Application de la théorie de la révision à l'adaptation en raisonnement à partir de cas : l'adaptation conservatrice

Jean Lieber

▶ **To cite this version:**

Jean Lieber. Application de la théorie de la révision à l'adaptation en raisonnement à partir de cas : l'adaptation conservatrice. 4èmes journées francophones sur les modèles formels de l'interaction - MFI'07, N. Maudet, 2007, Paris, France. pp.201–213. inria-00189617

HAL Id: inria-00189617
https://inria.hal.science/inria-00189617

Submitted on 21 Nov 2007

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.

Application de la théorie de la révision à l'adaptation en raisonnement à partir de cas : l'adaptation conservatrice

J. Lieber
lieber@loria.fr

LORIA (UMR 7503 CNRS–INRIA–Nancy Universities), BP 239, 54506 Vandœuvre-lès-Nancy, FRANCE

Résumé :
Le raisonnement à partir de cas a pour objectif de résoudre un problème par adaptation de la solution d'un problème déjà résolu qui a été sélectionné dans une base de cas. Cet article présente une approche de l'adaptation appelée adaptation conservatrice et qui consiste à garder le plus possible de la solution à adapter, tout en assurant la consistance avec le contexte du problème à résoudre et les connaissances du domaine. Cette idée peut être liée à la théorie de la révision : la révision d'une ancienne base par une nouvelle consiste à effectuer un changement minimal sur la première tout en étant cohérent avec la deuxième. Cela conduit à une formalisation de l'adaptation conservatrice sur la base d'un opérateur de révision en logique propositionnelle. Puis, cette théorie de l'adaptation conservatrice est confrontée à une application à l'aide à la décision à partir de cas en cancérologie : un problème de cette application est la description d'un patient atteint d'un cancer du sein et une solution, une recommandation thérapeutique. Des adaptations effectuées par des experts qui peuvent être modélisées par des adaptations conservatrices sont présentées. Ces exemples montrent par exemple une façon d'adapter des traitements contre-indiqués ou des traitements inapplicables.

Mots-clés : raisonnement à partir de cas, raisonnement à partir de cas et de connaissances du domaine, adaptation, adaptation conservatrice, théorie de la révision, représentation logique des cas, application en cancérologie

Abstract:
Case-based reasoning aims at solving a problem by the adaptation of the solution of an already solved problem that has been retrieved in a case base. This paper defines an approach to adaptation called conservative adaptation; it consists in keeping as much as possible from the solution to be adapted, while being consistent with the context of the problem to be solved and with the domain knowledge. This idea can be related to the theory of revision: the revision of an old knowledge base by a new one consists in making a minimal change on the former, while being consistent with the latter. This leads to a formalization of conservative adaptation based on a revision operator in propositional logic. Then, this theory of conservative adaptation is confronted to an application of case-based decision support to oncology: a problem of this application is the description of a patient ill with breast cancer, and a solution, a therapeutic recommendation. Examples of adaptations that have actually been performed by experts and that can be captured by conservative adaptation are presented. These examples show a way of adapting contraindicated treatment recommendations and treatment recommendations that cannot be applied.

Keywords: case-based reasoning, knowledge-intensive case-based reasoning, adaptation, conservative adaptation, theory of revision, logical representation of cases, application to oncology

1 Introduction

Le raisonnement à partir de cas (RÀPC [21]) a pour objectif de résoudre un problème à l'aide d'un ensemble de problèmes déjà résolus. Le problème à résoudre s'appelle *problème cible*, dénoté par `cible` dans cet article, et les problèmes déjà résolus sont les *problèmes sources*, dénotés par `srce`. Un cas est la représentation d'un épisode de résolution de problème, c'est-à-dire qu'il représente au moins un problème `pb` et une solution $\texttt{Sol}(\texttt{pb})$ de `pb` : un tel cas est dénoté par un couple $(\texttt{pb}, \texttt{Sol}(\texttt{pb}))$. Un problème source, `srce`, est un problème qui a déjà été résolu en une solution $\texttt{Sol}(\texttt{srce})$. Le couple $(\texttt{srce}, \texttt{Sol}(\texttt{srce}))$ est un *cas source* et l'ensemble des cas sources est la *base de cas*. On distingue classiquement trois étapes du RÀPC : la remémoration, l'adaptation et la mémorisation. La *remémoration* sélectionne un cas source $(\texttt{srce}, \texttt{Sol}(\texttt{srce}))$ jugé similaire à `cible`, selon un certain critère de similarité. L'*adaptation* a pour objectif de résoudre `cible` en s'appuyant sur le cas remémoré $(\texttt{srce}, \texttt{Sol}(\texttt{srce}))$. Ainsi, une adaptation qui réussit donne une solution $\texttt{Sol}(\texttt{cible})$ de `cible`, en général par modification de $\texttt{Sol}(\texttt{srce})$. Finalement, la *mémorisation* évalue l'utilité de stocker le nou-

veau cas $(\texttt{cible}, \texttt{Sol}(\texttt{cible}))$ dans la base de cas et le stocke effectivement, si c'est utile. Les approches *knowledge intensive* (à défaut de trouver une traduction satisfaisante) du RÀPC sont celles pour lesquelles les connaissances du domaine jouent un rôle fondamental (et pas uniquement la base de cas) [1]. C'est le cas pour l'adaptation conservatrice, comme nous allons le voir ci-dessous.

Le RÀPC et l'adaptation. En général, on considère que le RÀPC s'appuie sur le principe suivant :

Des problèmes similaires ont des solutions similaires. (principe du RÀPC)

Ce principe a été formalisé dans [9] par

$$\mathcal{T}(\texttt{Sol}(\texttt{srce}), \texttt{Sol}(\texttt{cible})) \geqslant \mathcal{S}(\texttt{srce}, \texttt{cible})$$

(traduit avec nos notations) où $\mathcal{S}$ et $\mathcal{T}$ sont des mesures de similarité respectivement entre problèmes et entre solutions. Il y a plusieurs façons de spécifier l'étape d'adaptation en accord avec le principe du RÀPC, à commencer par l'*adaptation nulle* :

$$\texttt{Sol}(\texttt{cible}) := \texttt{Sol}(\texttt{srce})$$
(adaptation nulle)

L'adaptation nulle est justifiée dans [21] par la phrase « *People often do very little adaptation.* » Une limite de l'adaptation nulle est le fait que l'affirmation « $\texttt{Sol}(\texttt{srce})$ résout $\texttt{cible}$ » peut être contradictoire avec les connaissances du domaine. Dans ce cas, une stratégie pour l'adaptation est la suivante :

$\texttt{Sol}(\texttt{cible})$ est obtenue en gardant de $\texttt{Sol}(\texttt{srce})$ le plus possible tout en conservant la cohérence.
(adaptation conservatrice)

L'adaptation conservatrice tend à respecter le principe du RÀPC au sens où elle tend à rendre la similarité $\mathcal{T}(\texttt{Sol}(\texttt{srce}), \texttt{Sol}(\texttt{cible}))$ maximale.

