



École doctorale n° 401 : Sciences Sociales

THÈSE

pour obtenir le grade de docteur délivré par

Université Paris 8
Spécialité doctorale “Informatique”

présentée et soutenue publiquement par

Ngoc Nguyen Thinh DONG

le 4 Juillet 2017

Révision d'ontologies fondée sur tableaux

Directrice de thèse : **Myriam LAMOLLE**

Co-encadrant de thèse : **Chan LE DUC**

Jury

Olivier Curé,	MCF-HDR, Université Paris Est-Créteil, Marne-la-Vallée	Rapporteur
Jérôme Euzenat,	Directeur de recherche, HDR, INRIA	Rapporteur
Arab Ali Chérif,	Professeur, Université Paris 8	Examineur
Odile Papini,	Professeur, Université d'Aix-Marseille	Examineur

Université Paris 8
Laboratoire d'informatique avancée de Saint-Denis (LIASD)
IUT de Montreuil
Saint-Denis, France

Résumé

L'objectif de cette thèse est d'étendre des opérateurs de révision d'ontologie existants en respectant les postulats *AGM* (priorité aux nouvelles connaissances, cohérence de connaissances et minimalité des changements) pour des ontologies d'expressivité *SHIQ* et de proposer de nouveaux algorithmes palliant les inconvénients inhérents à ces opérateurs.

Après étude de l'existant, nous avons proposé un nouvel algorithme de tableau pour la révision des ontologies exprimées en *SHIQ*. En créant ce nouvel algorithme de tableau, nous avons défini la notion des *modèles de graphe* finis (des *modèles d'arbre* ou des *modèles de forêt*) afin de représenter un ensemble éventuellement infini de modèles d'une ontologie en *SHIQ*. Ces structures finies équipées d'un pré-ordre total permettent de déterminer la différence sémantique entre deux ontologies représentées comme deux ensembles de modèles.

Nous avons mis en œuvre les algorithmes proposés dans notre moteur de révision *ONTOREV*, intégrant des techniques d'optimisation pour (i) réduire des non-déterminismes lors de l'application de l'algorithme de tableau, (ii) optimiser le temps du calcul de distance entre des modèles d'arbre ou entre des modèles de forêt, (iii) éviter de construire des forêts ou des arbres non nécessaires à la révision. De plus, nous avons examiné la possibilité d'améliorer la méthode de tableau par une approche permettant de compresser les modèles d'arbres. Enfin, nous avons effectué des expérimentations avec des ontologies du monde réel qui ont mis en exergue la difficulté à traiter des axiomes non déterministes intrinsèques.

Nos futurs travaux aborderont (i) l'amélioration de l'implémentation en appliquant des techniques d'optimisation existantes dans l'algorithme de tableau standard, (ii) l'extension de l'algorithme pour la révision des ontologies exprimées dans des logiques plus expressives, *e.g.* *SHIQ*, (iii) l'application de notre algorithme à la révision d'un réseau d'ontologies alignées.

Mots-clés : Ontologie, Révision, Algorithme de Tableau, Logiques de Description

Abstract

The objective of this PhD thesis is to extend existing ontology revision operators in accordance with the postulates *AGM* (priority on new knowledge, knowledge coherence and minimal change) for ontologies in *SHIQ* and propose new algorithms to overcome the disadvantages in these operators.

After studying the existing approaches, we have proposed a new tableau algorithm for the revision of ontologies expressed in *SHIQ*. Together with this new tableau algorithm, we have defined the notion of finite *graph models* (*tree models* or *forest models*) in order to represent a possibly infinite set of models of an ontology in *SHIQ*. These finite structures equipped with a total pre-order make it possible to determine the semantic difference between two ontologies represented as two sets of models.

We have implemented the proposed algorithms in our revision engine *ONTOREV*, by integrating optimization techniques for (i) reducing non-determinisms when applying the tableau algorithm, (ii) optimizing the computation time of the distance between tree models or between forest models, (iii) avoiding the construction of unnecessary forests or trees in the revision. In addition, we examined the possibility of improving the tableau method using an approach for compressing tree models. Finally, we carried out experiments with real-world ontologies which highlighted the difficulty to deal with intrinsic non-deterministic axioms.

