    |
| <i>Contact</i>           |                                  |                                  |                                    |
| <i>WAI</i>               |                                  |                                  |                                    |
| <i>AgRelOn</i>           | <i>Agrelon:hasAdoptiveParent</i> | <i>Agrelon:hasAdoptiveParent</i> | <i>AgRelOn:hasBiologicalParent</i> |

**Tableau 17 : Les relations "particulières" représentant les adoptions et la Gestation pour autrui dans les vocabulaires et ontologies existants**

ANNEXES

| Relation<br>Vocabulaire  | Notion de « beaux-parents »  | Parrainage  |
|--------------------------|--|---|
| <i>Weighted Interest</i> |                                 |                                |
| <i>Relationship</i>      |                                 |                                |
| <i>FOAF Trust</i>        |                                 |                                |
| <i>Bio</i>               |                                 |                                |
| <i>Whois</i>             |                               |                              |
| <i>Visit</i>             |                               |                              |
| <i>Contact</i>           |                               |                              |
| <i>WAI</i>               |                               |                              |
| <i>AgRelOn</i>           |  <i>Agrelon.hasStepParent</i> |  <i>Agrelon.hasGodParent</i> |

**Tableau 18 : La représentation des notions de « Beaux-parents » et de parrainage dans les vocabulaires et ontologies existants**



## **Annexe B Enquête sur la représentation temporelle des liens interpersonnels**

Dans cette annexe, nous montrons les résultats de l'enquête réalisée sur un groupe de personnes, avec des tranches d'âges différentes, afin de déterminer comment des personnes questionnées expriment une information temporelle lorsqu'ils évoquent les liens interpersonnels qu'ils partagent avec d'autres personnes.

Le tableau montre un résultat évoquant 101 connaissances. Les noms de ces connaissances ainsi que ceux des personnes qui les ont cités ont été changés pour garder leur anonymat.

Pour représenter ces connaissances, les gens ont tendance à exprimer les relations temporelles soit :

- par rapport à un événement ;
- en donnant une date exacte ;
- en donnant une tranche d'année ;
- Par rapport à un statut personnel ;
- Par rapport à un statut professionnel ;
- Par rapport à un âge.

ANNEXES

| Nom de la personne | Age | Nom de sa connaissance                   | Le lien formant cette relation    | Référence 1 utilisée lors de l'évocation de cette relation | Référence 2 utilisée lors de l'évocation de cette relation | Référence 3 utilisée lors de l'évocation de cette relation |
|--------------------|-----|--|-----------------------------------|--|--|--|
| François COURTOIS  | 82  | Mohamed                                  | Voisin                            | Après la tempête   | janv-00  |  |
|                    |     | Personne X (Chauffeur de camion-citerne) | Connaissance                      | Au régiment  | Environ 1956   |  |
| Michèle SIMARD     | 81  | Père S.                                  | Épicier                           | Quand sa fille avait 5-6ans                                | Vers les années 1961 - 62 -                                |  |
|                    |     | Françoise C. (décédée)                   | Amie                              | Pot de retraite de son conjoint                            | Depuis sa retraite   | Année 1994 à 2015  |
|                    |     | Annie D. (décédée)                       | Amie d'enfance                    | Elles avaient toutes les deux 8ans                         | Elles étaient dans la même classe                          |  |
|                    |     | Mme F.                                   | Amie                              | Depuis une dizaine douzaine d'années                       | Depuis la retraite de l'autre personne                     |  |
|                    |     | Personne X                               | Commerçant                        | Il venait au marché Carnot                                 | Une dizaine d'années                                       |  |
| Nordine L.         | 69  | Hassan                                   | Ami                               | Depuis 50ans   |  |  |
|                    |     | Mostafa                                  | Ex-Collègue de travail            | Il y a 46 ans  |  |  |
|                    |     | Azedine J.                               | Ami (Voisin)                      | Depuis la naissance  |  |  |
|                    |     | Mostafa                                  | Dentiste                          | Depuis environ 4/5 ans                                     |  |  |
|                    |     | Omar J.                                  | Voisin (Frère de son ami Azedine) | Depuis la naissance d'Omar                                 |  |  |
| Aïcha T.           | 59  | Hanane                                   | Amie et ex-collègue               | Elles étaient ensemble au travail                          | 4 ans ou plus qu'elles ne se sont plus revues              |  |
|                    |     | Souad ATALA                              | Ex-collègue                       | Au travail   | De 1981 à 2004   |  |
|                    |     | Fatima                                   | Voisine                           | Depuis 16ans   |  |  |
|                    |     | Saida D.                                 | Belle sœur de sa sœur             | Depuis 16 ans  |  |  |
| Wafaa              | 31  | Nora Kobeis                              | Collègue                          | Depuis l'intégration de RAM Handling                       | En 2010  |  |
|                    |     | Diego                                    | Supérieur hiérarchique            | Quand Elle était à Marhandling                             | De 2006 à 2010   |  |
|                    |     | Amine                                    | Collègue                          | Quand Elle était à Marhandling                             | Depuis qu'il a intégré l'équipe à Marhandling              |  |
| Samira S.          | 42  | Karam Ouakim                             | Ex-collègue                       | Pilote à la RAM Quand elle travaillait à la                | l'a connu pendant 4 ans                                    | entre 1999 et 2003   |
|                    |     | Salma Wakidi                             | Amie et collègue                  | Se sont connues dans un vol Casa-Paris                     | depuis 2005  |  |
|                    |     | Fahd Jebbar                              | Ami et mari de sa collègue        | Se sont connus à travers son amie Salma Wakidi             | Depuis 11ans   |  |
|                    |     | Ghita Sayeh                              | Collègue                          | depuis 5 ans   |  |  |
|                    |     | Fayyad                                   | Mari                              | depuis 10 ans  | se sont connus en 2004 à l'aéroport                        |  |
| Amal S.            | 45  | Marouane                                 | Ex-Mari                           | Mariés entre 2005 et 2011 depuis une vingtaine d'années    | Ex-collègue  | travaillaient ensemble à la RAM                            |
|                    |     | Samia                                    | Amie                              |  |  |  |
| Halima M.          | 27  | Wissam                                   | Son coiffeur                      | depuis la 1ère année du Bac                                | en 2005  |  |
|                    |     | Halima                                   | Meilleure amie                    | depuis 10 ans  |  |  |
|                    |     | Simohamed                                | son fiancé                        | depuis 1 an  | se sont connus il y a 5 ans                                | étaient ensemble à l'université                            |
| Salwa M.           | 23  | Simohamed                                | futur beau-frère                  | via sa sœur il y a 4 ans                                   |  |  |
|                    |     | Sara                                     | Amie et voisine                   | depuis sa naissance  |  |  |
| Karim J.           | 40  | Ayman                                    | son Entraîneur                    | quand il s'entraînait pour la ceinture noir en Karaté      | Il y a à peu près 7 ans                                    |  |
|                    |     | Amina                                    | sa femme                          | depuis 2003  |  |  |
|                    |     | Mazal                                    | Amie                              | Se sont rencontrés dans une soirée en 2003                 | Quand il était adhérent à « la casa de España »            |  |

ANNEXES

|           |    |                |                                  |  |   |  |
|-----------|----|----------------|----------------------------------|--|---|--|
| Latifa L. | 35 | Mazal          | Amie                             | Se sont rencontrés dans une soirée en 2003                                     | Quand elle était adhérent à « la casa de España » |  |
|           |    | Saad Lemjarrad | chanteur                         | Quand elle a entendu sa chanson "Enta maalem"                                  | En 2015   | Quand elle était en voiture, en route vers Marrakech |
| Dounia M. | 27 | Khalid         | Mari                             | Depuis juillet 2015  |   |  |
|           |    | Mohamed Sajid  | Ami                              | Depuis l'école primaire  |   |  |
|           |    | Rabab          | Belle sœur                       | Depuis Juillet 2015  |   |  |
|           |    | Samira         | Belle mère                       | Depuis Juillet 2015  |   |  |
|           |    | Kaoutar        | Amie                             | Au Cours de danse  | Il y a à peu près 4 ans                           |  |
|           |    | Monsif         | son "wedding planner"            | depuis 2015  |   |  |
|           |    | Zineb Taybi    | Ex-colocataire                   | à l'université Hassan 2  | Pendant 2ans                                      | en Bac+1 et Bac+2                                    |
| Rabaa A.  | 57 | Mostafa        | Jardinier                        | Depuis qu'ils ont acheté avec son mari leur maison                             | depuis 2010                                       |  |
|           |    | Si-Brahim      | Agent de sécurité                | Depuis qu'ils ont acheté avec son mari leur maison jusqu'à son décès           | entre 2010 et aout 2015                           |  |
| Salma K.  | 32 | Kenza Hraoui   | Collègue                         | Depuis qu'elle est arrivée à Wafa Banque                                       | en 2012   |  |
|           |    | Said Moustaoui | Ex-Collègue                      | Quand elle était à la SG   | De 2007 à 20011                                   |  |
|           |    | Salim Kettani  | Mari                             | depuis Mai 2008  |   |  |
| Farah D.  | 20 | Michèle S.     | sa Prof de français              | au CCF (Centre Culturel Français)  | depuis 3 ans                                      |  |
|           |    | Karam          | Ami                              | au CCF (Centre Culturel Français)  | depuis 2011                                       |  |
|           |    | Madame Kettani | Connaissance (directrice au CCF) | depuis 2011  |   |  |
|           |    | Salim          | Camarade de classe               | à l'université   |   |  |
|           |    | Amal           | Amie d'enfance                   | jusqu'à 2006   | étaient ensemble à l'école primaire               |  |
| Nada D.   | 20 | Kaoutar Baladi | Amie                             | depuis 2013  | l'a connue à l'université                         |  |
|           |    | Marouane Taybi | Camarade de classe               | il y a un an   |   |  |
|           |    | Jalila         | Voisine et amie                  | depuis son enfance   |   |  |
| Farouk D. | 25 | Sami Tawfik    | Ami                              | Jouaient ensemble à l'équipe "Amal" du WAC (Equipe junior du club de foot WAC) |   |  |
|           |    | Loyal          | Copine                           | depuis 2 ans   | Depuis la remise de diplôme                       | depuis 2014  |
|           |    | Reda Fechtali  | Ami                              | Depuis le lycée  |   |  |
|           |    | Sonia          | Amie de sa copine                | depuis 2 ans   | A travers Loyal sa copine                         |  |
| Hassan D. | 47 | Souad T.       | sa femme                         | depuis 20 ans  | se sont connues dans un mariage                   |  |
|           |    | Mohamed        | Fournisseur                      | Il y a environ 12 ans  |   |  |
|           |    | Talib          | collègue                         | depuis 10 ans  |   |  |
|           |    | Soumiya        | Collaboratrice                   | depuis 2009  |   |  |
| H         | 60 | Personne X     | Ami                              | En 1964  | Quand il était au Primaire                        |  |
|           |    | Personne Y     | Ami                              | Quand il était au collège  |   |  |
| Elsa      | 56 | Marie-France   | amie                             | école primaire, 6ième, 5ième   |   |  |
| F         | 36 | Nebrasse       | étudiante                        | Elle a fait sa thèse avec elle   |   |  |
| F         | 44 | Elisabeth      | amie                             | Il y'a 17 ans durant son stage de DEA à l'université                           |   |  |
| F         | 40 | marion         | amie                             | lors d'un voyage au canada   |   |  |

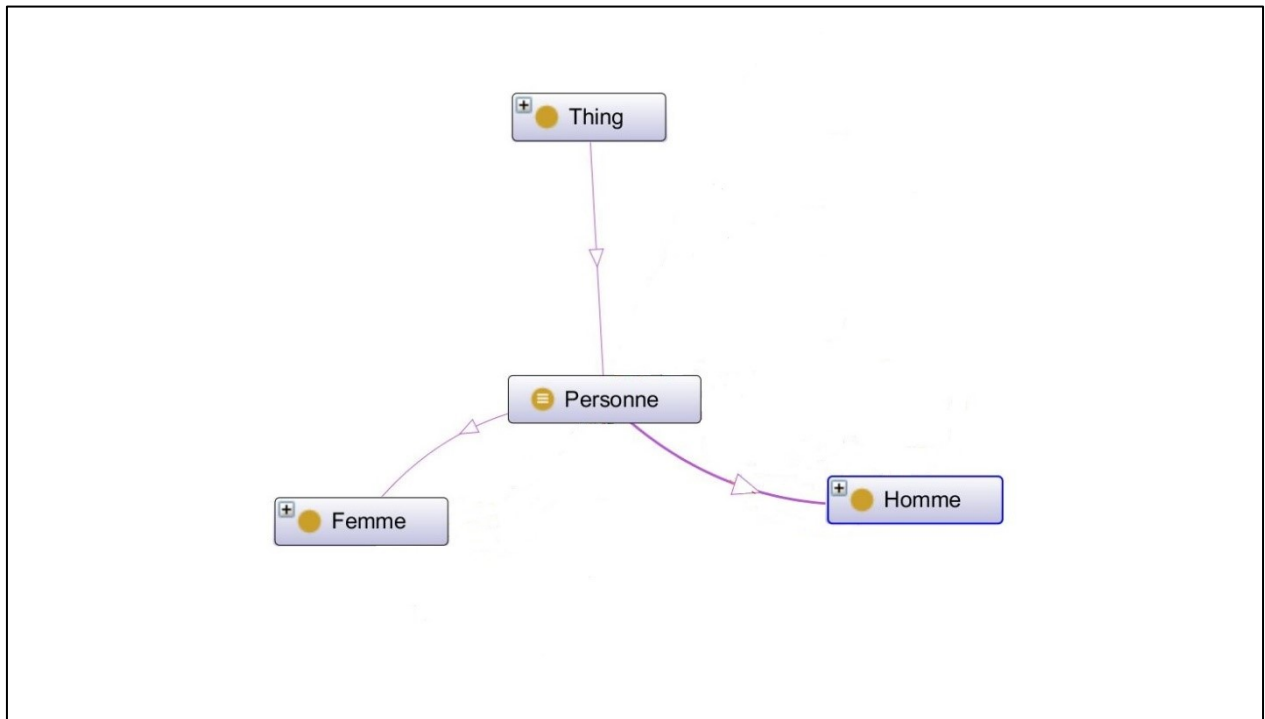
ANNEXES

|                         |    |                    |  |  |  |  |
|-------------------------|----|--------------------|--|--|--|--|
| <b>M</b>                | 32 | Christophe Legrand | ami                                      | Il a connu cette personne durant la période du lycée, à la rentrée en seconde.       |  |  |
| <b>marcel-robert t.</b> | 66 | elisabeth          | une collègue admirable au coeur genereux | quand elle est arrivee au cnam, un peu apres   |  |  |
| <b>Duc P.</b>           | 60 | Patrick N.         | Ami, ancien collègue ECE                 | 1994   |  |  |
| <b>fatma g.</b>         | 27 | ahmed              | son père                                 | depuis sa naissance  |  |  |
| <b>H</b>                | 34 | Bouatit            | Collègue et ami                          | Lors de sa première année d'université   |  |  |
| <b>H</b>                | 50 | véronique          | c'est son épouse                         | il y a environ 30 ans  |  |  |
| <b>Rana F.</b>          | 35 | Elianne            | amie d'enfance                           | depuis la naissance, ils ont le même age, ils ont grandi ensemble et sont très amies |  |  |
| <b>Isabelle W.</b>      | 52 | Pascale            | amie                                     | à l'école  |  |  |
| <b>F</b>                | 53 | Dieudonné          | ami                                      | Lors de cours en histoire de l'art   |  |  |
| <b>M</b>                | 53 | Alain Mandine      | ami                                      | Dans l'entreprise Thales   |  |  |
| <b>Cédric D.</b>        | 41 | Daphné d.          | père-fille                               | N.A  |  |  |
| <b>julia g.</b>         | 26 | Gilbert            | Directeur de thèse                       | Lors d'un entretien pour qu'il devienne son directeur de thèse.                      |  |  |
| <b>F</b>                | 38 | Fabienne           | Amie                                     | Dans le cadre du travail.  |  |  |
| <b>Carole</b>           | 45 | Sylvie             | sa femme                                 | depuis 2014  |  |  |
| <b>Cedric</b>           | 50 | Thomas             | son mari                                 | depuis 2010  |  |  |
| <b>Karim</b>            | 68 | Salima             | sa femme                                 | depuis 2008  |  |  |
| <b>S.</b>               | 58 | Nadia              | sa femme                                 | depuis 1996  |  |  |
| <b>Arij</b>             | 34 | Amish              | son mari                                 | depuis 2000  |  |  |
|                         |    | Taj                | son mari                                 | depuis 2004  |  |  |

**Tableau 19 : Résultats de l'enquête sur la représentation temporelle des liens interpersonnels**

## Annexe C Vue d'ensemble de l'ontologie *PersonLink*

Ci-dessous des graphes illustrant l'ensemble des classes, ainsi que les relations entre les différentes classes de l'ontologie *PersonLink*. Ces graphes sont obtenus via l'outil *OntoViz*, qui est un plugin inclus dans l'éditeur d'ontologies *Protégé*.



**Figure 41 : Graphe illustrant une vue globale des classes contenues dans l'ontologie *PersonLink***

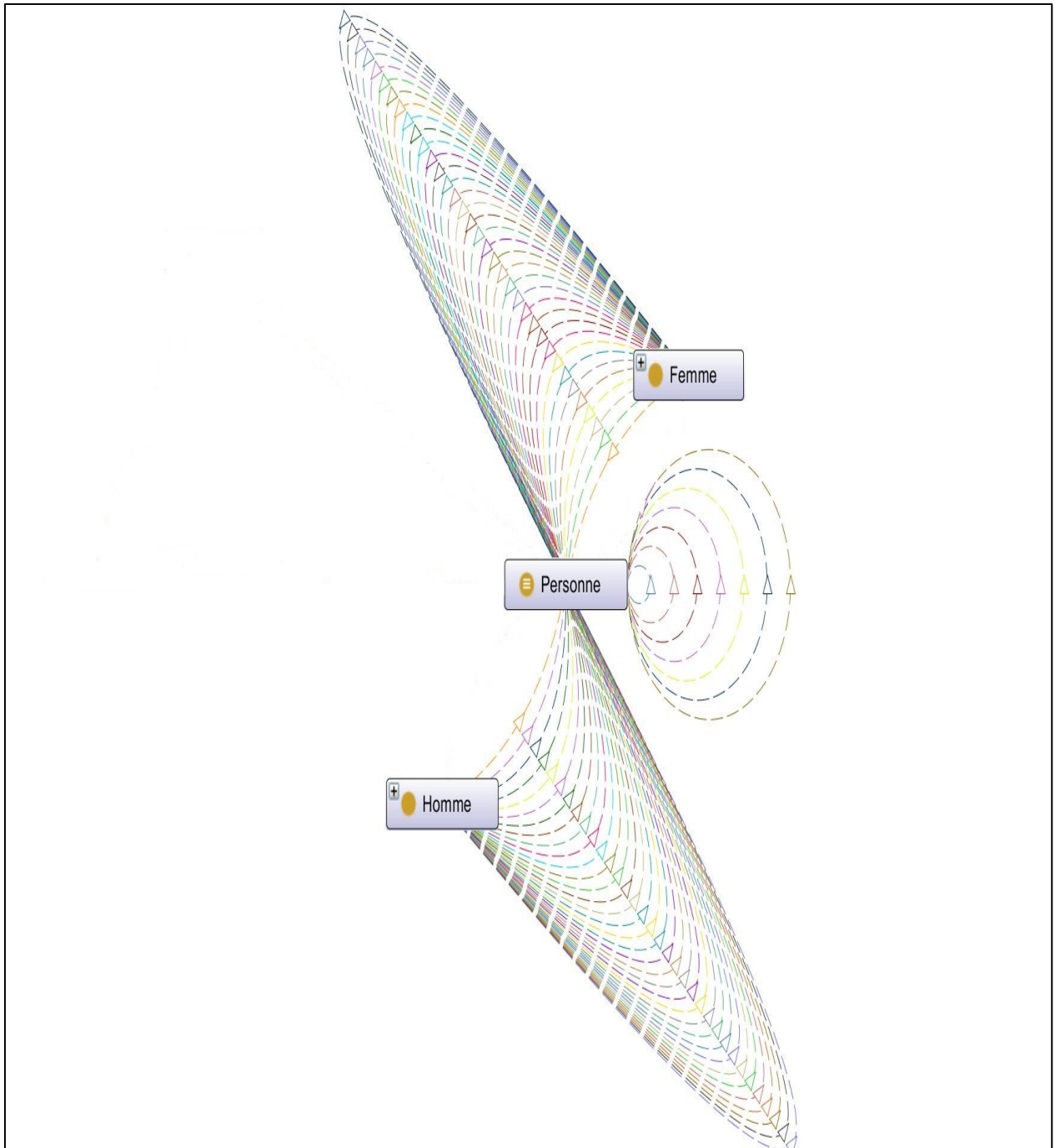
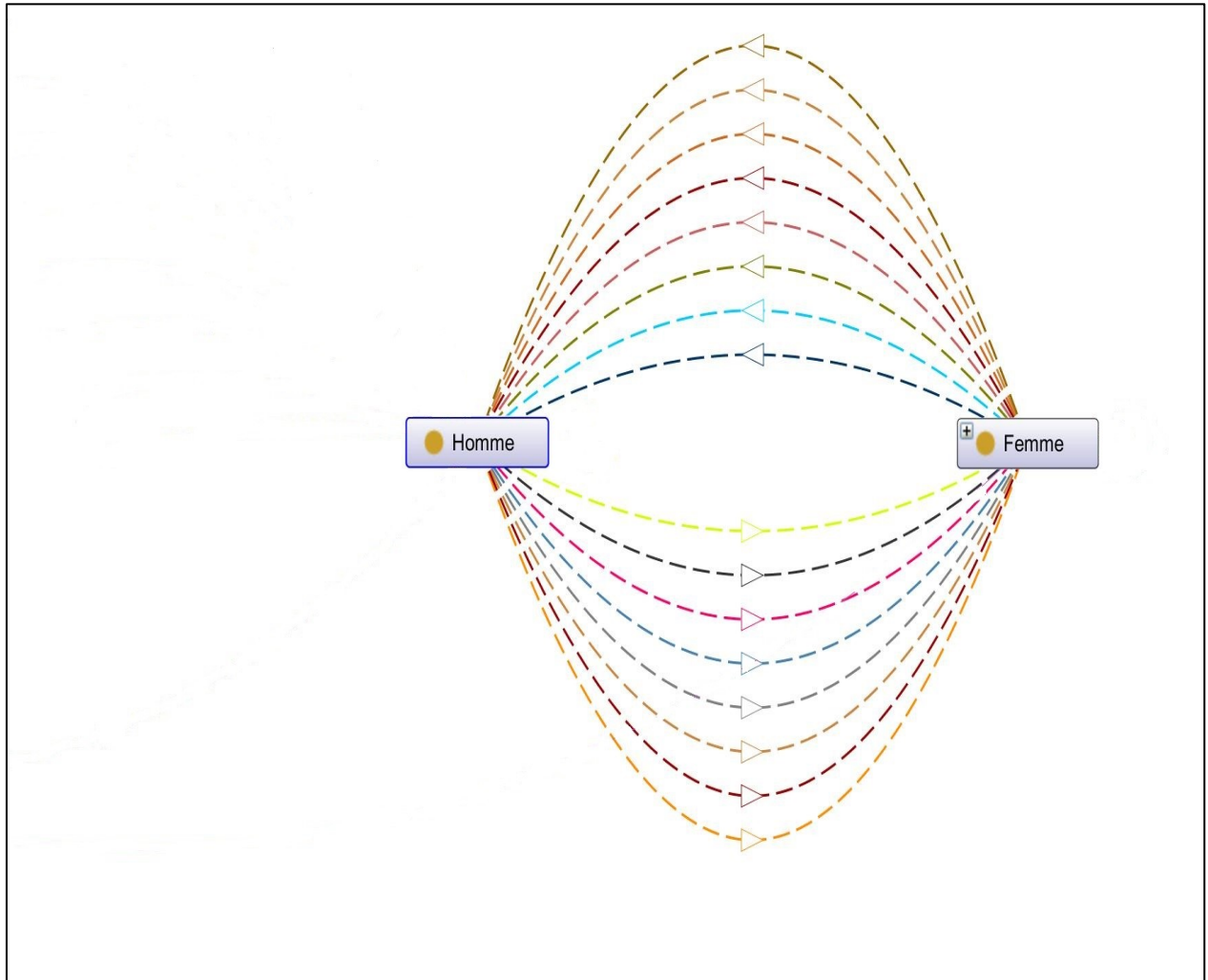


Figure 42 : Graphe illustrant une vue globale des *objectProperties* de l'ontologie *PersonLink* ayant comme *Range* la classe *Personne*



**Figure 43 : Graphe illustrant une vue globale des *objectProperties* entre la classe *Femme* et la classe *Homme* de l'ontologie *PersonLink***

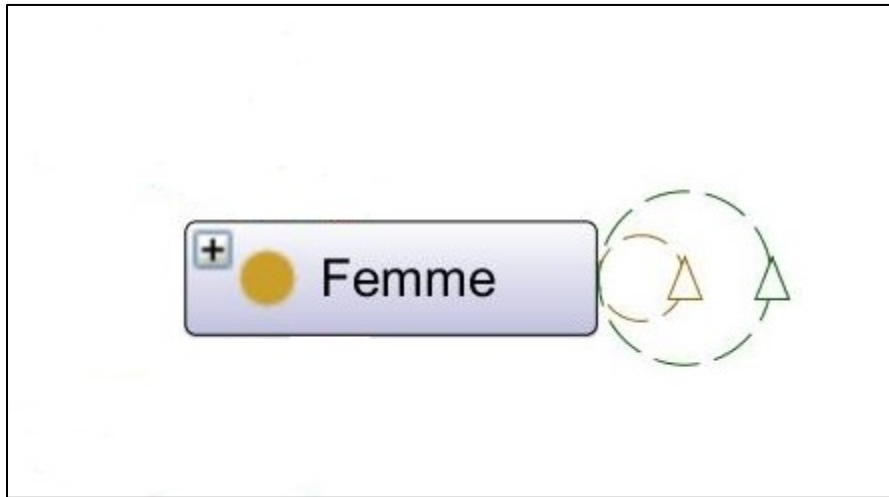


Figure 44 : Graphe illustrant une vue globale des *objectProperties* entre deux classes *Femme* dans l'ontologie *PersonLink*



Figure 45 : Graphe illustrant une vue globale des *objectProperties* entre deux classes *Homme* dans l'ontologie *PersonLink*



