

# Le raisonnement à partir de cas est-il utilisable pour l'aide à la conception inventive

Isabel Estevez, Sébastien Dubois, Nathalie Gartiser, Jean Renaud\*, Emmanuel Caillaud

LGeCo/LICIA INSA de Strasbourg, [isabel.estevezalonso@insa-strasbourg.fr](mailto:isabel.estevezalonso@insa-strasbourg.fr), [sebastien.dubois@insa-strasbourg.fr](mailto:sebastien.dubois@insa-strasbourg.fr), [nathalie.gartiser@insa-strasbourg.fr](mailto:nathalie.gartiser@insa-strasbourg.fr), [emmanuel.caillaud@ipst-ulp.u-strasbg.fr](mailto:emmanuel.caillaud@ipst-ulp.u-strasbg.fr)

\*ERPI-ENSGSI, NANCY, [Jean.Renaud@ensgsi.inpl-nancy.fr](mailto:Jean.Renaud@ensgsi.inpl-nancy.fr)

---

*RÉSUMÉ : Le Raisonnement à Partir de Cas fait largement partie des outils d'intelligence artificielle pour la réalisation d'un système à base de connaissances. S'il présente des avantages particulièrement intéressants comparativement à d'autres systèmes (à base de règles ou de modèles par exemple), il n'en reste pas moins que, dans le domaine de la conception, il est largement cantonné aux activités de conception routinière. Toutefois, sa similitude de raisonnement avec d'autres méthodes dédiées à la conception inventive (celles issues de la TRIZ par exemple), nous pousse à défendre l'idée selon laquelle le RàPC pourrait également être utilisé dans ce domaine. La difficulté principale dans le recours au RàPC pour la conception inventive est la nature du lien problème-solution. Si le RàPC s'applique à la conception routinière c'est que la conception routinière cherche des solutions à faible degré de nouveauté pour des problèmes proches de ceux déjà résolus. Or, en conception inventive, les problèmes peuvent être totalement nouveaux, ou les solutions recherchées très éloignées de celles déjà connues. Pour palier ce fait nous proposons d'exploiter le mode de raisonnement de la TRIZ, qui applique l'appariement de règles génériques de résolution de problèmes, à un niveau élevé d'abstraction, en conception inventive. L'usage du RàPC dans ce cadre passe par le développement d'une base de cas capable d'intégrer différents niveaux d'abstraction pour rendre compte des écarts entre les couples de problèmes source/cible et de solutions source/cible.*

*MOTS-CLÉS : RàPC et Ingénierie des connaissances, conception inventive, conception routinière, TRIZ.*

---

## 1. Cadre général du RàPC

Le raisonnement à Partir de Cas (RàPC) fait partie des outils d'intelligence artificielle couramment utilisés pour la réalisation de systèmes à base de connaissances pour aider les concepteurs.

De nombreuses contributions aux systèmes de RàPC ont permis une comparaison avec d'autres systèmes tels que le raisonnement à partir de règles ou encore à partir de modèles.

En effet, la capitalisation des connaissances sous forme de cas est plus immédiate que d'utiliser d'autres formes de modélisation telles que les règles ou les contraintes (Kolodner, 93). Selon Kolodner, les systèmes à partir de cas sont plus performants autant en termes d'application que de précision, tout du moins pour les problématiques de planification, de diagnostique et de conception. Si l'on compare la méthode à partir de cas avec un système à base de règles ayant la même fonctionnalité, sa construction nécessite moins de personnes et de temps. La force de la première méthode par le fait que ce sont les cas qui sont capitalisés, est qu'elle privilégie le contenu de la connaissance ; toutefois, la grande difficulté est l'indexation des cas. Dans la deuxième, la connaissance provenant d'experts est encodée en règles, l'intérêt est porté sur le mécanisme de raisonnement et la forme de la connaissance. Toutefois, la grande difficulté est l'élaboration des règles.