Plan de l'article. La section 2 décrit le principe de l'adaptation conservatrice plus en détail. Elle fait le lien entre cette approche de l'adaptation et la théorie de la révision : les deux s'appuient sur la notion de changement minimal. La section 3 présente les principes de base de la théorie de la révision. Cette théorie consiste en un ensemble de postulats qu'un opérateur de révision doit satisfaire. La section 4 donne une formalisation de l'adaptation conservatrice fondée sur un opérateur de révision donné. Ce travail est motivé d'un point de vue pratique par une application en cancérologie : le système KASIMIR, pour lequel un problème représente une classe de patients et une solution, une proposition de traitement pour ces patients. La section 5 montre comment certaines adaptations effectuées par les experts dans ce cadre peuvent être modélisées par l'adaptation conservatrice. La section 6 discute ce travail et la section 7 présente des conclusions et des perspectives.

2 Principe de l'adaptation conservatrice

Considérons l'exemple suivant :

Example 1 *Léon a invité Carole et veut lui préparer un repas qui lui plaise. Son problème cible peut être défini par les caractéristiques alimentaires de Carole. Supposons que Carole soit végétarienne (dénoté par la variable propositionnelle v) et qu'elle a d'autres caractéristiques (dénotées collectivement par a), non détaillées dans cet exemple : $\texttt{cible} = v \wedge a$. De son expérience en tant que hôte, Léon se rappelle avoir invité Simone il y a quelques temps et il pense que celle-ci ressemble beaucoup à Carole, du point de vue de ses goûts alimentaires, à l'exception du fait qu'elle n'est pas végétarienne : $\texttt{srce} = \neg v \wedge a$. Il a proposé à Simone un repas avec une salade (s), du bœuf (b) et un dessert (d), et elle a apprécié les deux premiers mais n'a pas mangé de dessert. Léon a alors retenu le cas $(\texttt{srce}, \texttt{Sol}(\texttt{srce}))$ avec $\texttt{Sol}(\texttt{srce}) = s \wedge b \wedge \neg d$. Par ailleurs, Léon a certaines connaissances a propos de l'alimentation : il sait que le bœuf est de la viande, que la viande et le tofu sont des aliments riches en protéines et que les végétariens ne*

mangent pas de viande. Ses connaissances du domaines sont donc modélisées par :

$$\texttt{CD}_{\textit{Léon}} = (b \rightarrow vi) \wedge (vi \rightarrow p) \wedge (t \rightarrow p) \wedge (v \rightarrow \neg vi)$$

où b, vi, t et p sont les variables propositionnelles pour « il existe du bœuf/de la viande/du tofu/de la nourriture riche en protéine qui est apprécié(e) par l'invitée ». Selon l'adaptation conservatrice, quel repas devrait être proposé à Carole ? $\texttt{Sol}(\texttt{srce})$ n'est pas une solution satisfaisante pour $\texttt{cible}$: $\texttt{Sol}(\texttt{srce}) \wedge \texttt{cible} \wedge \texttt{CD}_{\textit{Léon}}$ est insatisfiable. Cependant, les informations s et $\neg d$ peuvent être gardées dans $\texttt{Sol}(\texttt{srce})$ afin de résoudre $\texttt{cible}$. De plus, la contradiction porte sur le fait que le bœuf proposé est de la viande, pas sur le fait que c'est une nourriture riche en protéine. Ainsi, une solution de $\texttt{cible}$ suivant le principe de l'adaptation conservatrice pourrait être $s \wedge p \wedge \neg d$. Une autre pourrait être de remplacer le bœuf par du tofu : $s \wedge t \wedge \neg d$.

Comme cet exemple l'illustre, le processus d'adaptation consiste en un déplacement du contexte source vers le contexte cible. Si ce processus est conservateur, alors ce déplacement doit se faire avec un changement minimal et, en même temps, doit conduire à une solution cohérente avec le contexte cible. Les deux concepts sont interprétés dans le cadre de connaissances « permanentes », i.e. indépendantes d'un contexte particulier, à savoir les connaissances du domaine. Ainsi, l'adaptation conservatrice s'appuie sur trois types de connaissances :

($\texttt{BC}_1$) Les connaissances précédentes, qui peuvent être modifiées (mais doivent l'être de façon *minimale*) : ce sont les connaissances en lien avec le contexte du problème source et de sa solution ;

($\texttt{BC}_2$) Les nouvelles connaissances, qui ne peuvent pas être modifiées durant ce processus : ce sont les connaissances liées au contexte du problème cible ;

($\texttt{CD}$) Les connaissances permanentes (vraies dans tout contexte), i.e., les connaissances du domaine du système de RÀPC considéré, p. ex., l'ontologie contenant les termes du vocabulaire avec lequel les cas sont représentés.

La question qui se pose est « Quel changement minimal doit être effectué sur la base de connaissances $\texttt{BC}_1$ pour être en cohérence avec la base de connaissances $\texttt{BC}_2$? » Quand $\texttt{BC}_1$ et $\texttt{BC}_2$ ne sont pas contradictoires, il n'y a pas de raison de changer $\texttt{BC}_1$ et l'adaptation conservatrice donnera un résultat impliquant logiquement $\texttt{BC}_1$, ce qui revient à une adaptation nulle.

Ce principe du changement minimal de base de connaissances se retrouve dans la théorie de la *révision* : étant donné deux bases de connaissances ψ et μ, la révision de ψ par μ est une base de connaissances $\psi \circ \mu$ qui entraîne μ et effectue un *changement minimal* sur ψ pour être cohérent [3].

$\texttt{BC}_1$ et $\texttt{BC}_2$ doivent chacun être cohérent avec les connaissances du domaine $\texttt{CD}$. Ainsi, l'adaptation conservatrice consiste, étant donné un *opérateur de révision* $\circ$, à calculer $(\texttt{CD} \wedge \texttt{BC}_1) \circ (\texttt{CD} \wedge \texttt{BC}_2)$ et à inférer de cette nouvelle base de connaissances les informations qui sont relatives à $\texttt{Sol}(\texttt{cible})$.

Par conséquent, avant de formaliser l'adaptation conservatrice, il est nécessaire d'introduire la notion d'opérateur de révision.

3 Révision d'une base de connaissances

La révision d'une base de connaissances a été formalisée indépendamment d'une logique particulière par la « théorie AGM de la révision [3] ». Les postulats AGM ont été adaptés au cas propositionnel dans le cadre d'une approche sémantique de la révision par [15] et c'est ce travail qui est présenté ici, puisque notre papier se limite à ce formalisme.

Préliminaires. Les formules propositionnelles sont construites sur $\mathcal{V}$, un ensemble de variables propositionnelles, supposé fini dans cet article. Une interprétation $\mathcal{I}$ est une fonction de $\mathcal{V}$ dans la paire $\{\texttt{vrai}, \texttt{faux}\}$.