## ANNEXES

|   |   |  |
|---|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> 10.1 (Domain>Range)                 | <input checked="" type="checkbox"/> ConjointHomoDe (Domain>Range)     | <input checked="" type="checkbox"/> MèreBiologiqueDe (Domain>Range)  |
| <input checked="" type="checkbox"/> 10.2 (Domain>Range)                 | <input checked="" type="checkbox"/> ConjointHomoDe(Subclass all)      | <input checked="" type="checkbox"/> MèreDe (Domain>Range)            |
| <input checked="" type="checkbox"/> 11.1 (Domain>Range)                 | <input checked="" type="checkbox"/> ConjointHétéroDe (Domain>Range)   | <input checked="" type="checkbox"/> MèreDonneuseDe (Domain>Range)    |
| <input checked="" type="checkbox"/> 11.2 (Domain>Range)                 | <input checked="" type="checkbox"/> ConjointHétéroDe(Subclass all)    | <input checked="" type="checkbox"/> MèreJuridiqueDe (Domain>Range)   |
| <input checked="" type="checkbox"/> 2.1.1 (Domain>Range)                | <input checked="" type="checkbox"/> ConjointPolygyneDe (Domain>Range) | <input checked="" type="checkbox"/> MèreNaturelleDe (Domain>Range)   |
| <input checked="" type="checkbox"/> 2.1.2 (Domain>Range)                | <input checked="" type="checkbox"/> ConjointPolygyneDe(Subclass all)  | <input checked="" type="checkbox"/> MèrePorteuseDe (Domain>Range)    |
| <input checked="" type="checkbox"/> 2.1.3 (Domain>Range)                | <input checked="" type="checkbox"/> CousinDe (Domain>Range)           | <input checked="" type="checkbox"/> NeveuDe (Domain>Range)           |
| <input checked="" type="checkbox"/> 2.1.4 (Domain>Range)                | <input checked="" type="checkbox"/> CousineDe (Domain>Range)          | <input checked="" type="checkbox"/> NièceDe (Domain>Range)           |
| <input checked="" type="checkbox"/> 2.2.1 (Domain>Range)                | <input checked="" type="checkbox"/> CousinOf (Domain>Range)           | <input checked="" type="checkbox"/> OncleDe (Domain>Range)           |
| <input checked="" type="checkbox"/> 2.2.2 (Domain>Range)                | <input checked="" type="checkbox"/> DemiFrèreDe (Domain>Range)        | <input checked="" type="checkbox"/> OncleMaternelDe (Domain>Range)   |
| <input checked="" type="checkbox"/> 2.2.3 (Domain>Range)                | <input checked="" type="checkbox"/> DemiSoeurDe (Domain>Range)        | <input checked="" type="checkbox"/> OnclePaternelDe (Domain>Range)   |
| <input checked="" type="checkbox"/> 2.2.4 (Domain>Range)                | <input checked="" type="checkbox"/> DescendantDe (Domain>Range)       | <input checked="" type="checkbox"/> PacséeÀ (Domain>Range)           |
| <input checked="" type="checkbox"/> 8.3 (Domain>Range)                  | <input checked="" type="checkbox"/> ExConjointDe (Domain>Range)       | <input checked="" type="checkbox"/> PacséeÀ(Subclass all)            |
| <input checked="" type="checkbox"/> 8.4 (Domain>Range)                  | <input checked="" type="checkbox"/> ExConjointeDe (Domain>Range)      | <input checked="" type="checkbox"/> PacséÀ (Domain>Range)            |
| <input checked="" type="checkbox"/> 9.3 (Domain>Range)                  | <input checked="" type="checkbox"/> FilleAdoptiveDe (Domain>Range)    | <input checked="" type="checkbox"/> PacséÀ(Subclass all)             |
| <input checked="" type="checkbox"/> 9.4 (Domain>Range)                  | <input checked="" type="checkbox"/> FilleBiologiqueDe (Domain>Range)  | <input checked="" type="checkbox"/> PartnerOf (Domain>Range)         |
| <input checked="" type="checkbox"/> AncêtreDe (Domain>Range)            | <input checked="" type="checkbox"/> FilleDe (Domain>Range)            | <input checked="" type="checkbox"/> PetiteFilleDe (Domain>Range)     |
| <input checked="" type="checkbox"/> ArrièreGrandMèreDe (Domain>Range)   | <input checked="" type="checkbox"/> FilleDonnéeDe (Domain>Range)      | <input checked="" type="checkbox"/> PetitFilsDe (Domain>Range)       |
| <input checked="" type="checkbox"/> ArrièreGrandPèreDe (Domain>Range)   | <input checked="" type="checkbox"/> FilleNaturelleDe (Domain>Range)   | <input checked="" type="checkbox"/> PèreBiologiqueDe (Domain>Range)  |
| <input checked="" type="checkbox"/> BruDe (Domain>Range)                | <input checked="" type="checkbox"/> FillePortéeDe (Domain>Range)      | <input checked="" type="checkbox"/> PèreDe (Domain>Range)            |
| <input checked="" type="checkbox"/> ConcubinDe (Domain>Range)           | <input checked="" type="checkbox"/> FilsAdoptifDe (Domain>Range)      | <input checked="" type="checkbox"/> PèreDonneurDe (Domain>Range)     |
| <input checked="" type="checkbox"/> ConcubinDe(Subclass all)            | <input checked="" type="checkbox"/> FilsBiologiqueDe (Domain>Range)   | <input checked="" type="checkbox"/> PèreJuridiqueDe (Domain>Range)   |
| <input checked="" type="checkbox"/> ConcubineDe (Domain>Range)          | <input checked="" type="checkbox"/> FilsDe (Domain>Range)             | <input checked="" type="checkbox"/> PèreNaturelDe (Domain>Range)     |
| <input checked="" type="checkbox"/> ConcubineDe(Subclass all)           | <input checked="" type="checkbox"/> FilsDonnéDe (Domain>Range)        | <input checked="" type="checkbox"/> SeparatedFrom (Domain>Range)     |
| <input checked="" type="checkbox"/> ConjointeHomoDe (Domain>Range)      | <input checked="" type="checkbox"/> FilsNaturelDe (Domain>Range)      | <input checked="" type="checkbox"/> SiblingOf (Domain>Range)         |
| <input checked="" type="checkbox"/> ConjointeHomoDe(Subclass all)       | <input checked="" type="checkbox"/> FilsPortéDe (Domain>Range)        | <input checked="" type="checkbox"/> SoeurDe (Domain>Range)           |
| <input checked="" type="checkbox"/> ConjointeHétéroDe (Domain>Range)    | <input checked="" type="checkbox"/> FrèreDe (Domain>Range)            | <input checked="" type="checkbox"/> SéparéDe (Domain>Range)          |
| <input checked="" type="checkbox"/> ConjointeHétéroDe(Subclass all)     | <input checked="" type="checkbox"/> GendreDe (Domain>Range)           | <input checked="" type="checkbox"/> SéparéeDe (Domain>Range)         |
| <input checked="" type="checkbox"/> ConjointePolyandreDe (Domain>Range) | <input checked="" type="checkbox"/> GrandMèreDe (Domain>Range)        | <input checked="" type="checkbox"/> TanteDe (Domain>Range)           |
| <input checked="" type="checkbox"/> ConjointePolyandreDe(Subclass all)  | <input checked="" type="checkbox"/> GrandPèreDe (Domain>Range)        | <input checked="" type="checkbox"/> TanteMaternelleDe (Domain>Range) |
|   | <input checked="" type="checkbox"/> HalfSiblingOf (Domain>Range)      | <input checked="" type="checkbox"/> TantePaternelleDe (Domain>Range) |
|   | <input checked="" type="checkbox"/> has individual                    | <input checked="" type="checkbox"/> UnieÀ (Domain>Range)             |
|   | <input checked="" type="checkbox"/> has subclass                      | <input checked="" type="checkbox"/> UniÀ (Domain>Range)              |
|   |   | <input checked="" type="checkbox"/> VeufDe (Domain>Range)            |
|   |   | <input checked="" type="checkbox"/> VeuveDe (Domain>Range)           |

**Figure 46 : Description Des arcs des différents graphes de l'Annexe C et vue globale des relations interpersonnelles de l'ontologie *PersonLink***

## Annexe D L'ensemble des règles SWRL pour l'inférence de nouvelles relations interpersonnelles

### I) Règles d'inférences de relations génériques (montantes)

#### **AncêtreDe (1) :**

|                          |   |
|--------------------------|---|
| 1.5.5(?x,?y) -> 1(?x,?y) | MèrePorteuseDe(?x,?y) -> AncêtreDe(?x,?y)     |
| 1.5.4(?x,?y) -> 1(?x,?y) | MèreNaturelleDe(?x,?y) -> AncêtreDe(?x,?y)    |
| 1.5.3(?x,?y) -> 1(?x,?y) | MèreJuridiqueDe(?x,?y) -> AncêtreDe(?x,?y)    |
| 1.5.2(?x,?y) -> 1(?x,?y) | MèreDonneuseDe(?x,?y) -> AncêtreDe(?x,?y)     |
| 1.5.1(?x,?y) -> 1(?x,?y) | MèreBiologiqueDe(?x,?y) -> AncêtreDe(?x,?y)   |
| 1.6.4(?x,?y) -> 1(?x,?y) | PèreNaturelDe(?x,?y) -> AncêtreDe(?x,?y)      |
| 1.6.3(?x,?y) -> 1(?x,?y) | PèreJuridiqueDe(?x,?y) -> AncêtreDe(?x,?y)    |
| 1.6.2(?x,?y) -> 1(?x,?y) | PèreDonneurDe(?x,?y) -> AncêtreDe(?x,?y)      |
| 1.6.1(?x,?y) -> 1(?x,?y) | PèreBiologiqueDe(?x,?y) -> AncêtreDe(?x,?y)   |
| 1.1(?x,?y) -> 1(?x,?y)   | ArrièreGrandMèreDe(?x,?y) -> AncêtreDe(?x,?y) |
| 1.2(?x,?y) -> 1(?x,?y)   | ArrièreGrandPèreDe(?x,?y) -> AncêtreDe(?x,?y) |
| 1.3(?x,?y) -> 1(?x,?y)   | GrandMèreDe(?x,?y) -> AncêtreDe(?x,?y)        |
| 1.4(?x,?y) -> 1(?x,?y)   | GrandPèreDe(?x,?y) -> AncêtreDe(?x,?y)        |
| 1.5(?x,?y) -> 1(?x,?y)   | MèreDe(?x,?y) -> AncêtreDe(?x,?y)             |
| 1.6(?x,?y) -> 1(?x,?y)   | PèreDe(?x,?y) -> AncêtreDe(?x,?y)             |

**MèreDe (1.5) :**

- 1.5.5(?x,?y) -> 1.5(?x,?y) MèrePorteuseDe(?x,?y) -> MèreDe(?x,?y)  
 1.5.4(?x,?y) -> 1.5(?x,?y) MèreNaturelleDe(?x,?y) -> MèreDe(?x,?y)  
 1.5.3(?x,?y) -> 1.5(?x,?y) MèreJuridiqueDe(?x,?y) -> MèreDe(?x,?y)  
 1.5.2(?x,?y) -> 1.5(?x,?y) MèreDonneuseDe(?x,?y) -> MèreDe(?x,?y)  
 1.5.1(?x,?y) -> 1.5(?x,?y) MèreBiologiqueDe(?x,?y) -> MèreDe(?x,?y)

**PèreDe (1.6) :**

- 1.6.4(?x,?y) -> 1.6(?x,?y) PèreNaturelDe(?x,?y) -> PèreDe(?x,?y)  
 1.6.3(?x,?y) -> 1.6(?x,?y) PèreJuridiqueDe(?x,?y) -> PèreDe(?x,?y)  
 1.6.2(?x,?y) -> 1.6(?x,?y) PèreDonneurDe(?x,?y) -> PèreDe(?x,?y)  
 1.6.1(?x,?y) -> 1.6(?x,?y) PèreBiologiqueDe(?x,?y) -> PèreDe(?x,?y)

**CousinOf (2) :**

- 2.1(?x,?y) -> 2(?x,?y) CousineDe(?x,?y) -> CousinOf(?x,?y)  
 2.1.1(?x,?y) -> 2(?x,?y) ابنة خال ل (?x,?y) -> CousinOf(?x,?y)  
 2.1.2(?x,?y) -> 2(?x,?y) ابنة عم ل (?x,?y) -> CousinOf(?x,?y)  
 2.1.3(?x,?y) -> 2(?x,?y) ابنة خالة ل (?x,?y) -> CousinOf(?x,?y)  
 2.1.4(?x,?y) -> 2(?x,?y) ابنة عمه ل (?x,?y) -> CousinOf(?x,?y)  
  
 2.2(?x,?y) -> 2(?x,?y) CousinDe(?x,?y) -> CousinOf(?x,?y)  
 2.2.1(?x,?y) -> 2(?x,?y) ابن خال ل (?x,?y) -> CousinOf(?x,?y)  
 2.2.2(?x,?y) -> 2(?x,?y) ابن عم ل (?x,?y) -> CousinOf(?x,?y)  
 2.2.3(?x,?y) -> 2(?x,?y) ابن خالة ل (?x,?y) -> CousinOf(?x,?y)  
 2.2.4(?x,?y) -> 2(?x,?y) ابن عمه ل (?x,?y) -> CousinOf(?x,?y)

**CousineDe (2.1) :**

- 2.1.1(?x,?y) -> 2.1(?x,?y) ابنة خال ل CousineDe(?x,?y)  
 2.1.2(?x,?y) -> 2.1(?x,?y) ابنة عم ل CousineDe (?x,?y)  
 2.1.3(?x,?y) -> 2.1(?x,?y) ابنة خالة ل CousineDe (?x,?y)  
 2.1.4(?x,?y) -> 2.1(?x,?y) ابنة عمّة ل CousineDe (?x,?y)

**CousinDe (2.2) :**

- 2.2.1(?x,?y) -> 2.2(?x,?y) ابن خال ل CousinDe(?x,?y)  
 2.2.2(?x,?y) -> 2.2 (?x,?y) ابن عم ل CousinDe (?x,?y)  
 2.2.3(?x,?y) -> 2.2 (?x,?y) ابن خالة ل CousinDe (?x,?y)  
 2.2.4(?x,?y) -> 2.2 (?x,?y) ابن عمّة ل CousinDe (?x,?y)

**DescendantDe (3):**

- 3.6.1( ?x, ?y) -> 3( ?x, ?y)FilsBiologiqueDe(?x, ?y) -> DescendantDe( ?x, ?y)  
 3.6.2( ?x, ?y) -> 3( ?x, ?y) FilsDonnéDe(?x, ?y) -> DescendantDe( ?x, ?y)  
 3.6.3( ?x, ?y) -> 3( ?x, ?y) FilsAdoptifDe(?x, ?y) -> DescendantDe( ?x, ?y)  
 3.6.4( ?x, ?y) -> 3( ?x, ?y) FilsNaturelDe(?x, ?y) -> DescendantDe( ?x, ?y)  
 3.6.5( ?x, ?y) -> 3( ?x, ?y) FilsPortéDe(?x, ?y) -> DescendantDe( ?x, ?y)  
 3.1.1( ?x, ?y) -> 3( ?x, ?y) FilleBiologiqueDe(?x,?y)->DescendantDe( ?x, ?y)  
 3.1.2( ?x, ?y) -> 3( ?x, ?y) FilleDonnéeDe(?x, ?y) ->DescendantDe( ?x, ?y)  
 3.1.3( ?x, ?y) -> 3( ?x, ?y) FilleAdoptiveDe(?x, ?y) -> DescendantDe( ?x, ?y)  
 3.1.4( ?x, ?y) -> 3( ?x, ?y) FilleNaturelleDe(?x, ?y) -> DescendantDe( ?x, ?y)  
 3.1.5( ?x, ?y) -> 3( ?x, ?y) FillePortéeDe(?x, ?y) -> DescendantDe( ?x, ?y)  
 3.1( ?x, ?y) -> 3( ?x, ?y) FilleDe(?x, ?y) -> DescendantDe( ?x, ?y)  
 3.6( ?x, ?y) -> 3( ?x, ?y) FilsDe(?x, ?y) -> DescendantDe( ?x, ?y)  
 3.5( ?x, ?y) -> 3( ?x, ?y) PetiteFilleDe(?x, ?y) -> DescendantDe( ?x, ?y)  
 3.10( ?x, ?y) -> 3( ?x, ?y) PetitFilsDe(?x, ?y) -> DescendantDe( ?x, ?y)

**FilleDe (3.1) :**

- 3.1.1( ?x, ?y) -> 3.1( ?x, ?y) FilleBiologiqueDe(?x, ?y) -> FilleDe( ?x, ?y)  
 3.1.2( ?x, ?y) -> 3.1( ?x, ?y) FilleDonnéeDe(?x, ?y) -> FilleDe ( ?x, ?y)  
 3.1.3( ?x, ?y) -> 3.1( ?x, ?y) FilleAdoptiveDe(?x, ?y) -> FilleDe ( ?x, ?y)  
 3.1.4( ?x, ?y) -> 3.1( ?x, ?y) FilleNaturelleDe(?x, ?y) -> FilleDe ( ?x, ?y)  
 3.1.5( ?x, ?y) -> 3.1( ?x, ?y) FillePortéeDe(?x, ?y) -> FilleDe ( ?x, ?y)

**FilsDe (3.6) :**

- 3.6.1( ?x, ?y) -> 3.6( ?x, ?y) FilsBiologiqueDe(?x, ?y) -> FilsDe( ?x, ?y)  
 3.6.2( ?x, ?y) -> 3.6( ?x, ?y) FilsDonnéDe(?x, ?y) -> FilsDe ( ?x, ?y)  
 3.6.3( ?x, ?y) -> 3.6( ?x, ?y) FilsAdoptifDe(?x, ?y) -> FilsDe ( ?x, ?y)  
 3.6.4( ?x, ?y) -> 3.6( ?x, ?y) FilsNaturelDe(?x, ?y) -> FilsDe ( ?x, ?y)  
 3.6.5( ?x, ?y) -> 3.6( ?x, ?y) FilsPortéDe(?x, ?y) -> FilsDe ( ?x, ?y)

**HalfSiblingOf (4) :**

- 4.1( ?x, ?y) -> 4( ?x, ?y) DemiSoeurDe( ?x, ?y) -> HalfSiblingOf( ?x, ?y)  
 4.2( ?x, ?y) -> 4( ?x, ?y) DemiFrèreDe( ?x, ?y) -> HalfSiblingOf( ?x, ?y)

**SiblingOf (5) :**

- 5.1( ?x, ?y) -> 5( ?x, ?y) SoeurDe( ?x, ?y) -> SiblingOf( ?x, ?y)  
 5.2( ?x, ?y) -> 5( ?x, ?y) FrèreDe( ?x, ?y) -> SiblingOf( ?x, ?y)

**TanteDe (8) :**

- 8.1( ?x, ?y) -> 8( ?x, ?y) TanteMaternelleDe( ?x, ?y) -> TanteDe( ?x, ?y)  
 8.2( ?x, ?y) -> 8( ?x, ?y) TantePaternelleDe( ?x, ?y) -> TanteDe( ?x, ?y)  
 8.3( ?x, ?y) -> 8( ?x, ?y) زوجة الخال ( ?x, ?y) -> TanteDe( ?x, ?y)  
 8.4( ?x, ?y) -> 8( ?x, ?y) زوجة العم ل ( ?x, ?y) -> TanteDe( ?x, ?y)

**OncleDe (9) :**

- 9.1( ?x, ?y) -> 9( ?x, ?y)      OncleMaternelDe( ?x, ?y) -> OncleDe( ?x, ?y)  
 9.2( ?x, ?y) -> 9( ?x, ?y)      OnclePaternelDe( ?x, ?y) -> OncleDe( ?x, ?y)  
 9.3( ?x, ?y) -> 9( ?x, ?y)      زوج الخالة ل ( ?x, ?y) -> OncleDe( ?x, ?y)  
 9.4( ?x, ?y) -> 9( ?x, ?y)      زوج العممة ل ( ?x, ?y) -> OncleDe( ?x, ?y)

**NièceDe (10) :**

- 10.1( ?x, ?y) -> 10( ?x, ?y)      ابنة الاخت ل ( ?x, ?y) -> NièceDe( ?x, ?y)  
 10.2( ?x, ?y) -> 10( ?x, ?y)      ابنة الاخ ل ( ?x, ?y) -> NièceDe( ?x, ?y)

**NeveuDe (11) :**

- 11.1( ?x, ?y) -> 11( ?x, ?y)      ابن الأخت ل ( ?x, ?y) -> NeveuDe( ?x, ?y)  
 11.2( ?x, ?y) -> 11( ?x, ?y)      ابن الأخ ل ( ?x, ?y) -> NeveuDe( ?x, ?y)

**SeparatedFrom (12) :**

- 12.1( ?x, ?y)-> 12( ?x, ?y)      SéparéeDe( ?x, ?y)-> SeparatedFrom( ?x, ?y)  
 12.1.1( ?x, ?y)-> 12( ?x, ?y) ExConjointeDe( ?x,?y)-> SeparatedFrom( ?x, ?y)  
 12.1.2( ?x, ?y)-> 12( ?x, ?y)      VeuveDe( ?x, ?y)-> SeparatedFrom( ?x, ?y)  
 12.2( ?x, ?y)-> 12( ?x, ?y)      SéparéDe( ?x, ?y)-> SeparatedFrom( ?x, ?y)  
 12.2.1( ?x, ?y)-> 12( ?x, ?y) ExConjointDe( ?x, ?y)-> SeparatedFrom( ?x, ?y)  
 12.2.2( ?x, ?y)-> 12( ?x, ?y)      VeufDe( ?x, ?y)-> SeparatedFrom( ?x, ?y)

**SéparéeDe (12.1) :**

- 12.1.1( ?x, ?y)-> 12.1( ?x, ?y)      ExConjointeDe( ?x, ?y)-> SéparéeDe( ?x, ?y)  
 12.1.2( ?x, ?y)-> 12.1( ?x, ?y)      VeuveDe( ?x, ?y)-> SéparéeDe( ?x, ?y)

**SéparéDe (12.2) :**

12.2.1( ?x, ?y)-> 12.2( ?x, ?y) ExConjointDe( ?x, ?y)-> SéparéDe( ?x, ?y)

12.2.2( ?x, ?y)-> 12.2( ?x, ?y) VeufDe( ?x, ?y)-> SéparéDe( ?x, ?y)

**PartnerOf (13):**

13.1( ?x, ?y)-> 13( ?x, ?y) UnieÀ( ?x, ?y)-> PartnerOf( ?x, ?y)

13.1.1( ?x, ?y)-> 13( ?x, ?y) ConcubineDe ( ?x, ?y)-> PartnerOf ( ?x, ?y)

13.1.2( ?x, ?y)-> 13( ?x, ?y)ConjointeHomoDe ( ?x, ?y)-> PartnerOf ( ?x, ?y)

13.1.3( ?x, ?y)-> 13( ?x, ?y)ConjointeHétéroDe( ?x, ?y)-> PartnerOf ( ?x, ?y)

13.1.4( ?x, ?y)-> 13(?x,?y)ConjointePolyandreDe(?x,?y)->PartnerOf ( ?x, ?y)

13.1.5( ?x, ?y)-> 13( ?x, ?y) PacséeÀ( ?x, ?y)-> PartnerOf ( ?x, ?y)

13.2( ?x, ?y)-> 13( ?x, ?y) UniÀ( ?x, ?y)-> PartnerOf ( ?x, ?y)

13.2.1( ?x, ?y)-> 13( ?x, ?y) ConcubinDe( ?x, ?y)-> PartnerOf ( ?x, ?y)

13.2.2( ?x, ?y)-> 13( ?x, ?y) ConjointHomoDe( ?x, ?y)-> PartnerOf ( ?x, ?y)

13.2.3( ?x, ?y)-> 13( ?x, ?y) ConjointHétéroDe( ?x, ?y)-> PartnerOf ( ?x, ?y)

13.2.4( ?x, ?y)-> 13( ?x, ?y)ConjointPolygyneDe (?x,?y)->PartnerOf ( ?x, ?y)

13.2.5( ?x, ?y)-> 13( ?x, ?y) PacséÀ( ?x, ?y)-> PartnerOf ( ?x, ?y)

**UnieÀ (13.1) :**

13.1.1( ?x, ?y)-> 13.1( ?x, ?y) ConcubineDe ( ?x, ?y)-> UnieÀ( ?x, ?y)

13.1.2( ?x, ?y)-> 13.1( ?x, ?y) ConjointeHomoDe ( ?x, ?y)-> UnieÀ ( ?x, ?y)

13.1.3( ?x, ?y)-> 13.1( ?x, ?y) ConjointeHétéroDe( ?x, ?y)-> UnieÀ ( ?x, ?y)

13.1.4( ?x, ?y)-> 13.1( ?x, ?y)ConjointePolyandreDe(?x,?y)->UnieÀ ( ?x, ?y)

13.1.5( ?x, ?y)-> 13.1( ?x, ?y) PacséeÀ( ?x, ?y)-> UnieÀ ( ?x, ?y)

**UniÀ (13.2) :**

13.2.1( ?x, ?y)-> 13.2( ?x, ?y)    ConcubinDe( ?x, ?y)-> UniÀ( ?x, ?y)

13.2.2( ?x, ?y)-> 13.2( ?x, ?y)    ConjointHomoDe( ?x, ?y)-> UniÀ ( ?x, ?y)

13.2.3( ?x, ?y)-> 13.2( ?x, ?y)ConjointHétéroDe(?x,?y)-> UniÀ (?x,?y)

13.2.4( ?x, ?y)-> 13.2( ?x, ?y) ConjointPolygyneDe ( ?x, ?y)-> UniÀ (?x,?y)

13.2.5( ?x, ?y)-> 13.2( ?x, ?y)    PacséÀ( ?x, ?y)-> UniÀ ( ?x, ?y)

II) Règles d'inférences de relations spécifiques (descendantes)

Femme(?x), 2(?x,?y) -> 2.1(?x,?y)

Femme(?x), CousinOf(?x,?y) -> CousineDe(?x,?y)

Homme(?x), 2(?x,?y) -> 2.2(?x,?y)

Homme(?x), CousinOf(?x,?y) -> CousinDe(?x,?y)

Femme(?x), 4(?x,?y) -> 4.1(?x,?y)

Femme(?x), HalfSiblingOf(?x,?y) -> DemiSoeurDe(?x,?y)

Homme(?x), 4(?x,?y) ->4.2(?x,?y)

Homme(?x), HalfSiblingOf(?x,?y) -> DemiFrèreDe(?x,?y)

Femme(?x), 5(?x,?y) -> 5.1(?x,?y)

Femme(?x), SiblingOf(?x,?y) -> SoeurDe(?x,?y)

Homme(?x), 5(?x,?y) -> 5.2(?x,?y)

Homme(?x), SiblingOf(?x,?y) -> FrèreDe(?x,?y)

Femme(?x), 13(?x,?y) -> 13.1(?x,?y)

Femme(?x),PartnerOf(?x,?y) -> UnieÀ(?x,?y)



Homme(?x), 13(?x,?y) -> 13.2(?x,?y)

Homme(?x),PartnerOf(?x,?y) -> UniÀ(?x,?y)

Femme(?x), 12(?x,?y) -> 12.1(?x,?y)

Femme(?x), SeparatedFrom(?x,?y) -> SéparéeDe(?x,?y)

Homme(?x), 12(?x,?y) -> 12.2(?x,?y)

Homme(?x), SeparatedFrom(?x,?y) -> SéparéDe(?x,?y)

III) Règles d'inférences de nouvelles relations à partir d'autres relations  
différentes

**ArrièreGrandMèreDe (1.1):**

1.5(?x,?y), 1.6(?y,?z), 1.6(?z,?a) -> 1.1(?x, ?a)

MèreDe(?x,?y), PèreDe(?y,?z),PèreDe(?z,?a) -> ArrièreGrandMèreDe(?x,?a)

1.5(?x,?y), 1.6(?y,?z), 1.5(?z,?a) -> 1.1(?x, ?a)

MèreDe(?x,?y),PèreDe(?y,?z),MèreDe(?z,?a) -> ArrièreGrandMèreDe(?x,?a)