Les deux méthodes « à partir de modèle » et « à partir de cas » ont été développés pour répondre à un même besoin « contourner le raisonnement à partir de rien » ; dans le premier

ce sont des modèles de causalité de procédé ou de domaine qui sont stockés. Dans le second, les cas décrivent comment les choses se déroulent. Pour présenter un modèle causal, et ainsi pouvoir appliquer le raisonnement à partir de modèle, cela demande une bonne compréhension du domaine. Tandis que la méthode de raisonnement à partir de cas peut être aussi utilisée lorsque le domaine n'est pas bien connu.

La méthode RàPC n'apporte pas une solution à partir du néant, elle permet d'obtenir des solutions (complètes ou partielles) déjà existantes provenant de problèmes antérieurs similaires, ainsi à partir de quelque chose de connu, on peut éviter les erreurs commises dans le passé.

De ce fait, le RàPC peut être une voie privilégiée pour capitaliser rapidement et efficacement l'expérience des concepteurs.

Si l'application du RàPC en conception pour des conceptions répétitives est quasi-immédiate, le RàPC est-il utilisable, et comment, pour la conception inventive ?

Pour répondre à cette double interrogation, nous présentons dans un premier temps une synthèse des travaux réalisés dans le domaine de l'utilisation du RàPC en conception. Nous proposons ensuite une caractérisation de la conception inventive qui nous permet de définir les attentes de ce type de conception en termes de capitalisation des connaissances. Dans la dernière partie, nous proposons un mode d'utilisation du RàPC adapté à la conception inventive.

## 2. RàPC et conception routinière

Le développement d'outils d'aide à la conception poursuit plusieurs objectifs tels que définis par H.A. Simon (Simon, 1969) : définir des solutions et évaluer des solutions.

Pour entrer plus dans le détail, une aide à la conception recouvre différents aspects : proposer une démarche de conception adaptée, proposer des conseils pour la définition d'une solution pour chaque étape, proposer des exemples de solutions déjà validées pour chaque étape, permettre une évaluation des solutions développées. Ces différentes étapes s'appuient sur un ensemble cohérent de définitions et de précisions.

Chacun de ces moyens permet de proposer une aide à la conception et s'appuie sur un type particulier de représentation des connaissances. Les exemples peuvent être assimilés à des cas et les conseils à des règles.

De nombreuses applications d'outils d'aide à la conception ont été développés suivant ce type d'approche pour des applications limitées (voir par exemple (Caillaud *et al.*, 03 pour la conception d'outillages pour l'emboutissage).

L'application classique du RàPC en conception consiste à utiliser directement une solution complète et adaptée à un nouveau problème, obtenue à partir d'une solution déjà existante et validée par la résolution d'un problème similaire.

Le RàPC repose sur la mesure de similarité entre deux problèmes, un problème cible (à résoudre) et un problème source (déjà résolu). Lorsque la différence entre ces deux problèmes,  $\delta$ , est minimale on suppose que solution source (solution connue au problème source) est applicable au problème cible pour construire une solution cible.

De nombreux travaux utilisent le RàPC en conception en considérant la solution globalement (Bilgic *et al.*, 1996), (Leake *et al.*, 1999). Certains travaux vont plus loin en travaillant sur l'adaptation assistée (Purvis *et al.*, 1998). Etant donné qu'on l'on cherche à minimiser l'écart

entre solution source et solution cible, on considère qu'une nouvelle conception est proche d'une conception ancienne. On peut considérer alors qu'aucune créativité n'est possible.

Ce type d'approche est adapté pour la conception routinière, mais il n'en est pas de même pour la conception inventive.

Aussi les travaux menés jusqu'à ce jour sur le RàPC n'ont pas permis de dévoiler l'ensemble de son potentiel notamment dans domaine de l'innovation. On sait déjà que certains systèmes à partir de cas permettent de faire ressortir de nouvelles opportunités. (Kolodner *et al.*, 00).

### 3. Quelle utilisation possible du Raisonnement à Partir de Cas en conception inventive ?

En considérant la typologie proposée par (Gero, 1990), la plupart des applications du RàPC en conception correspondent à une conception de type routinière. En revanche son utilisation pour des conceptions inventives (création de connaissances nouvelles dans l'entreprise) et encore plus pour des conceptions innovantes (conduisant à de réelles mises en valeur sur le marché) reste limitée.