Si $a \in \mathcal{V}$, $\mathcal{I}(a)$ est aussi dénoté par $a^{\mathcal{I}}$. $\mathcal{I}$ est étendu à l'ensemble des formules de la manière usuelle ($(f \wedge g)^{\mathcal{I}} = \texttt{vrai}$ ssi $f^{\mathcal{I}} = \texttt{vrai}$ *et* $g^{\mathcal{I}} = \texttt{vrai}$, etc.). Un modèle d'une formule f est une interprétation $\mathcal{I}$ telle que $f^{\mathcal{I}} = \texttt{vrai}$. $\texttt{Mod}(f)$ dénote l'ensemble des modèles de f. f est satisfiable signifie que $\texttt{Mod}(f) \neq \emptyset$. f entraîne g (resp., f est équivalente à g) est dénoté par $f \models g$ (resp., $f \equiv g$) et signifie que $\texttt{Mod}(f) \subseteq \texttt{Mod}(g)$ (resp., que $\texttt{Mod}(f) = \texttt{Mod}(g)$), pour deux formules f et g. Finalement, $g \models_f h$ (resp., $g \equiv_f h$) signifie que g entraîne h (resp., g est équivalente à h) étant donné f : $f \wedge g \models h$ (resp., $f \wedge g \equiv f \wedge h$).

Postulats de Katsuno et Mendelzon. Soit $\circ$ un opérateur de révision. $\psi \circ \mu$ est une formule exprimant la révision de ψ par μ, selon l'opérateur $\circ$: ψ est l'« ancienne » base de connaissances (qui doit être révisée), μ est la nouvelle base de connaissances (qui contient les connaissances révisant l'ancienne). Les postulats qu'un opérateur de révision en logique propositionnelle doivent satisfaire sont :

(R1) $\psi \circ \mu \models \mu$ (l'opérateur de révision doit retenir toutes les connaissances de la base de connaissances μ) ;

(R2) Si $\psi \wedge \mu$ est satisfiable, alors $\psi \circ \mu \equiv \psi \wedge \mu$ (si la nouvelle base de connaissances n'est pas en contradiction avec l'ancienne, alors toutes les connaissances des deux bases doivent être gardées) ;

(R3) Si μ est satisfiable alors $\psi \circ \mu$ est également satisfiable ($\circ$ ne conduit pas à une base de connaissances insatisfiable, à moins que la nouvelle base de connaissances soit elle-même insatisfiable) ;

(R4) Si $\psi \equiv \psi'$ et $\mu \equiv \mu'$ alors $\psi \circ \mu \equiv \psi' \circ \mu'$ (l'opérateur de révision suit le principe de non pertinence de la syntaxe) ;

(R5) $(\psi \circ \mu) \wedge \phi \models \psi \circ (\mu \wedge \phi)$;

(R6) Si $(\psi \circ \mu) \wedge \phi$ est satisfiable alors $\psi \circ (\mu \wedge \phi) \models (\psi \circ \mu) \wedge \phi$.

pour ψ, ψ', μ, μ' et ϕ, cinq formules propositionnelles. (R5) et (R6) sont moins faciles à comprendre que (R1) à (R4), mais sont expliquées dans [15]. Ces deux postulats sont liés avec l'idée selon laquelle un opérateur de révision est censé effectuer un changement minimal : $\psi \circ \mu$ garde « le plus possible » de ψ tout en étant cohérent avec μ.

Les opérateurs de révision s'appuyant sur une distance et l'opérateur de Dalal. Dans [15], une caractérisation et une étude bibliographique des opérateurs de révision en logique propositionnelle est présentée. Ce papier met en évidence une classe d'opérateurs de révision fondé chacun sur une distance entre interprétations. Soit $\texttt{dist}$ une telle distance. Pour un réel $\delta \geqslant 0$, soit G^{δ} la fonction qui associe à une formule propositionnelle ψ construite sur un ensemble de variables $\mathcal{V}$ une autre formule $G^{\delta}(\psi)$ sur $\mathcal{V}$, telle que :

$$\texttt{Mod}(G^{\delta}(\psi)) = \left\{ \mathcal{I} \;\middle|\; \begin{array}{l} \mathcal{I} \text{ : interprétation sur } \mathcal{V} \\ \text{et } \texttt{dist}(\texttt{Mod}(\psi), \mathcal{I}) \leqslant \delta \end{array} \right\}$$

G^{δ} réalise une généralisation : $\psi \models G^{\delta}(\psi)$ pour toute formule ψ et tout réel $\delta > 0$. De plus, $G^{0}(\psi) \equiv \psi$. Finalement, si $0 \leqslant \delta \leqslant \varepsilon$, alors $G^{\delta}(\psi) \models G^{\varepsilon}(\psi)$. Pour ψ et μ, deux formules satisfiables sur $\mathcal{V}$, soit Δ la plus petite valeur δ telle que $G^{\delta}(\psi) \wedge \mu$ est satisfiable ($\Delta = \texttt{dist}(\texttt{Mod}(\psi), \texttt{Mod}(\mu))$ réalise ceci : $G^{\Delta}(\psi) \wedge \mu$ est satisfiable et si $\delta < \Delta$ alors $G^{\delta}(\psi) \wedge \mu$ est insatisfiable). $\psi \circ_{\texttt{dist}} \mu$ peut être défini par : $\psi \circ_{\texttt{dist}} \mu = G^{\Delta}(\psi) \wedge \mu$. Si l'un au moins de ψ et μ est insatisfiable, alors $\psi \circ_{\texttt{dist}} \mu \equiv \mu$. Alors $\psi \circ_{\texttt{dist}} \mu$ peut être interprété comme suit : elle est obtenue en généralisant ψ de façon minimale (suivant l'échelle $(\{G^{\delta}(\psi)\}_{\delta}, \models)$) afin d'être cohérente avec μ, et ensuite, elle est spécialisée par conjonction avec μ.

L'intuition du changement minimal de ψ à $\psi \circ_{\texttt{dist}} \mu$ est lié à la distance $\texttt{dist}$ entre interprétations : $\psi \circ_{\texttt{dist}} \mu$ est la base de connaissances dont les interprétations sont les interprétations de μ qui sont les plus proches de celles de ψ, selon $\texttt{dist}$.

L'opérateur de révision de Dalal $\circ_{\mathrm{D}}$ [5] est un tel opérateur de révision. Il correspond à la distance de Hamming entre interprétations définie par : $\mathtt{dist}(\mathcal{I}, \mathcal{J})$ est le nombre de variables propositionnelles $a \in \mathcal{V}$ telles que $a^{\mathcal{I}} \neq a^{\mathcal{J}}$. C'est cet opérateur qui a été choisi dans les exemples de cet article.

4 Formalisation de l'adaptation conservatrice

La $\circ$-adaptation conservatrice. On suppose que les cas et connaissances du domaine du système de RÀPC considéré sont représentés en logique propositionnelle. Pour appliquer le principe de l'adaptation conservatrice présenté dans la section 2, on définit les bases de connaissances suivantes :

$$\mathtt{BC}_1 = \mathtt{srce} \wedge \mathtt{Sol}(\mathtt{srce}) \qquad \mathtt{BC}_2 = \mathtt{cible}$$

Soit $\circ$ un opérateur de révision. La $\circ$-adaptation conservatrice consiste d'abord à calculer $\mathtt{CCAC} = (\mathtt{CD} \wedge \mathtt{BC}_1) \circ (\mathtt{CD} \wedge \mathtt{BC}_2)$, où CD dénote les connaissances du domaine, puis à déduire de CCAC des connaissances pertinentes pour résoudre cible (CCAC représente les connaissances sur la cible inférée par adaptation conservatrice).