1.5(?x,?y), 1.5(?y,?z), 1.6(?z,?a) -> 1.1(?x, ?a)

MèreDe(?x,?y),MèreDe(?y,?z),PèreDe(?z,?a) -> ArrièreGrandMèreDe(?x,?a)

1.5(?x,?y), 1.5(?y,?z), 1.5(?z,?a) -> 1.1(?x, ?a)

MèreDe(?x,?y),MèreDe(?y,?z),MèreDe(?z,?a)-> ArrièreGrandMèreDe(?x,?a)

1.5(?x,?y), 1.3(?y,?z) -> 1.1(?x, ?z)

MèreDe(?x,?y), GrandMèreDe (?y,?z) -> ArrièreGrandMèreDe(?x,?z)

ANNEXES

1.5(?x,?y), 1.4(?y,?z) -> 1.1(?x, ?z)

MèreDe(?x,?y), GrandPèreDe (?y,?z) -> ArrièreGrandMèreDe(?x,?z)

Femme( ?a), 3.1( ?x, ?y), 3.6( ?y, ?z), 3.6( ?z, ?a) -> 1.1 ( ?a, ?x)

Femme(?a),FilleDe(?x,?y),FilsDe(?y,?z),FilsDe(?z,?a)→

ArrièreGrandMèreDe(?a,?x)

Femme( ?a), 3.1( ?x, ?y), 3.6( ?y, ?z), 3.1 ( ?z, ?a) → 1.1 ( ?a, ?x)

Femme(?a),FilleDe(?x,?y),FilsDe(?y,?z),FilleDe( ?z, ?a)→

ArrièreGrandMèreDe(?a,?x)

Femme( ?a), 3.1( ?x, ?y), 3.1( ?y, ?z), 3.6( ?z, ?a) -> 1.1 ( ?a, ?x)

Femme( ?a), FilleDe( ?x, ?y), FilleDe( ?y, ?z), FilsDe( ?z, ?a) ->

ArrièreGrandMèreDe( ?a, ?x)

Femme( ?a), 3.1( ?x, ?y), 3.1( ?y, ?z), 3.1( ?z, ?a) -> 1.1 ( ?a, ?x)

Femme( ?a), FilleDe( ?x, ?y), FilleDe( ?y, ?z), FilleDe( ?z, ?a) ->

ArrièreGrandMèreDe( ?a, ?x)

Femme( ?a), 3.6( ?x, ?y), 3.6( ?y, ?z), 3.6( ?z, ?a) -> 1.1 ( ?a, ?x)

Femme( ?a), FilsDe( ?x, ?y), FilsDe( ?y, ?z), FilsDe( ?z, ?a) ->

ArrièreGrandMèreDe( ?a, ?x)

Femme( ?a), 3.6( ?x, ?y), 3.6( ?y, ?z), 3.1( ?z, ?a) -> 1.1 ( ?a, ?x)

Femme( ?a), FilsDe( ?x, ?y), FilsDe( ?y, ?z), FilleDe( ?z, ?a) ->

ArrièreGrandMèreDe( ?a, ?x)

Femme( ?a), 3.6( ?x, ?y), 3.1( ?y, ?z), 3.6( ?z, ?a) -> 1.1 ( ?a, ?x)

ANNEXES

Femme( ?a), FilsDe( ?x, ?y), FilleDe( ?y, ?z), FilsDe( ?z, ?a) ->  
ArrièreGrandMèreDe( ?a, ?x)

Femme( ?a), 3.6( ?x, ?y), 3.1( ?y, ?z), 3.1( ?z, ?a) -> 1.1 ( ?a, ?x)  
Femme( ?a), FilsDe( ?x, ?y), FilleDe( ?y, ?z), FilleDe( ?z, ?a) ->  
ArrièreGrandMèreDe( ?a, ?x)

Femme( ?z), 3.5( ?x, ?y), 3.6( ?y, ?z) -> 1.1 ( ?z, ?x)  
Femme( ?z), PetiteFilleDe( ?x, ?y), FilsDe( ?y, ?z) ->  
ArrièreGrandMèreDe( ?z, ?x)

Femme( ?z), 3.5( ?x, ?y), 3.1( ?y, ?z) -> 1.1 ( ?z, ?x)  
Femme( ?z), PetiteFilleDe( ?x, ?y), FilleDe( ?y, ?z) ->  
ArrièreGrandMèreDe( ?z, ?x)

Femme( ?z), 3.10( ?x, ?y), 3.6( ?y, ?z) -> 1.1 ( ?z, ?x)  
Femme( ?z), PetitFilsDe( ?x, ?y), FilsDe( ?y, ?z) ->  
ArrièreGrandMèreDe( ?z, ?x)

Femme( ?z), 3.10( ?x, ?y), 3.1( ?y, ?z) -> 1.1 ( ?z, ?x)  
Femme( ?z), PetitFilsDe( ?x, ?y), FilleDe( ?y, ?z) ->  
ArrièreGrandMèreDe( ?z, ?x)

**ArrièreGrandPèreDe (1.2) :**

1.6(?x,?y), 1.6(?y,?z), 1.6(?z,?a) -> 1.2(?x, ?a)

PèreDe(?x,?y), PèreDe(?y,?z),PèreDe(?z,?a) -> ArrièreGrandPèreDe(?x,?a)

1.6(?x,?y), 1.6(?y,?z), 1.5(?z,?a) -> 1.2(?x, ?a)

PèreDe(?x,?y), PèreDe(?y,?z), MèreDe (?z,?a) -> ArrièreGrandPèreDe(?x,?a)

1.6(?x,?y), 1.5(?y,?z), 1.6(?z,?a) -> 1.2(?x, ?a)

PèreDe(?x,?y), MèreDe (?y,?z), PèreDe (?z,?a) ->  
ArrièreGrandPèreDe(?x,?a)

1.6(?x,?y), 1.5(?y,?z), 1.5(?z,?a) -> 1.2(?x, ?a)

PèreDe(?x,?y), MèreDe (?y,?z), MèreDe (?z,?a) ->  
ArrièreGrandPèreDe(?x,?a)

1.6(?x,?y), 1.3(?y,?z) -> 1.2(?x, ?z)

PèreDe(?x,?y), GrandMèreDe(?y,?z) -> ArrièreGrandPèreDe(?x,?z)

1.6(?x,?y), 1.4(?y,?z) -> 1.2(?x, ?z)

PèreDe(?x,?y), GrandPèreDe(?y,?z) -> ArrièreGrandPèreDe(?x,?z)

Homme( ?a), 3.1( ?x, ?y), 3.6( ?y, ?z), 3.6( ?z, ?a) -> 1.2 ( ?a, ?x)

Homme ( ?a), FilleDe( ?x, ?y), FilsDe( ?y, ?z), FilsDe( ?z, ?a) ->  
ArrièreGrandPèreDe( ?a, ?x)

Homme ( ?a), 3.1( ?x, ?y), 3.6( ?y, ?z), 3.1 ( ?z, ?a) -> 1.2 ( ?a, ?x)

ANNEXES

Homme (?a), FilleDe(?x, ?y), FilsDe(?y, ?z), FilleDe(?z, ?a) ->  
ArrièreGrandPèreDe (?a, ?x)

Homme (?a), 3.1(?x, ?y), 3.1(?y, ?z), 3.6(?z, ?a) -> 1.2 (?a, ?x)  
Homme (?a), FilleDe(?x, ?y), FilleDe(?y, ?z), FilsDe(?z, ?a) ->  
ArrièreGrandPèreDe (?a, ?x)

Homme (?a), 3.1(?x, ?y), 3.1(?y, ?z), 3.1(?z, ?a) -> 1.2 (?a, ?x)  
Homme (?a), FilleDe(?x, ?y), FilleDe(?y, ?z), FilleDe(?z, ?a) ->  
ArrièreGrandPèreDe (?a, ?x)

Homme (?a), 3.6(?x, ?y), 3.6(?y, ?z), 3.6(?z, ?a) -> 1.2 (?a, ?x)  
Homme (?a), FilsDe(?x, ?y), FilsDe(?y, ?z), FilsDe(?z, ?a) ->  
ArrièreGrandPèreDe (?a, ?x)

Homme (?a), 3.6(?x, ?y), 3.6(?y, ?z), 3.1(?z, ?a) -> 1.2 (?a, ?x)  
Homme (?a), FilsDe(?x, ?y), FilsDe(?y, ?z), FilleDe(?z, ?a) ->  
ArrièreGrandPèreDe (?a, ?x)

Homme (?a), 3.6(?x, ?y), 3.1(?y, ?z), 3.6(?z, ?a) -> 1.2 (?a, ?x)  
Homme (?a), FilsDe(?x, ?y), FilleDe(?y, ?z), FilsDe(?z, ?a) ->  
ArrièreGrandPèreDe (?a, ?x)

Homme (?a), 3.6(?x, ?y), 3.1(?y, ?z), 3.1(?z, ?a) -> 1.2 (?a, ?x)  
Homme (?a), FilsDe(?x, ?y), FilleDe(?y, ?z), FilleDe(?z, ?a) ->  
ArrièreGrandPèreDe (?a, ?x)

ANNEXES

Homme ( ?z), 3.5( ?x, ?y), 3.6( ?y, ?z) -> 1.2 ( ?z, ?x)

Homme ( ?z), PetiteFilleDe( ?x, ?y), FilsDe( ?y, ?z) -> ArrièreGrandPèreDe  
( ?z, ?x)

Homme ( ?z), 3.5( ?x, ?y), 3.1( ?y, ?z) -> 1.2 ( ?z, ?x)

Homme ( ?z), PetiteFilleDe( ?x, ?y), FilleDe( ?y, ?z) -> ArrièreGrandPèreDe  
( ?z, ?x)

Homme ( ?z), 3.10( ?x, ?y), 3.6( ?y, ?z) -> 1.2 ( ?z, ?x)

Homme ( ?z), PetitFilsDe( ?x, ?y), FilsDe( ?y, ?z) -> ArrièreGrandPèreDe  
( ?z, ?x)

Homme ( ?z), 3.10( ?x, ?y), 3.1( ?y, ?z) -> 1.2 ( ?z, ?x)

Homme ( ?z), PetitFilsDe( ?x, ?y), FilleDe( ?y, ?z) -> ArrièreGrandPèreDe  
( ?z, ?x)

**GrandMèreDe (1.3) :**

1.5(?x,?y), 1.5(?y,?z) -> 1.3(?x, ?z)

MèreDe(?x,?y), MèreDe(?y,?z) -> GrandMèreDe(?x,?z)

1.5(?x,?y), 1.6(?y,?z) -> 1.3(?x, ?z)

MèreDe(?x,?y), PèreDe(?y,?z) -> GrandMèreDe(?x,?z)

Femme( ?z), 3.1( ?x, ?y), 3.1( ?y, ?z) -> 1.3 ( ?z, ?x)

Femme( ?z), FilleDe( ?x, ?y), FilleDe( ?y, ?z) -> GrandMèreDe( ?z, ?x)

Femme( ?z), 3.1( ?x, ?y), 3.6( ?y, ?z) -> 1.3 ( ?z, ?x)

ANNEXES

Femme( ?z), FilleDe( ?x, ?y), FilsDe( ?y, ?z) -> GrandMèreDe( ?z, ?x)

Femme( ?z), 3.6( ?x, ?y), 3.1( ?y, ?z)-> 1.3 ( ?z, ?x)

Femme( ?z), FilsDe( ?x, ?y), FilleDe( ?y, ?z) -> GrandMèreDe( ?z, ?x)

Femme( ?z), 3.6( ?x, ?y), 3.6( ?y, ?z) -> 1.3 ( ?z, ?x)

Femme( ?z), FilsDe( ?x, ?y), FilsDe( ?y, ?z) -> GrandMèreDe( ?z, ?x)

Femme( ?z), 5( ?x, ?y), 3.5( ?y, ?z) -> 1.3 ( ?z, ?x)

Femme( ?z), SiblingOf( ?x, ?y), PetiteFilleDe( ?y, ?z) -> GrandMèreDe( ?z, ?x)

Femme( ?z), 5( ?x, ?y), 3.10( ?y, ?z) -> 1.3 ( ?z, ?x)

Femme( ?z), SiblingOf( ?x, ?y), PetitFilsDe( ?y, ?z) -> GrandMèreDe( ?z, ?x)

Femme( ?a), 5( ?x, ?y), 3.1( ?y, ?z), 3.1( ?z, ?a) -> 1.3 ( ?a, ?x)

Femme( ?a), SiblingOf( ?x, ?y), FilleDe( ?y, ?z) , FilleDe( ?z, ?a) -> GrandMèreDe( ?a, ?x)

Femme( ?a), 5( ?x, ?y), 3.1( ?y, ?z), 3.6( ?z, ?a) -> 1.3 ( ?a, ?x)

Femme( ?a), SiblingOf( ?x, ?y), FilleDe( ?y, ?z) , FilsDe( ?z, ?a) -> GrandMèreDe( ?a, ?x)

Femme( ?a), 5( ?x, ?y), 3.6( ?y, ?z), 3.1( ?z, ?a) -> 1.3 ( ?a, ?x)

Femme( ?a), SiblingOf( ?x, ?y), FilsDe( ?y, ?z) , FilleDe( ?z, ?a) -> GrandMèreDe( ?a, ?x)

ANNEXES

Femme(?a), 5(?x, ?y), 3.6(?y, ?z), 3.6(?z, ?a) -> 1.3 (?a, ?x)

Femme(?a), SiblingOf(?x, ?y), FilsDe(?y, ?z) , FilsDe(?z, ?a) ->  
GrandMèreDe(?a, ?x)

Femme(?z), 5.1(?x, ?y), 3.5(?y, ?z) -> 1.3 (?z, ?x)

Femme(?z), SoeurDe(?x, ?y), PetiteFilleDe(?y, ?z) -> GrandMèreDe(?z,  
?x)

Femme(?z), 5.1(?x, ?y), 3.10(?y, ?z) -> 1.3 (?z, ?x)

Femme(?z), SoeurDe(?x, ?y), PetitFilsDe(?y, ?z) -> GrandMèreDe(?z, ?x)

Femme(?a), 5.1(?x, ?y), 3.1(?y, ?z), 3.1(?z, ?a) -> 1.3 (?a, ?x)

Femme(?a), SoeurDe(?x, ?y), FilleDe(?y, ?z) , FilleDe(?z, ?a) ->  
GrandMèreDe(?a, ?x)

Femme(?a), 5.1(?x, ?y), 3.1(?y, ?z), 3.1(?z, ?a) -> 1.3 (?a, ?x)

Femme(?a), SoeurDe(?x, ?y), FilleDe(?y, ?z) , FilsDe(?z, ?a) ->  
GrandMèreDe(?a, ?x)

Femme(?a), 5.1(?x, ?y), 3.6(?y, ?z), 3.1(?z, ?a) -> 1.3 (?a, ?x)

Femme(?a), SoeurDe(?x, ?y), FilsDe(?y, ?z) , FilleDe(?z, ?a) ->  
GrandMèreDe(?a, ?x)

Femme(?a), 5.1(?x, ?y), 3.6(?y, ?z), 3.6(?z, ?a) -> 1.3 (?a, ?x)

Femme(?a), SoeurDe(?x, ?y), FilsDe(?y, ?z) , FilsDe(?z, ?a) ->  
GrandMèreDe(?a, ?x)



ANNEXES

Femme(?z), 5.2(?x, ?y), 3.5(?y, ?z) -> 1.3 (?z, ?x)

Femme(?z), FrèreDe(?x, ?y), PetiteFilleDe(?y, ?z) -> GrandMèreDe(?z, ?x)

Femme(?z), 5.2(?x, ?y), 3.5(?y, ?z) -> 1.3 (?z, ?x)

Femme(?z), FrèreDe(?x, ?y), PetitFilsDe(?y, ?z) -> GrandMèreDe(?z, ?x)

Femme(?a), 5.2(?x, ?y), 3.1(?y, ?z), 3.1(?z, ?a) -> 1.3 (?a, ?x)

Femme(?a), FrèreDe(?x, ?y), FilleDe(?y, ?z) , FilleDe(?z, ?a) -> GrandMèreDe(?a, ?x)

Femme(?a), 5.2(?x, ?y), 3.1(?y, ?z), 3.6(?z, ?a) -> 1.3 (?a, ?x)

Femme(?a), FrèreDe(?x, ?y), FilleDe(?y, ?z) , FilsDe(?z, ?a) -> GrandMèreDe(?a, ?x)

Femme(?a), 5.2(?x, ?y), 3.6(?y, ?z), 3.1(?z, ?a) -> 1.3 (?a, ?x)

Femme(?a), FrèreDe(?x, ?y), FilsDe(?y, ?z) , FilleDe(?z, ?a) -> GrandMèreDe(?a, ?x)

Femme(?a), 5.2(?x, ?y), 3.6(?y, ?z), 3.6(?z, ?a) -> 1.3 (?a, ?x)

Femme(?a), FrèreDe(?x, ?y), FilsDe(?y, ?z) , FilsDe(?z, ?a) -> GrandMèreDe(?a, ?x)

**GrandPèreDe (1.4) :**

1.6(?x,?y), 1.5(?y,?z -> 1.4(?x, ?a)

PèreDe(?x,?y), MèreDe(?y,?z) -> GrandPèreDe(?x,?a)

1.6(?x,?y), 1.6(?y,?z -> 1.4(?x, ?a)

PèreDe(?x,?y), PèreDe(?y,?z) -> GrandPèreDe(?x,?a)

ANNEXES

Homme ( ?z), 3.1( ?x, ?y), 3.1( ?y, ?z) -> 1.4 ( ?z, ?x)

Homme ( ?z), FilleDe( ?x, ?y), FilleDe( ?y, ?z) -> GrandPèreDe( ?z, ?x)

Homme ( ?z), 3.1( ?x, ?y), 3.6( ?y, ?z) -> 1.4 ( ?z, ?x)

Homme ( ?z), FilleDe( ?x, ?y), FilsDe( ?y, ?z) -> GrandPèreDe ( ?z, ?x)

Homme ( ?z), 3.6( ?x, ?y), 3.1( ?y, ?z)-> 1.4 ( ?z, ?x)

Homme ( ?z), FilsDe( ?x, ?y), FilleDe( ?y, ?z) -> GrandPèreDe ( ?z, ?x)

Homme ( ?z), 3.6( ?x, ?y), 3.6( ?y, ?z) -> 1.4 ( ?z, ?x)

Homme ( ?z), FilsDe( ?x, ?y), FilsDe( ?y, ?z) -> GrandPèreDe ( ?z, ?x)

Homme( ?z), 5( ?x, ?y), 3.5( ?y, ?z) -> 1.4 ( ?z, ?x)

Homme ( ?z), SiblingOf( ?x, ?y), PetiteFilleDe( ?y, ?z) -> GrandPèreDe( ?z, ?x)

Homme ( ?z), 5( ?x, ?y), 3.10( ?y, ?z) -> 1.4 ( ?z, ?x)

Homme ( ?z), SiblingOf( ?x, ?y), PetitFilsDe( ?y, ?z) -> GrandPèreDe( ?z, ?x)

Homme ( ?a), 5( ?x, ?y), 3.1( ?y, ?z), 3.1( ?z, ?a) -> 1.4 ( ?a, ?x)

Homme ( ?a), SiblingOf( ?x, ?y), FilleDe( ?y, ?z) , FilleDe( ?z, ?a) -> GrandPèreDe( ?a, ?x)

Homme ( ?a), 5( ?x, ?y), 3.1( ?y, ?z), 3.6( ?z, ?a) -> 1.4 ( ?a, ?x)

Homme ( ?a), SiblingOf( ?x, ?y), FilleDe( ?y, ?z) , FilsDe( ?z, ?a) -> GrandPèreDe( ?a, ?x)

ANNEXES

Homme ( ?a), 5( ?x, ?y), 3.6( ?y, ?z), 3.1( ?z, ?a) -> 1.4 ( ?a, ?x)

Homme ( ?a), SiblingOf( ?x, ?y), FilsDe( ?y, ?z) , FilleDe( ?z, ?a) ->  
GrandPèreDe( ?a, ?x)

Homme ( ?a), 5( ?x, ?y), 3.6( ?y, ?z), 3.6( ?z, ?a) -> 1.4 ( ?a, ?x)

Homme ( ?a), SiblingOf( ?x, ?y), FilsDe( ?y, ?z) , FilsDe( ?z, ?a) ->  
GrandPèreDe( ?a, ?x)

Homme ( ?z), 5.1( ?x, ?y), 3.5( ?y, ?z) -> 1.4 ( ?z, ?x)

Homme ( ?z), SoeurDe( ?x, ?y), PetiteFilleDe( ?y, ?z) -> GrandPèreDe( ?z,  
?x)

Homme ( ?z), 5.1( ?x, ?y), 3.10( ?y, ?z) -> 1.4 ( ?z, ?x)

Homme ( ?z), SoeurDe( ?x, ?y), PetitFilsDe( ?y, ?z) -> GrandPèreDe( ?z, ?x)

Homme ( ?a), 5.1( ?x, ?y), 3.1( ?y, ?z), 3.1( ?z, ?a) -> 1.4 ( ?a, ?x)

Homme ( ?a), SoeurDe( ?x, ?y), FilleDe( ?y, ?z) , FilleDe( ?z, ?a) ->  
GrandPèreDe( ?a, ?x)

Homme ( ?a), 5.1( ?x, ?y), 3.1( ?y, ?z), 3.1( ?z, ?a) -> 1.4 ( ?a, ?x)

Homme ( ?a), SoeurDe( ?x, ?y), FilleDe( ?y, ?z) , FilsDe( ?z, ?a) ->  
GrandPèreDe( ?a, ?x)

Homme ( ?a), 5.1( ?x, ?y), 3.6( ?y, ?z), 3.1( ?z, ?a) -> 1.4 ( ?a, ?x)

Homme ( ?a), SoeurDe( ?x, ?y), FilsDe( ?y, ?z) , FilleDe( ?z, ?a) ->  
GrandPèreDe( ?a, ?x)

ANNEXES

Homme ( ?a), 5.1( ?x, ?y), 3.6( ?y, ?z), 3.6( ?z, ?a) -> 1.4 ( ?a, ?x)

Homme ( ?a), SoeurDe( ?x, ?y), FilsDe( ?y, ?z) , FilsDe( ?z, ?a) ->  
GrandPèreDe( ?a, ?x)

Homme ( ?z), 5.2( ?x, ?y), 3.5( ?y, ?z) -> 1.4 ( ?z, ?x)

Homme ( ?z), FrèreDe( ?x, ?y), PetiteFilleDe( ?y, ?z) -> GrandPèreDe( ?z,  
?x)

Homme ( ?z), 5.2( ?x, ?y), 3.5( ?y, ?z) -> 1.4 ( ?z, ?x)

Homme ( ?z), FrèreDe( ?x, ?y), PetitFilsDe( ?y, ?z) -> GrandPèreDe( ?z, ?x)

Homme ( ?a), 5.2( ?x, ?y), 3.1( ?y, ?z), 3.1( ?z, ?a) -> 1.4 ( ?a, ?x)

Homme ( ?a), FrèreDe( ?x, ?y), FilleDe( ?y, ?z) , FilleDe( ?z, ?a) ->  
GrandPèreDe( ?a, ?x)

Homme ( ?a), 5.2( ?x, ?y), 3.1( ?y, ?z), 3.6( ?z, ?a) -> 1.4 ( ?a, ?x)

Homme ( ?a), FrèreDe( ?x, ?y), FilleDe( ?y, ?z) , FilsDe( ?z, ?a) ->  
GrandPèreDe( ?a, ?x)

Homme ( ?a), 5.2( ?x, ?y), 3.6( ?y, ?z), 3.1( ?z, ?a) -> 1.4 ( ?a, ?x)

Homme ( ?a), FrèreDe( ?x, ?y), FilsDe( ?y, ?z) , FilleDe( ?z, ?a) ->  
GrandPèreDe( ?a, ?x)

Homme ( ?a), 5.2( ?x, ?y), 3.6( ?y, ?z), 3.6( ?z, ?a) -> 1.3 ( ?a, ?x)

Homme ( ?a), FrèreDe( ?x, ?y), FilsDe( ?y, ?z) , FilsDe( ?z, ?a) ->  
GrandPèreDe( ?a, ?x)

**MèreDe (1.5) :**

1.5( ?x, ?y), 5(?y, ?z) -> 1.5(?x, ?z)

MèreDe( ?x, ?y), SiblingOf( ?y, ?z) -> MèreDe( ?x, ?z)

1.5( ?x, ?y), 5.1(?y, ?z) -> 1.5(?x, ?z)

MèreDe( ?x, ?y), SoeurDe( ?y, ?z) -> MèreDe( ?x, ?z)

1.5( ?x, ?y), 5.2(?y, ?z) -> 1.5(?x, ?z)

MèreDe( ?x, ?y), FrèreDe( ?y, ?z) -> MèreDe( ?x, ?z)

La femme de mon père peut être ma belle-mère : donc non !

La fille de ma grand-mère (ou grand-père) peut être ma tante : donc non !

La sœur de ma tante (ou oncle) peut aussi être ma tante : donc non !

**PèreDe (1.6) :**

1.6( ?x, ?y), 5(?y, ?z) -> 1.6(?x, ?z)

PèreDe( ?x, ?y), SiblingOf( ?y, ?z) -> PèreDe( ?x, ?z)

1.6( ?x, ?y), 5.1(?y, ?z) -> 1.6(?x, ?z)

PèreDe( ?x, ?y), SoeurDe( ?y, ?z) -> PèreDe( ?x, ?z)

1.6( ?x, ?y), 5.2(?y, ?z) -> 1.6(?x, ?z)

PèreDe( ?x, ?y), FrèreDe( ?y, ?z) -> PèreDe( ?x, ?z)

Le mari de ma mère peut être mon beau-père : donc non !

Le fils de ma grand-mère (ou grand-père) peut être mon oncle : donc non !

Le frère de ma tante (ou oncle) peut aussi être mon oncle : donc non !