Même si à notre connaissance, il n'y a pas d'application du RàPC en conception inventive, ce type d'outil peut-il être utile et comment ?

L'approche menée au sein d'une méthode RàPC est basée sur la similarité des problèmes. On utilise ainsi cette similarité pour construire une nouvelle solution à un nouveau problème basée sur le ou les couples problème-solution antérieurs. Les démarches utilisées sont celles de l'appariement, de l'utilisation de règles de résolution et d'application.

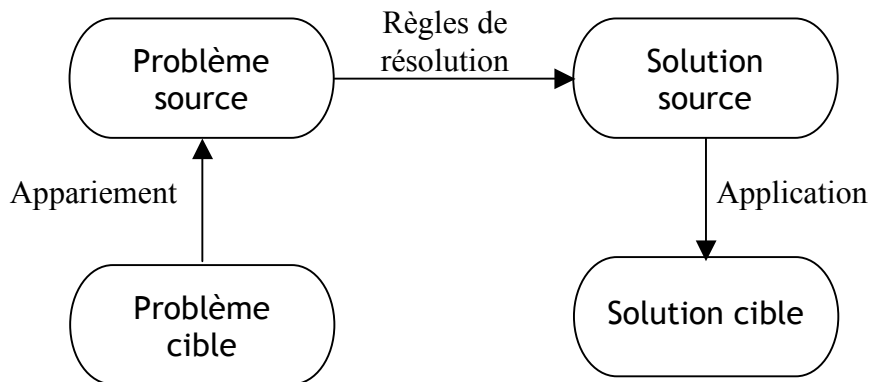


Figure 1. Raisonnement pour le RàPC.

Cette démarche est intéressante, mais trouve une double limite forte en conception inventive : d'une part celle déjà évoquée plus haut de l'indexation des couples problème-solution et d'autre part celle de la créativité car en l'état, le RàPC ne peut que permettre de recombinaison des solutions pré-existantes.

Par ailleurs le postulat du RàPC qui pour un  $\delta^{\text{problème}}$  donné entre problème source et problème cible tend à reproduire un  $\delta^{\text{solution}}$  similaire impose certaines conclusions:

- Le RàPC est une approche valide pour un domaine ciblé, relativement restreint
- Les situations problématiques initiales évoluent peu

Or deux cas de figures qui exigent une résolution de problème inventive sont:

- Une situation problématique proche de la précédente, mais le besoin d'une solution radicalement différente

- Une situation problématique totalement neuve

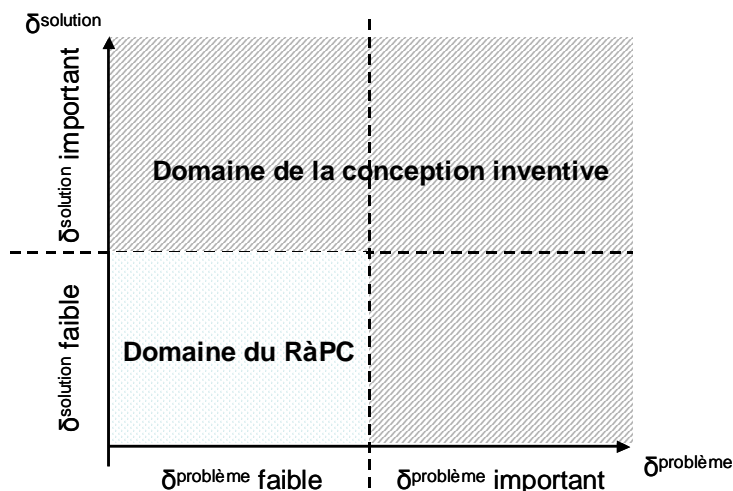


Figure 2. Différences entre RàPC et conception inventive

La question que l'on se pose est ainsi de savoir s'il est possible d'aller au delà de ces limites pour effectivement réaliser des conceptions inventives.

