



HAL
open science

Une Base de Connaissances Opérationnelle pour la Conception Inventive

François Rousselot, François de Bertrand de Beuvron, Cecilia Zanni-Merk

► **To cite this version:**

François Rousselot, François de Bertrand de Beuvron, Cecilia Zanni-Merk. Une Base de Connaissances Opérationnelle pour la Conception Inventive. IC 2011, 22èmes Journées francophones d'Ingénierie des Connaissances, May 2012, Chambéry, France. pp.459-474. hal-00746718

HAL Id: hal-00746718

<https://hal.science/hal-00746718>

Submitted on 29 Oct 2012

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.

Une base de connaissances opérationnelle pour la conception Inventive

François Rousselot, François De Bertrand de Beuvron,
Cecilia Zanni-Merk

LSIIT (UMR CNRS 7005), Equipe FDBT, Université de Strasbourg
{francois.rousselot, francois.beuvron, cecilia.zanni-merk}
@insa-strasbourg.fr

Résumé : Ce travail décrit les derniers résultats concernant la formalisation des concepts de la méthode de conception inventive connue sous le nom de TRIZ. Une ontologie couvrant pratiquement tous les aspects de l'application de la conception inventive a été élaborée aussi bien pour ce qui est de l'étape de formulation du problème que pour sa résolution. Nous montrons comment nous avons étendu la conception inventive pour pouvoir traiter des problèmes complexes et finalement créer la Méthode de Conception Inventive (MCI) qui a nécessité l'adjonction d'une nouvelle sous-ontologie : l'ontologie des problèmes et des solutions partielles. Ces ontologies ont été élaborées conjointement à un logiciel appelé TRIZAcquisition de qualité pré commerciale qui les met en œuvre. Il reste encore parfaire la partie de l'ontologie dédiée à la résolution, notamment à rendre explicites les liens entre toutes les sources de connaissances en jeu, mais d'ores et déjà la formalisation a entraîné clarification et meilleure efficacité dans l'application de la méthode.

Mots-clés : Formalisation, ontologie, application à la conception inventive, méthode de conception inventive, ingénierie des connaissances

1. Introduction

Depuis maintenant près de 6 ans, notre équipe travaille à la formalisation des connaissances utilisées dans la méthode de Conception Inventive plus connue sous le nom de TRIZ (Altshuller 2000). Dans cette méthode de conception, un certain nombre d'outils conceptuels (basés sur la dialectique) permettent d'une part, d'analyser objectivement un artefact par rapport à ses évolutions possibles, d'autre part, de construire un modèle abstrait du problème. Plusieurs sources de connaissances permettent ensuite de concevoir une ou plusieurs solutions génériques au problème. Il reste alors à valider, spécialiser, cette solution générique, appelée « concept de solution », dans le domaine de l'application.

Bien que conçue dans un contexte totalement différent de l'informatique, cette méthode possède un certain nombre de traits qui la rapproche des méthodes d'IA : résolution de problème, raisonnement par analogie, usage d'heuristiques. Il semblait donc naturel de l'étudier profondément et de clarifier son fonctionnement afin d'élaborer une aide informatique à son utilisation. Pour ce faire, une formalisation des concepts essentiels de la TRIZ a été menée à bien pour aboutir finalement à la création d'une ontologie complète (Rousselot *et al.* 2010) des concepts de la TRIZ. Nous présentons dans cet article la mise en place opérationnelle de l'ontologie lors de la phase de définition du problème. En effet, la méthodologie TRIZ présente le processus d'invention comme la résolution d'un problème en deux phases : il s'agit d'abord de poser correctement le problème, puis de le résoudre. L'ontologie fournit un cadre sémantique permettant d'organiser les informations provenant de deux outils d'aide à la formulation de problème développés dans notre laboratoire : d'une part, le logiciel TRIZAcquisition (Zanni-Merk *et al.* 2010), en phase précommerciale, qui permet d'abord de décrire le réseau de contradictions associé à un nouveau problème pour en extraire les contradictions fondamentales pour sa résolution. D'autre part, un logiciel de traitement automatique du langage naturel, en bêta test, qui permet, dans la phase préliminaire, d'analyser les brevets associés au problème pour extraire et répertorier les paramètres intéressants à partir des solutions partielles déjà existantes.

Après une présentation rapide de la méthode TRIZ en partie 2, nous rappellerons les grandes lignes de notre ontologie en partie 3 en insistant sur la partie concernant la définition d'un problème de conception au sens de la TRIZ. Nous montrerons ensuite en partie 4 comment les outils développés permettent de créer une base de connaissances instanciées correspondant à cette ontologie lors de la définition d'un problème de conception. Finalement, les sections 5 et 6 présenteront les perspectives des travaux futurs et nos conclusions.

2. La TRIZ

2.1 La méthode

La TRIZ est une application de la dialectique à des problèmes techniques de conception. Elle a été élaborée par G. Altshuller dans l'ex URSS.

Le courant philosophique lié à la dialectique propose une analyse des organisations, des sociétés ou des artefacts focalisée sur leur évolution dans un contexte dynamique. Ce mode d'analyse repose sur deux idées de base fondamentales : la nécessité de prendre en compte les changements et l'aspect dual de l'interprétation des faits. On retrouve dans la TRIZ ces deux aspects : le premier au travers des lois d'évolution des artefacts qui

permettent de prévoir les évolutions les plus prometteuses, et le second au travers de la notion fondamentale de la contradiction. Il ne s'agit pas ici de contradiction au sens de la logique, mais de l'expression de deux besoins semblant opposés qui bloquent l'évolution du système technique.