**CousinOf (2) :**

1.3 ( ?x, y), 1.3( ?x, ?z) -> 2 ( ?x, ?z)

GrandMèreDe( ?x, ?y), GrandMèreDe( ?x, ?z) -> CousinOf( ?y, ?z)

1.4 ( ?x, ?y), 1.4( ?x, ?z) -> 2 ( ?x, ?z)

GrandPèreDe( ?x, ?y), GrandPèreDe( ?x, ?z)->CousinOf( ?y, ?z)

3.1 ( ?x,?y), 5( ?y, ?z), 1.5( ?z, ?a) -> 2( ?x, ?a)

FilleDe( ?x, ?y), SiblingOf( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> CousinOf( ?x, ?a)

3.1 ( ?x,?y), 5( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 2( ?x, ?a)

FilleDe( ?x, ?y), SiblingOf( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> CousinOf( ?x, ?a)

3.1( ?x, ?y), 5.1( ?y, ?z), 1.5( ?z, ?a) -> 2( ?x, ?a)

FilleDe( ?x, ?y), SoeurDe( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> CousinOf( ?x, ?a)

3.1( ?x, ?y), 5.2( ?y, ?z), 1.5( ?z, ?a) -> 2( ?x, ?a)

FilleDe( ?x, ?y), FrèreDe( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> CousinOf( ?x, ?a)

3.1( ?x, ?y), 5.1( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 2( ?x, ?a)

FilleDe( ?x, ?y), SoeurDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> CousinOf( ?x, ?a)

3.1( ?x, ?y), 5.2( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 2( ?x, ?a)

FilleDe( ?x, ?y), FrèreDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> CousinOf( ?x, ?a)

3.1( ?x, ?y), 4( ?y, ?z), 1.5( ?z, ?a) -> 2( ?x, ?a)

FilleDe( ?x, ?y), HalfSiblingOf( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) ->

CousinOf( ?x, ?a)

ANNEXES

3.1(?x, ?y), 4(?y, ?z), 1.6(?z, ?a) -> 2(?x, ?a)

FilleDe(?x, ?y), HalfSiblingOf(?y, ?z), PèreDe(?z, ?a) -> CousinOf(?x, ?a)

3.1(?x, ?y), 4.1(?y, ?z), 1.5(?z, ?a) -> 2(?x, ?a)

FilleDe(?x, ?y), DemiSoeurDe(?y, ?z), MèreDe(?z, ?a) ->  
CousinOf(?x, ?a)

3.1(?x, ?y), 4.2(?y, ?z), 1.5(?z, ?a) -> 2(?x, ?a)

FilleDe(?x, ?y), DemiFrèreDe(?y, ?z), MèreDe(?z, ?a) ->  
CousinOf(?x, ?a)

3.1(?x, ?y), 4.1(?y, ?z), 1.6(?z, ?a) -> 2(?x, ?a)

FilleDe(?x, ?y), DemiSoeurDe(?y, ?z), PèreDe(?z, ?a) -> CousinOf(?x, ?a)

3.1(?x, ?y), 4.2(?y, ?z), 1.6(?z, ?a) -> 2(?x, ?a)

FilleDe(?x, ?y), DemiFrèreDe(?y, ?z), PèreDe(?z, ?a) -> CousinOf(?x, ?a)

3.1(?x, ?y), 8(?y, ?z) -> 2(?x, ?z)

FilleDe(?x, ?y), TanteDe(?y, ?z) -> CousinOf(?x, ?z)

3.1(?x, ?y), 8.1(?y, ?z) -> 2(?x, ?z)

FilleDe(?x, ?y), TanteMaternelleDe(?y, ?z) -> CousinOf(?x, ?z)

3.1(?x, ?y), 8.2(?y, ?z) -> 2(?x, ?z)

FilleDe(?x, ?y), TantePaternelleDe(?y, ?z) -> CousinOf(?x, ?z)

3.1(?x, ?y), 9(?y, ?z) -> 2(?x, ?z)

FilleDe(?x, ?y), OncleDe(?y, ?z) -> CousinOf(?x, ?z)

ANNEXES

3.1( ?x, ?y), 9.1( ?y, ?z) -> 2( ?x, ?z)

FilleDe( ?x, ?y), OncleMaternelDe( ?y, ?z) -> CousinOf( ?x, ?z)

3.1( ?x, ?y), 9.2( ?y, ?z) -> 2( ?x, ?z)

FilleDe( ?x, ?y), OnclePaternelDe( ?y, ?z) -> CousinOf( ?x, ?z)

3.6( ?x, ?y), 5( ?y, ?z), 1.5( ?z, ?a) -> 2( ?x, ?a)

FilsDe( ?x, ?y), SiblingOf( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> CousinOf( ?x, ?a)

3.6( ?x, ?y), 5( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 2( ?x, ?a)

FilsDe( ?x, ?y), SiblingOf( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> CousinOf( ?x, ?a)

3.6( ?x, ?y), 5.1( ?y, ?z), 1.5( ?z, ?a) -> 2( ?x, ?a)

FilsDe( ?x, ?y), SoeurDe( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> CousinOf( ?x, ?a)

3.6( ?x, ?y), 5.2( ?y, ?z), 1.5( ?z, ?a) -> 2( ?x, ?a)

FilsDe ( ?x, ?y), FrèreDe( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> CousinOf( ?x, ?a)

3.6( ?x, ?y), 5.1( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 2( ?x, ?a)

FilsDe ( ?x, ?y), SoeurDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> CousinOf( ?x, ?a)

3.6( ?x, ?y), 5.2( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 2( ?x, ?a)

FilsDe ( ?x, ?y), FrèreDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> CousinOf( ?x, ?a)

3.6( ?x, ?y), 4( ?y, ?z), 1.5( ?z, ?a) -> 2( ?x, ?a)

FilsDe( ?x, ?y), HalfSiblingOf( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> CousinOf( ?x, ?a)



ANNEXES

3.6(?x, ?y), 4(?y, ?z), 1.6(?z, ?a) -> 2(?x, ?a)

FilsDe(?x, ?y), HalfSiblingOf(?y, ?z), PèreDe(?z, ?a) -> CousinOf(?x, ?a)

3.6(?x, ?y), 4.1(?y, ?z), 1.5(?z, ?a) -> 2(?x, ?a)

FilsDe(?x, ?y), DemiSoeurDe(?y, ?z), MèreDe(?z, ?a) -> CousinOf(?x, ?a)

3.6(?x, ?y), 4.2(?y, ?z), 1.5(?z, ?a) -> 2(?x, ?a)

FilsDe(?x, ?y), DemiFrèreDe(?y, ?z), MèreDe(?z, ?a) -> CousinOf(?x, ?a)

3.6(?x, ?y), 4.1(?y, ?z), 1.6(?z, ?a) -> 2(?x, ?a)

FilsDe(?x, ?y), DemiSoeurDe(?y, ?z), PèreDe(?z, ?a) -> CousinOf(?x, ?a)

3.6(?x, ?y), 4.2(?y, ?z), 1.6(?z, ?a) -> 2(?x, ?a)

FilsDe(?x, ?y), DemiFrèreDe(?y, ?z), PèreDe(?z, ?a) -> CousinOf(?x, ?a)

3.6(?x, ?y), 8(?y, ?z) -> 2(?x, ?z)

FilsDe(?x, ?y), TanteDe(?y, ?z) -> CousinOf(?x, ?z)

3.6(?x, ?y), 8.1(?y, ?z) -> 2(?x, ?z)

FilsDe(?x, ?y), TanteMaternelleDe(?y, ?z) -> CousinOf(?x, ?z)

3.6(?x, ?y), 8.2(?y, ?z) -> 2(?x, ?z)

FilsDe(?x, ?y), TantePaternelleDe(?y, ?z) -> CousinOf(?x, ?z)

3.6(?x, ?y), 9(?y, ?z) -> 2(?x, ?z)

FilsDe(?x, ?y), OncleDe(?y, ?z) -> CousinOf(?x, ?z)

3.6(?x, ?y), 9.1(?y, ?z) -> 2(?x, ?z)

FilsDe(?x, ?y), OncleMaternelDe(?y, ?z) -> CousinOf(?x, ?z)

3.6( ?x, ?y), 9.2( ?y, ?z) -> 2( ?x, ?z)

FilsDe ( ?x, ?y), OnclePaternelDe( ?y, ?z) -> CousinOf( ?x, ?z)

10( ?x, ?y), 1.5( ?y, ?z) -> 2( ?x, ?z)

NièceDe(?x, ?y), MèreDe( ?y, ?z) -> CousinOf( ?x, ?z)

10.1( ?x, ?y), 1.5( ?y, ?z) -> 2( ?x, ?z)

الـلاخت ابنة( ?x, ?y), MèreDe( ?y, ?z) -> CousinOf( ?x, ?z)

10.2( ?x, ?y), 1.5( ?y, ?z) -> 2( ?x, ?z)

الـالاخ ابنة( ?x, ?y), MèreDe( ?y, ?z) -> CousinOf( ?x, ?z)

10( ?x, ?y), 1.6( ?y, ?z) -> 2( ?x, ?z)

NièceDe(?x, ?y), PèreDe( ?y, ?z) -> CousinOf( ?x, ?z)

10.1( ?x, ?y), 1.6( ?y, ?z) -> 2( ?x, ?z)

الـلاخت ابنة( ?x, ?y), PèreDe( ?y, ?z) -> CousinOf( ?x, ?z)

10.2( ?x, ?y), 1.6( ?y, ?z) -> 2( ?x, ?z)

الـالاخ ابنة( ?x, ?y), PèreDe( ?y, ?z) -> CousinOf( ?x, ?z)

11( ?x, ?y), 1.5( ?y, ?z) -> 2( ?x, ?z)

NeveuDe( ?x, ?y), MèreDe( ?y, ?z) -> CousinOf( ?x, ?z)

11.1( ?x, ?y), 1.5( ?y, ?z) -> 2( ?x, ?z)

الـلاخت الابن( ?x, ?y), MèreDe( ?y, ?z) -> CousinOf( ?x, ?z)

11.2( ?x, ?y), 1.5( ?y, ?z) -> 2( ?x, ?z)

الأخ ابن ( ?x, ?y), MèreDe( ?y, ?z) -> CousinOf( ?x, ?z)

11( ?x, ?y), 1.6( ?y, ?z) -> 2( ?x, ?z)

NeveuDe( ?x, ?y), PèreDe( ?y, ?z) -> CousinOf( ?x, ?z)

11.1( ?x, ?y), 1.6( ?y, ?z) -> 2( ?x, ?z)

الأخت ابن ( ?x, ?y), PèreDe( ?y, ?z) -> CousinOf( ?x, ?z)

11.2( ?x, ?y), 1.6( ?y, ?z) -> 2( ?x, ?z)

الأخ ابن ( ?x, ?y), PèreDe( ?y, ?z) -> CousinOf( ?x, ?z)

**cousineDe (2.1) :**

Femme( ?y), 1.3 ( ?x, y), 1.3( ?x, ?z) -> 2.1 ( ?x, ?z)

Femme( ?y), GrandMèreDe( ?x, ?y), GrandMèreDe( ?x, ?z) ->  
CousineDe( ?y, ?z)

Femme( ?y), 1.4 ( ?x, ?y), 1.4( ?x, ?z) -> 2.1 ( ?x, ?z)

Femme( ?y), GrandPèreDe( ?x, ?y), GrandPèreDe( ?x, ?z)-  
>CousineDe( ?y, ?z)

3.1 ( ?x, ?y), 5( ?y, ?z), 1.5( ?z, ?a) -> 2.1( ?x, ?a)

FilleDe( ?x, ?y), SiblingOf( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> CousineDe( ?x, ?a)

3.1 ( ?x, ?y), 5( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 2.1( ?x, ?a)

FilleDe( ?x, ?y), SiblingOf( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> CousineDe( ?x, ?a)

3.1( ?x, ?y), 5.1( ?y, ?z), 1.5( ?z, ?a) -> 2.1( ?x, ?a)

FilleDe( ?x, ?y), SoeurDe( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> CousineDe( ?x, ?a)

ANNEXES

3.1( ?x, ?y), 5.2( ?y, ?z), 1.5( ?z, ?a) -> 2.1( ?x, ?a)

FilleDe( ?x, ?y), FrèreDe( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> CousineDe( ?x, ?a)

3.1( ?x, ?y), 5.1( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 2.1( ?x, ?a)

FilleDe( ?x, ?y), SoeurDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> CousineDe( ?x, ?a)

3.1( ?x, ?y), 5.2( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 2.1( ?x, ?a)

FilleDe( ?x, ?y), FrèreDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> CousineDe( ?x, ?a)

3.1( ?x, ?y), 4( ?y, ?z), 1.5( ?z, ?a) -> 2.1( ?x, ?a)

FilleDe( ?x, ?y), HalfSiblingOf( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) ->  
CousineDe( ?x, ?a)

3.1( ?x, ?y), 4( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 2.1( ?x, ?a)

FilleDe( ?x, ?y), HalfSiblingOf( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) ->  
CousineDe( ?x, ?a)

3.1( ?x, ?y), 4.1( ?y, ?z), 1.5( ?z, ?a) -> 2.1( ?x, ?a)

FilleDe ( ?x, ?y), DemiSoeurDe( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) ->  
CousineDe( ?x, ?a)

3.1( ?x, ?y), 4.2( ?y, ?z), 1.5( ?z, ?a) -> 2.1( ?x, ?a)

FilleDe ( ?x, ?y), DemiFrèreDe( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) ->  
CousineDe( ?x, ?a)

3.1( ?x, ?y), 4.1( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 2.1( ?x, ?a)

FilleDe ( ?x, ?y), DemiSoeurDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) ->  
CousineDe( ?x, ?a)

3.1( ?x, ?y), 4.2( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 2.1( ?x, ?a)

FilleDe ( ?x, ?y), DemiFrèreDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) ->  
CousineDe( ?x, ?a)

3.1( ?x, ?y), 8( ?y, ?z) -> 2.1( ?x, ?z)

FilleDe( ?x, ?y), TanteDe( ?y, ?z) -> CousineDe( ?x, ?z)

3.1( ?x, ?y), 8.1( ?y, ?z) -> 2.1( ?x, ?z)

FilleDe( ?x, ?y), TanteMaternelleDe( ?y, ?z) -> CousineDe( ?x, ?z)

3.1( ?x, ?y), 8.2( ?y, ?z) -> 2.1( ?x, ?z)

FilleDe( ?x, ?y), TantePaternelleDe( ?y, ?z) -> CousineDe( ?x, ?z)

3.1( ?x, ?y), 9( ?y, ?z) -> 2.1( ?x, ?z)

FilleDe( ?x, ?y), OncleDe( ?y, ?z) -> CousineDe( ?x, ?z)

3.1( ?x, ?y), 9.1( ?y, ?z) -> 2.1( ?x, ?z)

FilleDe( ?x, ?y), OncleMaternelDe( ?y, ?z) -> CousineDe( ?x, ?z)

3.1( ?x, ?y), 9.2( ?y, ?z) -> 2.1( ?x, ?z)

FilleDe( ?x, ?y), OnclePaternelDe( ?y, ?z) -> CousineDe( ?x, ?z)

10( ?x, ?y), 1.5( ?y, ?z) -> 2.1( ?x, ?z)

NièceDe(?x, ?y), MèreDe( ?y, ?z) -> CousineDe( ?x, ?z)

10.1( ?x, ?y), 1.5( ?y, ?z) -> 2.1( ?x, ?z)

الابنة( ?x, ?y), MèreDe( ?y, ?z) -> CousineDe( ?x, ?z)

10.2( ?x, ?y), 1.5( ?y, ?z) -> 2.1( ?x, ?z)

ابنة ل( ?x, ?y), MèreDe( ?y, ?z) -> CousineDe( ?x, ?z)

10( ?x, ?y), 1.6( ?y, ?z) -> 2.1( ?x, ?z)

NièceDe(?x, ?y), PèreDe( ?y, ?z) -> CousineDe( ?x, ?z)

10.1( ?x, ?y), 1.6( ?y, ?z) -> 2.1( ?x, ?z)

ابنة ل( ?x, ?y), PèreDe( ?y, ?z) -> CousineDe( ?x, ?z)

10.2( ?x, ?y), 1.6( ?y, ?z) -> 2.1( ?x, ?z)

ابنة ل( ?x, ?y), PèreDe( ?y, ?z) -> CousineDe( ?x, ?z)

**CousinDe (2.2) :**

Homme( ?y), 1.3 ( ?x, y), 1.3( ?x, ?z) -> 2.2 ( ?x, ?z)

Homme ( ?y), GrandMèreDe( ?x, ?y), GrandMèreDe( ?x, ?z) ->  
CousinDe( ?y, ?z)

Homme ( ?y), 1.4 ( ?x, ?y), 1.4( ?x, ?z) -> 2.2 ( ?x, ?z)

Homme ( ?y), GrandPèreDe( ?x, ?y), GrandPèreDe( ?x, ?z)-  
>CousinDe( ?y, ?z)

3.6 ( ?x,?y), 5( ?y, ?z), 1.5( ?z, ?a) -> 2.2( ?x, ?a)

FilsDe( ?x, ?y), SiblingOf( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> CousinDe( ?x, ?a)

3.6 ( ?x,?y), 5( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 2.2( ?x, ?a)

FilsDe ( ?x, ?y), SiblingOf( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> CousinDe ( ?x, ?a)

ANNEXES

3.6( ?x, ?y), 5.1( ?y, ?z), 1.5( ?z, ?a) -> 2.2( ?x, ?a)

FilsDe ( ?x, ?y), SoeurDe( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> CousinDe ( ?x, ?a)

3.6( ?x, ?y), 5.2( ?y, ?z), 1.5( ?z, ?a) -> 2.2( ?x, ?a)

FilsDe ( ?x, ?y), FrèreDe( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> CousinDe ( ?x, ?a)

3.6( ?x, ?y), 5.1( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 2.2( ?x, ?a)

FilsDe ( ?x, ?y), SoeurDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> CousinDe ( ?x, ?a)

3.6( ?x, ?y), 5.2( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 2.2( ?x, ?a)

FilsDe ( ?x, ?y), FrèreDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> CousinDe ( ?x, ?a)

3.6( ?x, ?y), 4( ?y, ?z), 1.5( ?z, ?a) -> 2.2( ?x, ?a)

FilsDe ( ?x, ?y), HalfSiblingOf( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> CousinDe ( ?x, ?a)

3.6( ?x, ?y), 4( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 2.2( ?x, ?a)

FilsDe ( ?x, ?y), HalfSiblingOf( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> CousinDe ( ?x, ?a)

3.6( ?x, ?y), 4.1( ?y, ?z), 1.5( ?z, ?a) -> 2.2( ?x, ?a)

FilsDe ( ?x, ?y), DemiSoeurDe( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> CousinDe ( ?x, ?a)

3.6( ?x, ?y), 4.2( ?y, ?z), 1.5( ?z, ?a) -> 2.2( ?x, ?a)

FilsDe ( ?x, ?y), DemiFrèreDe( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> CousinDe ( ?x, ?a)

3.6( ?x, ?y), 4.1( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 2.2( ?x, ?a)

FilsDe ( ?x, ?y), DemiSoeurDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> CousinDe ( ?x, ?a)

ANNEXES

3.6( ?x, ?y), 4.2( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 2.2( ?x, ?a)

FilsDe ( ?x, ?y), DemiFrèreDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> CousinDe ( ?x, ?a)

3.6( ?x, ?y), 8( ?y, ?z) -> 2.2( ?x, ?z)

FilsDe ( ?x, ?y), TanteDe( ?y, ?z) -> CousinDe ( ?x, ?z)

3.6( ?x, ?y), 8.1( ?y, ?z) -> 2.2( ?x, ?z)

FilsDe ( ?x, ?y), TanteMaternelleDe( ?y, ?z) -> CousinDe ( ?x, ?z)

3.6( ?x, ?y), 8.2( ?y, ?z) -> 2.2( ?x, ?z)

FilsDe ( ?x, ?y), TantePaternelleDe( ?y, ?z) -> CousinDe ( ?x, ?z)

3.6( ?x, ?y), 9( ?y, ?z) -> 2.2( ?x, ?z)

FilsDe ( ?x, ?y), OncleDe( ?y, ?z) -> CousinDe ( ?x, ?z)

3.6( ?x, ?y), 9.1( ?y, ?z) -> 2.2( ?x, ?z)

FilsDe ( ?x, ?y), OncleMaternelDe( ?y, ?z) -> CousinDe ( ?x, ?z)

3.6( ?x, ?y), 9.2( ?y, ?z) -> 2.2( ?x, ?z)

FilsDe ( ?x, ?y), OnclePaternelDe( ?y, ?z) -> CousinDe ( ?x, ?z)

11( ?x, ?y), 1.5( ?y, ?z) -> 2.2( ?x, ?z)

NeveuDe( ?x, ?y), MèreDe( ?y, ?z) -> CousinDe ( ?x, ?z)

11.1( ?x, ?y), 1.5( ?y, ?z) -> 2.2( ?x, ?z)

ل( ?x, ?y), MèreDe( ?y, ?z) -> CousinDe ( ?x, ?z)

11.2( ?x, ?y), 1.5( ?y, ?z) -> 2.2( ?x, ?z)

ل( ?x, ?y), MèreDe( ?y, ?z) -> CousinDe ( ?x, ?z)



11( ?x, ?y), 1.6( ?y, ?z) -> 2.2( ?x, ?z)

NeveuDe( ?x, ?y), PèreDe( ?y, ?z) -> CousinDe ( ?x, ?z)

11.1( ?x, ?y), 1.6( ?y, ?z) -> 2.2( ?x, ?z)

ل خت الأبن ( ?x, ?y), PèreDe( ?y, ?z) -> CousinDe ( ?x, ?z)

11.2( ?x, ?y), 1.6( ?y, ?z) -> 2.2( ?x, ?z)

ل الأخ ابن ( ?x, ?y), PèreDe( ?y, ?z) -> CousinDe( ?x, ?z)

**ل خال ابنة (2.1.1) :**

3.1( ?x, ?y), 5.2( ?y, ?z), 1.5( ?z, ?a) -> 2.1.1( ?x, ?a)

FilleDe( ?x, ?y), FrèreDe( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> ل خال ابنة ( ?x, ?a)

3.1( ?x, ?y), 4.2( ?y, ?z), 1.5( ?z, ?a) -> 2.1.1( ?x, ?a)

FilleDe ( ?x, ?y), DemiFrèreDe( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> ل خال ابنة ( ?x, ?a)

3.1( ?x, ?y), 9.1( ?y, ?z) -> 2.1.1( ?x, ?z)

FilleDe( ?x, ?y), OncleMaternelDe( ?y, ?z) -> ل خال ابنة ( ?x, ?z)

10.2( ?x, ?y), 1.5( ?y, ?z) -> 2.1.1( ?x, ?z)

ل الاخ ابنة ( ?x, ?y), MèreDe( ?y, ?z) -> ل خال ابنة ( ?x, ?z)

**ل عم ابنة (2.1.2) :**

3.1( ?x, ?y), 5.2( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 2.1.2( ?x, ?a)

FilleDe( ?x, ?y), FrèreDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> ل عم ابنة ( ?x, ?a)

3.1( ?x, ?y), 4.2( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 2.1.2( ?x, ?a)

FilleDe ( ?x, ?y), DemiFrèreDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> ل عم ابنة ( ?x, ?a)

3.1( ?x, ?y), 9.2( ?y, ?z) -> 2.1.2( ?x, ?z)

FilleDe( ?x, ?y), OnclePaternelDe( ?y, ?z) -> ل عم ابنة ( ?x, ?z)

10.2( ?x, ?y), 1.6( ?y, ?z) -> 2.1.2( ?x, ?z)

ل عم ابنة ( ?x, ?z), PèreDe( ?y, ?z) -> ل الاخ ابنة

**2.1.3) ل خالة ابنة :**

3.1( ?x, ?y), 5.1( ?y, ?z), 1.5( ?z, ?a) -> 2.1.3( ?x, ?a)

FilleDe( ?x, ?y), SoeurDe( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> ل خالة ابنة ( ?x, ?a)

3.1( ?x, ?y), 4.1( ?y, ?z), 1.5( ?z, ?a) -> 2.1.3( ?x, ?a)

FilleDe ( ?x, ?y), DemiSoeurDe( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> ل خالة ابنة ( ?x, ?a)

3.1( ?x, ?y), 8.1( ?y, ?z) -> 2.1.3( ?x, ?z)

FilleDe( ?x, ?y), TanteMaternelleDe( ?y, ?z) -> ل خالة ابنة ( ?x, ?z)

10.1( ?x, ?y), 1.5( ?y, ?z) -> 2.1.3( ?x, ?z)

ل خالة ابنة ( ?x, ?z), MèreDe( ?y, ?z) -> ل الاخت ابنة

**2.1.4) ل عمة ابنة :**

3.1( ?x, ?y), 5.1( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 2.1.4( ?x, ?a)

FilleDe( ?x, ?y), SoeurDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> ل عمة ابنة ( ?x, ?a)

3.1( ?x, ?y), 4.1( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 2.1.4( ?x, ?a)

FilleDe ( ?x, ?y), DemiSoeurDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> ل عمة ابنة ( ?x, ?a)

3.1( ?x, ?y), 8.2( ?y, ?z) -> 2.1.4( ?x, ?z)

FilleDe( ?x, ?y), TantePaternelleDe( ?y, ?z) -> ل عمة ابنة ( ?x, ?z)

10.1( ?x, ?y), 1.6( ?y, ?z) -> 2.1.4( ?x, ?z)

ل ( ?x, ?z) ل عممة ابنة -> PèreDe( ?y, ?z), ل( ?x, ?y) ل الاخت ابنة

**(2.2.1) ل خال ابن :**

3.6( ?x, ?y), 5.2( ?y, ?z), 1.5( ?z, ?a) -> 2.2.1( ?x, ?a)

ل خال ابن ( ?x, ?a) -> PèreDe( ?y, ?z), FrèreDe( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) FilsDe ( ?x, ?y)

3.6( ?x, ?y), 4.2( ?y, ?z), 1.5( ?z, ?a) -> 2.2.1( ?x, ?a)

ل خال ابن ( ?x, ?a) -> PèreDe( ?z, ?a), MèreDe( ?z, ?a), DemiFrèreDe( ?y, ?z) FilsDe ( ?x, ?y)

3.6( ?x, ?y), 9.1( ?y, ?z) -> 2.2.1( ?x, ?z)

ل خال ابن ( ?x, ?z) -> PèreDe( ?y, ?z), OncleMaternelDe( ?y, ?z) FilsDe ( ?x, ?y)

11.2( ?x, ?y), 1.5( ?y, ?z) -> 2.2.1( ?x, ?z)

ل خال ابن ( ?x, ?z) -> PèreDe( ?y, ?z), MèreDe( ?y, ?z) ل الأخ ابن

**(2.2.2) ل عم ابن :**

3.6( ?x, ?y), 9.2( ?y, ?z) -> 2.2.2( ?x, ?z)

ل عم ابن ( ?x, ?z) -> PèreDe( ?y, ?z), OnclePaternelDe( ?y, ?z) FilsDe ( ?x, ?y)

3.6( ?x, ?y), 4.2( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 2.2.2( ?x, ?a)

ل عم ابن ( ?x, ?a) -> PèreDe( ?z, ?a), MèreDe( ?z, ?a), DemiFrèreDe( ?y, ?z) FilsDe ( ?x, ?y)

3.6( ?x, ?y), 5.2( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 2.2.2( ?x, ?a)

ل عم ابن ( ?x, ?a) -> PèreDe( ?z, ?a), FrèreDe( ?y, ?z) FilsDe ( ?x, ?y)

11.2( ?x, ?y), 1.6( ?y, ?z) -> 2.2.2( ?x, ?z)

ل عم ابن ( ?x, ?z) -> PèreDe( ?y, ?z) ل الأخ ابن

**2.2.3) ل خالة ابن :**

3.6( ?x, ?y), 8.1( ?y, ?z) -> 2.2.3( ?x, ?z)

FilsDe ( ?x, ?y), TanteMaternelleDe( ?y, ?z) -> ل خالة ابن ( ?x, ?z)

3.6( ?x, ?y), 4.1( ?y, ?z), 1.5( ?z, ?a) -> 2.2.3( ?x, ?a)

FilsDe ( ?x, ?y), DemiSoeurDe( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> ل خالة ابن ( ?x, ?a)

3.6( ?x, ?y), 5.1( ?y, ?z), 1.5( ?z, ?a) -> 2.2.3( ?x, ?a)

FilsDe ( ?x, ?y), SoeurDe( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> ل خالة ابن ( ?x, ?a)

11.1( ?x, ?y), 1.5( ?y, ?z) -> 2.2.3( ?x, ?z)