Pour accompagner des activités de conception inventive, le RàPC devra donc être capable d'accompagner la créativité des individus. Si le RàPC permet aux concepteurs de capitaliser les connaissances accumulées dans le passé, *"le plus beau gisement d'innovation se trouve dans la capacité de l'entreprise à valoriser de manière créative la connaissance dont elle dispose"* (De Brabandère, 1998). Ainsi la créativité doit être aussi et surtout le résultat d'un processus réfléchi (Fustier, 1982). Un processus créatif va donc permettre à l'individu de formuler les questions les plus pertinentes pour le conduire d'une part à identifier correctement le problème qu'il doit résoudre et d'autre part à y apporter des réponses créatives. Les concepteurs pourront ainsi utiliser le RàPC dans leurs activités de conception inventive lorsqu'ils auront les moyens de générer les connaissances nouvelles à partir des connaissances capitalisées.

La démarche du RàPC présentée dans la figure 1. n'est toutefois pas si éloignée d'autres démarches utilisées dans des méthodes reconnues comme étant des méthodes de résolution de problèmes inventifs.

Les méthodes et outils issus de la TRIZ, théorie de résolution de problèmes inventifs (Altshuller, 1998), par exemple, qui sont utilisés en conception inventive sont basés sur une démarche assez similaire à celle du RàPC.

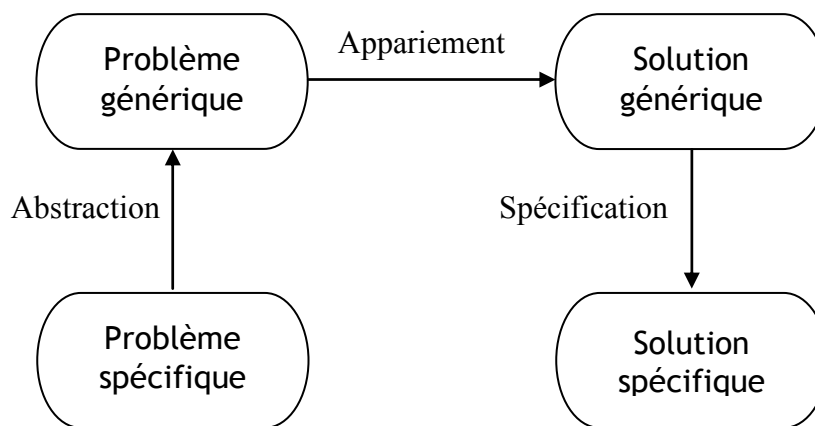


Figure 3. Raisonnement de la TRIZ.

Ceci nous conduit à penser qu'en faisant évoluer certaines parties du RàPC, il serait tout à fait intéressant et utile pour aborder la conception inventive.

Ces deux approches étant assez proches, certains travaux font d'ores et déjà le lien (Cortes-Robles *et al.*, 04). Le RàPC est utilisé pour retrouver des problèmes génériques proches et proposer des solutions spécifiques ayant les mêmes solutions génériques. L'adaptation reste toujours à réaliser et la solution est considérée comme globale.

Toutefois, il est important de noter une différence majeure entre les deux raisonnements : le raisonnement du RàPC se fait à un niveau d'abstraction identique entre les solutions et les problèmes, tandis que le raisonnement de la TRIZ change de niveau d'abstraction, faisant l'appariement entre problèmes source et cible au niveau du problème générique. C'est ce changement de niveau qui est source d'inventivité. Le rapprochement entre la TRIZ et le RàPC fait par Cortes-Robles vise à introduire un raisonnement basé sur le RàPC dans le passage problème générique–solution générique de la TRIZ.

Toutefois, ceci ne correspond ni tout à fait aux logiques de la TRIZ, ni à une réelle utilisation du RàPC en conception inventive.