Exemple. L'exemple 1 (section 2) peut être traité comme suit :

$$\mathtt{CD} = \mathtt{CD}_{\text{Léon}}$$
$$\mathtt{BC}_1 = \neg v \wedge a \wedge s \wedge b \wedge \neg d \qquad \mathtt{BC}_2 = v \wedge a$$

Avec $\circ_{\mathrm{D}}$, l'opérateur de révision de Dalal, on peut montrer que

$$\mathtt{CCAC} = (\mathtt{CD} \wedge \mathtt{BC}_1) \circ_{\mathrm{D}} (\mathtt{CD} \wedge \mathtt{BC}_2)$$
$$\equiv_{\mathtt{CD}_{\text{Léon}}} \underbrace{v \wedge a}_{\text{(a)}} \wedge \underbrace{s \wedge \neg b \wedge \neg vi \wedge p \wedge \neg d}_{\text{(b)}}$$

Le problème $\mathtt{cible} = v \wedge a =$ (a) est conséquence de CCAC : cela sera vrai quel que soit l'opérateur de révision choisi, d'après le postulat (R1).

Dans l'exemple 1, deux solutions plausibles étaient proposées : $\mathtt{Sol}_1(\mathtt{cible}) = s \wedge p \wedge \neg d$ et $\mathtt{Sol}_2(\mathtt{cible}) = s \wedge t \wedge \neg d$. La première peut être déduite de CCAC : (b) $\models \mathtt{Sol}_1(\mathtt{cible})$. Mais (b) indique plus précisément qu'un aliment riche en protéine qui n'est pas de la viande est (devrait être) apprécié par l'invitée : $\neg vi \wedge p$. Cela n'entraîne pas qu'elle appréciera le tofu. À présent, considérons $\mathtt{CD}'_{\text{Léon}}$ la connaissance de Léon avec la connaissance additionnelle que le seul aliment riche en protéine et disponible chez Léon en dehors de la viande est le tofu : $\mathtt{CD}'_{\text{Léon}} = \mathtt{CD}_{\text{Léon}} \wedge (p \rightarrow vi \vee t)$. En substituant $\mathtt{CD}_{\text{Léon}}$ par $\mathtt{CD}'_{\text{Léon}}$ il vient :

$$\mathtt{CCAC}' = (\mathtt{CD}'_{\text{Léon}} \wedge \mathtt{BC}_1) \circ_{\mathrm{D}} (\mathtt{CD}'_{\text{Léon}} \wedge \mathtt{BC}_2)$$
$$\equiv_{\mathtt{CD}'_{\text{Léon}}} \underbrace{v \wedge a}_{\text{(a)}} \wedge \underbrace{s \wedge \neg b \wedge \neg vi \wedge t \wedge p \wedge \neg d}_{\text{(b')}}$$

et (b′) $\models \mathtt{Sol}_2(\mathtt{cible})$.

Les postulats de la révision et l'adaptation conservatrice. Nous pouvons reconsidérer à présent les postulats (R1) à (R6) dans le cadre de l'adaptation conservatrice.

(R1) appliqué à l'adaptation conservatrice donne $\mathtt{CCAC} \models \mathtt{CD} \wedge \mathtt{cible}$. Si cette assertion était violée, cela signifierait qu'il existe un modèle $\mathcal{I}$ de CCAC tel que $\mathcal{I} \notin \mathtt{Mod}(\mathtt{CD} \wedge \mathtt{cible}) = \mathtt{Mod}(\mathtt{CD}) \cap \mathtt{Mod}(\mathtt{cible})$, ce qui entrerait en contradiction :

- Soit avec la définition du problème cible (ce qui signifierait que l'adaptation conservatrice résoudrait un *autre* problème cible !) ;
- Soit les connaissances du domaine (qui doivent être respectées par ce mode d'adaptation).

Ainsi, le postulat (R1) empêche ces deux types de contradiction.

Supposons que $\mathtt{CD} \wedge \mathtt{BC}_1 \wedge \mathtt{BC}_2$ soit satisfiable : autrement dit $\mathtt{srce} \wedge \mathtt{Sol}(\mathtt{srce}) \wedge \mathtt{cible}$ est consistant étant donné la base de connaissances CD. Alors, (R2) entraîne $\mathtt{CCAC} \equiv \mathtt{CD} \wedge \mathtt{BC}_1 \wedge \mathtt{BC}_2$. Donc, $\mathtt{CCAC} \models \mathtt{srce} \wedge \mathtt{Sol}(\mathtt{srce}) \wedge \mathtt{cible}$: si cible est consistant avec $\mathtt{srce} \wedge \mathtt{Sol}(\mathtt{srce})$ dans CD, alors, on peut inférer de

l'adaptation conservatrice que $\texttt{Sol}(\texttt{srce})$ résout $\texttt{cible}$. Cela est cohérent avec le principe de cette adaptation : $\texttt{Sol}(\texttt{cible})$ est obtenu en gardant de $\texttt{Sol}(\texttt{srce})$ le plus possible, et si l'affirmation « $\texttt{Sol}(\texttt{srce})$ résout $\texttt{cible}$ » n'est pas contradictoire avec $\texttt{CD}$, alors, l'adaptation conservatrice revient à une adaptation nulle.

(R3) donne : si $\texttt{CD} \wedge \texttt{BC}_2$ est satisfiable alors $\texttt{CCAC}$ est satisfiable. La satisfiabilité de $\texttt{CD} \wedge \texttt{BC}_2 = \texttt{CD} \wedge \texttt{cible}$ signifie que la spécification du problème cible ne contredit pas les connaissances du domaine. Ainsi, (R3) entraîne que dès que le problème cible est spécifié de façon cohérente avec les connaissances du domaine, l'adaptation conservatrice donne un résultat satisfaisant.

(R4) signifie simplement que l'adaptation conservatrice suit le principe de non pertinence de la syntaxe.

(R5) et (R6) traduisent, selon [15], l'idée de changement minimal et, dans le contexte de l'adaptation conservatrice, le fait que celle-ci fait un changement minimum sur le contexte source pour être en accord avec le contexte cible.

5 Application : adaptation conservatrice de traitements du cancer du sein

La projet KASIMIR a pour objet la gestion de référentiels en cancérologie (similaires à des protocoles de décision). De tels référentiels doivent être adaptés pour certains cas médicaux. Cette section montre deux exemples de telles adaptations effectuées par des experts cancérologues et comment ces exemples sont modélisés par l'adaptation conservatrice.

Le projet KASIMIR. Un grand effort de recherche a été mis sur la cancérologie durant ces dernières décennies dans le monde. Par voie de conséquence, la complexité de la prise de décision a beaucoup augmenté dans ce domaine. Le projet KASIMIR a pour objet la gestion des connaissances décisionnelles en cancérologie. Une grande partie de cette connaissance est constituée par des référentiels. Par exemple, le référentiel du traitement du cancer du sein est un document indiquant comment un patient atteint de cette maladie devrait être traité. Ainsi, ce référentiel peut être vu comme un ensemble de règles $\texttt{Pat} \longrightarrow \texttt{Ttt}$, où $\texttt{Pat}$ dénote une classe de patients et $\texttt{Ttt}$, un traitement pour les patients dans $\texttt{Pat}$.