ل خالة ابن ( ?x, ?z), MèreDe( ?y, ?z) -> ل خت الأ ابن

**2.2.4) ل عمّة ابن :**

3.6( ?x, ?y), 8.2( ?y, ?z) -> 2.2.4( ?x, ?z)

FilsDe ( ?x, ?y), TantePaternelleDe( ?y, ?z) -> ل عمّة ابن ( ?x, ?z)

3.6( ?x, ?y), 4.1( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 2.2.4( ?x, ?a)

FilsDe ( ?x, ?y), DemiSoeurDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> ل عمّة ابن ( ?x, ?a)

3.6( ?x, ?y), 5.1( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 2.2.4( ?x, ?a)

FilsDe ( ?x, ?y), SoeurDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> ل عمّة ابن ( ?x, ?a)

11.1( ?x, ?y), 1.6( ?y, ?z) -> 2.2.4( ?x, ?z)

ل عمّة ابن ( ?x, ?z), PèreDe( ?y, ?z) -> ل خت الأ ابن

**FilleDe (3.1) :**

Femme( ?z), 1.5( ?x, ?y), 5( ?y, ?z) -> 3.1( ?z, ?x)

Femme( ?z), MèreDe( ?x, ?y), SiblingOf( ?y, ?z) -> FilleDe( ?z, ?x)

Femme( ?z), 1.5( ?x, ?y), 5.1( ?y, ?z) ->3.1 ( ?z, ?x)

Femme( ?z), MèreDe( ?x, ?y), SoeurDe( ?y, ?z) ->FilleDe( ?z, ?x)

Femme( ?z), 1.5( ?x, ?y), 5.2( ?y, ?z) -> 3.1 ( ?z, ?x)

Femme( ?z), MèreDe( ?x, ?y), FrèreDe( ?y, ?z) -> FilleDe( ?z, ?x)

Femme( ?z),1.6( ?x, ?y), 5( ?y, ?z) ->3.1 ( ?z, ?x)

Femme( ?z),PèreDe( ?x, ?y), SiblingOf( ?y, ?z) ->FilleDe( ?z, ?x)

Femme( ?z), 1.6( ?x, ?y), 5.1( ?y, ?z) ->3.1 ( ?z, ?x)

Femme( ?z), PèreDe( ?x, ?y), SoeurDe( ?y, ?z) ->FilleDe( ?z, ?x)

Femme( ?z), 1.6( ?x, ?y), 5.2( ?y, ?z) -> 3.1 ( ?z, ?x)

Femme( ?z), PèreDe( ?x, ?y), FrèreDe( ?y, ?z) -> FilleDe( ?z, ?x)

***FilsDe (3.6) :***

Homme( ?z),1.5( ?x, ?y), 5( ?y, ?z) ->3.6( ?z, ?x)

Homme( ?z),MèreDe( ?x, ?y), SiblingOf( ?y, ?z) ->FilsDe( ?z, ?x)

Homme ( ?z), 1.5( ?x, ?y), 5.1( ?y, ?z) -> 3.6 ( ?z, ?x)

Homme ( ?z), MèreDe( ?x, ?y), SoeurDe( ?y, ?z) -> FilsDe ( ?z, ?x)

Homme ( ?z), 1.5( ?x, ?y), 5.2( ?y, ?z) -> 3.6 ( ?z, ?x)

Homme ( ?z), MèreDe( ?x, ?y), FrèreDe( ?y, ?z) -> FilsDe ( ?z, ?x)

Homme ( ?z),1.6( ?x, ?y), 5( ?y, ?z) -> 3.6 ( ?z, ?x)

Homme ( ?z),PèreDe( ?x, ?y), SiblingOf( ?y, ?z) -> FilsDe ( ?z, ?x)

ANNEXES

Homme ( ?z), 1.6( ?x, ?y), 5.1( ?y, ?z) -> 3.6 ( ?z, ?x)

Homme ( ?z), PèreDe( ?x, ?y), SoeurDe( ?y, ?z) -> FilsDe ( ?z, ?x)

Homme ( ?z), 1.6( ?x, ?y), 5.2( ?y, ?z) -> 3.6 ( ?z, ?x)

Homme ( ?z), PèreDe( ?x, ?y), FrèreDe( ?y, ?z) -> FilsDe ( ?z, ?x)

**PetiteFilleDe (3.5) :**

Femme( ?z), 1.5( ?x, ?y), 1.5( ?y, ?z) -> 3.5( ?z, ?x)

Femme( ?z), MèreDe( ?x, ?y), MèreDe( ?y, ?z) -> PetiteFilleDe( ?z, ?x)

Femme( ?z), 1.6( ?x, ?y), 1.5( ?y, ?z) -> 3.5( ?z, ?x)

Femme( ?z), PèreDe( ?x, ?y), MèreDe( ?y, ?z) -> PetiteFilleDe( ?z, ?x)

Femme( ?z), 1.5( ?x, ?y), 1.6( ?y, ?z) -> 3.5( ?z, ?x)

Femme( ?z), MèreDe( ?x, ?y), PèreDe( ?y, ?z) -> PetiteFilleDe( ?z, ?x)

Femme( ?z), 1.6( ?x, ?y), 1.6( ?y, ?z) -> 3.5( ?z, ?x)

Femme( ?z), PèreDe( ?x, ?y), PèreDe( ?y, ?z) -> PetiteFilleDe( ?z, ?x)

Femme( ?x), 3.1( ?x, ?y), 3.1( ?y, ?z) -> 3.5 ( ?z, ?x)

Femme( ?x), FilleDe( ?x, ?y), FilleDe( ?y, ?z) -> PetiteFilleDe ( ?x, ?z)

Femme( ?z), 3.1( ?x, ?y), 3.6( ?y, ?z) -> 3.5 ( ?z, ?x)

Femme( ?x), FilleDe( ?x, ?y), FilsDe( ?y, ?z) -> PetiteFilleDe ( ?x, ?z)

**PetitFilsDe (3.10) :**

Homme( ?z), 1.5( ?x, ?y), 1.5( ?y, ?z) -> 3.10( ?z, ?x)

Homme( ?z), MèreDe( ?x, ?y), MèreDe( ?y, ?z) -> PetitFilsDe( ?z, ?x)

Homme( ?z), 1.6( ?x, ?y), 1.5( ?y, ?z) -> 3.10( ?z, ?x)

Homme( ?z), PèreDe( ?x, ?y), MèreDe( ?y, ?z) -> PetitFilsDe( ?z, ?x)

Homme( ?z), 1.5( ?x, ?y), 1.6( ?y, ?z) -> 3.10( ?z, ?x)

Homme( ?z), MèreDe( ?x, ?y), PèreDe( ?y, ?z) -> PetitFilsDe( ?z, ?x)

Homme( ?z), 1.6( ?x, ?y), 1.6( ?y, ?z) -> 3.10( ?z, ?x)

Homme( ?z), PèreDe( ?x, ?y), PèreDe( ?y, ?z) -> PetitFilsDe( ?z, ?x)

Homme( ?x), 3.6( ?x, ?y), 3.1( ?y, ?z)-> 3.10 ( ?x, ?z)

Homme( ?x), FilsDe( ?x, ?y), FilleDe( ?y, ?z) -> PetitFilsDe ( ?x, ?z)

Homme( ?x), 3.6( ?x, ?y), 3.6( ?y, ?z) -> 3.10( ?x, ?z)

Homme( ?x), FilsDe( ?x, ?y), FilsDe( ?y, ?z) -> PetitFilsDe ( ?x, ?z)

**HalfSiblingOf(4) :**

1.5( ?y, ?x), 1.5( ?y, ?a), 1.6( ?z ?x), 1.6( ?b , ?a) -> 4( ?x ?a)

MèreDe( ?y, ?x), MèreDe( ?y, ?a), PèreDe(?z, ?x) , PèreDe( ?b, ?a) ->  
HalfSiblingOf( ?x, ?a)

1.6( ?y, ?x), 1.6( ?y, ?a), 1.5( ?z ?x), 1.5( ?b , ?a) -> 4( ?x ?a)

PèreDe( ?y, ?x), PèreDe( ?y, ?a), MèreDe( ?z, ?x), MèreDe( ?b, ?a) ->  
HalfSiblingOf( ?x, ?a)

**DemiSoeurDe (4.1) :**

Femme( ?x), 1.5( ?y, ?x), 1.5( ?y, ?a), 1.6( ?z ?x), 1.6( ?b , ?a) -> 4.1( ?x ?a)

Femme(?x), MèreDe(?y, ?x), MèreDe(?y, ?a), PèreDe(?z, ?x) ,  
PèreDe(?b, ?a) -> DemiSoeurDe(?x, ?a)

Femme(?x), 1.6(?y, ?x), 1.6(?y, ?a), 1.5(?z ?x), 1.5(?b , ?a) -> 4.1(?x ?a)  
Femme (?x), PèreDe(?y, ?x), PèreDe(?y, ?a), MèreDe(?z, ?x),  
MèreDe(?b, ?a) -> DemiSoeurDe (?x, ?a)

***DemiFrèreDe (4.2) :***

Homme(?x), 1.5(?y, ?x), 1.5(?y, ?a), 1.6(?z ?x), 1.6(?b , ?a) -> 4.2(?x ?a)  
Homme(?x), MèreDe(?y, ?x), MèreDe(?y, ?a), PèreDe(?z, ?x) ,  
PèreDe(?b, ?a) -> DemiFrèreDe(?x, ?a)

Homme(?x), 1.6(?y, ?x), 1.6(?y, ?a), 1.5(?z ?x), 1.5(?b , ?a) -> 4.2(?x ?a)  
Homme (?x), PèreDe(?y, ?x), PèreDe(?y, ?a), MèreDe(?z, ?x),  
MèreDe(?b, ?a) -> DemiFrèreDe (?x, ?a)

***SiblingOf (5) :***

1.5(?y, ?x), 1.5(?y, ?a), 1.6(?z, ?x), 1.6(?z , ?a) -> 5(?x ?a)  
MèreDe(?y, ?x), MèreDe(?y, ?a), PèreDe(?z, ?x) , PèreDe(?z, ?a) ->  
SiblingOf(?x, ?a)

***SoeurDe (5.1) :***

Femme(?x), 1.5(?y, ?x), 1.5(?y, ?a), 1.6(?z ,?x), 1.6(?z , ?a) -> 5.1(?x ?a)  
Femme(?x), MèreDe(?y, ?x), MèreDe(?y, ?a), PèreDe(?z, ?x) ,  
PèreDe(?z, ?a) -> SoeurDe(?x, ?a)

***FrèreDe (5.2) :***

Homme(?x), 1.5(?y, ?x), 1.5(?y, ?a), 1.6(?z ,?x), 1.6(?z , ?a) -> 5.2(?x ?a)



ANNEXES

Homme( ?x), MèreDe( ?y, ?x), MèreDe( ?y, ?a), PèreDe(?z, ?x) ,  
PèreDe( ?z, ?a) -> SoeurDe( ?x, ?a)

**BruDe (6) :**

Femme( ?x), 13( ?x, ?y), 3.1( ?y, ?z) -> 6 ( ?x, ?z)

Femme( ?x), PartnerOf( ?x, ?y), FilleDe( ?y, ?z) -> BruDe( ?x, ?z)

Femme( ?x), 13( ?x, ?y), 3.6( ?y, ?z) -> 6 ( ?x, ?z)

Femme( ?x), PartnerOf( ?x, ?y), FilsDe( ?y, ?z) -> BruDe( ?x, ?z)

Femme( ?x), 13.1( ?x, ?y), 3.1( ?y, ?z) -> 6 ( ?x, ?z)

Femme( ?x), UnieÀ( ?x, ?y), FilleDe( ?y, ?z) -> BruDe( ?x, ?z)

Femme( ?x), 13.1( ?x, ?y), 3.6( ?y, ?z) -> 6 ( ?x, ?z)

Femme( ?x), UnieÀ( ?x, ?y), FilsDe( ?y, ?z) -> BruDe( ?x, ?z)

Femme( ?x), 13.1.1( ?x, ?y), 3.6( ?y, ?z) -> 6 ( ?x, ?z)

Femme( ?x), ConcubineDe( ?x, ?y), FilsDe( ?y, ?z) -> BruDe( ?x, ?z)

Femme( ?x), 13.1.2( ?x, ?y), 3.1( ?y, ?z) -> 6 ( ?x, ?z)

Femme( ?x), ConjointeHomoDe( ?x, ?y), FilleDe( ?y, ?z) -> BruDe( ?x, ?z)

Femme( ?x), 13.1.3( ?x, ?y), 3.6( ?y, ?z) -> 6 ( ?x, ?z)

Femme( ?x), ConjointeHétéroDe( ?x, ?y), FilsDe( ?y, ?z) -> BruDe( ?x, ?z)

Femme( ?x), 13.1.4( ?x, ?y), 3.6( ?y, ?z) -> 6 ( ?x, ?z)

ANNEXES

Femme( ?x), ConjointePolyandreDe( ?x, ?y), FilsDe( ?y, ?z) ->  
BruDe( ?x, ?z)

Femme( ?x), 13.1.5( ?x, ?y), 3.6( ?y, ?z) -> 6 ( ?x, ?z)

Femme( ?x), PacséeÀ( ?x, ?y), FilsDe( ?y, ?z) -> BruDe( ?x, ?z)

**GendreDe (7) :**

Homme( ?x), 13( ?x, ?y), 3.1( ?y, ?z) -> 7 ( ?x, ?z)

Homme( ?x), PartnerOf( ?x, ?y), FilleDe( ?y, ?z) -> GendreDe ( ?x, ?z)

Homme( ?x), 13( ?x, ?y), 3.6( ?y, ?z) -> 7 ( ?x, ?z)

Homme ( ?x), PartnerOf( ?x, ?y), FilsDe( ?y, ?z) -> GendreDe ( ?x, ?z)

Homme( ?x), 13.2( ?x, ?y), 3.1( ?y, ?z) -> 7 ( ?x, ?z)

Homme ( ?x), UniÀ( ?x, ?y), FilleDe( ?y, ?z) -> GendreDe ( ?x, ?z)

Homme( ?x), 13.2( ?x, ?y), 3.6( ?y, ?z) -> 7 ( ?x, ?z)

Homme ( ?x), UniÀ( ?x, ?y), FilsDe( ?y, ?z) -> GendreDe ( ?x, ?z)

Homme( ?x), 13.2.1( ?x, ?y), 3.1( ?y, ?z) -> 7 ( ?x, ?z)

Homme ( ?x), ConcubinDe( ?x, ?y), FilleDe( ?y, ?z) -> GendreDe ( ?x, ?z)

Homme( ?x), 13.2.2( ?x, ?y), 3.6( ?y, ?z) -> 7 ( ?x, ?z)

Homme ( ?x), ConjointHomoDe( ?x, ?y), FilsDe( ?y, ?z) -> GendreDe  
( ?x, ?z)

Homme( ?x), 13.2.3( ?x, ?y), 3.1( ?y, ?z) -> 7 ( ?x, ?z)

Homme (?x), ConjointHétéroDe(?x, ?y), FilleDe(?y, ?z) -> GendreDe  
(?x, ?z)

Homme(?x), 13.2.4(?x, ?y), 3.1(?y, ?z) -> 7(?x, ?z)

Homme (?x), ConjointPolygyneDe(?x, ?y), FilleDe(?y, ?z) -> GendreDe  
(?x, ?z)

Homme(?x), 13.2.5(?x, ?y), 3.1(?y, ?z) -> 7(?x, ?z)

Homme (?x), PacséÀ(?x, ?y), FilleDe(?y, ?z) -> GendreDe (?x, ?z)

**TanteDe (8) :**

Femme(?x), 5(?x, ?y), 1.5(?y, ?z) -> 8(?x, ?z)

Femme(?x), SiblingOf(?x, ?y), MèreDe(?y, ?z) -> TanteDe(?x, ?z)

5.1(?x, ?y), 1.5(?y, ?z) -> 8(?x, ?z)

SoeurDe(?x, ?y), MèreDe(?y, ?z) -> TanteDe(?x, ?z)

Femme(?x), 5(?x, ?y), 1.6(?y, ?z) -> 8(?x, ?z)

Femme(?x), SiblingOf(?x, ?y), PèreDe(?y, ?z) -> TanteDe(?x, ?z)

5.1(?x, ?y), 1.6(?y, ?z) -> 8(?x, ?z)

SoeurDe(?x, ?y), PèreDe(?y, ?z) -> TanteDe(?x, ?z)

Femme(?x), 4(?x, ?y), 1.5(?y, ?z) -> 8(?x, ?z)

Femme(?x), HalfSiblingOf(?x, ?y), MèreDe(?y, ?z) -> TanteDe(?x, ?z)

4.1(?x, ?y), 1.5(?y, ?z) -> 8(?x, ?z)

DemiSoeurDe(?x, ?y), MèreDe(?y, ?z) -> TanteDe(?x, ?z)

Femme(?x), 4(?x, ?y), 1.6(?y, ?z) -> 8(?x, ?z)

Femme( ?x), HalfSiblingOf( ?x, ?y), PèreDe( ?y, ?z) -> TanteDe( ?x, ?z)

4.1( ?x, ?y), 1.6( ?y, ?z) -> 8( ?x, ?z)

DemiSoeurDe( ?x, ?y), PèreDe( ?y, ?z) -> TanteDe( ?x, ?z)

***TanteMaternelleDe (8.1) :***

Femme( ?x), 5( ?x, ?y), 1.5( ?y, ?z) -> 8.1( ?x, ?z)

Femme( ?x), SiblingOf( ?x, ?y), MèreDe( ?y, ?z) -> TanteMaternelleDe  
( ?x, ?z)

5.1( ?x, ?y), 1.5( ?y, ?z) -> 8.1( ?x, ?z)

SoeurDe( ?x, ?y), MèreDe( ?y, ?z) -> TanteMaternelleDe ( ?x, ?z)

Femme( ?x), 4( ?x, ?y), 1.5( ?y, ?z) -> 8.1( ?x, ?z)

Femme( ?x), HalfSiblingOf( ?x, ?y), MèreDe( ?y, ?z) -> TanteMaternelleDe  
( ?x, ?z)

4.1( ?x, ?y), 1.5( ?y, ?z) -> 8.1( ?x, ?z)

DemiSoeurDe( ?x, ?y), MèreDe( ?y, ?z) -> TanteMaternelleDe( ?x, ?z)

***TantePaternelleDe (8.2) :***

Femme( ?x), 5( ?x, ?y), 1.6( ?y, ?z) -> 8.2( ?x, ?z)

Femme( ?x), SiblingOf( ?x, ?y), PèreDe( ?y, ?z) ->  
TantePaternelleDe( ?x, ?z)

5.1( ?x, ?y), 1.6( ?y, ?z) -> 8.2( ?x, ?z)

SoeurDe( ?x, ?y), PèreDe( ?y, ?z) -> TantePaternelleDe ( ?x, ?z)

Femme( ?x), 4( ?x, ?y), 1.6( ?y, ?z) -> 8.2( ?x, ?z)

Femme(?x), HalfSiblingOf(?x, ?y), PèreDe(?y, ?z) -> TantePaternelleDe  
(?x, ?z)

4.1(?x, ?y), 1.6(?y, ?z) -> 8.2(?x, ?z)

DemiSoeurDe(?x, ?y), PèreDe(?y, ?z) -> TantePaternelleDe (?x, ?z)

زوجة الخال ل (8.3) :

Femme(?x), 13(?x, ?y), 9.1(?y, ?z) -> 8.3(?x, ?z)

Femme(?x), PartnerOf(?x, ?y), OncleMaternelDe(?y, ?z) -> زوجة الخال ل  
(?x, ?z)

Femme(?x), 13(?x, ?y), Homme(?y), 5(?y, ?z), 1.5(?z, ?a) -> 8.3(?x, ?a)

Femme(?x), PartnerOf(?x, ?y), Homme(?y), SiblingOf(?y, ?z),  
MèreDe(?z, ?a) -> زوجة الخال ل (?x, ?a)

Femme(?x), 13(?x, ?y), Homme(?y), 4(?y, ?z), 1.5(?z, ?a) -> 8.3(?x, ?a)

Femme(?x), PartnerOf(?x, ?y), Homme(?y), HalfSiblingOf(?y, ?z),  
MèreDe(?z, ?a) -> زوجة الخال ل (?x, ?a)

Femme(?x), 13(?x, ?y), 5.2(?y, ?z), 1.5(?z, ?a) -> 8.3(?x, ?a)

Femme(?x), PartnerOf(?x, ?y), FrèreDe(?y, ?z), MèreDe(?z, ?a) -> زوجة  
الخال ل (?x, ?a)

Femme(?x), 13(?x, ?y), Homme(?y), 4.2(?y, ?z), 1.5(?z, ?a) ->  
8.3(?x, ?a)

Femme(?x), PartnerOf(?x, ?y), DemiFrèreDe(?y, ?z), MèreDe(?z, ?a) ->  
زوجة الخال ل (?x, ?a)

13.1(?x, ?y), 9.1(?y, ?z) -> 8.3(?x, ?z)

UnieÀ( ?x, ?y), OncleMaternelDe( ?y , ?z) -> زوجة الخال ل ( ?x, ?z)

13.1( ?x, ?y), Homme( ?y), 5( ?y, ?z) , 1.5( ?z, ?a) -> 8.3( ?x, ?a)

UnieÀ( ?x, ?y), Homme( ?y), SiblingOf( ?y ,?z), MèreDe( ?z, ?a) -> زوجة الخال ل ( ?x, ?a)

13.1( ?x, ?y), Homme( ?y), 4( ?y, ?z) , 1.5( ?z, ?a) -> 8.3( ?x, ?a)

UnieÀ( ?x, ?y), Homme( ?y), HalfSiblingOf( ?y ,?z), MèreDe( ?z, ?a) -> زوجة الخال ل ( ?x, ?a)

13.1( ?x, ?y), 5.2( ?y, ?z) , 1.5( ?z, ?a) -> 8.3( ?x, ?a)

UnieÀ( ?x, ?y), FrèreDe( ?y ,?z), MèreDe( ?z, ?a) -> زوجة الخال ل ( ?x, ?a)

13.1( ?x, ?y), 4.2( ?y, ?z) , 1.5( ?z, ?a) -> 8.3( ?x, ?a)

UnieÀ( ?x, ?y), DemiFrèreDe( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> زوجة الخال ل ( ?x, ?a)

13.1.1( ?x, ?y), 9.1( ?y, ?z) -> 8.3( ?x, ?z)

ConcubineDe( ?x, ?y), OncleMaternelDe( ?y , ?z) -> زوجة الخال ل ( ?x, ?z)

13.1.1 ( ?x, ?y), Homme( ?y), 5( ?y, ?z) , 1.5( ?z, ?a) -> 8.3( ?x, ?a)

ConcubineDe( ?x, ?y), Homme( ?y), SiblingOf( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> زوجة الخال ل ( ?x, ?a)

13.1.1 ( ?x, ?y), Homme( ?y), 4( ?y, ?z) , 1.5( ?z, ?a) -> 8.3( ?x, ?a)

ConcubineDe( ?x, ?y), Homme( ?y), HalfSiblingOf( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> زوجة الخال ل ( ?x, ?a)

13.1.1 ( ?x, ?y), 5.2( ?y, ?z) , 1.5( ?z, ?a) -> 8.3( ?x, ?a)

ConcubineDe( ?x, ?y), FrèreDe( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> زوجة الخال ل  
( ?x, ?a)

13.1.1 ( ?x, ?y), 4.2( ?y, ?z) , 1.5( ?z, ?a) -> 8.3( ?x, ?a)

ConcubineDe( ?x, ?y), DemiFrèreDe( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> زوجة الخال ل  
( ?x, ?a)

13.1.3 ( ?x, ?y), 9.1( ?y, ?z) -> 8.3( ?x, ?z)

ConjointeHétéroDe ( ?x, ?y), OncleMaternelDe( ?y , ?z) -> زوجة الخال ل ( ?x, ?z)

13.1.3 ( ?x, ?y), Homme( ?y), 5( ?y, ?z) , 1.5( ?z, ?a) -> 8.3( ?x, ?a)

ConjointeHétéroDe ( ?x, ?y), Homme( ?y), SiblingOf( ?y, ?z),  
MèreDe( ?z, ?a) -> زوجة الخال ل ( ?x, ?a)

13.1.3 ( ?x, ?y), Homme( ?y), 4( ?y, ?z) , 1.5( ?z, ?a) -> 8.3( ?x, ?a)

ConjointeHétéroDe ( ?x, ?y), Homme( ?y), HalfSiblingOf( ?y, ?z),  
MèreDe( ?z, ?a) -> زوجة الخال ل ( ?x, ?a)

13.1.3 ( ?x, ?y), 5.2( ?y, ?z) , 1.5( ?z, ?a) -> 8.3( ?x, ?a)

ConjointeHétéroDe ( ?x, ?y), FrèreDe( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> زوجة الخال ل  
( ?x, ?a)

13.1.3 ( ?x, ?y), 4.2( ?y, ?z) , 1.5( ?z, ?a) -> 8.3( ?x, ?a)

ConjointeHétéroDe ( ?x, ?y), DemiFrèreDe( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> زوجة  
الخال ل ( ?x, ?a)

13.1.4 ( ?x, ?y), 9.1( ?y, ?z) -> 8.3( ?x, ?z)

ConjointePolyandreDe( ?x, ?y), OncleMaternelDe ( ?y , ?z) -> زوجة الخال ل  
( ?x, ?z)

13.1.4( ?x, ?y), Homme( ?y), 5( ?y, ?z) , 1.5( ?z, ?a) -> 8.3( ?x, ?a)  
ConjointePolyandreDe( ?x, ?y), Homme( ?y), SiblingOf( ?y, ?z),  
MèreDe( ?z, ?a) -> زوجة الخال ل ( ?x, ?a)

13.1.4 ( ?x, ?y), Homme( ?y), 4( ?y, ?z) , 1.5( ?z, ?a) -> 8.3( ?x, ?a)  
ConjointePolyandreDe( ?x, ?y), Homme( ?y), HalfSiblingOf( ?y, ?z),  
MèreDe( ?z, ?a) -> زوجة الخال ل ( ?x, ?a)

13.1.4 ( ?x, ?y), 5.2( ?y, ?z) , 1.5( ?z, ?a) -> 8.3( ?x, ?a)  
ConjointePolyandreDe( ?x, ?y), FrèreDe( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> زوجة الخال  
ل ( ?x, ?a)

13.1.4 ( ?x, ?y), 4.2( ?y, ?z) , 1.5( ?z, ?a) -> 8.3( ?x, ?a)  
ConjointePolyandreDe( ?x, ?y), DemiFrèreDe( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) ->  
زوجة الخال ل ( ?x, ?a)

13.1.5( ?x, ?y), 9.1( ?y, ?z) -> 8.3( ?x, ?z)  
PacséeÀ( ?x, ?y), OncleMaternelDe ( ?y , ?z) -> زوجة الخال ل ( ?x, ?z)

13.1.5( ?x, ?y), Homme( ?y), 5( ?y, ?z) , 1.5( ?z, ?a) -> 8.3( ?x, ?a)  
PacséeÀ( ?x, ?y), Homme( ?y), SiblingOf( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> زوجة  
الخال ل ( ?x, ?a)

13.1.5( ?x, ?y), Homme( ?y), 4( ?y, ?z) , 1.5( ?z, ?a) -> 8.3( ?x, ?a)