L'originalité de la TRIZ est de proposer des directives précises pour passer d'un problème initial souvent mal formulé (ill defined problem) (Simon 1973) à un modèle de problème simple permettant de démarrer le processus de résolution : il s'agit de mettre en évidence la ou les deux ou trois contradictions principales qui sont au centre du problème, et qui bloquent l'évolution de l'artefact.

Pour la TRIZ, toute description d'un problème d'évolution va consister à identifier la contradiction principale, la résolution viendra ensuite. De nombreuses techniques d'optimisation tentent de résoudre une contradiction par la recherche d'un compromis. La TRIZ au contraire fournit des directions d'investigation, pour permettre un saut qualitatif et imaginer une solution **inventive**, faisant intervenir un procédé nouveau, sans compromis.

2.2 Formulation du modèle de la contradiction

La méthode TRIZ, bien qu'ayant prouvé sa pertinence sur de nombreux problèmes industriels de conception, est peu formalisée et sa transmission est avant tout orale et s'opère par la pratique.

L'application de la méthode consiste à construire un modèle abstrait peu formel en utilisant des connaissances et des heuristiques dédiées, c'est le **modèle des contradictions**. La construction de ce modèle prend en compte le plus grand nombre possible de points de vue sur les évolutions possibles et les synthétise. La construction de ce modèle n'est pas directe et passe obligatoirement par un certain nombre de reformulations ou de changements de points de vue.

La contradiction revêt une importance particulière dans cette formulation du problème, car elle permet d'explicitier et de mieux comprendre la nature exacte des obstacles à l'évolution de l'artefact. Aussi l'effort doit-il porter sur l'identification de la (ou des) contradiction(s) inhérente(s) à tout problème.

Une contradiction traduit le fait que, lorsque la valeur d'un paramètre évolue dans un sens pour procurer un effet positif, la valeur d'un autre paramètre change et résulte en un effet négatif. Tout artefact complexe recèle un certain nombre de contradictions plus ou moins importantes.

Aussi le **modèle des contradictions** qui décrit celles-ci repose-t-il sur la détection d'influences entre des paramètres qui varient. Pour résoudre un problème, une fois que le réseau des influences est explicité, il reste à déterminer la contradiction qui a le plus d'importance du point de vue de l'utilisateur. C'est la contradiction "principale" qui caractérise le phénomène, celle dont il faut étudier l'évolution dans le temps.

Il existe plusieurs méthodes qui s'appuient sur la théorie développée par la TRIZ, celles-ci proposent différentes stratégies d'applications des préceptes, mais pratiquement toutes sont un peu faibles quant à la prise en compte de problèmes où apparaissent de multiples contradictions.

Dans la littérature scientifique récente, on peut dénombrer un très petit nombre de travaux concernant TRIZ et l'utilisation d'ontologies, mais il s'agit généralement de TRIZ s'appuyant sur des ontologies domaines comme par exemple (Von-Wun *et al.* 2005) avec une ontologie du domaine du polissage mécanique chimique. On trouve encore (Jiang Hua *et al.* 2010) qui se sont focalisés sur une ontologie des besoins de l'utilisateur.

Seuls (Jiang Liang *et al.* 2008) ont expérimenté une ontologie générique en OWL dans PROTEGE, sans l'opérationnaliser complètement.

2.3 Extension de la TRIZ aux problèmes complexes

Les expériences que nous partageons avec un expert dans l'application de la TRIZ ont montré que bon nombre de cas réels sont très complexes, car ils font intervenir des dizaines voire des centaines de contradictions.

Certains auteurs ont déjà proposés une extension de TRIZ, OTSM-TRIZ, (Cavallucci & Khomenko 2007) malheureusement peu formalisée. Nous nous sommes attaqués à ce problème et nous avons élaboré une méthode systématique pour étudier un domaine, dans un cadre formel, qui permet de s'assurer que les paramètres essentiels à la description des évolutions possibles du domaine sont capturés : la Méthode de Conception Inventive (MCI dans la suite de l'article). Cette nouvelle méthode qui étend la TRIZ d'une part par son aspect formel, d'autre part par sa prise en compte des problèmes complexes est détaillée dans (Zanni-Merk *et al.* 2010). Nous présentons en partie 3 de cet article la définition de l'ontologie correspondante, et en partie 4 les techniques permettant de créer une base de connaissances instanciant cette ontologie pour la résolution d'un problème particulier.

2.4 Résolution

Une fois le problème correctement posé, l'utilisateur peut utiliser diverses sources de connaissances pour le résoudre : les utilisateurs peu formés utilisent les « principes » et la « matrice des contradictions », ceux qui ont un peu plus d'expérience utilisent les « standards » qui font référence à des problèmes abstraits standards et aux solutions habituellement utilisées pour les résoudre, pour plus de détail voir (Althshuller, 2000). Plus rarement, le modèle des contradictions est affiné et transformé en un modèle plus précis et plus concret, le modèle substance-champ ou vépole. On trouvera une bonne description de la façon dont nous avons formalisé et opérationnalisé ces connaissances dans un

environnement logiciel dans (Zanni-Merk *et al* 2010), nous y reviendrons plus loin.