Malheureusement, pour environ un tiers des patients, ce référentiel ne peut être appliqué (par exemple à cause de contre-indications). En effet, il est impossible en pratique de lister toutes les situations spécifiques qui empêchent l'application du référentiel : cela constitue une instance du problème de la qualification [19]. Il a été montré que, dans la plupart de ces situations, les cancérologues *adaptent* le référentiel pour trouver une recommandation de traitement (ce qui signifie qu'ils réutilisent le référentiel mais ne se contentent pas de l'appliquer littéralement). Plus précisément, étant donné la description d'un patient cible, $\texttt{cible}$, une règle $\texttt{Pat} \longrightarrow \texttt{Ttt}$ telle que $\texttt{Pat}$ est similaire à $\texttt{cible}$ est sélectionnée dans le référentiel, et $\texttt{Ttt}$ est adapté pour correspondre aux particularités de $\texttt{cible}$. Si on assimile les règles $\texttt{Pat} \longrightarrow \texttt{Ttt}$ à des cas sources $(\texttt{srce}, \texttt{Sol}(\texttt{srce}))$ — $\texttt{srce} = \texttt{Pat}$ et $\texttt{Sol}(\texttt{srce}) = \texttt{Ttt}$ — alors ce processus est un processus de RÀPC, avec la particularité que les cas sources sont des cas généraux (aussi appelés *ossified cases* dans [21]).

Le système KASIMIR. Le système KASIMIR a pour objectif d'assister les médecins dans leurs prises de décision. La dernière version de KASIMIR est implanté en un portail sémantique (i.e., un portail du Web sémantique [10]), utilisant OWL DL comme formalisme de représentation, qui est équivalent à la logique de descriptions $\mathcal{SHOIN}(\texttt{D})$ [22].

Ce système effectue des applications du référentiel : étant donné un référentiel écrit en OWL DL et la description d'un patient, il

met en évidence les traitements que le référentiel recommande. Il implante aussi un processus d'adaptation fondé sur des connaissances d'adaptation [8]. Les études actuelles visent à acquérir cette connaissance d'adaptation de la part des experts et de façon semi-automatique [7; 6].

L'adaptation conservatrice apparaît comme une direction prometteuse de recherche pour KASIMIR, comme le montre la section suivante.

Exemples. Deux exemples correspondant à des situations réelles sont présentées ci-dessous et modélisées par des adaptations conservatrices. Le premier est l'adaptation d'un traitement contre-indiqué. Le deuxième est l'adaptation d'un traitement inapplicable. D'autres exemples d'adaptation conservatrice liés à KASIMIR sont présentés dans le rapport de recherche [18]. Notons que ces exemples ont été simplifiés et que les connaissances présentées ne sauraient être utilisées comme connaissances médicales.

Example 2 *Certaines hormones du corps humain facilitent la multiplication des cellules. En particulier, les œstrogènes facilitent le développement de certaines cellules cancéreuses, en particuliers, celles du sein. Une hormonothérapie est un traitement long qui vise à inhiber les effets des hormones afin de réduire le risque d'avoir une nouvelle tumeur qui se développe après que les autres types de traitement (chirurgie, chimiothérapie et radiothérapie) aient été appliqués. Le tamoxifène est une drogue d'hormonothérapie qui inhibe l'action des œstrogènes sur les cellules cancéreuses. Malheureusement, le tamoxifène est contre-indiqué pour les personnes ayant une maladie du foie. Le référentiel du traitement du cancer du sein ne tient pas compte de cette contre-indication et les médecins doivent substituer le tamoxifène par un autre traitement ayant le même bénéfice thérapeutique (ou un bénéfice thérapeutique similaire). Par exemple, il peuvent utiliser des anti-aromatases (drogues non contre-indiquées pour les personnes souffrant du foie) à la place du tamoxifène, ou un traitement consistant en l'ablation des ovaires (qui sont des organes produisant des œstrogènes).*

Cet exemple peut être formalisé comme suit. Les règles du référentiel conduisant à recommander le tamoxifène sont formalisées par $c_1 \rightarrow \mathit{tam}$, $c_2 \rightarrow \mathit{tam}$, $\ldots c_n \rightarrow \mathit{tam}$. Cela peut s'exprimer par une seule règle $c \rightarrow \mathit{tam}$, où $c = c_1 \vee c_2 \vee \ldots \vee c_n$. Cette règle correspond au cas source $(\mathtt{srce}, \mathtt{Sol}(\mathtt{srce}))$ avec $\mathtt{srce} = c$ et $\mathtt{Sol}(\mathtt{srce}) = \mathit{tam}$. Considérons à présent une femme atteinte d'un cancer du sein telle que (1) l'application du référentiel conduit à recommander du tamoxifène et (2) qui souffre d'une maladie du foie. Ce cas médical peut être formalisé par $\mathtt{cible} = \gamma \wedge \mathit{maladie\text{-}foie}$, où γ est tel que $\gamma \models_{\mathtt{CD}} c$ (voir ci-dessous). Les connaissances du domaine sont :

$$\begin{aligned}\mathtt{CD} = {} & (\gamma \rightarrow c) \wedge (\mathit{maladie\text{-}foie} \rightarrow \neg \mathit{tam}) \\ & \wedge (\mathit{tam} \rightarrow \mathit{anti\text{-}oestrogènes}) \\ & \wedge (\mathit{anti\text{-}aromatases} \rightarrow \mathit{anti\text{-}oestrogènes}) \\ & \wedge (\mathit{ovariectomie} \rightarrow \mathit{anti\text{-}oestrogènes})\end{aligned}$$

$\mathit{maladie\text{-}foie} \rightarrow \neg \mathit{tam}$ représente la contre-indication au tamoxifène pour les personnes souffrant d'une maladie du foie. $x \rightarrow \mathit{anti\text{-}oestrogènes}$ pour $x \in \{\mathit{tam}, \mathit{anti\text{-}aromatases}, \mathit{ovariectomie}\}$ indique que si le traitement x est recommandé alors un traitement anti-œstrogènes est recommandé. L'ovariectomie consiste en l'ablation des ovaires.

La $\circ_{\mathrm{D}}$-adaptation conservatrice donne :

$$\begin{aligned}\mathtt{CCAC} = {} & (\mathtt{CD} \wedge c \wedge \mathit{tam}) \\ & \circ_{\mathrm{D}} (\mathtt{CD} \wedge \gamma \wedge \mathit{maladie\text{-}foie}) \\ & \equiv_{\mathtt{CD}} \mathtt{cible} \wedge \neg \mathit{tam} \wedge \mathit{anti\text{-}oestrogènes}\end{aligned}$$

Si les seuls traitements anti-œstrogènes qu'on puisse effectuer dans l'unité de soin en-dehors du tamoxifène sont les anti-aromatases et l'ovariectomie, alors la connaissance suivante peut être ajoutée à $\mathtt{CD}$: $\mathit{anti\text{-}oestrogènes} \rightarrow (\mathit{tam} \vee \mathit{anti\text{-}aromatases} \vee$

ovariectomie). Avec cette connaissance additionnelle, *anti-aromatases* $\vee$ *ovariectomie* est déduit de CCAC. On peut noter que cet exemple est très similaire à l'exemple 1 : la viande est, en un sens, contre-indiquée par les végétariens.