PacséeÀ( ?x, ?y), Homme( ?y), HalfSiblingOf( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) ->  
 زوجة الخال ل ( ?x, ?a)

13.1.5( ?x, ?y), 5.2( ?y, ?z) , 1.5( ?z, ?a) -> 8.3( ?x, ?a)

PacséeÀ( ?x, ?y), FrèreDe( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> زوجة الخال ل ( ?x, ?a)

13.1.5( ?x, ?y), 4.2( ?y, ?z) , 1.5( ?z, ?a) -> 8.3( ?x, ?a)

PacséeÀ( ?x, ?y), DemiFrèreDe( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> زوجة الخال ل  
 ( ?x, ?a)

**(8.4):** زوجة العم ل

Femme( ?x), 13( ?x, ?y), 9.2( ?y, ?z) -> 8.4( ?x, ?z)

Femme ( ?x), PartnerOf( ?x, ?y), OnclePaternelDe( ?y , ?z) -> زوجة العم ل  
 ( ?x, ?z)

Femme( ?x), 13( ?x, ?y), Homme( ?y), 5( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 8.4( ?x, ?a)

Femme( ?x), PartnerOf( ?x, ?y), Homme( ?y), SiblingOf( ?y, ?z),  
 PèreDe( ?z, ?a) -> زوجة العم ل ( ?x, ?a)

Femme( ?x), 13( ?x, ?y), Homme( ?y), 4( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 8.4( ?x, ?a)

Femme( ?x), PartnerOf( ?x, ?y), Homme( ?y), HalfSiblingOf( ?y, ?z),  
 PèreDe( ?z, ?a) -> زوجة العم ل ( ?x, ?a)

Femme( ?x), 13( ?x, ?y), 5.2( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 8.4( ?x, ?a)

Femme( ?x), PartnerOf( ?x, ?y), FrèreDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> زوجة العم ل  
 ( ?x, ?a)

Femme( ?x), 13( ?x, ?y), 4.2( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 8.4( ?x, ?a)

Femme( ?x), PartnerOf( ?x, ?y), DemiFrèreDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) ->  
 زوجة العم ل ( ?x, ?a)

13.1( ?x, ?y), 9.2( ?y, ?z) -> 8.4( ?x, ?z)

UnieÀ( ?x, ?y), OnclePaternelDe ( ?y , ?z) -> زوجة العم ل ( ?x, ?z)

13.1( ?x, ?y), Homme( ?y), 5( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 8.4( ?x, ?a)

UnieÀ( ?x, ?y), Homme( ?y), SiblingOf( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> زوجة العم ل  
 ( ?x, ?a)

13.1( ?x, ?y), Homme( ?y), 4( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 8.4( ?x, ?a)

UnieÀ( ?x, ?y), Homme( ?y), HalfSiblingOf( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> زوجة  
 العم ل ( ?x, ?a)

13.1( ?x, ?y), 5.2( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 8.4( ?x, ?a)

UnieÀ( ?x, ?y), FrèreDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> زوجة العم ل ( ?x, ?a)

13.1( ?x, ?y), 4.2( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 8.4( ?x, ?a)

UnieÀ( ?x, ?y), DemiFrèreDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> زوجة العم ل ( ?x, ?a)

13.1.1( ?x, ?y), 9.2( ?y, ?z) -> 8.4( ?x, ?z)

ConcubineDe( ?x, ?y), OnclePaternelDe ( ?y , ?z) -> زوجة العم ل ( ?x, ?z)

13.1.1( ?x, ?y), Homme( ?y), 5( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 8.4( ?x, ?a)

ConcubineDe( ?x, ?y), Homme( ?y), SiblingOf( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) ->  
 زوجة العم ل ( ?x, ?a)

13.1.1( ?x, ?y), Homme( ?y), 4( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 8.4( ?x, ?a)

ConcubineDe( ?x, ?y), Homme( ?y), HalfSiblingOf( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -  
 > زوجة العم ل ( ?x, ?a)

13.1.1( ?x, ?y), 5.2( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 8.4( ?x, ?a)

ConcubineDe( ?x, ?y), FrèreDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> زوجة العم ل ( ?x, ?a)

13.1.1( ?x, ?y), 4.2( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 8.4( ?x, ?a)

ConcubineDe( ?x, ?y), DemiFrèreDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> زوجة العم ل  
 ( ?x, ?a)

13.1.3( ?x, ?y), 9.2( ?y, ?z) -> 8.4( ?x, ?z)

ConjointeHétéroDe ( ?x, ?y), OnclePaternelDe ( ?y, ?z) -> زوجة العم ل ( ?x, ?z)

13.1.3( ?x, ?y), Homme( ?y), 5( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 8.4( ?x, ?a)

ConjointeHétéroDe ( ?x, ?y), Homme( ?y), SiblingOf( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a)  
 -> زوجة العم ل ( ?x, ?a)

13.1.3( ?x, ?y), Homme( ?y), 4( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 8.4( ?x, ?a)

ConjointeHétéroDe ( ?x, ?y), Homme( ?y), HalfSiblingOf( ?y, ?z),  
 PèreDe( ?z, ?a) -> زوجة العم ل ( ?x, ?a)

13.1.3( ?x, ?y), 5.2( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 8.4( ?x, ?a)

ConjointeHétéroDe ( ?x, ?y), FrèreDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> زوجة العم ل  
 ( ?x, ?a)

13.1.3( ?x, ?y), 4.2( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 8.4( ?x, ?a)

ConjointeHétéroDe ( ?x, ?y), DemiFrèreDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> زوجة العم  
 ل ( ?x, ?a)

13.1.4( ?x, ?y), 9.2( ?y, ?z) -> 8.4( ?x, ?z)

ConjointePolyandreDe( ?x, ?y), OnclePaternelDe ( ?y , ?z) -> زوجة العم ل  
( ?x, ?z)

13.1.4( ?x, ?y), Homme( ?y), 5( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 8.4( ?x, ?a)

ConjointePolyandreDe( ?x, ?y), Homme( ?y), SiblingOf( ?y, ?z),  
PèreDe( ?z, ?a) -> زوجة العم ل ( ?x, ?a)

13.1.4( ?x, ?y), Homme( ?y), 4( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 8.4( ?x, ?a)

ConjointePolyandreDe( ?x, ?y), Homme( ?y), HalfSiblingOf( ?y, ?z),  
PèreDe( ?z, ?a) -> زوجة العم ل ( ?x, ?a)

13.1.4( ?x, ?y), 5.2( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 8.4( ?x, ?a)

ConjointePolyandreDe( ?x, ?y), FrèreDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> زوجة العم ل  
( ?x, ?a)

13.1.4( ?x, ?y), 4.2( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 8.4( ?x, ?a)

ConjointePolyandreDe( ?x, ?y), DemiFrèreDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) ->  
زوجة العم ل ( ?x, ?a)

13.1.5( ?x, ?y), 9.2( ?y, ?z) -> 8.4( ?x, ?z)

PacséeÀ( ?x, ?y), OnclePaternelDe ( ?y , ?z) -> زوجة العم ل ( ?x ?z)

13.1.5( ?x, ?y), Homme( ?y), 5( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 8.4( ?x, ?a)

PacséeÀ( ?x, ?y), Homme( ?y), SiblingOf( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> زوجة العم  
ل ( ?x, ?a)

13.1.5( ?x, ?y), Homme( ?y), 4( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 8.4( ?x, ?a)

PacséeÀ( ?x, ?y), Homme( ?y), HalfSiblingOf( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) ->  
 زوجة العم ل ( ?x, ?a)

13.1.5( ?x, ?y), 5.2( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 8.4( ?x, ?a)

PacséeÀ( ?x, ?y), FrèreDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> زوجة العم ل ( ?x, ?a)

13.1.5( ?x, ?y), 4.2( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 8.4( ?x, ?a)

PacséeÀ( ?x, ?y), DemiFrèreDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> زوجة العم ل ( ?x, ?a)

***OncleDe (9) :***

Homme( ?x), 5( ?x, ?y), 1.5( ?y, ?z) -> 9( ?x, ?z)

Homme( ?x), SiblingOf( ?x, ?y), MèreDe( ?y, ?z) -> OncleDe( ?x, ?z)

5.2( ?x, ?y), 1.5( ?y, ?z) -> 9( ?x, ?z)

FrèreDe( ?x, ?y), MèreDe( ?y, ?z) -> OncleDe( ?x, ?z)

Homme( ?x), 5( ?x, ?y), 1.6( ?y, ?z) -> 9( ?x, ?z)

Homme( ?x), SiblingOf( ?x, ?y), PèreDe( ?y, ?z) -> OncleDe( ?x, ?z)

5.2( ?x, ?y), 1.6( ?y, ?z) -> 9( ?x, ?z)

FrèreDe( ?x, ?y), PèreDe( ?y, ?z) -> OncleDe( ?x, ?z)

Homme( ?x), 4( ?x, ?y), 1.5( ?y, ?z) -> 9( ?x, ?z)

Homme( ?x), HalfSiblingOf( ?x, ?y), MèreDe( ?y, ?z) -> OncleDe( ?x, ?z)

4.2( ?x, ?y), 1.5( ?y, ?z) -> 9( ?x, ?z)

DemiFrèreDe( ?x, ?y), MèreDe( ?y, ?z) -> OncleDe( ?x, ?z)

Homme( ?x), 4( ?x, ?y), 1.6( ?y, ?z) -> 9( ?x, ?z)

Homme( ?x), HalfSiblingOf( ?x, ?y), PèreDe( ?y, ?z) -> OncleDe( ?x, ?z)

4.2( ?x, ?y), 1.6( ?y, ?z) -> 9( ?x, ?z)

DemiFrèreDe( ?x, ?y), PèreDe( ?y, ?z) -> OncleDe( ?x, ?z)

***OncleMaternelDe (9.1):***

Homme( ?x), 5( ?x, ?y), 1.5( ?y, ?z) -> 9.1( ?x, ?z)

Homme( ?x), SiblingOf( ?x, ?y), MèreDe( ?y, ?z) ->  
OncleMaternelDe( ?x, ?z)

5.2( ?x, ?y), 1.5( ?y, ?z) -> 9.1( ?x, ?z)

FrèreDe( ?x, ?y), MèreDe( ?y, ?z) -> OncleMaternelDe ( ?x, ?z)

Homme( ?x), 4( ?x, ?y), 1.5( ?y, ?z) -> 9.1( ?x, ?z)

Homme( ?x), HalfSiblingOf( ?x, ?y), MèreDe( ?y, ?z) -> OncleMaternelDe  
( ?x, ?z)

4.2( ?x, ?y), 1.5( ?y, ?z) -> 9.1( ?x, ?z)

DemiFrèreDe( ?x, ?y), MèreDe( ?y, ?z) -> OncleMaternelDe ( ?x, ?z)

***OnclePaternelDe (9.2):***

Homme( ?x), 5( ?x, ?y), 1.6( ?y, ?z) -> 9.2( ?x, ?z)

Homme( ?x), SiblingOf( ?x, ?y), PèreDe( ?y, ?z) -> OnclePaternelDe( ?x, ?z)

5.2( ?x, ?y), 1.6( ?y, ?z) -> 9.2( ?x, ?z)

FrèreDe( ?x, ?y), PèreDe( ?y, ?z) -> OnclePaternelDe ( ?x, ?z)

Homme( ?x), 4( ?x, ?y), 1.6( ?y, ?z) -> 9.2( ?x, ?z)

Homme( ?x), HalfSiblingOf( ?x, ?y), PèreDe( ?y, ?z) -> OnclePaternelDe ( ?x, ?z)

4.2( ?x, ?y), 1.6( ?y, ?z) -> 9.2( ?x, ?z)

DemiFrèreDe( ?x, ?y), PèreDe( ?y, ?z) -> OnclePaternelDe ( ?x, ?z)

**ل الخالة زوج (9.3) :**

Homme( ?x), 13( ?x, ?y), 8.1( ?y, ?z) -> 9.3( ?x, ?z)

Homme ( ?x), PartnerOf( ?x, ?y), TanteMaternelleDe( ?y , ?z) -> ل الخالة زوج ( ?x, ?z)

Homme ( ?x), 13( ?x, ?y), Femme( ?y), 5( ?y, ?z) , 1.5( ?z, ?a) -> 9.3( ?x, ?a)

Homme ( ?x), PartnerOf( ?x, ?y), Femme( ?y), SiblingOf( ?y ,?z),  
MèreDe( ?z, ?a) -> ل الخالة زوج ( ?x, ?a)

Homme ( ?x), 13( ?x, ?y), Femme( ?y), 4( ?y, ?z) , 1.5( ?z, ?a) -> 9.3( ?x, ?a)

Homme ( ?x), PartnerOf( ?x, ?y), Femme( ?y), HalfSiblingOf( ?y ,?z),  
MèreDe( ?z, ?a) -> ل ل الخالة زوج ( ?x, ?a)

Homme ( ?x), 13( ?x, ?y), 5.1( ?y, ?z) , 1.5( ?z, ?a) -> 9.3( ?x, ?a)

Homme ( ?x), PartnerOf( ?x, ?y), SoeurDe( ?y , ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> زوج  
ل الخالة ( ?x, ?a)

Homme ( ?x), 13( ?x, ?y), Femme( ?y), 4.1( ?y, ?z) , 1.5( ?z, ?a) ->  
9.3( ?x, ?a)

Homme ( ?x), PartnerOf( ?x, ?y), DemiSoeurDe( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) ->  
ل الخالة زوج ( ?x, ?a)

13.2 ( ?x, ?y), 8.1( ?y, ?z) -> 9.3( ?x, ?z)

UniÀ(?x, ?y), TanteMaternelleDe(?y, ?z) -> ل الخالة زوج (?x, ?z)

13.2(?x, ?y), Femme(?y), 5(?y, ?z), 1.5(?z, ?a) -> 9.3(?x, ?a)

UniÀ(?x, ?y), Femme(?y), SiblingOf(?y, ?z), MèreDe(?z, ?a) -> ل الخالة زوج  
(?x, ?a)

13.2(?x, ?y), Femme(?y), 4(?y, ?z), 1.5(?z, ?a) -> 9.3(?x, ?a)

UniÀ(?x, ?y), Femme(?y), HalfSiblingOf(?y, ?z), MèreDe(?z, ?a) -> زوج  
ل الخالة (?x, ?a)

13.2(?x, ?y), 5.1(?y, ?z), 1.5(?z, ?a) -> 9.3(?x, ?a)

UniÀ(?x, ?y), SoeurDe(?y, ?z), MèreDe(?z, ?a) -> ل الخالة زوج (?x, ?a)

13.2(?x, ?y), 4.1(?y, ?z), 1.5(?z, ?a) -> 9.3(?x, ?a)

UniÀ(?x, ?y), DemiSoeurDe(?y, ?z), MèreDe(?z, ?a) -> ل الخالة زوج (?x, ?a)

13.2.1(?x, ?y), 8.1(?y, ?z) -> 9.3(?x, ?z)

ConcubinDe(?x, ?y), TanteMaternelleDe(?y, ?z) -> ل الخالة زوج (?x, ?z)

13.2.1(?x, ?y), Femme(?y), 5(?y, ?z), 1.5(?z, ?a) -> 9.3(?x, ?a)

ConcubinDe(?x, ?y), Femme(?y), SiblingOf(?y, ?z), MèreDe(?z, ?a) ->  
ل الخالة زوج (?x, ?a)

13.2.1(?x, ?y), Femme(?y), 4(?y, ?z), 1.5(?z, ?a) -> 9.3(?x, ?a)

ConcubinDe(?x, ?y), Femme(?y), HalfSiblingOf(?y, ?z), MèreDe(?z, ?a) ->  
ل الخالة زوج (?x, ?a)

13.2.1(?x, ?y), 5.1(?y, ?z), 1.5(?z, ?a) -> 9.3(?x, ?a)



ConcubinDe( ?x, ?y), SoeurDe( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> ل الخالة زوج  
( ?x, ?a)

13.2.1 ( ?x, ?y), 4.1( ?y, ?z) , 1.5( ?z, ?a) -> 9.3( ?x, ?a)

ConcubinDe( ?x, ?y), DemiSoeurDe( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> ل الخالة زوج  
( ?x, ?a)

13.2.3 ( ?x, ?y), 8.1( ?y, ?z) -> 9.3( ?x, ?z)

ConjointHétéroDe( ?x, ?y), TanteMaternelleDe( ?y , ?z) -> ل الخالة زوج  
( ?x, ?z)

13.2.3 ( ?x, ?y), Femme( ?y), 5( ?y, ?z) , 1.5( ?z, ?a) -> 9.3( ?x, ?a)

ConjointHétéroDe( ?x, ?y), Femme( ?y), SiblingOf( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a)  
-> ل الخالة زوج ( ?x, ?a)

13.2.3 ( ?x, ?y), Femme( ?y), 4( ?y, ?z) , 1.5( ?z, ?a) -> 9.3( ?x, ?a)

ConjointHétéroDe( ?x, ?y), Femme( ?y), HalfSiblingOf( ?y, ?z),  
MèreDe( ?z, ?a) -> ل الخالة زوج ( ?x, ?a)

13.2.3 ( ?x, ?y), 5.1( ?y, ?z) , 1.5( ?z, ?a) -> 9.3( ?x, ?a)

ConjointHétéroDe( ?x, ?y), SoeurDe( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> ل الخالة زوج  
( ?x, ?a)

13.2.3 ( ?x, ?y), 4.1( ?y, ?z) , 1.5( ?z, ?a) -> 9.3( ?x, ?a)

ConjointHétéroDe( ?x, ?y), DemiSoeurDe( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> زوج  
ل الخالة ( ?x, ?a)

13.2.4 ( ?x, ?y), 8.1( ?y, ?z) -> 9.3( ?x, ?z)

ConjointPolygyneDe (?x, ?y), TanteMaternelleDe (?y, ?z) -> ل الخالة زوج  
( ?x, ?z)

13.2.4 (?x, ?y), Femme(?y), 5(?y, ?z), 1.5(?z, ?a) -> 9.3(?x, ?a)

ConjointPolygyneDe (?x, ?y), Femme(?y), SiblingOf(?y, ?z),  
MèreDe(?z, ?a) -> ل الخالة زوج (?x, ?a)

13.2.4 (?x, ?y), Femme(?y), 4(?y, ?z), 1.5(?z, ?a) -> 9.3(?x, ?a)

ConjointPolygyneDe (?x, ?y), Femme(?y), HalfSiblingOf(?y, ?z),  
MèreDe(?z, ?a) -> ل الخالة زوج (?x, ?a)

13.2.4 (?x, ?y), 5.1(?y, ?z), 1.5(?z, ?a) -> 9.3(?x, ?a)

ConjointPolygyneDe (?x, ?y), SoeurDe(?y, ?z), MèreDe(?z, ?a) -> الخالة زوج  
ل (?x, ?a)

13.2.4 (?x, ?y), 4.1(?y, ?z), 1.5(?z, ?a) -> 9.3(?x, ?a)

ConjointPolygyneDe(?x, ?y), DemiSoeurDe(?y, ?z), MèreDe(?z, ?a) -> زوج  
ل الخالة (?x, ?a)

13.2.5(?x, ?y), 8.1(?y, ?z) -> 9.3(?x, ?z)

PacséÀ(?x, ?y), TanteMaternelleDe (?y, ?z) -> ل الخالة زوج (?x, ?z)

13.2.5(?x, ?y), Femme(?y), 5(?y, ?z), 1.5(?z, ?a) -> 9.3(?x, ?a)

PacséÀ(?x, ?y), Femme(?y), SiblingOf(?y, ?z), MèreDe(?z, ?a) -> الخالة زوج  
ل (?x, ?a)

13.2.5(?x, ?y), Femme(?y), 4(?y, ?z), 1.5(?z, ?a) -> 9.3(?x, ?a)

PacséÀ( ?x, ?y), Femme( ?y), HalfSiblingOf( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> زوج  
ل الخالة ( ?x, ?a)

13.2.5( ?x, ?y), 5.1( ?y, ?z) , 1.5( ?z, ?a) -> 9.3( ?x, ?a)

PacséÀ( ?x, ?y), SoeurDe( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> زوج ل الخالة ( ?x, ?a)

13.2.5( ?x, ?y), 4.1( ?y, ?z) , 1.5( ?z, ?a) -> 9.3( ?x, ?a)

PacséÀ( ?x, ?y), DemiSoeurDe( ?y, ?z), MèreDe( ?z, ?a) -> زوج ل الخالة ( ?x, ?a)

**9.4) ل العمّة زوج :**

Homme( ?x), 13( ?x, ?y), 9.1( ?y, ?z) -> 9.4( ?x, ?z)

Homme ( ?x), PartnerOf( ?x, ?y), TantePaternelleDe( ?y , ?z) -> ل العمّة زوج  
( ?x, ?z)

Homme ( ?x), 13( ?x, ?y), Femme ( ?y), 5( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 9.4( ?x, ?a)

Homme ( ?x), PartnerOf( ?x, ?y), Femme ( ?y), SiblingOf( ?y, ?z),  
PèreDe( ?z, ?a) -> ل العمّة زوج ( ?x, ?a)

Homme ( ?x), 13( ?x, ?y), Femme ( ?y), 4( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 9.4 ( ?x, ?a)

Homme ( ?x), PartnerOf( ?x, ?y), Femme ( ?y), HalfSiblingOf( ?y, ?z),  
PèreDe( ?z, ?a) -> ل العمّة زوج ( ?x, ?a)

Homme ( ?x), 13( ?x, ?y), 5.1( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 9.4 ( ?x, ?a)

Homme ( ?x), PartnerOf( ?x, ?y), SoeurDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> زوج  
ل العمّة ( ?x, ?a)

Homme ( ?x), 13( ?x, ?y), 4.1( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 9.4 ( ?x, ?a)

Homme ( ?x), PartnerOf( ?x, ?y), DemiSoeurDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) ->  
 ل العممة زوج ( ?x, ?a)

13.2( ?x, ?y), 9.1( ?y, ?z) -> 9.4 ( ?x, ?z)

UniÀ( ?x, ?y), TantePaternelleDe ( ?y , ?z) -> ل العممة زوج ( ?x, ?z)

13.2( ?x, ?y), Femme ( ?y), 5( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 9.4 ( ?x, ?a)

UniÀ( ?x, ?y), Femme ( ?y), SiblingOf( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> ل العممة زوج  
 ( ?x, ?a)

13.2( ?x, ?y), Femme ( ?y), 4( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 9.4 ( ?x, ?a)

UniÀ( ?x, ?y), Femme ( ?y), HalfSiblingOf( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> زوج  
 ل العممة ( ?x, ?a)

13.2( ?x, ?y), 5.1( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 9.4 ( ?x, ?a)

UniÀ( ?x, ?y), SoeurDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> ل العممة زوج ( ?x, ?a)

13.2( ?x, ?y), 4.1( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 9.4 ( ?x, ?a)

UniÀ( ?x, ?y), DemiSoeurDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> ل العممة زوج ( ?x, ?a)

13.2.1( ?x, ?y), 9.1( ?y, ?z) -> 9.4 ( ?x, ?z)

ConcubinDe( ?x, ?y), TantePaternelleDe ( ?y , ?z) -> ل العممة زوج ( ?x, ?z)

13.2.1( ?x, ?y), Femme ( ?y), 5( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 9.4 ( ?x, ?a)

ConcubinDe( ?x, ?y), Femme ( ?y), SiblingOf( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> زوج  
 ل العممة ( ?x, ?a)

13.2.1( ?x, ?y), Femme ( ?y), 4( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 9.4 ( ?x, ?a)

ConcubinDe( ?x, ?y), Femme ( ?y), HalfSiblingOf( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) ->  
ل العممة زوج ( ?x, ?a)

13.2.1( ?x, ?y), 5.1( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 9.4 ( ?x, ?a)

ConcubinDe( ?x, ?y), SoeurDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) ->ل العممة زوج  
( ?x, ?a)

13.2.1( ?x, ?y), 4.1( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 9.4 ( ?x, ?a)

ConcubinDe( ?x, ?y), DemiSoeurDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) ->ل العممة زوج  
( ?x, ?a)

13.2.3( ?x, ?y), 9.1( ?y, ?z) -> 9.4 ( ?x, ?z)

ConjointHétéroDe( ?x, ?y), TantePaternelleDe ( ?y , ?z) -> ل العممة زوج  
( ?x, ?z)

13.2.3( ?x, ?y), Femme( ?y), 5( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 9.4 ( ?x, ?a)

ConjointHétéroDe( ?x, ?y), Femme ( ?y), SiblingOf( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -  
> ل العممة زوج ( ?x, ?a)

13.2.3( ?x, ?y), Femme( ?y), 4( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 9.4 ( ?x, ?a)

ConjointHétéroDe( ?x, ?y), Femme ( ?y), HalfSiblingOf( ?y, ?z),  
PèreDe( ?z, ?a) ->ل العممة زوج ( ?x, ?a)

13.2.3( ?x, ?y), 5.1( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 9.4 ( ?x, ?a)

ConjointHétéroDe( ?x, ?y), SoeurDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> ل العممة زوج  
( ?x, ?a)

13.2.3( ?x, ?y), 4.1( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 9.4 ( ?x, ?a)

ConjointHétéroDe (?x, ?y), DemiSoeurDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> زوج ل العممة ( ?x, ?a)

13.2.4( ?x, ?y), 9.1( ?y, ?z) -> 9.4 ( ?x, ?z)

ConjointPolygyneDe( ?x, ?y), TantePaternelleDe ( ?y , ?z) -> العممة زوج ( ?x, ?z)

13.2.4( ?x, ?y), Femme ( ?y), 5( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 9.4 ( ?x, ?a)

ConjointPolygyneDe ( ?x, ?y), Femme ( ?y), SiblingOf( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> العممة زوج ( ?x, ?a)

13.2.4( ?x, ?y), Femme ( ?y), 4( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 9.4 ( ?x, ?a)

ConjointPolygyneDe ( ?x, ?y), Femme( ?y), HalfSiblingOf( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> العممة زوج ( ?x, ?a)

13.2.4( ?x, ?y), 5.1( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 9.4 ( ?x, ?a)

ConjointPolygyneDe ( ?x, ?y), SoeurDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> العممة زوج ل ( ?x, ?a)

13.2.4( ?x, ?y), 4.1( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 9.4 ( ?x, ?a)

ConjointPolygyneDe ( ?x, ?y), DemiSoeurDe( ?y, ?z), PèreDe( ?z, ?a) -> زوج ل العممة ( ?x, ?a)

13.2.5( ?x, ?y), 9.1( ?y, ?z) -> 9.4 ( ?x, ?z)

PacséÀ( ?x, ?y), TantePaternelleDe ( ?y , ?z) -> العممة زوج ( ?x ?z)

13.2.5( ?x, ?y), Femme ( ?y), 5( ?y, ?z), 1.6( ?z, ?a) -> 9.4 ( ?x, ?a)

PacséÀ(?x, ?y), Femme (?y), SiblingOf(?y, ?z), PèreDe(?z, ?a) -> العمة زوج ل (?x, ?a)

13.2.5(?x, ?y), Femme (?y), 4(?y, ?z), 1.6(?z, ?a) -> 9.4 (?x, ?a)

PacséÀ(?x, ?y), Femme (?y), HalfSiblingOf(?y, ?z), PèreDe(?z, ?a) -> زوج ل العمة (?x, ?a)

13.2.5(?x, ?y), 5.1(?y, ?z), 1.6(?z, ?a) -> 9.4 (?x, ?a)