La formalisation de ces connaissances et la création des ontologies correspondantes a nécessité de gros efforts, car les concepts relativement abstraits n'étaient pas clairement définis. Elle nous a permis de mieux comprendre les mécanismes sous-jacents au raisonnement mis en œuvre. Elle a également permis de constater que certains liens plus ou moins évidents entre les diverses sources de connaissances ne sont pas explicités dans la littérature TRIZ. L'explicitation de ces liens serait fort utile pour pouvoir les incorporer dans le logiciel et améliorer ses performances et ses explications. C'est l'un des objectifs de nos futures recherches.

L'application des méthodes classiques basées sur TRIZ était parfois fastidieuse, car elle impliquait un déroulement systématique qui ne tenait pas compte du contexte du problème particulier à traiter. Les ontologies que nous avons développées le permettent maintenant et autorisent un fonctionnement beaucoup plus souple. une souplesse certaine.

3. La construction des ontologies

3.1 Généralités

Notre travail de formalisation des notions de la TRIZ et des raisonnements mis en œuvre, les rend plus compréhensibles, plus facilement transmissibles. Il a permis d'apporter une aide logicielle efficace à son application.

Cette formalisation est une étape essentielle, elle va permettre de pouvoir comparer la TRIZ aux méthodes connues de résolution de problèmes, de décrire formellement son fonctionnement afin de la rapprocher des méthodes de résolution de problèmes d'intelligence artificielle existantes : le raisonnement à partir de cas, le raisonnement par analogie, la classification heuristique.

Nous avons conçu une ontologie qui couvre tous les concepts principaux de la TRIZ. Une présentation complète de cette ontologie peut être trouvée dans (Rousselot *et al.* 2010). Nous rappelons ci-dessous sa structure principale, en précisant la partie permettant de représenter les contradictions sur laquelle se fonde la méthodologie d'analyse du problème présentée en partie 4.

Notre ontologie vient s'insérer dans l'ontologie fondationnelle DOLCE (Masolo *et al* 2003) qui fournit un certain nombre de concepts de haut niveau utiles à notre application : elle distingue entre les objets (comme les substances) et les événements, et fournit aussi des définitions concernant les caractéristiques d'objets : attribut, valeur, qualité.

Notre ontologie comporte quatre parties interconnectées :

- **Modèle du système** : Un des principes fondamentaux de la TRIZ est de placer l'objet technique de l'étude au cœur de sa problématique d'évolution. Cette sous-ontologie décrit donc les concepts nécessaires à la définition du modèle dit systémique qui décrit le Système Technique avec le point de vue de la conception inventive.
- **Modèle des ressources** : la TRIZ préconise, durant le processus de résolution de problème, de réduire l'espace de recherche de la solution par la synthèse organisée des éléments dont il dispose dans son environnement. Il convient donc dans une étude de faire l'inventaire des "ressources" dont le système étudié dispose.
- **Modèle substances-champ** : Les problèmes d'un système peuvent être ramenés à des parties élémentaires en interaction. Ces parties élémentaires sont appelées **substances**. Un **champ** est à l'origine de l'interaction entre deux substances. Une des substances, l'**outil**, agit sur l'autre, le **produit**. La formalisation du modèle substances-champ et son utilisation pour la résolution effective de problèmes est détaillée dans (Rousselot *et al.* 2008).
- **Modèle de la contradiction** (figure 1) : Tout problème, dans sa formulation selon la TRIZ, peut se réduire à la formulation d'une contradiction. Les contradictions sont définies grâce à 3 concepts: « élément », « paramètre », « valeur ».
 - Un **élément** (Element) est un constituant d'un système.
 - Un **paramètre** (Parameter) qualifie un élément en lui attribuant une spécificité qui traduit une connaissance explicite du domaine observé.
 - Un **Paramètre d'Action** (*Action Parameter* ou PA), est un paramètre que le concepteur a le pouvoir de modifier.
 - Un **Paramètre d'Evaluation** (*Evaluation Parameter* ou PE), est un paramètre qui permet d'évaluer l'aspect positif ou négatif résultant d'un choix de conception.
 - La **valeur** : l'aspect fondamental de la notion de contradiction réside dans l'opposition entre des valeurs et dans le fait qu'il faut expliciter deux valeurs opposées.

La sous-ontologie de la contradiction décrit formellement les différents items qui entrent dans la définition d'une contradiction : une contradiction est composée de deux éléments, chacun décrivant une influence opposée à l'autre.

L'ontologie que nous avons définie formalise les concepts de la conception inventive. Acquérir les connaissances et formuler un problème spécifique consiste à « peupler » cette ontologie en créant des instances spécifiques au problème en cours d'étude. Nous présentons dans la partie suivante les outils que nous avons développés pour l'aide à la formulation/définition du problème et à la création des instances des différents concepts de nos ontologies

Cette ontologie est à la base d'un développement logiciel, TRIZAcquisition (Zanni *et al.* 2010) qui est utilisé pour des applications

industrielles concrètes. Il existe un certain nombre de logiciels commerciaux d'aide à la TRIZ : GoldFire (ex TechOptimizer) de Invention Machine Corporation) ou Itriz (ex TrizSoft) de Ideation International Inc. qui ont été utilisés dans des applications industrielles (Soclum 1998) (Clarke 1999). Aucun ne permet l'application intégrale de la méthode allant de la formulation de problèmes complexes à leur résolution, la méthodologie généralement employée s'inspire beaucoup de l'analyse fonctionnelle pour pouvoir s'intégrer dans une démarche de conception traditionnelle et l'accent est mis sur l'accès à des bases de données de couples problème-solution.