Example 3 *La grande majorité des personnes souffrant du cancer du sein sont des femmes (environ* 99%*). Cela explique pourquoi le référentiel du traitement du cancer du sein a été élaboré pour elles. Quand des médecins sont confrontés au cas d'un homme atteint de ce cancer, ils adaptent le référentiel. Par exemple, considérons un homme ayant les caractéristiques* c*, tel que, pour une femme ayant les mêmes caractéristiques, le référentiel recommande une mastectomie totale (ablation du sein), une chimiothérapie au FEC 100 (FEC est un ensemble de drogues et* 100 *correspond à la dose) et une ovariectomie. La chirurgie et la chimiothérapie peuvent toutes deux être appliquées à un homme, mais pas l'ovariectomie (pour des raisons évidentes). L'adaptation consiste en général à garder la chirurgie et la chimiothérapie et à remplacer l'ovariectomie par un traitement anti-œstrogènes, tel que le traitement au tamoxifène ou aux anti-aromatases.*

La règle du référentiel utilisé dans cet exemple est le cas source $(\texttt{srce}, \texttt{Sol}(\texttt{srce}))$ avec $\texttt{srce} = c \wedge$ *femme* et $\texttt{Sol}(\texttt{srce}) =$ *mastectomie-totale* $\wedge$ *FEC-100* $\wedge$ *ovariectomie* : *mastectomie-totale* (resp., *FEC-100*, *ovariectomie*) dénote les personnes pour lesquelles une mastectomie totale (resp., une chimiothérapie au FEC 100, une ovariectomie) est recommandée. Le problème cible est $\texttt{cible} = c \wedge$ *homme*. Les connaissances du domaine sont celles de l'exemple 2 (dénotée ci-dessous par $\texttt{CD}_{\texttt{ex. 2}}$), le fait que l'ovariectomie est impossible pour un homme et le fait que les hommes ne sont pas des femmes :

$$\begin{aligned}\texttt{CD} =& \texttt{CD}_{\texttt{ex. 2}} \wedge (\textit{homme} \rightarrow \neg \textit{ovariectomie}) \\ & \wedge (\neg \textit{femme} \vee \neg \textit{homme})\end{aligned}$$

L'adaptation conservatrice donne :

$$\begin{aligned}\texttt{CCAC} \equiv_{\texttt{CD}} & \texttt{cible} \wedge \textit{mastectomie-totale} \\ & \wedge \textit{FEC-100} \wedge \neg \textit{ovariectomie} \\ & \wedge \textit{anti-oestrogènes}\end{aligned}$$

Si les seules thérapies anti-œstrogènes possibles dans l'unité de soin sont les trois mentionnées ici, CD peut être remplacé par :

$$\texttt{CD}' = \texttt{CD} \wedge \textit{anti-oestrogènes} \rightarrow \begin{pmatrix}\textit{tam} \vee \textit{anti-aromatases} \\ \vee \textit{ovariectomie}\end{pmatrix}$$

Alors, la $\circ_{\texttt{D}}$-adaptation conservatrice donne $\texttt{CCAC}'$ tel que $\texttt{CCAC}' \equiv \texttt{CCAC} \wedge (\textit{tam} \vee \textit{anti-aromatases})$.

6 Discussion

Plusieurs propositions de taxonomies des approches de l'adaptation ont été proposées dans la littérature du RÀPC. Dans [18], l'adaptation conservatrice est située dans plusieurs de ces taxonomies. Ci-dessous, la partie principale de ce travail est présenté.

Adaptation conservatrice et adaptation par généralisation et spécialisation. Dans [21] est introduite l'approche par abstraction et respécialisation de l'adaptation qui consiste en (1) abstraire la solution $\texttt{Sol}(\texttt{srce})$ de srce en une solution $\texttt{Sol}(\texttt{A})$ d'un problème abstrait A et (2) spécialisation de $\texttt{Sol}(\texttt{A})$ afin de résoudre cible. Selon [4], cette adaptation devrait plutôt être qualifiée d'approche par généralisation et spécialisation (versus une approche par abstraction et raffinement), mais cette distinction n'est pas faite dans [21].

Chaque exemple d'adaptation conservatrice présenté dans cet article peut être vu comme application d'une adaptation par généralisation et spécialisation. En particulier, dans l'exemple 3, $\texttt{Sol}(\texttt{srce})$ est généralisé en remplaçant *ovariectomie* par *anti-oestrogènes* puis spécialisé en *tam* $\vee$ *anti-aromatases*. Cette propriété de la $\circ_{\texttt{D}}$-adaptation conservatrice peut être comprise grâce à la définition des opérateurs de révision $\circ_{\texttt{dist}}$ (cf. section 3).

Adaptation conservatrice et décomposition de problème. Dans [13], l'adaptation est considérée selon trois taxonomies. Une d'entre elles est celle des opérateurs d'adaptation. Considérons les deux types opérateurs suivants : (1) les opérateurs de décomposition en sous-buts et (2) les opérateurs d'interaction entre buts. (1) Un opérateur de décomposition en sous-buts vise à décomposer la tâche d'adaptation en sous-tâches. (2) Un opérateur d'interaction entre buts gère les interactions entre les parties de la solution : il détecte et répare les mauvaises interactions. On peut considérer que l'adaptation conservatrice effectue une combinaison des opérations des types (1) et (2). La spécification du problème cible — la formule `cible` — peut être vue comme la spécification d'un but (le but étant de trouver une solution consistante avec `cible`). Si $\texttt{cible} \equiv \texttt{cible}_1 \wedge \texttt{cible}_2$ alors $\texttt{cible}_1$ et $\texttt{cible}_2$ sont deux sous-buts du problème cible. L'adaptation conservatrice donne une solution qui est consistante avec ces sous-buts. Par conséquent, cette approche de l'adaptation gère l'interaction entre sous-buts de la même façon qu'une combinaison d'opérateurs de types (1) et (2). Cependant, si l'opérateur de révision est considéré comme une boîte noire, alors la distinction entre (1) et (2) n'est pas visible.

Adaptation conservatrice et approche par copie, modification et test. Dans [11], un modèle général de l'adaptation en RÀPC est présenté dans un formalisme de tâches : en s'appuyant sur l'analyse de plusieurs systèmes de RÀPC implantant un processus d'adaptation, est proposé une décomposition hiérarchique de l'adaptation en tâches et sous-tâches. L'idée est que, en général, les procédures d'adaptations par transformation implantées dans les systèmes de RÀPC peuvent être modélisées suivant ce schéma, en considérant un sous-ensemble de ces tâches. L'adaptation conservatrice peut être vue comme une façon d'instancier le sous-ensemble de tâches suivant :

- Copie de la solution (similaire à une adaptation nulle) ;
- Sélection et modification des différences (en enlevant, substituant et/ou ajoutant des informations) ;
- Test de consistance.

En fait, pour l'adaptation conservatrice, c'est l'opérateur de révision qui effectue ces tâches : il effectue un changement minimal qui peut être vu comme une séquence des tâches de copie, modification et test. De plus, elle utilise les connaissances du domaine afin de sélectionner les caractéristiques à modifier pour obtenir la consistance.