PacséÀ(?x, ?y), SoeurDe(?y, ?z), PèreDe(?z, ?a) -> ل العمة زوج (?x, ?a)

13.2.5(?x, ?y), 4.1(?y, ?z), 1.6(?z, ?a) -> 9.4 (?x, ?a)

PacséÀ(?x, ?y), DemiSoeurDe(?y, ?z), PèreDe(?z, ?a) -> ل العمة زوج (?x, ?a)

**NièceDe (10) :**

Femme(?x), 3.1(?x, ?y), 5(?y, ?z) -> 10(?x, ?z)

Femme(?x), FilleDe(?x, ?y), SiblingOf(?y, ?z) -> NièceDe(?x, ?z)

Femme(?x), 3.1(?x, ?y), 5.1(?y, ?z) -> 10(?x, ?z)

Femme(?x), FilleDe(?x, ?y), SoeurDe(?y, ?z) -> NièceDe(?x, ?z)

Femme(?x), 3.1(?x, ?y), 5.2(?y, ?z) -> 10(?x, ?z)

Femme(?x), FilleDe(?x, ?y), FrèreDe(?y, ?z) -> NièceDe(?x, ?z)

Femme(?x), 3.1(?x, ?y), 4(?y, ?z) -> 10(?x, ?z)

Femme(?x), FilleDe(?x, ?y), HalfSiblingOf(?y, ?z) -> NièceDe(?x, ?z)

Femme(?x), 3.1(?x, ?y), 4.1(?y, ?z) -> 10(?x, ?z)

Femme(?x), FilleDe(?x, ?y), DemiSoeurDe(?y,?z) -> NièceDe(?x,?z)

Femme(?x),3.1(?x, ?y), 4.2(?y,?z) -> 10(?x,?z)

Femme(?x), FilleDe(?x, ?y), DemiFrèreDe(?y,?z) -> NièceDe(?x,?z)

**ل الاخت ابنة (10.1) :**

Femme(?x),3.1(?x, ?y), Femme(?y), 5(?y,?z) -> 10.1(?x,?z)

Femme(?x), FilleDe(?x, ?y), Femme(?y), SiblingOf(?y,?z) -> ل الاخت ابنة  
(?x,?z)

Femme(?x),3.1(?x, ?y), 5.1(?y,?z) -> 10.1(?x,?z)

Femme(?x), FilleDe(?x, ?y), SoeurDe(?y,?z) -> ل الاخت ابنة (?x,?z)

Femme(?x),3.1(?x, ?y), Femme(?y), 4(?y,?z) -> 10.1(?x,?z)

Femme(?x), FilleDe(?x, ?y), Femme(?y), HalfSiblingOf(?y,?z) -> ل الاخت ابنة  
(?x,?z)

Femme(?x),3.1(?x, ?y), 4.1(?y,?z) -> 10.1(?x,?z)

Femme(?x), FilleDe(?x, ?y), DemiSoeurDe(?y,?z) -> ل الاخت ابنة (?x,?z)

**ل الاخ ابنة (10.2):**

Femme(?x),3.1(?x, ?y), Homme(?y), 5(?y,?z) -> 10.2(?x,?z)

Femme(?x), FilleDe(?x, ?y), Homme(?y), SiblingOf(?y,?z) -> ل الاخ ابنة  
(?x,?z)

Femme(?x),3.1(?x, ?y), 5.2(?y,?z) -> 10.2(?x,?z)

Femme(?x), FilleDe(?x, ?y), FrèreDe(?y,?z) -> ل الاخ ابنة (?x,?z)

Femme(?x),3.1(?x, ?y), Homme(?y), 4(?y,?z) -> 10.2(?x,?z)



Femme(?x), FilleDe(?x, ?y), Homme(?y), HalfSiblingOf(?y,?z) -> ل الاخ ابنة  
(?x,?z)

Femme(?x), 3.1(?x, ?y), 4.2(?y,?z) -> 10.2(?x,?z)

Femme(?x), FilleDe(?x, ?y), DemiFrèreDe(?y,?z) -> ل الاخ ابنة (?x,?z)

**NeveuDe (11) :**

Homme(?x), 3.6(?x, ?y), 5(?y,?z) -> 11(?x,?z)

Homme (?x), FilsDe(?x, ?y), SiblingOf(?y,?z) -> NeveuDe(?x,?z)

Homme (?x), 3.6(?x, ?y), 5.1(?y,?z) -> 11(?x,?z)

Homme (?x), FilsDe (?x, ?y), SoeurDe(?y,?z) -> NeveuDe (?x,?z)

Homme (?x), 3.6(?x, ?y), 5.2(?y,?z) -> 11(?x,?z)

Homme (?x), FilsDe (?x, ?y), FrèreDe(?y,?z) -> NeveuDe (?x,?z)

Homme (?x), 3.6(x, ?y), 4(?y,?z) -> 11(?x,?z)

Homme (?x), FilsDe (?x, ?y), HalfSiblingOf(?y,?z) -> NeveuDe (?x,?z)

Homme (?x), 3.6(?x, ?y), 4.1(?y,?z) -> 11(?x,?z)

Homme (?x), FilsDe (?x, ?y), DemiSoeurDe(?y,?z) -> NeveuDe (?x,?z)

Homme (?x), 3.6(?x, ?y), 4.2(?y,?z) -> 11(?x,?z)

Homme (?x), FilsDe (?x, ?y), DemiFrèreDe(?y,?z) -> NeveuDe (?x,?z)

**ل خت الأ ابن (11.1) :**

Homme(?x),3.6(?x, ?y), Femme(?y), 5(?y,?z) -> 11.1(?x,?z)

Homme (?x), FilsDe(?x, ?y), Femme(?y), SiblingOf(?y,?z) -> ل خت الأ ابن  
(?x,?z)

Homme (?x),3.6(?x, ?y), 5.1(?y,?z) -> 11.1(?x,?z)

Homme (?x), FilsDe (?x, ?y), SoeurDe(?y,?z) -> ل خت الأ ابن (?x,?z)

Homme (?x),3.6(x, ?y), Femme(?y), 4(?y,?z) -> 11.1(?x,?z)

Homme (?x), FilsDe (?x, ?y), Femme(?y), HalfSiblingOf(?y,?z) -> خت الأ ابن  
ل (?x,?z)

Homme (?x),3.6(?x, ?y), 4.1(?y,?z) -> 11.1(?x,?z)

Homme (?x), FilsDe (?x, ?y), DemiSoeurDe(?y,?z) -> ل خت الأ ابن (?x,?z)

**ل الأخ ابن (11.2) :**

Homme(?x),3.6(?x, ?y), Homme(?y), 5(?y,?z) -> 11.2(?x,?z)

Homme (?x), FilsDe(?x, ?y), Homme(?y), SiblingOf(?y,?z) -> ل الأخ ابن  
(?x,?z)

Homme (?x),3.6(?x, ?y), 5.2(?y,?z) -> 11.2(?x,?z)

Homme (?x), FilsDe (?x, ?y), FrèreDe(?y,?z) -> ل الأخ ابن (?x,?z)

Homme (?x),3.6(x, ?y), Homme(?y), 4(?y,?z) -> 11.2(?x,?z)

Homme (?x), FilsDe (?x, ?y), Homme(?y), HalfSiblingOf(?y,?z) -> ل الأخ ابن  
(?x,?z)

Homme (?x),3.6(?x, ?y), 4.2(?y,?z) -> 11.2(?x,?z)

Homme (?x), FilsDe (?x, ?y), DemiFrèreDe(?y,?z) -> ل الأخ ابن (?x,?z)

## **Annexe E L'ensemble des requêtes utilisées pour l'extraction des connaissances depuis *Freebase* et *DBPedia***

### **I) Les requêtes *MQL* utilisées pour l'extraction et le calcul des instances depuis *Freebase* :**

Pour commencer, nous avons effectué des tests sur deu occurrences dans FreeBase (Charlemagne et Hassan 2), ensuite nous avons étendu nos requêtes sur un l'ensemble des occurrences dans Freebase.

#### **- Rechercher les enfants de charlemagne :**

```
[{
  "mid": "/m/01mhc",
  "name": null,
  "/people/person/gender": null,
  "/people/person/children": [{
    "name": null,
    "/people/person/gender": null
  }]
}]
```

#### **- Compter les enfants de Charlemagne:**

```
[{
  "type": "/royalty/monarch",
  "name": "Charlemagne",
  "/people/person/children": {
```

```
"return": "count"  
} }]
```

- **Rechercher les « *siblings* » (frères et sœurs) de Charlemagne:**

```
[{  
  "mid": "/m/01mhc",  
  "name": null,  
  "/people/person/gender": null,  
  "/people/person/sibling_s": [{  
    "/people/sibling_relationship/sibling": [{  
      "name": null  
    } ] } ] ]
```

- **Compter les « *siblings* » (frères et sœurs) de Charlemagne:**

```
[{  
  "name": "charlemagne",  
  "/people/person/gender": null,  
  "/people/person/sibling_s": [{  
    "/people/sibling_relationship/sibling": [{  
      "name!=": "charlemagne",  
      "return": "count"  
    } ] } ] ]
```

- **Rechercher les neveux et nièces de « Hassan II of Morocco »: (enfants des « *siblings* »)**

```
[{  
  "mid": "/m/024_s6",  
  "name": null,
```

```

"/people/person/gender": null,
"/people/person/sibling_s": [{
  "/people/sibling_relationship/sibling": [{
    "name": null,
    "name!=": "Hassan II of Morocco",
    "/people/person/children": [{
      "name": null
    }
  ]
}]
}]

```

- **Compter les neveux et nièces de « Hassan II of Morocco »: (enfants des « *siblings* »)**

```

[ {
  "mid": "/m/024_s6",
  "name": null,
  "/people/person/gender": null,
  "/people/person/sibling_s": [ {
    "/people/sibling_relationship/sibling": [ {
      "name": null,
      "name!=": "Hassan II of Morocco",
      "/people/person/children": [ {
        "return": "count"
      }
    ]
  } ]
} ]
} ]
} ]

```

- **Requête pour afficher les enfants et les siblings de Hassan2**

```

[ {
  "mid": "/m/024_s6",
  "name": null,
  "/people/person/gender": null,
  "/people/person/children": [ {

```

```
"name": null
}],
"/people/person/sibling_s": [{
  "/people/sibling_relationship/sibling": [{
    "name": null
  }]
}] }
```

- **Requête pour afficher les enfants, les siblings et les enfants des siblings de Hassan2**

```
[{
  "mid": "/m/024_s6",
  "name": null,
  "/people/person/gender": null,
  "/people/person/children": [{
    "name": null
  }],
  "/people/person/sibling_s": [{
    "/people/sibling_relationship/sibling": [{
      "name": null,
      "/people/person/children": [{
        "name": null
      }]
    }]
  }]
}] }
```

- **Requête pour compter le nombre d'enfants des occurrences dans *Freebase*, (dans la limite de 100000 résultats)**

```
[{
  "mid": null,
  "name": null,
  "/people/person/children": {
```

```
"return": "count"
},
"limit": 100000
}]
```

- **Requête pour compter le nombre d’occurrences ont des enfants ainsi que le nombre d’enfants des occurrences dans *Freebase***

```
[{
  "mid": null,
  "name": null,
  "/people/person/children": {
    "return": "count"
  },
  "return": "count"
}]
```

- **Requête pour compter le nombre d’occurrences qui ont des « siblings » ainsi que le nombre de « *siblings* » (frères et sœurs) des occurrences dans *Freebase***

```
[{
  "mid": null,
  "name": null,
  "/people/person/sibling_s": [{
    "/people/sibling_relationship/sibling": [{
      "return": "count"
    }]
  }],
  "return": "count"
}]
```

- **Requête pour compter le nombre des occurrences qui ont des parents ainsi que le nombre de ces derniers dans *Freebase***

```
[{  
  "mid": null,  
  "name": null,  
  "/people/person/parents": {  
    "return": "count"  
  },  
  "return": "count"  
}]
```

- **Requête pour compter le nombre de personnes qui ont des enfants mais qui n'ont pas de parents (la propriété parents est vide)**

```
[{  
  "name": null,  
  "mid": null,  
  "/people/person/children": [{  
    "name": null  
  }],  
  "/people/person/parents": [{  
    "id": null,  
    "optional": "forbidden"  
  }],  
  "return": "estimate-count"  
}]
```



- **Requête pour compter le nombre de personnes qui ont des enfants mais qui n'ont pas de parents (la propriété parents est vide)**

```
[{
  "name": null,
  "mid": null,
  "type": "/people/person",
  "/people/person/parents": [{
    "id": null,
    "optional": "forbidden",
    "return": "count"
  }],
  "return": "estimate-count"
}]
```

## II) Les requêtes *SPARQL* pour l'extraction et le calcul des instances depuis *DBpedia*

Pour *DBpedia*, nous avons également effectué des requêtes de tests sur certaines occurrences (par exemple Barack Obama), avant de les étendre sur tout *DBpedia*.

- **Requête pour afficher les enfants de Barack Obama**

```
prefix dbpprop: <http://dbpedia.org/property/>
select distinct ?o
where {<http://dbpedia.org/resource/Barack_Obama> dbpprop:children ?o}
```

- **Requête pour afficher les 100 premières personnes qui ont des enfants**

```
prefix dbpprop: <http://dbpedia.org/property/>
select distinct ?s where {?s dbpprop:children ?o.
?s a <http://dbpedia.org/ontology/Person>}
LIMIT 100
```

- **Requête pour afficher les personnes qui ont des enfants**

```
prefix dbpprop: <http://dbpedia.org/property/>
select distinct ?s where {?s dbpprop:children ?o.
?s a <http://dbpedia.org/ontology/Person>.
?o a <http://dbpedia.org/ontology/Person>}
```

Le nombre de ces personnes a été récupéré via un script Java exécuté sur Eclipse:

```
package fr.querylinks;
import com.hp.hpl.jena.query.Query;
import com.hp.hpl.jena.query.QueryExecution;
import com.hp.hpl.jena.query.QueryExecutionFactory;
import com.hp.hpl.jena.query.QueryFactory;
import com.hp.hpl.jena.query.ResultSet;
import com.hp.hpl.jena.query.ResultSetFormatter;
public class DBPediaQueryCountPeopleWhoHaveChilds {
    public static void main(String[] args) {
        int nbrlignestotal = 0;
        String sparqlQueryString1= "PREFIX dbpedia-owl:
<http://dbpedia.org/ontology/>" +
"PREFIX dbpprop: <http://dbpedia.org/property/>" +
"select distinct ?s where {?s dbpprop:children ?o. " +
```

```

"?s a <http://dbpedia.org/ontology/Person>." +
"?o a <http://dbpedia.org/ontology/Person>" +
"} " ;
Query query = QueryFactory.create(sparqlQueryString1);
QueryExecution qexec =
QueryExecutionFactory.sparqlService("http://dbpedia.org/sparql", query);
ResultSet results = qexec.execSelect();
ResultSetFormatter.out(System.out, results, query);
nbrlignestotal = results.getRowNumber();
System.out.println(nbrlignestotal);
qexec.close() ;
}}

```

- **Requête pour afficher les personnes qui ont des parents**

```

prefix dbpprop: <http://dbpedia.org/property/>
select distinct ?s where {?s dbpedia-owl:parent ?o.
?s a <http://dbpedia.org/ontology/Person>}

```

Le nombre de ces personnes a été récupéré via un script Java exécuté sur Eclipse:

```

package fr.querylinks;
import com.hp.hpl.jena.query.Query;
import com.hp.hpl.jena.query.QueryExecution;
import com.hp.hpl.jena.query.QueryExecutionFactory;
import com.hp.hpl.jena.query.QueryFactory;
import com.hp.hpl.jena.query.ResultSet;
import com.hp.hpl.jena.query.ResultSetFormatter;
public class DBPediaQueryPeopleWhoHaveParents {
    public static void main(String[] args) {

```

```

String      sparqlQueryString1=      "PREFIX      dbpedia-owl:
<http://dbpedia.org/ontology/>" +
"PREFIX dbpprop: <http://dbpedia.org/property/>" +
"select distinct ?s where {?s dbpedia-owl:parent ?o. " +
"?s a <http://dbpedia.org/ontology/Person>" +
"} ";
Query query = QueryFactory.create(sparqlQueryString1);
QueryExecution      qexec      =
QueryExecutionFactory.sparqlService("http://dbpedia.org/sparql", query);
ResultSet results = qexec.execSelect();
ResultSetFormatter.out(System.out, results, query);
qexec.close() ;
} }

```

- **Requête pour afficher les qui ont des frères ou sœurs (« *sibling* »)**

```

prefix dbpprop: <http://dbpedia.org/property/>
select distinct ?s where {?s dbpprop:sibling ?o.
?s a <http://dbpedia.org/ontology/Person>.
?o a <http://dbpedia.org/ontology/Person>}

```

Le nombre de ces personnes a été récupéré via un script Java exécuté sur Eclipse:

```

package fr.querylinks;
import com.hp.hpl.jena.query.Query;
import com.hp.hpl.jena.query.QueryExecution;
import com.hp.hpl.jena.query.QueryExecutionFactory;
import com.hp.hpl.jena.query.QueryFactory;

```

```

import com.hp.hpl.jena.query.ResultSet;
import com.hp.hpl.jena.query.ResultSetFormatter;
public class DBpediaQueryCountPeopleWhoHaveSibling {
public static void main(String[] args) {
int nbrlignestotal = 0;
    String      sparqlQueryString1=      "PREFIX      dbpedia-owl:
    <http://dbpedia.org/ontology/>" +
    "PREFIX dbpprop: <http://dbpedia.org/property/>" +
    "PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>" +
    "select (COUNT(DISTINCT ?s) AS ?count) where {?s dbpprop:sibling ?o. " +
    "?s rdf:type <http://dbpedia.org/ontology/Person>." +
    "?o rdf:type <http://dbpedia.org/ontology/Person>" +
    "} ";
    Query query = QueryFactory.create(sparqlQueryString1);
    QueryExecution      qexec      =
    QueryExecutionFactory.sparqlService("http://dbpedia.org/sparql", query);
    ResultSet results = qexec.execSelect();
    ResultSetFormatter.out(System.out, results, query);
    nbrlignestotal = results.getRowNumber();
    System.out.println(nbrlignestotal);
    qexec.close() ;
    } }

```

- **Requête pour afficher les noms des 10 premières personnes qui ont des enfants**

```

PREFIX dbpedia-owl: <http://dbpedia.org/ontology/>
PREFIX dbpprop: <http://dbpedia.org/property/>
select distinct ?s where {?s dbpprop:children ?o.

```

?s a <<http://dbpedia.org/ontology/Person>>.

?o a <<http://dbpedia.org/ontology/Person>>"}

- **Requête pour afficher les noms des personnes qui ont des enfants ainsi que des frères ou sœurs**

prefix dbpprop: <<http://dbpedia.org/property/>>

select distinct ?s where {?s dbpprop:sibling ?o.

?s dbpprop:children ?x.

?s a <<http://dbpedia.org/ontology/Person>>.

?o a <<http://dbpedia.org/ontology/Person>>.

?x a <<http://dbpedia.org/ontology/Person>>."}

- \***Requête pour avoir les personnes qui ont des parents (avec des noms), ces derniers qui ont des frères ou sœurs (avec les noms):**

prefix dbpprop: <<http://dbpedia.org/property/>>

select ?personne where {?personne dbpprop:parent ?parent.

?parent dbpprop:sibling ?sibling.

?personne a <<http://dbpedia.org/ontology/Person>>.

?parent a <<http://dbpedia.org/ontology/Person>>.

?sibling a <<http://dbpedia.org/ontology/Person>>."}

Sur *DBpedia*, un très grand nombre d'occurrences ont des enfants (40390 en novembre 2014). Or la plupart de ces enfants n'ont pas de relations « *parent* » (seulement 16751 ont cette relation). Aussi, en novembre 2014, seule une personne a en même temps des enfants et des siblings ([http://dbpedia.org/resource/khan\\_Abdul\\_Wali\\_Khan](http://dbpedia.org/resource/khan_Abdul_Wali_Khan)). Et en inversant la recherche, son enfant n'a pas de propriété « *Parent* ». Ces résultats ne nous

ont pas permis d'avoir des personnes ayant en même temps des enfants et des siblings. Par conséquent, nous n'avons pas pu aller plus loin et chercher les enfants des sibling pour pouvoir inférer la relation de cousinage entre ces derniers et les premiers enfants inférés.

En parallèle, sur *DBpedia*, la relation « *sibling* » n'existe pas. Nous n'avons que la relation « *relative* » qui est plus générique. Nous avons contourné cette problématique en inférant la relation « *sibling* » à partir d'autres relations candidates (deux personnes qui ont les mêmes parents), et ainsi nous avons pu inférer les deux relations spécifiques « *brotherOf* » et « *sisterOf* » via notre ontologie *PersonLink*.

## Annexe F Les règles *SWRL* pour la représentation des relations temporelles entre les différents intervalles qualitatifs dans *PersonLink* avec prise en compte des contraintes *OWL2*

Dans cette annexe, nous introduisons les règles *SWRL* utilisées dans l'ontologie *PersonLink* pour prendre en considération la sémantique des liens interpersonnels dans la définition des relations entre les différents intervalles de temps qualitatifs :

13.1.1(?ts<sub>1</sub>, ?ts<sub>2</sub>), 13.1.1(?ts<sub>3</sub>, ?ts<sub>4</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>1</sub>, ?I<sub>1</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>2</sub>, ?I<sub>1</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>3</sub>, ?I<sub>2</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>4</sub>, ?I<sub>2</sub>), tsTimeSliceOf(?ts<sub>1</sub>, ?a), tsTimeSliceOf(?ts<sub>3</sub>, ?a) → ab(tsTimeInterval(?ts<sub>1</sub>, ?I<sub>1</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>3</sub>, ?I<sub>2</sub>))  
 concubineDe(?ts<sub>1</sub>, ?ts<sub>2</sub>), concubineDe(?ts<sub>3</sub>, ?ts<sub>4</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>1</sub>, ?I<sub>1</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>2</sub>, ?I<sub>1</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>3</sub>, ?I<sub>2</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>4</sub>, ?I<sub>2</sub>), tsTimeSliceOf(?ts<sub>1</sub>, ?a), tsTimeSliceOf(?ts<sub>3</sub>, ?a) → ab(tsTimeInterval(?ts<sub>1</sub>, ?I<sub>1</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>3</sub>, ?I<sub>2</sub>))

13.1.2.1(?ts<sub>1</sub>, ?ts<sub>2</sub>), 13.1.2.1 (?ts<sub>3</sub>, ?ts<sub>4</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>1</sub>, ?I<sub>1</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>2</sub>, ?I<sub>1</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>3</sub>, ?I<sub>2</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>4</sub>, ?I<sub>2</sub>), tsTimeSliceOf(?ts<sub>1</sub>, ?a), tsTimeSliceOf(?ts<sub>3</sub>, ?a) → ab(tsTimeInterval(?ts<sub>1</sub>, ?I<sub>1</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>3</sub>, ?I<sub>2</sub>))  
 conjointeHomoDe(?ts<sub>1</sub>, ?ts<sub>2</sub>), conjointeHomoDe(?ts<sub>3</sub>, ?ts<sub>4</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>1</sub>, ?I<sub>1</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>2</sub>, ?I<sub>1</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>3</sub>, ?I<sub>2</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>4</sub>, ?I<sub>2</sub>), tsTimeSliceOf(?ts<sub>1</sub>, ?a), tsTimeSliceOf(?ts<sub>3</sub>, ?a) → ab(tsTimeInterval(?ts<sub>1</sub>, ?I<sub>1</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>3</sub>, ?I<sub>2</sub>))

13.1.2.2(?ts<sub>1</sub>, ?ts<sub>2</sub>), 13.1.2.1(?ts<sub>3</sub>, ?ts<sub>4</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>1</sub>, ?I<sub>1</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>2</sub>, ?I<sub>1</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>3</sub>, ?I<sub>2</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>4</sub>, ?I<sub>2</sub>), tsTimeSliceOf(?ts<sub>1</sub>, ?a), tsTimeSliceOf(?ts<sub>3</sub>, ?a) → ab(tsTimeInterval(?ts<sub>1</sub>, ?I<sub>1</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>3</sub>, ?I<sub>2</sub>))



conjointeHétéroDe(?ts<sub>1</sub>, ?ts<sub>2</sub>), conjointeHétéroDe(?ts<sub>3</sub>, ?ts<sub>4</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>1</sub>, ?I<sub>1</sub>),  
 tsTimeInterval(?ts<sub>2</sub>, ?I<sub>1</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>3</sub>, ?I<sub>2</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>4</sub>, ?I<sub>2</sub>),  
 tsTimeSliceOf(?ts<sub>1</sub>, ?a), tsTimeSliceOf(?ts<sub>3</sub>, ?a) → ab(tsTimeInterval(?ts<sub>1</sub>, ?I<sub>1</sub>),  
 tsTimeInterval(?ts<sub>3</sub>, ?I<sub>2</sub>))

13.1.3(?ts<sub>1</sub>, ?ts<sub>2</sub>), 13.1.3(?ts<sub>3</sub>, ?ts<sub>4</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>1</sub>, ?I<sub>1</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>2</sub>, ?I<sub>1</sub>),  
 tsTimeInterval(?ts<sub>3</sub>, ?I<sub>2</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>4</sub>, ?I<sub>2</sub>), tsTimeSliceOf(?ts<sub>1</sub>, ?a),  
 tsTimeSliceOf(?ts<sub>3</sub>, ?a) → ab(tsTimeInterval(?ts<sub>1</sub>, ?I<sub>1</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>3</sub>, ?I<sub>2</sub>))  
 pacséeÀ(?ts<sub>1</sub>, ?ts<sub>2</sub>), pacséeÀ(?ts<sub>3</sub>, ?ts<sub>4</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>1</sub>, ?I<sub>1</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>2</sub>, ?I<sub>1</sub>),  
 tsTimeInterval(?ts<sub>3</sub>, ?I<sub>2</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>4</sub>, ?I<sub>2</sub>), tsTimeSliceOf(?ts<sub>1</sub>, ?a),  
 tsTimeSliceOf(?ts<sub>3</sub>, ?a) → ab(tsTimeInterval(?ts<sub>1</sub>, ?I<sub>1</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>3</sub>, ?I<sub>2</sub>))

13.2.1(?ts<sub>1</sub>, ?ts<sub>2</sub>), 13.2.1(?ts<sub>3</sub>, ?ts<sub>4</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>1</sub>, ?I<sub>1</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>2</sub>, ?I<sub>1</sub>),  
 tsTimeInterval(?ts<sub>3</sub>, ?I<sub>2</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>4</sub>, ?I<sub>2</sub>), tsTimeSliceOf(?ts<sub>1</sub>, ?a),  
 tsTimeSliceOf(?ts<sub>3</sub>, ?a) → ab(tsTimeInterval(?ts<sub>1</sub>, ?I<sub>1</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>3</sub>, ?I<sub>2</sub>))  
 concubinDe(?ts<sub>1</sub>, ?ts<sub>2</sub>), concubinDe(?ts<sub>3</sub>, ?ts<sub>4</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>1</sub>, ?I<sub>1</sub>),  
 tsTimeInterval(?ts<sub>2</sub>, ?I<sub>1</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>3</sub>, ?I<sub>2</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>4</sub>, ?I<sub>2</sub>),  
 tsTimeSliceOf(?ts<sub>1</sub>, ?a), tsTimeSliceOf(?ts<sub>3</sub>, ?a) → ab(tsTimeInterval(?ts<sub>1</sub>, ?I<sub>1</sub>),  
 tsTimeInterval(?ts<sub>3</sub>, ?I<sub>2</sub>))