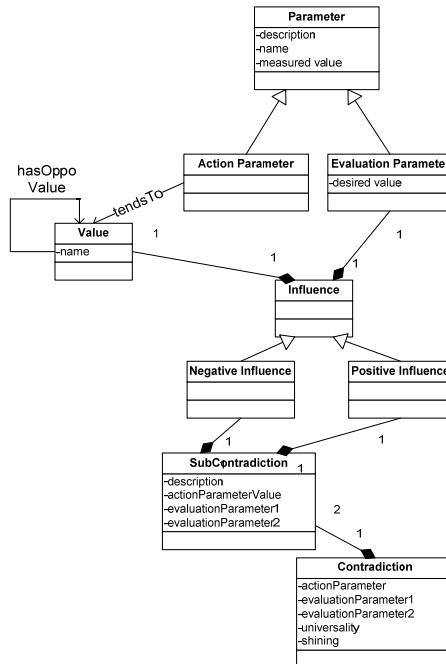


Figure 1 : Modèle simplifié UML de la sous-ontologie de la contradiction.

La formalisation des notions fondamentales de la TRIZ était un préalable à la réalisation de TRIZAcquisition. Celui-ci assiste les experts en particulier dans la phase d'acquisition des connaissances autour d'un problème. Cette phase comporte la construction du modèle, l'extraction et la classification des contradictions par ordre d'importance. Le logiciel rend possible également la vérification de la cohérence et de la complétude des contradictions. Il est d'une grande utilité pour la construction collaborative d'un modèle commun. Il permet de mettre en œuvre tous les concepts présentés ici, il aide à visualiser les différents modèles. Dans les problèmes complexes, les contradictions sont nombreuses et interdépendantes. Disposer de méthodes et d'outils favorisant la recherche de la contradiction clé devient une nécessité. TRIZAcquisition permet finalement de procurer un aide efficace dans la phase de résolution.

4. Aide à l'acquisition des connaissances initiales en MCI

L'étude de plusieurs applications nous a permis de constater que le processus d'acquisition des connaissances effectué par les experts de la conception inventive est fort différent de ceux qui sont habituellement à l'œuvre en Ingénierie des Connaissances.

Alors que, dans la communauté des ontologies, lorsqu'on veut modéliser les connaissances d'un domaine, on fait l'hypothèse que le modèle doit refléter la réalité (Guarino 1994), les entités du domaine perçues comme des entités réelles stables dans le temps et possédant des caractéristiques intrinsèques ; dans les méthodes basées sur la dialectique, les entités intéressantes à repérer sont essentiellement les paramètres de certains¹ éléments du système susceptibles de générer des contradictions, lorsqu'on les modifie dans un sens ou dans un autre.

Dans ce contexte, l'expert qui recueille les connaissances se focalise donc dans un premier temps sur un nombre restreint de paramètres et assez peu sur les éléments caractérisés par ces paramètres. Le processus d'acquisition est **partiel** : il n'est pas question de donner un modèle complet et détaillé des connaissances du domaine, mais seulement d'y décrire les connaissances susceptibles d'évolution dans le futur et leurs influences mutuelles. Le processus d'acquisition est **dynamique**, le point de vue des participants à l'application sur le problème pouvant changer.

4.1 Acquisition pour un problème complexe

La formalisation de la phase initiale d'analyse d'un problème avant la collecte des contradictions est importante. L'analyse de la situation initiale vise à collecter les informations qui peuvent être utiles à décrire la situation problématique dans un domaine donné.

On recueille généralement deux types d'informations :

Les **problèmes** connus et non résolus jusqu'à maintenant dans le domaine. Les **solutions partielles**² connues à partir d'expériences réelles dans l'entreprise où le problème se pose, ou plus généralement connues dans le domaine (solutions des concurrents par exemple).

Pour gérer de gros ensembles de contradictions, on est donc amené à construire et à manipuler plusieurs réseaux qui permettent de visualiser les **problèmes** en jeu et les **solutions partielles** existantes, les **paramètres** et

¹ On ne retient que les éléments ayant un rapport avec une fonction ou une sous-fonction relevée dans le système, intéressante par rapport aux besoins de l'utilisateur.

² Nous préférons l'appellation solution partielle à solution, car dans l'évolution d'un système un problème (une insatisfaction) peut toujours survenir après n'importe quelle solution. Nous réservons l'appellation solution à la dernière solution trouvée.

leurs influences mutuelles, puis à organiser les **contradictions** dans un réseau : le réseau des contradictions.