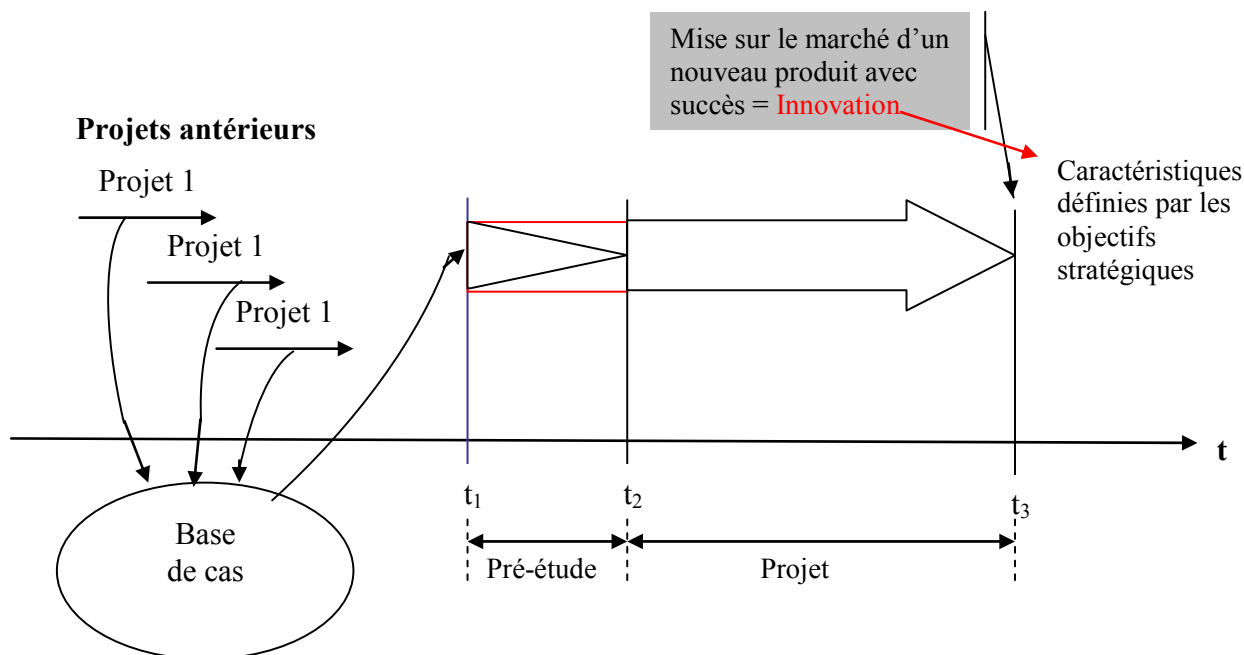
Comme cela a été avancé, en conception inventive, de nouvelles connaissances doivent être générées. Pourtant, une première voie a été avancée avec le lien entre la TRIZ et le RàPC. D'autres réflexions sont possibles : prise en compte des solutions partielles (pour chaque étape de la démarche de conception), prise en compte non pas des solutions mais des concepts de solutions, amélioration de l'indexation qui constitue une limite du RàPC en utilisant certaines logiques de la TRIZ. Nous proposons l'exploration de ces voies dans cet article.

#### 4. Proposition d'utilisation du RàPC pour la conception inventive

Pour la conception inventive, les cas doivent être considérés comme une association de concepts de solution (idées) et de leur contexte de développement. Nous nous plaçons alors dans le cadre de la conception préliminaire (telle que définie par (Pahl et Beitz, 1996)). Pour pouvoir utiliser pleinement le RàPC, nous nous limitons à la conception inventive dans le cadre de l'évolution d'une famille de produits.

Comme souligné précédemment la conception inventive implique que les  $\delta^{\text{problème}}$  et  $\delta^{\text{solution}}$  ne sont pas de même ordre. Cela implique que pour un problème générique donné, l'appariement peut se faire au vu du  $\delta^{\text{problème}}$  générique mais également en intégrant le  $\delta^{\text{problème}}$  spécifique. Le cas doit donc être représentatif des deux niveaux d'abstraction, le problème générique et sa solution générique, mais également certaines caractéristiques du problème spécifique, *i.e.* le

contexte d'apparition du problème. L'adaptation de la solution source au problème cible se construit alors en fonction des différences entre les contextes.