13.2.2.1(?ts<sub>1</sub>, ?ts<sub>2</sub>), 13.2.2.1(?ts<sub>3</sub>, ?ts<sub>4</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>1</sub>, ?I<sub>1</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>2</sub>, ?I<sub>1</sub>),  
 tsTimeInterval(?ts<sub>3</sub>, ?I<sub>2</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>4</sub>, ?I<sub>2</sub>), tsTimeSliceOf(?ts<sub>1</sub>, ?a),  
 tsTimeSliceOf(?ts<sub>3</sub>, ?a) → ab(tsTimeInterval(?ts<sub>1</sub>, ?I<sub>1</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>3</sub>, ?I<sub>2</sub>))  
 conjointHomoDe(?ts<sub>1</sub>, ?ts<sub>2</sub>), conjointHomoDe(?ts<sub>3</sub>, ?ts<sub>4</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>1</sub>, ?I<sub>1</sub>),  
 tsTimeInterval(?ts<sub>2</sub>, ?I<sub>1</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>3</sub>, ?I<sub>2</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>4</sub>, ?I<sub>2</sub>),  
 tsTimeSliceOf(?ts<sub>1</sub>, ?a), tsTimeSliceOf(?ts<sub>3</sub>, ?a) → ab(tsTimeInterval(?ts<sub>1</sub>, ?I<sub>1</sub>),  
 tsTimeInterval(?ts<sub>3</sub>, ?I<sub>2</sub>))

13.2.2.2(?ts<sub>1</sub>, ?ts<sub>2</sub>), 13.2.2.2(?ts<sub>3</sub>, ?ts<sub>4</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>1</sub>, ?I<sub>1</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>2</sub>, ?I<sub>1</sub>),  
 tsTimeInterval(?ts<sub>3</sub>, ?I<sub>2</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>4</sub>, ?I<sub>2</sub>), tsTimeSliceOf(?ts<sub>1</sub>, ?a),  
 tsTimeSliceOf(?ts<sub>3</sub>, ?a) → ab(tsTimeInterval(?ts<sub>1</sub>, ?I<sub>1</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>3</sub>, ?I<sub>2</sub>)  
 conjointHétéroDe(?ts<sub>1</sub>, ?ts<sub>2</sub>), conjointHétéroDe(?ts<sub>3</sub>, ?ts<sub>4</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>1</sub>, ?I<sub>1</sub>),  
 tsTimeInterval(?ts<sub>2</sub>, ?I<sub>1</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>3</sub>, ?I<sub>2</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>4</sub>, ?I<sub>2</sub>),  
 tsTimeSliceOf(?ts<sub>1</sub>, ?a), tsTimeSliceOf(?ts<sub>3</sub>, ?a) → ab(tsTimeInterval(?ts<sub>1</sub>, ?I<sub>1</sub>),  
 tsTimeInterval(?ts<sub>3</sub>, ?I<sub>2</sub>)

13.2.3(?ts<sub>1</sub>, ?ts<sub>2</sub>), 13.2.3(?ts<sub>3</sub>, ?ts<sub>4</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>1</sub>, ?I<sub>1</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>2</sub>, ?I<sub>1</sub>),  
 tsTimeInterval(?ts<sub>3</sub>, ?I<sub>2</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>4</sub>, ?I<sub>2</sub>), tsTimeSliceOf(?ts<sub>1</sub>, ?a),  
 tsTimeSliceOf(?ts<sub>3</sub>, ?a) → ab(tsTimeInterval(?ts<sub>1</sub>, ?I<sub>1</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>3</sub>, ?I<sub>2</sub>)  
 pacséÀ(?ts<sub>1</sub>, ?ts<sub>2</sub>), pacséÀ (?ts<sub>3</sub>, ?ts<sub>4</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>1</sub>, ?I<sub>1</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>2</sub>, ?I<sub>1</sub>),  
 tsTimeInterval(?ts<sub>3</sub>, ?I<sub>2</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>4</sub>, ?I<sub>2</sub>), tsTimeSliceOf(?ts<sub>1</sub>, ?a),  
 tsTimeSliceOf(?ts<sub>3</sub>, ?a) → ab(tsTimeInterval(?ts<sub>1</sub>, ?I<sub>1</sub>), tsTimeInterval(?ts<sub>3</sub>, ?I<sub>2</sub>)

## Annexe G Règles SWRL pour le raisonnement sur les instants ainsi que sur les intervalles de temps dans *PersonLink*

### I) Le raisonnement sur les instants

1- Règles pour le raisonnement sur les instants quantitatifs (comparaison des datatypes, seul Pellet peut faire ça) :

$\text{time}(?x, ?t1), \text{time}(?y, ?t2), \text{lessThanOrEqual}(?t1, ?t2), \text{lessThanOrEqual}(?t2, ?t1) \rightarrow \text{equal}(?x, ?y)$

$\text{time}(?x, ?t1), \text{time}(?y, ?t2), \text{greaterThan}(?t1, ?t2) \rightarrow \text{after}(?x, ?y)$

2- Règles pour le raisonnement sur les instants qualitatifs :

$\text{before}(?x, ?y), \text{before}(?y, ?z) \rightarrow \text{before}(?x, ?z)$

$\text{before}(?y, ?z), \text{equal}(?x, ?y) \rightarrow \text{before}(?x, ?z)$

$\text{before}(?x, ?y), \text{equal}(?y, ?z) \rightarrow \text{before}(?x, ?z)$

3- Le raisonnement sur les instants qualitatifs basés sur des axiomes *OWL2* ne se fait pas via des règles *SWRL* :

Les axiomes sont : before, after et equal sont « transitive »

Before est « inverse of » after

Equal est « symmetric »

4- Règles pour le raisonnement sur les instants avec et sans *datatypes* (combinaison entre 1 et 2) :

$\text{time}(?x, ?t1), \text{time}(?y, ?t2), \text{lessThanOrEqual}(?t1, ?t2), \text{lessThanOrEqual}(?t2, ?t1) \rightarrow \text{equal}(?x, ?y)$

$\text{time}(?x, ?t1), \text{time}(?y, ?t2), \text{greaterThan}(?t1, ?t2) \rightarrow \text{after}(?x, ?y)$

$\text{before}(?x, ?y), \text{before}(?y, ?z) \rightarrow \text{before}(?x, ?z)$

$\text{before}(?y, ?z), \text{equal}(?x, ?y) \rightarrow \text{before}(?x, ?z)$

$\text{before}(?x, ?y), \text{equal}(?y, ?z) \rightarrow \text{before}(?x, ?z)$

5- Règles pour le raisonnement sur les instants quantitatifs et qualitatifs (basés sur des axiomes )(combinaison entre 1 et 3) :

$\text{time}(?x, ?t1), \text{time}(?y, ?t2), \text{lessThanOrEqual}(?t1, ?t2), \text{lessThanOrEqual}(?t2, ?t1) \rightarrow \text{equal}(?x, ?y)$

$\text{time}(?x, ?t1), \text{time}(?y, ?t2), \text{greaterThan}(?t1, ?t2) \rightarrow \text{after}(?x, ?y)$

Les axiomes (caractéristiques OWL2) sont : before, after et equal sont « transitive »

Before est « inverse of » after

Equal est « symmetric »

## II) Le raisonnement sur les intervalles

1- Règles *SWRL* pour le raisonnement sur les intervalles qualitatifs (avec prise en compte de la sémantique *OWL2*) :

$a(?x, ?y), a(?y, ?z) \rightarrow a(?x, ?z)$

$a(?x, ?y), b(?y, ?z) \rightarrow \text{all}(?x, ?z)$

$a(?x, ?y), \text{eq}(?y, ?z) \rightarrow a(?x, ?z)$

$a(?x, ?y), d(?y, ?z) \rightarrow a\_ob\_mb\_d\_e(?x, ?z)$

$a(?x, ?y), o(?y, ?z) \rightarrow a\_ob\_m\_b\_d\_e(?x, ?z)$

$a(?x, ?y), e(?y, ?z) \rightarrow a(?x, ?z)$

$a(?x, ?y), s(?y, ?z) \rightarrow a\_ob\_mb\_d\_f(?x, ?z)$

$b(?x, ?y), a(?y, ?z) \rightarrow \text{all}(?x, ?z)$

$b(?x, ?y), b(?y, ?z) \rightarrow b(?x, ?z)$   
 $b(?x, ?y), eq(?y, ?z) \rightarrow b(?x, ?z)$   
 $b(?x, ?y), d(?y, ?z) \rightarrow b\_o\_m\_d\_s(?x, ?z)$   
 $b(?x, ?y), o(?y, ?z) \rightarrow b(?x, ?z)$   
 $b(?x, ?y), e(?y, ?z) \rightarrow b\_o\_m\_d\_s(?x, ?z)$   
 $b(?x, ?y), s(?y, ?z) \rightarrow b(?x, ?z)$

$eq(?x, ?y), a(?y, ?z) \rightarrow a(?x, ?z)$   
 $eq(?x, ?y), b(?y, ?z) \rightarrow b(?x, ?z)$   
 $eq(?x, ?y), eq(?y, ?z) \rightarrow eq(?x, ?z)$   
 $eq(?x, ?y), d(?y, ?z) \rightarrow d(?x, ?z)$   
 $eq(?x, ?y), o(?y, ?z) \rightarrow o(?x, ?z)$   
 $eq(?x, ?y), e(?y, ?z) \rightarrow e(?x, ?z)$   
 $eq(?x, ?y), s(?y, ?z) \rightarrow s(?x, ?z)$

$d(?x, ?y), a(?y, ?z) \rightarrow a(?x, ?z)$   
 $d(?x, ?y), b(?y, ?z) \rightarrow b(?x, ?z)$   
 $d(?x, ?y), eq(?y, ?z) \rightarrow d(?x, ?z)$   
 $d(?x, ?y), d(?y, ?z) \rightarrow d(?x, ?z)$   
 $d(?x, ?y), o(?y, ?z) \rightarrow b\_o\_m\_d\_s(?x, ?z)$   
 $d(?x, ?y), e(?y, ?z) \rightarrow d(?x, ?z)$   
 $d(?x, ?y), s(?y, ?z) \rightarrow d(?x, ?z)$

$o(?x, ?y), a(?y, ?z) \rightarrow a\_ob\_c\_mb\_sb(?x, ?z)$   
 $o(?x, ?y), b(?y, ?z) \rightarrow b(?x, ?z)$   
 $o(?x, ?y), eq(?y, ?z) \rightarrow o(?x, ?z)$   
 $o(?x, ?y), d(?y, ?z) \rightarrow o\_d\_s(?x, ?z)$   
 $o(?x, ?y), o(?y, ?z) \rightarrow b\_o\_m(?x, ?z)$   
 $o(?x, ?y), e(?y, ?z) \rightarrow d\_s\_o(?x, ?z)$

$o(?x, ?y), s(?y, ?z) \rightarrow o(?x, ?z)$

$e(?x, ?y), a(?y, ?z) \rightarrow a(?x, ?z)$

$e(?x, ?y), b(?y, ?z) \rightarrow b(?x, ?z)$

$e(?x, ?y), eq(?y, ?z) \rightarrow e(?x, ?z)$

$e(?x, ?y), d(?y, ?z) \rightarrow d(?x, ?z)$

$e(?x, ?y), o(?y, ?z) \rightarrow o\_d\_s(?x, ?z)$

$e(?x, ?y), e(?y, ?z) \rightarrow e(?x, ?z)$

$e(?x, ?y), s(?y, ?z) \rightarrow d(?x, ?z)$

$s(?x, ?y), a(?y, ?z) \rightarrow a(?x, ?z)$

$s(?x, ?y), b(?y, ?z) \rightarrow b(?x, ?z)$

$s(?x, ?y), eq(?y, ?z) \rightarrow s(?x, ?z)$

$s(?x, ?y), d(?y, ?z) \rightarrow d(?x, ?z)$

$s(?x, ?y), o(?y, ?z) \rightarrow b\_o\_m(?x, ?z)$

$s(?x, ?y), e(?y, ?z) \rightarrow d(?x, ?z)$

$s(?x, ?y), s(?y, ?z) \rightarrow s(?x, ?z)$

2- Règles pour le raisonnement sur les intervalles quantitatifs (dont les instants sont quantitatifs) (comparaison des datatypes, seul Pellet peut faire ça) :

$ProperInterval(?a), ProperInterval(?x), hasBeginning(?a, ?b), hasEnd(?x, ?z), inXSDDateTime(?b, ?b1), inXSDDateTime(?z, ?z1), lessThanOrEqual(?b1, ?z1), lessThanOrEqual(?z1, ?b1) \rightarrow intervalMeets(?x, ?a)$

$ProperInterval(?a), ProperInterval(?x), hasBeginning(?a, ?b), hasBeginning(?x, ?y), hasEnd(?a, ?c), hasEnd(?x, ?z), inXSDDateTime(?b, ?b1), inXSDDateTime(?c, ?c1),$

inXSDDateTime(?y, ?y1), inXSDDateTime(?z, ?z1), lessThan(?b1, ?z1), lessThan(?y1, ?b1), lessThan(?z1, ?c1) -> intervalOverlaps(?x, ?a)

Instant(?x), Instant(?z), inXSDDateTime(?x, ?y), inXSDDateTime(?z, ?w), lessThanOrEqualTo(?w, ?y), lessThanOrEqualTo(?y, ?w) -> equals(?z, ?x)

ProperInterval(?a), ProperInterval(?x), hasBeginning(?a, ?b), hasEnd(?x, ?z), inXSDDateTime(?b, ?b1), inXSDDateTime(?z, ?z1), lessThan(?z1, ?b1) -> intervalBefore(?x, ?a)

ProperInterval(?a), ProperInterval(?x), hasBeginning(?a, ?b), hasBeginning(?x, ?y), hasEnd(?a, ?c), hasEnd(?x, ?z), inXSDDateTime(?b, ?b1), inXSDDateTime(?c, ?c1), inXSDDateTime(?y, ?y1), inXSDDateTime(?z, ?z1), lessThanOrEqualTo(?b1, ?y1), lessThanOrEqualTo(?c1, ?z1), lessThanOrEqualTo(?y1, ?b1), lessThanOrEqualTo(?z1, ?c1) -> intervalEquals(?x, ?a)

ProperInterval(?a), ProperInterval(?x), hasBeginning(?a, ?b), hasBeginning(?x, ?y), hasEnd(?a, ?c), hasEnd(?x, ?z), inXSDDateTime(?b, ?b1), inXSDDateTime(?c, ?c1), inXSDDateTime(?y, ?y1), inXSDDateTime(?z, ?z1), lessThan(?b1, ?y1), lessThanOrEqualTo(?c1, ?z1), lessThanOrEqualTo(?z1, ?c1) -> intervalFinishes(?x, ?a)

Instant(?x), Instant(?z), inXSDDateTime(?x, ?y), inXSDDateTime(?z, ?w), lessThan(?y, ?w) -> before(?x, ?z)

ProperInterval(?a), ProperInterval(?x), hasBeginning(?a, ?b), hasBeginning(?x, ?y), hasEnd(?a, ?c), hasEnd(?x, ?z), inXSDDateTime(?b, ?b1), inXSDDateTime(?c, ?c1), inXSDDateTime(?y, ?y1), inXSDDateTime(?z, ?z1), lessThan(?b1, ?y1), lessThan(?z1, ?c1) -> intervalDuring(?x, ?a)

ProperInterval(?a), ProperInterval(?x), hasBeginning(?a, ?b), hasBeginning(?x, ?y),  
 hasEnd(?a, ?c), hasEnd(?x, ?z), inXSDDateTime(?b, ?b1), inXSDDateTime(?c, ?c1),  
 inXSDDateTime(?y, ?y1), inXSDDateTime(?z, ?z1), lessThan(?z1, ?c1),  
 lessThanOrEqual(?b1, ?y1), lessThanOrEqual(?y1, ?b1) -> intervalStarts(?x, ?a)

3- Règles pour le raisonnement sur les intervalles qualitatifs (dont les instants sont qualitatifs) :

ProperInterval(?a), ProperInterval(?x), before(?b, ?z), before(?y, ?b), before(?z, ?c),  
 hasBeginning(?a, ?b), hasBeginning(?x, ?y), hasEnd(?a, ?c), hasEnd(?x, ?z) ->  
 intervalOverlaps(?x, ?a)

ProperInterval(?a), ProperInterval(?x), equals(?z, ?b), hasBeginning(?a, ?b), hasEnd(?x,  
 ?z) -> intervalMeets(?x, ?a)

equals(?x, ?y), before(?y, ?z) -> before(?x, ?z)

equals(?y, ?z), before(?x, ?y) -> before(?x, ?z)

Instant(?p) -> equals(?p, ?p)

ProperInterval(?a), ProperInterval(?x), equals(?y, ?b), equals(?z, ?c), hasBeginning(?a,  
 ?b), hasBeginning(?x, ?y), hasEnd(?a, ?c), hasEnd(?x, ?z) -> intervalEquals(?x, ?a)  
 hasBeginning(?a, ?b), hasBeginning(?x, ?y), hasEnd(?a, ?c), hasEnd(?x, ?z),  
 intervalBefore(?x, ?a) -> before(?z, ?b)

ProperInterval(?a), ProperInterval(?x), before(?b, ?y), before(?z, ?c), hasBeginning(?a,  
 ?b), hasBeginning(?x, ?y), hasEnd(?a, ?c), hasEnd(?x, ?z) -> intervalDuring(?x, ?a)



## ANNEXES

ProperInterval(?a), ProperInterval(?x), before(?z, ?b), hasBeginning(?a, ?b), hasEnd(?x, ?z) -> intervalBefore(?x, ?a)

ProperInterval(?x), hasBeginning(?x, ?y), hasEnd(?x, ?z) -> before(?y, ?z)

before(?x, ?y), before(?y, ?z) -> before(?x, ?z)

ProperInterval(?a), ProperInterval(?x), equals(?y, ?b), before(?z, ?c), hasBeginning(?a, ?b), hasBeginning(?x, ?y), hasEnd(?a, ?c), hasEnd(?x, ?z) -> intervalStarts(?x, ?a)

equals(?x, ?y), equals(?y, ?z) -> equals(?x, ?z)

ProperInterval(?a), ProperInterval(?x), equals(?z, ?c), before(?b, ?y), hasBeginning(?a, ?b), hasBeginning(?x, ?y), hasEnd(?a, ?c), hasEnd(?x, ?z) -> intervalFinishes(?x, ?a)

4- Règles pour le raisonnement sur les intervalles quantitatifs et qualitatifs (basés sur des instants) (combinaison de 2 et 3) :

Instant(?x), Instant(?z), inXSDDateTime(?x, ?y), inXSDDateTime(?z, ?w), lessThanOrEqual(?w, ?y), lessThanOrEqual(?y, ?w) -> equals(?z, ?x)

ProperInterval(?a), ProperInterval(?x), before(?b, ?z), before(?y, ?b), before(?z, ?c), hasBeginning(?a, ?b), hasBeginning(?x, ?y), hasEnd(?a, ?c), hasEnd(?x, ?z) -> intervalOverlaps(?x, ?a)

ProperInterval(?a), ProperInterval(?x), equals(?z, ?b), hasBeginning(?a, ?b), hasEnd(?x, ?z) -> intervalMeets(?x, ?a)

equals(?x, ?y), before(?y, ?z) -> before(?x, ?z)

ANNEXES

$\text{equals}(?y, ?z), \text{before}(?x, ?y) \rightarrow \text{before}(?x, ?z)$

$\text{ProperInterval}(?a), \text{ProperInterval}(?x), \text{equals}(?y, ?b), \text{equals}(?z, ?c), \text{hasBeginning}(?a, ?b), \text{hasBeginning}(?x, ?y), \text{hasEnd}(?a, ?c), \text{hasEnd}(?x, ?z) \rightarrow \text{intervalEquals}(?x, ?a)$

$\text{hasBeginning}(?a, ?b), \text{hasBeginning}(?x, ?y), \text{hasEnd}(?a, ?c), \text{hasEnd}(?x, ?z), \text{intervalBefore}(?x, ?a) \rightarrow \text{before}(?z, ?b)$

$\text{ProperInterval}(?a), \text{ProperInterval}(?x), \text{before}(?b, ?y), \text{before}(?z, ?c), \text{hasBeginning}(?a, ?b), \text{hasBeginning}(?x, ?y), \text{hasEnd}(?a, ?c), \text{hasEnd}(?x, ?z) \rightarrow \text{intervalDuring}(?x, ?a)$

$\text{ProperInterval}(?a), \text{ProperInterval}(?x), \text{before}(?z, ?b), \text{hasBeginning}(?a, ?b), \text{hasEnd}(?x, ?z) \rightarrow \text{intervalBefore}(?x, ?a)$

$\text{ProperInterval}(?x), \text{hasBeginning}(?x, ?y), \text{hasEnd}(?x, ?z) \rightarrow \text{before}(?y, ?z)$

$\text{before}(?x, ?y), \text{before}(?y, ?z) \rightarrow \text{before}(?x, ?z)$

$\text{ProperInterval}(?a), \text{ProperInterval}(?x), \text{equals}(?y, ?b), \text{before}(?z, ?c), \text{hasBeginning}(?a, ?b), \text{hasBeginning}(?x, ?y), \text{hasEnd}(?a, ?c), \text{hasEnd}(?x, ?z) \rightarrow \text{intervalStarts}(?x, ?a)$

$\text{equals}(?x, ?y), \text{equals}(?y, ?z) \rightarrow \text{equals}(?x, ?z)$

$\text{Instant}(?x), \text{Instant}(?z), \text{inXSDDateTime}(?x, ?y), \text{inXSDDateTime}(?z, ?w), \text{lessThan}(?y, ?w) \rightarrow \text{before}(?x, ?z)$

$\text{ProperInterval}(?a), \text{ProperInterval}(?x), \text{equals}(?z, ?c), \text{before}(?b, ?y), \text{hasBeginning}(?a, ?b), \text{hasBeginning}(?x, ?y), \text{hasEnd}(?a, ?c), \text{hasEnd}(?x, ?z) \rightarrow \text{intervalFinishes}(?x, ?a)$

5- Règles pour le raisonnement sur les intervalles quantitatifs (intervalles directs quantitatifs) (comparaison des datatypes, seul Pellet peut faire ça) :

Instant(?x), Instant(?z), inXSDDateTime(?x, ?y), inXSDDateTime(?z, ?w),  
lessThanOrEqualTo(?w, ?y), lessThanOrEqualTo(?y, ?w) -> equals(?z, ?x)

ProperInterval(?a), ProperInterval(?x), endValue(?a, ?c1), endValue(?x, ?z1),  
startValue(?a, ?b1), startValue(?x, ?y1), lessThan(?b1, ?z1), lessThan(?y1, ?b1),  
lessThan(?z1, ?c1) -> intervalOverlaps(?x, ?a)

ProperInterval(?a), ProperInterval(?x), endValue(?x, ?z1), startValue(?a, ?b1),  
lessThan(?z1, ?b1) -> intervalBefore(?x, ?a)

ProperInterval(?a), ProperInterval(?x), endValue(?x, ?z1), startValue(?a, ?b1),  
lessThanOrEqualTo(?b1, ?z1), lessThanOrEqualTo(?z1, ?b1) -> intervalMeets(?x, ?a)

Instant(?x), Instant(?z), inXSDDateTime(?x, ?y), inXSDDateTime(?z, ?w), lessThan(?y,  
?w) -> before(?x, ?z)

ProperInterval(?a), ProperInterval(?x), endValue(?a, ?c1), endValue(?x, ?z1),  
startValue(?a, ?b1), startValue(?x, ?y1), lessThan(?z1, ?c1), lessThanOrEqualTo(?b1, ?y1),  
lessThanOrEqualTo(?y1, ?b1) -> intervalStarts(?x, ?a)

ProperInterval(?a), ProperInterval(?x), endValue(?a, ?c1), endValue(?x, ?z1),  
startValue(?a, ?b1), startValue(?x, ?y1), lessThan(?b1, ?y1), lessThanOrEqualTo(?c1, ?z1),  
lessThanOrEqualTo(?z1, ?c1) -> intervalFinishes(?x, ?a)

ProperInterval(?a), ProperInterval(?x), endValue(?a, ?c1), endValue(?x, ?z1),  
startValue(?a, ?b1), startValue(?x, ?y1), lessThanOrEqualTo(?b1, ?y1),

*ANNEXES*

lessThanOrEqualTo(?c1, ?z1), lessThanOrEqualTo(?y1, ?b1), lessThanOrEqualTo(?z1, ?c1) ->  
intervalEquals(?x, ?a)

ProperInterval(?a), ProperInterval(?x), endValue(?a, ?c1), endValue(?x, ?z1),  
startValue(?a, ?b1), startValue(?x, ?y1), lessThan(?b1, ?y1), lessThan(?z1, ?c1) ->  
intervalDuring(?x, ?a)

**Noura HERRADI**

**Représentation sémantique multilingue, multiculturelle et temporelle des relations interpersonnelles, appliquée à une prothèse de mémoire**

**Résumé**

Dans ce travail de thèse, nous proposons une base de connaissances, destinée à une prothèse de mémoire « intelligente », appelée *CaptainMemo*, qui a pour but d'aider les malades d'Alzheimer, à pallier leurs problèmes de dégénérescence mnésique.

Cette base de connaissances est basée sur l'ontologie déréréférençable que nous proposons, nommée *PersonLink*.

Cette ontologie, à travers plusieurs approches, permet à la base de connaissances de *CaptainMemo*, de faire une représentation rigoureuse, multilingue et multiculturelle de chaque lien interpersonnel, elle lui assure également le passage d'une culture/langue à une autre sans faire une traduction littérale mais plutôt une traduction culturelle.

La représentation temporelle des liens interpersonnels est également assurée dans cette base de connaissances, avec une prise en considération de la sémantique de chaque lien interpersonnel, ainsi la représentation exacte des relations entre intervalles de temps qualitatifs est assurée.

Par ailleurs, l'intelligence de la prothèse de mémoire est traitée à travers l'introduction du raisonnement sur les différents intervalles de temps.

**Mots-clés :** Alzheimer, Prothèse de mémoire, Web sémantique, Ontologie, Multiculturalisme, Multilinguisme, Intervalle temporel qualitatif, Raisonnement sémantique.

**Abstract**

In this thesis, we propose a knowledge base for a « smart » memory prosthesis, called *CaptainMemo*, which aims to help Alzheimer's patients to overcome their memory impairments.

This knowledge base is built over the *PersonLink* dereferenceable ontology that we propose.

This ontology, through several approaches, allows *CaptainMemo*'s knowledge base to make a rigorous, multilingual and multicultural representation of each interpersonal link. It also ensures the transition from one culture/language to another by making a cultural translation rather than a literal one.

The temporal representation of the interpersonal links is also ensured in this knowledge base, by taking into consideration the semantics of each interpersonal link. Thus, the exact representation of the relationships between qualitative time intervals is ensured.

Moreover, the intelligence of the memory prosthesis is treated through the introduction of the reasoning over the different time intervals.

**Keywords:** Alzheimer, Memory prosthesis, Semantic Web, Ontology, Multiculturalism, Multilingualism, Qualitative time interval, Semantic reasoning.