Parallèlement, l'étude de l'application avec les experts du domaine et l'utilisation de différents outils conceptuels de la TRIZ comme les neuf écrans³ permettent de collecter des paramètres et des influences de paramètres sur d'autres paramètres. L'acquisition des connaissances pour la résolution d'un problème consiste à travailler parallèlement sur deux plans différents : les problèmes et solutions partielles d'une part et les paramètres d'autre part.

Nous allons voir plus loin comment ces problèmes sont liés aux contradictions du modèle des contradictions à construire, il est en effet important de bien spécifier ces liens pour des raisons de cohérence et d'efficacité dans la recherche de la contradiction la plus importante.

La collecte des problèmes et solutions partielles est très utile, elle s'effectue aussi bien auprès des concepteurs du domaine, pour puiser dans la mémoire d'entreprise, que dans les brevets. Il est en effet clair qu'à l'issue d'une résolution, savoir quels sont les problèmes qui ont été résolus et ceux qui ne le sont pas par un concept de solution est important.

La phase de modélisation permet de passer d'un énoncé informel à un énoncé correspondant à un concept de la conception inventive. Elle implique la construction progressive d'un réseau de problèmes et de solutions partielles auxquels sont attachés des paramètres.

Nous allons préciser la sémantique des liens qui lient les problèmes et les paramètres.

En effet, un problème décrit une insatisfaction qui en général peut se constater par la comparaison des valeurs présentes de un ou plusieurs paramètres d'évaluation et des valeurs souhaitées.

Par exemple⁴, à un problème « *PBI : les rouleaux sont trop lourds* », nous pouvons associer un paramètre d'évaluation « *PEI : poids (kg)* » ; la valeur souhaitée de *PEI* étant évidemment « peu élevé ».

De la même manière, on peut souvent extraire un ou plusieurs paramètres d'action à partir d'une solution partielle : A une solution partielle « *SPI : réaliser des trous de forage dans le corps principal du rouleau* », nous pouvons associer, après discussion avec les concepteurs, un paramètre d'action « *PAI : quantité de trous* ».

Ces liens sont générés de manière non automatique, car, comme le montrent les exemples précédents, une interprétation des diverses formulations doit être faite par les experts du domaine, les formulations initiales ne faisant pas forcément apparaître de manière précise tous les paramètres qui sont en jeu.

³ Un système est analysé suivant l'axe horizontal dans ses rapports partie-tout avec ses sous-système, et ses super-systèmes, et suivant l'axe vertical dans son évolution temporelle en passé, présent futur (Savransky 2000).

⁴ Ces exemples sont issus d'applications réelles et recueillis grâce à TRIZAcquisition.

Lorsque le réseau le plus complet possible des solutions partielles et des problèmes a été constitué, il est possible de détecter de façon semi-automatique des contradictions possibles. Rappelons qu'une contradiction est définie par un triplet $PA, PE1$ et $PE2$ où PA est un paramètre d'action et $PE1$ et $PE2$ sont des paramètres d'évaluation. Ces paramètres sont liés par le fait que si PA évolue vers une valeur Va alors un des deux PE évolue vers ce qui est souhaité et l'autre est dégradé et que si PA évolue vers la valeur opposée de Va ($\neg Va$) alors nous avons la situation inverse.

Pour détecter des triplets candidats à constituer une contradiction, il suffit alors de rechercher dans le réseau de problèmes/solutions partielles des séquences de nœuds du type $PBx \rightarrow SPy \rightarrow PBz$. Ces candidats doivent être, évidemment, validés par les experts du domaine. La validation d'une contradiction consiste à tester si on peut attacher au PA deux valeurs opposées et si les effets inverses des influences des changements de PA sont équilibrés.

Dans la continuation de l'exemple précédent, le fait de réaliser des trous de forage dans les rouleaux ($SP1$) provoque un manque de solidité, donc, un nouveau problème « $PB2$: les rouleaux ne sont pas solides », associé à un nouveau paramètre d'évaluation « $PE2$: solidité ». En conséquence, la séquence $PB1 \rightarrow SP1 \rightarrow PB2$ induit un triplet ($PA1, PE1, PE2$) (où $PA1$ est « quantité de trous », $PE1$ est « poids du rouleau » et $PE2$ est « solidité du rouleau ») qui est candidat à être une contradiction.

En effet, si on augmente la quantité de trous dans le rouleau, le poids est satisfaisant mais pas la solidité. Si on diminue la quantité de trous, la solidité devient satisfaisante mais pas le poids.

Nous avons donc étendu l'ontologie présentée dans la partie 3 pour pouvoir raisonner sur un ensemble de contradictions structurées en réseaux. Nous introduisons donc les concepts de réseau de problèmes et solutions partielles et de réseau de contradiction (figure 2).

Dans TRIZAcquisition, nous avons dans un premier temps laissé à la charge des utilisateurs l'analyse (manuelle) du réseau. Lorsque nous avons implémenté la recherche automatique des configurations de nœuds intéressantes dans le réseau, nous avons alors découvert plusieurs contradictions qui avaient été oubliées par les experts dans certaines applications précédentes. TRIZAcquisition possède donc maintenant cette nouvelle fonctionnalité.

Le **modèle des contradictions** est faiblement structuré : nous avons déjà vu que certains triplets constitués d'un PA et deux PE forment une contradiction commandée par le PA .