Par conséquent, l'adaptation conservatrice peut également être vu comme une instanciation des étapes *réutiliser* et *réviser* du cycle de RÀPC de [2] : l'étape *réutiliser* est effectuée par une simple copie et l'étape *réviser* par un opérateur de révision. On peut noter que, à notre connaissance, l'étape *réviser* de ce cycle n'a pas encore été liée à la théorie AGM de la révision : nous n'avons trouvé qu'un article sur une approche du RÀPC utilisant des techniques de révision [20], pas pour le raisonnement en lui-même, mais pour la maintenance de la base de cas et d'une base de règles suite à des évolutions dans le temps (selon [14], il s'agit plus d'une problématique de mise à jour que de révision).

7 Conclusion et perspectives

L'adaptation est souvent considérée comme une tâche difficile du raisonnement à partir de cas, en comparaison avec la remémoration qui est censée être plus simple à concevoir et à implanter. Cet article présente une approche de l'adaptation qui s'appuie sur la théorie de la révision : elle consiste à garder le plus possible du cas source tout en étant cohérente avec le problème cible et les connaissances du domaine. L'adaptation conservatrice est définie et formalisée dans le cadre de la logique propositionnelle. De plus, des exemples montrent que l'adaptation conservatrice modélise certaines adaptations effectuées par les experts en cancérologie. Cette approche de l'adaptation s'appuie fortement sur les connaissances du domaine : une de ses caractéristiques notables est que les connais-

sances d'adaptation sur lesquelles elle s'appuie font partie des connaissances du domaine $\mathtt{CD}$, par opposition, par exemple, aux approches de l'adaptation qui s'appuient sur un ensemble de règles d'adaptation.

La section 6 met en évidence les ressemblances entre l'adaptation conservatrice et d'autres approches générales de l'adaptation définie dans la littérature du RÀPC, en particulier, le maintien de la cohérence, l'extension de l'adaptation nulle et, au moins pour les $\circ_{\mathtt{dist}}$-adaptations conservatrices, le fait qu'elles soient des approches par généralisation et spécialisation.

Plusieurs aspects théoriques de l'adaptation conservatrice ont été abordés dans [18] et qui requièrent une étude plus approfondie. Certains d'entre eux sont présentés ci-dessus. L'un deux est la conception d'une remémoration appropriée à l'adaptation conservatrice. Une telle remémoration s'appuie sur l'hypothèse selon laquelle le résultat d'une adaptation conservatrice est meilleur que celui d'une autre adaptation conservatrice si la première effectue moins de changement que la deuxième. Cela conduit à préférer le cas source $(\mathtt{srce}^1, \mathtt{Sol}(\mathtt{srce}^1))$ au cas source $(\mathtt{srce}^2, \mathtt{Sol}(\mathtt{srce}^2))$ si $\Delta^1 < \Delta^2$, avec

$$\Delta^i = \mathtt{dist}(\mathtt{Mod}(\mathtt{CD} \wedge \mathtt{srce}^i \wedge \mathtt{Sol}(\mathtt{srce}^i)), \mathtt{Mod}(\mathtt{CD} \wedge \mathtt{cible})) \quad (i \in \{1, 2\})$$

Les limites de ce critère de préférence sont d'une part qu'il est insuffisant pour distinguer deux cas sources ayant le même Δ^i et d'autre part que son implantation naïve est complexe.

La connaissance sur laquelle l'adaptation conservatrice s'appuie est $\mathtt{CD}$. Or, cette connaissance est généralement incomplète (cf. le problème de la qualification mentionné à la section 5), ce qui fait qu'une solution inférée par cette adaptation peut être contradictoire avec les connaissances de l'expert (mais pas avec $\mathtt{CD}$). De l'analyse de cette contradiction, certaines connaissances du domaine peuvent être acquises et ajoutées à $\mathtt{CD}$: en s'inspirant de [12], un système de RÀPC peut apprendre de nouvelles connaissances à partir de ses échecs. Un travail en cours étudie la mise en place pratique de cette idée.

L'adaptation conservatrice ne modélise que certaines adaptations effectuées par les experts. D'autres adaptations peuvent être modélisées grâce à des extensions de cette approche de l'adaptation, comme cela est montré dans [18]. Par exemple, une approche de l'adaptation consiste en (1) trouver une substitution σ telle que $\sigma(\mathtt{srce}) \equiv_{\mathtt{CD}} \mathtt{cible}$, (2) appliquer σ sur $\mathtt{Sol}(\mathtt{srce})$ pour obtenir une première solution $\mathtt{Sol}_1(\mathtt{cible})$ de $\mathtt{cible}$, et (3) réparer $\mathtt{Sol}_1(\mathtt{cible})$ afin de la rendre cohérente avec les connaissances du domaine. L'étape (3) peut être effectuée par un opérateur de révision. En particulier, dans [18], l'exemple bien connu de l'adaptation de la recette du bœuf aux haricots verts en une recette du bœuf aux brocolis effectuée par le système CHEF [12] est redécrite en s'appuyant sur l'opérateur de révision $\circ_{\mathrm{D}}$. Cela montre aussi, plus généralement, que les opérateurs de révisions peuvent être utilisés de différentes manières comme des outils pour concevoir des processus d'adaptation.

Une autre perspective est la combinaison de plusieurs cas sources $(\mathtt{srce}^1, \mathtt{Sol}(\mathtt{srce}^1))$, ... $(\mathtt{srce}^n, \mathtt{Sol}(\mathtt{srce}^n))$ pour résoudre un seul problème cible $\mathtt{cible}$. Il est envisagé d'étudier cette question grâce à la notion de fusion de bases de connaissances propositionnelles [16] : étant donné un multi-ensemble $\{\psi_1, \ldots \psi_n\}$ de bases de connaissances à fusionner et une base de connaissances consistante μ (représentant les contraintes d'intégrité), un opérateur de fusion construit une base de connaissances $\triangle_\mu(\{\psi_1, \ldots \psi_n\})$ qui est cohérente avec μ et garde « le plus d'informations possible » des ψ_i. Cela étend la notion de révision : $\circ$ défini par $\psi \circ \mu = \triangle_\mu(\{\psi\})$ est un opérateur de révision. De la même façon, une approche de combinaison des cas qui étend l'adaptation conservatrice consiste à calculer $\triangle_\mu(\{\psi_1, \ldots \psi_n\})$ avec $\psi_i = \mathtt{CD} \wedge \mathtt{srce}^i \wedge \mathtt{Sol}(\mathtt{srce}^i)$, pour $i \in \{1, 2, \ldots n\}$ et $\mu = \mathtt{CD} \wedge \mathtt{cible}$. La pertinence de cette approche pour des problèmes

pratiques de combinaison de cas en RÀPC reste à étudier.

D'un point de vue pratique, le développement et l'utilisation d'un outil d'adaptation conservatrice à intégrer dans le système KASIMIR sont des perspectives. Une première implantation de $\circ_{\mathrm{D}}$ a été effectuée mais pas optimisée (à titre d'exemple, l'opération de révision la plus complexe présentée dans [18] s'appuie sur 16 variables propositionnelles et demande environ 25 secondes sur un PC actuel).