Our future work will approach to (i) improving the implementation by applying existing optimization techniques in the standard tableau algorithm, (ii) extending the algorithm for the revision of ontologies expressed in more expressive logics, *e.g.* *SHIQ*, (iii) applying our algorithm to the revision of a network of aligned ontologies.

Keywords : Ontology, Revision, Tableau Algorithm, Description Logics

Remerciements

J'aimerais tout d'abord remercier ma directrice de thèse, Professeure Myriam LAMOLLE, pour m'avoir accueilli au sein de son équipe avec un contrat doctoral ainsi qu'un contrat supplémentaire. Un grand Merci pour sa relecture finale méticuleuse de chacun des chapitres de cette thèse.

J'adresse aussi mes chaleureux remerciements à mon co-encadrant de thèse, M. Chan LE DUC, pour son attention de tout instant sur mes travaux, ainsi que pour ses compétences pédagogiques et scientifiques, ses conseils avisés, sa franchise et sa sympathie. J'ai beaucoup appris à ses côtés et je lui adresse ma gratitude pour tout cela.

Je tiens à remercier M. Olivier CURÉ, Maître de conférences - HDR à l'Université Paris Est-Créteil, Marne-la-Vallée, et M. Jérôme EUZENAT, Directeur de recherche - HDR à INRIA Grenoble, qui m'ont fait l'honneur d'accepter d'être rapporteur de cette thèse.

J'associe à ces remerciements Madame Odile PAPINI, Professeure à l'Université d'Aix-Marseille, et M. Arab ALI CHÉRIF, Professeur à l'Université Paris 8, pour avoir accepté d'examiner mon travail.

Je désire en outre remercier tous mes collègues et amis de l'IUT de Montreuil et de l'Université Paris 8 qui ont contribué au maintien d'une bonne humeur et leur sympathie, à M. Gaétan DARQUIÉ pour m'avoir accueilli chaleureusement au sein du projet PRÉVU.

Ces remerciements seraient incomplets si je n'en adressais pas à ma famille, ma femme et notre fille dont l'amour, l'encouragement constants et le soutien m'ont été d'un très grand réconfort.

Publications associées à cette thèse

Articles de revues internationales

1. Think Dong, Chan Le Duc, Myriam Lamolle. Tableau-based Revision for Expressive Description Logics with Individuals. *Journal of Web Semantics*, 2017 (accepté avec révision mineure).

Articles de revues nationales

2. Azziz Anghour, Myriam Lamolle, Think Dong, Chan Le Duc, Guylain Delmas. Apprentissage de gestes techniques par une architecture multimedia ontologique, *Revue des Nouvelles Technologies de l'Information, Numéro spécial "Conception des Architectures Logicielles"*, version étendue de CAL 2015 et MODA 2015, vol. RNTI-L-8, pages 119-134, 2016.

Articles de conférences internationales

3. Think Dong, Chan Le Duc, Myriam Lamolle. Tableau-based Revision for Expressive Description Logics. *Intelligence Artificielle Fondamentale (IAF)*, 2017.
4. Think Dong, Chan Le Duc, Philippe Bonnot, Myriam Lamolle. Tableau-Based Revision over *SHIQ* TBoxes. *Logic for Programming, Artificial Intelligence, and Reasoning - 20th International Conference, LPAR-20, Suva, Fiji, November 24-28, Proceedings*, pages 575-590, 2015.
5. Think Dong, Chan Le Duc, Philippe Bonnot, Myriam Lamolle. Tableau-based revision in *SHIQ*. *Proceedings of the 28th International Workshop on Description Logics, Athens, Greece*, 2015.