Il arrive également que plus de deux PE interviennent dans plusieurs contradictions commandées par un même PA , on parle alors de **polycontradiction**. De même plusieurs PE peuvent participer à plusieurs polycontradictions commandées par des PA différents.

Pour rechercher la contradiction la plus pertinente à résoudre, on peut alors visualiser l'impact de la résolution d'une contradiction donnée et ainsi

avoir le moyen de choisir la contradiction qui, résolue, aurait le plus d'impact i.e. qui supprimerait le plus de contradictions du modèle des contradictions.

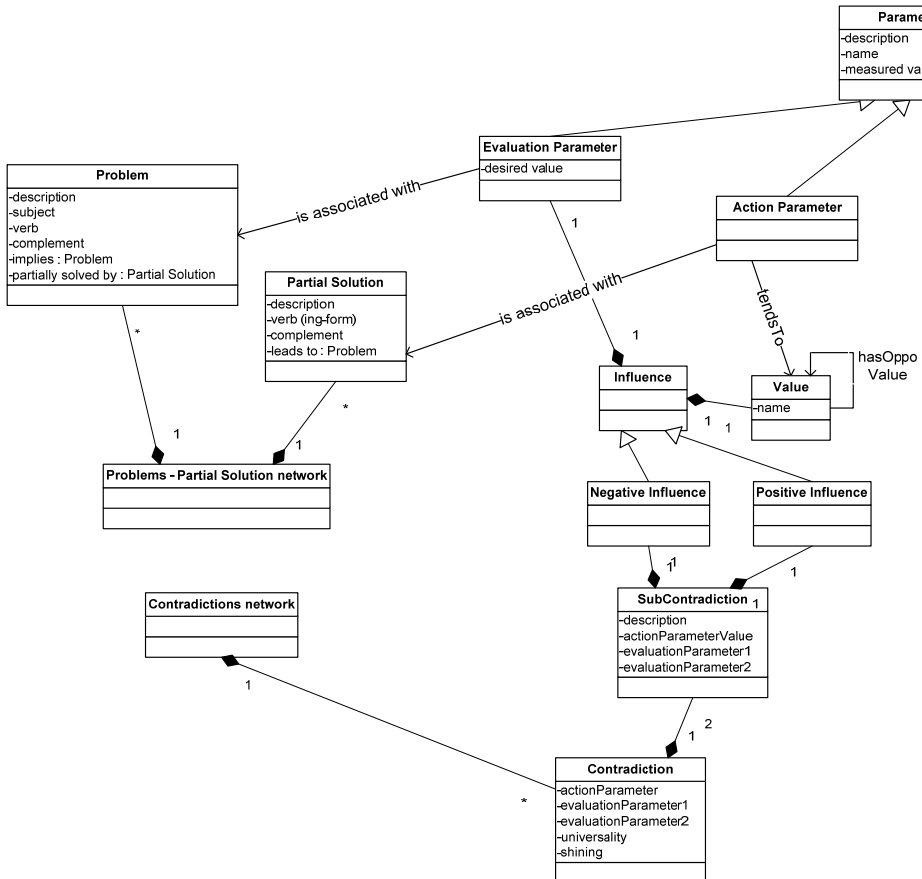


Figure 2 : Ontologie étendue aux réseaux de contradictions.

Le modèle des problèmes et des solutions partielles ou plus précisément le **réseau des problèmes et solutions partielles** est davantage structuré, grâce à un certain nombre de liens entre ces items que nous allons définir.

- Le lien « **résout partiellement** » relie dans cet ordre un problème et une solution partielle.
- Le lien « **résout mais** » qui relie une solution partielle à un nouveau problème. En effet, on connaît une solution qui amène alors un nouveau problème.
- Le lien « **implique** » qui relie deux problèmes, signifie que si le premier est résolu le second n'existe plus. Ce lien rend compte du savoir des experts sur le domaine de conception en cours, il permet de structurer ce réseau avec une relation d'ordre partiel.

En effet, on peut définir des problèmes « racines » qui vont permettre de focaliser éventuellement les efforts de résolution.

Le réseau final obtenu est donc constitué d'un nombre parfois très important de nœuds⁵ de deux types : problèmes ou solutions partielles, reliés par les liens précédents. Il est donc possible de rechercher automatiquement et de visualiser dans le graphe du réseau, le problème qui a le plus de conséquences : celui qui s'il est résolu entraîne la disparition d'un nombre maximum d'items problèmes et solutions partielles, qui est à l'origine d'une chaîne d'implication de problèmes.

Les réactions positives de tous les utilisateurs du logiciel constituent pour nous une première évaluation de la cohérence et de la qualité de l'ontologie⁶.

Conscients que celle-ci ne reflète qu'un consensus au sein de notre laboratoire, nous la soumettons actuellement à discussion dans un site collaboratif utilisant un serveur PROTEGE accessible aux chercheurs⁷.

4.2 Recherche des problèmes, solutions et paramètres dans les brevets

La modélisation que nous venons de voir est très intéressante, car elle correspond à une façon de collecter les informations fréquentes en R et D. Il s'agit pour les concepteurs d'étudier à la main avec un point de vue conception inventive des centaines de brevets, puis de les synthétiser afin de cerner les contours des évolutions possibles du système technique visé.