Une autre perspective pratique est l'intégration de l'adaptation conservatrice dans le système KASIMIR, ce qui soulève deux difficultés. La première est que les cas et les connaissances du domaine de KASIMIR sont représentés en OWL DL, formalisme équivalent à la logique de descriptions $\mathcal{SHOIN}(\mathtt{D})$. Par conséquent, soit les problèmes d'adaptation exprimés en OWL DL sont traduits en logique propositionnelle et résolus dans ce formalisme soit un opérateur de révision est implanté pour une logique de descriptions compatible avec KASIMIR (ce qui demanderait une formalisation de l'adaptation conservatrice en logique de descriptions ; une première proposition pour cela a été faite dans [18]).

Le deuxième problème d'intégration est lié au module d'adaptation déjà existant dans KASIMIR [8], qui s'appuie sur des règles d'adaptation. Comment l'adaptation conservatrice et cette approche par règles de l'adaptation peuvent être intégrées afin de donner un unique module d'adaptation permettant des processus d'adaptation complexes (chacun d'eux étant composé d'une adaptation conservatrice et d'adaptations par règles) ? Cette question devrait être traitée grâce à des travaux antérieurs sur la composition et la décomposition de l'adaptation [17].

Remerciements

L'auteur tient à remercier Pierre Marquis qui, il y a quelques années, lui a appris les bases de la théorie de la révision, a, plus récemment, suggéré des références intéressantes sur cette théorie et a fait des remarques constructives sur le rapport de recherche [18] (par exemple, l'idée d'utiliser un opérateur de fusion est de lui). Il remercie également les relecteurs pour leurs remarques qui serviront également de base à des réflexions futures. Enfin, il remercie sa fille qui, pour quelque raison mystérieuse, est à l'origine de ce travail.

Références

[1] Aamodt (A.). – Knowledge-Intensive Case-Based Reasoning and Sustained Learning. *In : Proceedings of the 9th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI'90)*, éd. par Aiello (L. C.). – August 1990.

[2] Aamodt (A.) et Plaza (E.). – Case-based Reasoning : Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches. *AI Communications*, vol. 7, n 1, 1994, pp. 39–59.

[3] Alchourrón (C. E.), Gärdenfors (P.) et Makinson (D.). – On the Logic of Theory Change : partial meet functions for contraction and revision. *Journal of Symbolic Logic*, vol. 50, 1985, pp. 510–530.

[4] Bergmann (R.). – Learning Plan Abstractions. *In : GWAI-92, 16th German Workshop on Artificial Intelligence*, éd. par Ohlbach (H. J.), pp. 187–198. – Springer Verlag, Berlin, 1992.

[5] Dalal (M.). – Investigations into a theory of knowledge base revision : Preliminary report. *In : AAAI*, pp. 475–479. – 1988.

[6] d'Aquin (M.), Badra (F.), Lafrogne (S.), Lieber (J.), Napoli (A.) et Szathmary (L.). – Case Base Mining for Adaptation Knowledge Acquisition. *In : Proceedings of the 20th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI'07)*. pp. 750–755. – Morgan Kaufmann, Inc., 2007.

[7] d'Aquin (M.), Lieber (J.) et Napoli (A.). – Adaptation Knowledge Acquisition :

a Case Study for Case-Based Decision Support in Oncology. *Computational Intelligence (an International Journal)*, vol. 22, n3/4, 2006, pp. 161–176.

[8] d'Aquin (M.), Lieber (J.) et Napoli (A.). – Case-Based Reasoning within Semantic Web Technologies. *In : Twelfth International Conference on Artificial Intelligence : Methodology, Systems, Applications (AIMSA-06)*, pp. 190–200. – 2006.

[9] Dubois (D.), Esteva (F.), Garcia (P.), Godo (L.), de Màntaras (R. L.) et Prade (H.). – Fuzzy set modelling in case-based reasoning. *Int. J. of Intelligent Systems*, vol. 13, 1998, pp. 345–373.

[10] Fensel (D.), Hendler (J.), Lieberman (H.) et Wahlster (W.) (édité par). – *Spinning the Semantic Web*. – Cambridge, Massachusetts, The MIT Press, 2003.

[11] Fuchs (B.) et Mille (A.). – A Knowledge-Level Task Model of Adaptation in Case-Based Reasoning. *In : Case-Based Reasoning Research and Development — Third International Conference on Case-Based Reasoning (ICCBR-99)*, éd. par Althoff (K.-D.), Bergmann (R.) et Branting (L. K.). pp. 118–131. – Springer, Berlin, 1999.

[12] Hammond (K. J.). – Case-Based Planning : A Framework for Planning from Experience. *Cognitive Science*, vol. 14, n 3, 1990, pp. 385–443.

[13] Hanney (K.), Keane (M. T.), Smyth (B.) et Cunningham (P.). – Systems, Tasks and Adaptation Knowledge : Revealing Some Revealing Dependencies. *In : Case-Based Reasoning Research and Development – First International Conference, ICCBR'95, Sesimbra, Portugal*, éd. par Veloso (M.) et Aamodt (A.), pp. 461–470. – Springer Verlag, Berlin, 1995.

[14] Katsuno (H.) et Mendelzon (A.). – On the Difference Between Updating a Knowledge Base and Revising It. *In : KR'91 : Principles of Knowledge Representation and Reasoning*, éd. par Allen (James F.), Fikes (Richard) et Sandewall (Erik), pp. 387–394. – San Mateo, California, Morgan Kaufmann, 1991.

[15] Katsuno (H.) et Mendelzon (A.). – Propositional knowledge base revision and minimal change. *Artificial Intelligence*, vol. 52, n3, 1991, pp. 263–294.

[16] Konieczny (S.), Lang (J.) et Marquis (P.). – DA^2 merging operators. *Artificial Intelligence*, vol. 157, n 1-2, 2004, pp. 49–79.

[17] Lieber (J.). – Reformulations and Adaptation Decomposition. *In : Formalisation of Adaptation in Case-Based Reasoning*, éd. par Lieber (J.), Melis (E.), Mille (A.) et Napoli (A.). – Third International Conference on Case-Based Reasoning Workshop, ICCBR-99 Workshop number 3, S. Schmitt and I. Vollrath (volume editor), LSA, University of Kaiserslautern, 1999.

[18] Lieber (J.). – *A Definition and a Formalization of Conservative Adaptation for Knowledge-Intensive Case-Based Reasoning – Application to Decision Support in Oncology (A Preliminary Report)*. – Rapport de recherche, LORIA, 2006.

[19] McCarthy (J.). – Epistemological Problems of Artificial Intelligence. *In : Proceedings of the 5th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI'77), Cambridge (Massachussetts)*, pp. 1038–1044. – 1977.

[20] Pavón Rial (R.), Laza Fidalgo (R.), Gómez Rodriguez (A.) et Corchado Rodriguez (J. M.). – Improving the Revision Stage of a CBR System with Belief Revision Techniques. *Computing and information systems journal*, vol. 8, n 2, 2001, pp. 40–45.

[21] Riesbeck (C. K.) et Schank (R. C.). – *Inside Case-Based Reasoning*. – Hillsdale, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 1989.

[22] Staab (S.) et Studer (R.) (édité par). – *Handbook on Ontologies*. – Berlin, Springer, 2004.