Table des matières

Introduction générale	3
I État de l’art	9
1 Contexte de l’étude	11
1.1 Logiques de description	11
1.1.1 Base de connaissances	13
1.1.2 Différentes logiques de description	14
1.1.3 Inférences	15
1.2 Ontologie d’expressivité <i>SHIQ</i>	17
1.3 Introduction aux algorithmes de tableau pour LD	19
1.4 Conclusion	22
2 Révision d’ontologies	23
2.1 Approches syntaxiques	27
2.1.1 Révision par affaiblissement	28
2.1.2 Autres révisions fondées sur les syntaxes	30
2.2 Approches sémantiques	31
2.2.1 Opérateurs de révision spécifiques	31
2.2.2 Adaptation à la révision d’ontologies en LD	34
2.2.3 Révision avec “ <i>feature</i> ”	35
2.3 Combinaison d’approches syntaxiques et sémantiques	41
2.4 Conclusion	41
II Révision en Logique de Description expressive	43
3 Révision d’ontologies d’expressivité <i>SHIQ</i>	45
3.1 Notions liminaires	47
3.2 Caractérisation de la sémantique d’une ontologie	50
3.2.1 Nouvel algorithme de tableau	51
3.2.2 Modèles d’arbre	56
3.3 Opération de révision	61
3.3.1 Distance entre des modèles d’arbre	61
3.3.2 Nouvelle opération de révision	64

3.3.3	Satisfaction des postulats d'AGM	65
3.4	Calcul de l'ontologie de révision	68
3.4.1	Approximation supérieure	68
3.4.2	Construction de l'ontologie de révision	69
3.5	Conclusion	71
4	Révision d'ontologies d'expressivité <i>SHIQ</i> avec individus	73
4.1	Caractérisation de la sémantique d'une ontologie par forêts de complétion	77
4.1.1	Nouvel algorithme de tableau avec individus	80
4.1.2	Modèle de forêt	86
4.2	Opération de révision	94
4.2.1	Distance entre des modèles de forêt	94
4.2.2	Opération de révision fondée sur modèles de forêt	98
4.2.3	Satisfaction des postulats d'AGM	98
4.3	Ontologie de révision	102
4.3.1	Approximation supérieure	102
4.3.2	Construction de l'ontologie de révision	104
4.4	Conclusion	108
III	Mise en œuvre	109
5	Techniques d'optimisation	111
5.1	Absorption	112
5.2	Calcul de la distance entre deux modèles de forêt	113
5.3	Construction de $FM(\mathcal{O} \oplus \mathcal{O}')$	117
5.4	Autres techniques d'optimisation	119
5.5	Conclusion	120
6	Moteur de révision	121
6.1	Prototype ONTOREV	121
6.2	Expérimentation	123
6.3	Utilisation et mise en ligne d'ONTOREV	127
6.4	Conclusion	129
	Conclusion	131
	Annexe	135

Liste des figures

1.1	Syntaxe des Descriptions de Concept	12
1.2	Exemple d'algorithme de tableau	22
3.1	Règles d'expansion pour <i>SHIQ</i>	52
4.1	Forêts de complétion donnant des modèles d'UNI	76
4.2	Forêts de complétion donnant des modèles de $\{\delta_1, \delta_2\}$	76
4.3	Règles d'expansion pour <i>SHIQ</i>	79
4.4	Effet de la \leq_r -règle	83
4.5	Un effet "yo-yo"	84
4.6	La \leq -règle empêchant un effet "yo-yo"	84
4.7	Forêts de complétion donnant les modèles d'UNI ($\mathcal{F}_1, \mathcal{F}_2, \mathcal{F}_3$) et de $\{\delta_1, \delta_2\}$ (\mathcal{F}'_1)	99
4.8	(P5) & (P6) garantissent le principe de changement minimal	101
5.1	Deux arbres $T\langle x_0 \rangle$ (à gauche) et $T\langle z_0 \rangle$ (à droite)	115
5.2	Optimisation du calcul de $\text{FM}(\mathcal{O} \oplus \mathcal{O}')$	120
6.1	Étapes effectuées dans ONTOREV	123
6.2	Échanges de données entre le module de révision et d'autres modules de la plate-forme <i>LearningCafé</i>	128
6.3	Page d'accueil	129
6.4	Outils pour la révision d'une ontologie	129

Liste des tableaux

1.1	Langages des LD	15
1.2	Illustration des règles d'expansion pour des algorithmes de tableau	20
4.1	Ontologie UNI	75
4.3	Axiomes ajoutés dans l'ontologie UNI	99
6.1	Ontologies pour les expérimentations et leurs caractéristiques	124
6.2	Résultats d'expérimentations	124