Il devient alors crucial de pouvoir fournir une aide à l'extraction des paramètres dans les brevets. Le modèle des problèmes et solutions partielles s'applique en effet très bien aux textes des brevets. Un brevet apporte une amélioration à un artefact : il en est généralement fait état dans l'abstract du brevet, de plus, dans la partie état de l'art (en anglais, prior art technical field), sont généralement décrits les problèmes, les insatisfactions ressenties sur l'artefact. La partie revendication (claims) du brevet va évidemment servir à décrire comment les inconvénients sont supprimés et quels sont les avantages obtenus.

Les brevets font également référence à d'autres brevets ainsi une recherche sur un sujet donné, produit rapidement un gros réseau de brevets.

Le genre textuel des brevets introduit des difficultés particulières comme le soulignent (Guyot *et al*, 2004). Mais la plupart des approches du Traitement Automatique des Langues (TAL) qui utilisent des techniques d'annotation sémantique comme (Ghoula *et al*, 2007), sont clairement orientées vers d'autres buts que l'extraction du type de connaissances qui

⁵ Dans les expériences étudiées nous avons encodés des réseaux de plus de 200 nœuds.

⁶ Le logiciel sert dans l'enseignement dans un mastère et en dernière année pour des ingénieurs depuis 3 ans, il a permis de collecter plus de 150 fichiers d'exemples, il a en outre servi à la résolution depuis 3 ans de 6 problèmes réels très complexes.

⁷ <https://scriabine.insa-strasbourg.fr:8443/webprotege/WebProtege.html#Collaborative%20Triz>

nous intéressent pour la conception inventive. Ces travaux qui sont fait dans un tout autre esprit, utilisent généralement une ontologie structurale spécifique aux brevets qui s'appuie sur la structure habituelle de ces textes (prior art, claims, abstracts) et une ontologie de domaine « classique » (statique), mais ne prenant en compte en aucune façon les évolutions. Seule l'approche développée dans (Cascini *et al.* 2007), est comparable à la nôtre elle vise à extraire des informations utiles en conception inventive dont les contradictions, l'approche orientée vers la recherche de fonctions est différente de la MCI, l'extraction des contradictions est à peine abordée et on n'y trouve ni définition formelle ni ontologie. Nous sommes actuellement en train d'affiner la mise au point d'outils TAL qui sont capables de rechercher ce type d'information dans les textes des brevets (Gábor *et al.* 2009). Il s'agit maintenant d'installer les outils dans un environnement logiciel qui permette de les utiliser à grande échelle.

Ces outils ont pour but de localiser dans les textes les phrases qui décrivent les insatisfactions (le problème) ou des améliorations apportées et dans la plupart des cas de déterminer des séquences de mots candidates à être des paramètres d'évaluations.

De la même manière, dans la où les phrases décrivant la revendication principale du brevet on peut trouver la solution partielle utilisée et peut-être une séquence de mots qui est candidate à être un paramètre d'action : le choix qui a été fait pour résoudre le problème.

Malgré le terrain difficile que constitue le langage des brevets, ceci nous a amené à mettre au point des outils plus spécifiques, en effet, nous ne pouvons pas toujours nous contenter de rechercher simplement des motifs morpho-syntaxiques par des expressions régulières, car certains repérages nécessitent de trouver des expressions antonymiques ou exprimant des tendances opposées à deux endroits différents du brevet. Il est donc nécessaire de disposer d'un système qui opère comme une surcouche sur les expressions régulières. Nous avons choisi d'utiliser un système à base de règles qui raisonne sur la structure du brevet et qui est capable de déduire à partir de la reconnaissance de deux motifs « opposés ».

Certains concepts et instances peuvent être trouvés par des expressions régulières, comme vu plus haut, notamment certains paramètres et certaines valeurs. Cependant, alors que les éléments et leurs paramètres, ainsi que les paramètres et leurs valeurs sont toujours à chercher dans la même phrase, les oppositions doivent être cherchées dans des paragraphes ou des sections différentes.

Les indices qui nous intéressent dans les textes sont ceux qui montrent des tendances opposées. Ainsi la détection des antonymes ainsi que la détection de tournures syntaxiques « opposées » sont-elles utiles.

Les antonymies sont généralement exprimées par des adjectifs dans des groupes nominaux (*hard plastic materials*). On utilise donc une liste d'antonymes (*hard-weak ; big-small, etc.*) qui a été constituée grâce à Wordnet et aux expérimentations que nous avons menées sur les brevets.

Les oppositions syntaxiques sont plus difficiles à localiser. Elles se manifestent comme nous l'avons vu, par des répétitions lexicales dans des contextes différents, par exemple on doit être en mesure de repérer une action exprimée à un endroit, et reprise à un autre endroit dans une tournure négative.

Par exemple, dans le texte suivant (US Patent, 1994) :

However, such a mold structure **disables the release of a molding** from the mold. Namely, **the undercut** of the molded preform as well as the mold **will be damaged** when the injection core mold is drawn out from the interior of the molded preform.

It is therefore an object of the present invention to provide an injection mold which can injection mold a preform to be biaxially stretch blow molded with a lip portion having an undercut and also which **can release the core mold without damaging of the undercut**.

Les deux paires d'oppositions syntaxiques sont les suivantes :

disables the release of a molding	vs	can release the core mold
the undercut will be damaged	vs	without damaging the undercut

Les experts du domaine ont validé le fait que ces deux paires d'oppositions syntaxiques correspondent bien à des paires de valeurs pour des paramètres d'évaluation.