**Figure 4.** Schéma général de l'utilisation d'une base de cas ?

Dans ce cadre, l'objectif de ce travail est double :

- Construire une base de cas à partir des projets passés de l'entreprise, qu'ils soient en cours, réalisés ou ayant échoués.
- Utiliser cette base de cas pour alimenter des phases de pré-étude pour de nouveaux projets.

Pour atteindre cet objectif, les étapes que nous nous proposons de suivre sont au nombre de trois :

1. Caractériser les objectifs stratégiques généraux qui vont être fixés au(x) projet(s) et ainsi identifier les caractéristiques générales des résultats des projets.
2. Définir la phase de pré-étude et donc caractériser les cas nécessaires et utiles pour alimenter cette phase.
3. Instrumentaliser et instrumenter la capitalisation et la ré-utilisation des cas pour construire de nouveaux projets.

Nous pensons utiliser le RàPC pour réutiliser les cas déjà développées en intégrant le contexte. Deux modes d'utilisation sont envisagés : globalement pour la pré-étude mais aussi étape par étape au cours de la pré-étude. Ces deux leviers nous semblent être de bons moyens pour utiliser le RàPC pour la conception inventive.

## 5. Conclusions

Nous avons présenté les liens possibles entre conception inventive et RàPC. L'utilisation du RàPC dans ce type de conception n'est pas courante alors que c'est plus classique en conception routinière.

Nous proposons d'utiliser les idées et leur contexte comme cas pour la pré-étude de conception. Nous pensons utiliser le RàPC globalement sur la phase de pré-étude mais aussi pour chacune des étapes que nous avons identifiées.

Par ailleurs, une certaine complémentarité entre la TRIZ et le RàPC semble particulièrement intéressante. Les avantages des deux démarches, capitalisation et ré-utilisation de l'expérience passée pour le RàPC, résolution inventive des problèmes en utilisant des démarches formelles basées sur les principes de contradiction (formalisme de la TRIZ pour représenter les problèmes génériques) et d'abstraction pour la TRIZ, pourraient être avantageusement combinées.

Ce travail est en cours et devra être développé. Une application industrielle sera indispensable pour valider nos propositions.

## 6. Références bibliographiques

Altshuller G. S. (1988) *Creativity as an Exact Science*. New York, Gordon and Breach.

Bilgic T., et Fox M.S. (1996) « Constraint-Based Retrieval of Engineering Design Cases: Context as Constraints » *Artificial Intelligence in Design '96*, Stanford University, June 24--27.

Caillaud E. et B. Duprieu (2003) « Ingénierie des connaissances pour l'ingénierie intégrée : application à la conception d'outillages », *Revue Internationale d'Ingénierie des Systèmes de Production Mécanique*, Vol. 7 pp. 60-66.

Cortes-Robles G, Negny S., Le Lann J-M. (2004) « Triz et le RPC: la création de cellules de connaissances », *2<sup>e</sup>ème Colloque C2EI* ; Nancy (France) ; Octobre.

De Brabandere, L. (1998) *Le management des idées. De la créativité à l'innovation*, Dunod.

Fustier, M. (1982) *Pratique de la créativité. Connaissance du problème*, Les Editions ESF, Entreprise Moderne d'Édition, Librairies Techniques.

Gero, J. S. (1990) « Design prototypes: a knowledge representation schema for design » *AI Mag.* Vol. 11, N° 4, Oct., p. 26-36.

Kolodner J. (1993) *Case Based Reasoning*, Morgan Kaufmann Publishers, Inc, ISBN 1-55860-237-2.

Kolodner J. et M. Y. Jona (2000). *Case-Based Reasoning: An Overview*, The Institute for the Learning Sciences, Northwestern University.

Leake D. B., Birnbaum L., Hammond K., Marlow C., Yang H. (1999) « Integrating Information Resources: A Case Study of Engineering Design Support », *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 1650, January, p. 482.

Pahl G. et Beitz W. (1996) « Engineering design: a systematic approach », *Springer Verlag*.

Purvis L. et Pu P. (1998) « COMPOSER: A Case-Based Reasoning System for Engineering Design » *Robotica*, Vol. 16, N°3, May, pp. 285-295.

Simon H.A. (1969) *The sciences of artificial*, Cambridge Press.