5. Conclusion et Perspectives

Cet article montre que la définition d'une ontologie de la conception innovante nous a permis, non seulement de formaliser et de clarifier les concepts de TRIZ, mais également de **fournir des outils effectifs d'aide à son utilisation**. L'utilisation de l'ontologie dans la phase de définition du problème permet d'une part de structurer les informations recueillies semi-automatiquement dans les bases de données de brevets, et de les fusionner avec les données spécifiques saisies par l'expert lors de la définition du problème. D'autre part, l'interconnexion au sein de l'ontologie de l'ensemble des concepts de la méthodologie de conception permet d'offrir à l'utilisateur les points de vue multiples indispensables à une conception réellement innovante. L'outil développé, TRIZAcquisition, étendu aux outils d'aide à la définition du problème présentés dans cet article a reçu un accueil favorable lors d'une phase préliminaire de test. Il reste à organiser une évaluation plus systématique.

Enfin, l'ontologie complète est encore sous-utilisée dans la phase de résolution du problème. Une étude plus fine de l'utilisation des réseaux de problèmes-contradictions-solutions partielles dans la phase de résolution est actuellement menée dans notre laboratoire.

Références

- ALTSTHULLER, G. (2000). *The innovation algorithm : TRIZ, systematic innovation and technical creativity*. Technical Innovation Center Inc., Worcester, MA 2000.
- CASCINI G. & RUSSO D. (2007) Computer-aided analysis of patents and search for TRIZ contradictions. *International Journal of Product Development*. Vol.4, no.1/2 pp.52-67 2007.
- CAVALLUCCI D. & KHOMENKO, N. (2007) From TRIZ to OTSM-TRIZ : Addressing complexity challenges in inventive design. *International Journal of Product Development*, 4 (1-2), 4-21 2007.
- CLARKE D. (1999) Case Study : Application of Ideation TRIZ to a technical with rapid prototyping equipment, *TRIZ journal*, novembre 1999.
- GABOR K., ROUSSELOT F., DE BERTRAND DE BEUVRON F. & CAVALLUCCI D., WU D. (2009) Extraction des connaissances orientées évolution dans les textes de brevets. *Actes de la conférence THOT 2009*.
- GHOULA, N. KHELIF K. & DIENG-KUNTZ R. (2007) Supporting Patent Mining by using Ontology-based Semantic Annotations. *Proc. of IEEE/WIC/ACM International Conf. on Web Intelligence*, Silicon Valley, USA 2007.
- GUARINO N., (1994). The Ontological Level. In R. Casati, B. Smith and G. White (eds.), *Philosophy and the Cognitive Sciences*, Vienna, Hölder-Pichler-Tempsky, pp. 443-456 1994.
- GUYOT B., NORMAND S. (2004) Le document brevet, un passage entre plusieurs mondes . Document et organisation, p. 15-36, *Journées du document numérique*, La Rochelle, 17 juin 2004.
- JIANG JIAN Yuan Xu, YA PING Wang, FEN Wei (2010) Research on Customer Requirements Expansion Based on TRIZ and Grey Theory

Journal Applied Mechanics and Materials Applied Mechanics And Mechanical Engineering. Ed. Honghua Tan Vol.29-32 pp. 1235-1240 DOI 10.4028. 2010.

JIANG LIANG, SUN, TIEBING, QU, FUZHENG (2008) Study on ontology based technical innovation *China Mechanical Engineering*. Vol. 19, no. 15, pp. 1853-1857. 2008.

ROUSSELOT F., BULTEY A. & ZANNI-MERK C. (2008) Exploitation efficace des connaissances en conception inventive, *Actes des 19e Journées Francophones d'Ingénierie. des Connaissances, IC 2008*.

ROUSSELOT F., ZANNI-MERK C. & CAVALLUCCI D. (2010), Une ontologie pour l'acquisition et l'exploitation des connaissances en conception inventive, in *Revue des Nouvelles Technologies de l'Information*, Vol.E n°19, pp. 717-738, ISBN : 978-2-85428-922-0, Cepaduès-Éditions 2010.

SAVRANSKY, S. D. (2000). *Engineering of Creativity : Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving*. New York : Taylor and Francis Ltd editions. 2000.

SIMON H.A. (1973), The structure of ill-structured problem.. (1998) Optimizing Atomic Oxygen resistance on Coated Substrates Using TechOptimizer. *Triz Journal*, mai 1973.

UNITED STATES PATENT, Number 4,340,304. August 23, 1994.

VON-WUN Soo; SZU-YIN Lin; SHIH-YAO Yang; SHIH-NENG Lin; SHIAN-LUEN Cheng;(2005) A cooperative multi-agent platform for invention based on ontology and patent document analysis *Computer Supported Cooperative Work in Design, Proceedings of the Ninth International Conference* 24-26 May 2005 411 - 416 Vol. 1 ISBN: 1-84600-002-5 2005.

ZANNI-MERK C., CAVALLUCCI D. & ROUSSELOT F.(2010). Use of formal ontologies as a foundation for inventive design studies. *Computers in Industry*. ISSN : 0166-3615, 22 Octobre 2010.