

Créativité et résolution de problèmes :

la conception de nouveaux produits par les PME

Christophe Lerch, BETA, Université de Strasbourg, lerch@cournot.u-strasbg.fr

Eric Schenk, LGECO, INSA de Strasbourg, eric.schenk@insa-strasbourg.fr

20 Novembre 2009

Alors que de nombreux travaux s'intéressent aux processus créatifs dans les activités économiques reliées aux domaines de l'esthétique –arts, architecture et jeux vidéo notamment– nous nous proposons d'analyser la question de la créativité au sein de processus industriels de conception de produits, avec une attention spécifique portée cas des PME-PMI.

Le point de vue généralement admis par les auteurs en conception de produits (Pahl et Beitz 1996) est particulièrement intéressant : un nouveau produit tente en général de satisfaire des objectifs a priori contradictoires ou de résoudre les problèmes rencontrés sur un produit existant et l'innovation peut être vue comme un processus de résolution de problèmes. En outre, les problèmes à résoudre présentent différents niveaux de complexité et ils appellent des processus cognitifs adaptés.

La créativité semble être une condition nécessaire (mais pas forcément suffisante) pour la résolution de problèmes complexes : un bon solveur de problèmes est compétent et créatif. Selon une définition générale, la créativité décrit la capacité à générer des idées utiles nouvelles (Simonton 1988, Weisberg 2006). Par ailleurs il a été montré que la créativité en matière d'ingénierie ne peut pas être assimilée à la créativité dans les domaines artistiques (Goller et Kobe 2009). En particulier, le concepteur créatif apporte des solutions (innovations) qui traduisent une appréhension « nouvelle » des problèmes. Ainsi la créativité peut se définir en opposition à la notion de routine (Becker et Lazaric 2009).

La question de la créativité dépend également de la taille de l'entreprise. Grâce au caractère organique de leurs structures, les PME disposent d'un atout pour mettre en œuvre des processus de conception créatifs. Cependant l'expérience montre que l'appropriation des

outils d'aide à la conception créative (appelée conception innovante par la suite) reste difficile et nécessite dans bien des cas des mesures spécifiques d'accompagnement.

Dans une première section, nous définissons l'activité de conception comme un processus de résolution de problèmes. Puis, dans une deuxième section nous suggérons que l'on peut envisager deux approches de la créativité. Dans la dernière section, nous évoquons les difficultés d'appropriation des outils d'aides à la conception innovante dans les PME en nous appuyant sur les expériences du transfert de la méthode TRIZ dans les PME en concluant sur quelques spécificités du cas alsacien.

1. De la conception comme activité de résolution de problèmes

Les ingénieurs appréhendent essentiellement l'activité de conception de nouveaux produits comme un processus de résolution de problèmes (Alexander 1964, Simon 1960, Pahl et Beitz 1996, Smith et Eppinger 1997).

On peut opérer une distinction entre un problème à résoudre et une situation qui pose problème, ou situation problématique. Selon Landry et Banville (2002), une situation problématique est définie comme une situation inconfortable. Une situation problématique peut être banale, dans le sens qu'on sait comment la traiter, ou préoccupante. La situation préoccupante peut être considérée comme contrôlable ou non. Ce n'est que dans le cas d'une situation préoccupante et contrôlable que l'on parlera de problème.

Notre analyse des connaissances s'inscrit dans le rapport des connaissances à l'action à entreprendre, dans notre cas la résolution de problèmes. Selon Simon (*Ibid.*), la résolution de problèmes s'appuie sur des principes de prise de décision :

- la décomposition en sous-objectifs (« subgoal ») a pour but de simplifier le problème décisionnel et de le rendre opérationnel ;
- le principe de satisfaction (« satisficing ») prévoit que les acteurs en charge de la décision établissent un niveau d'aspiration qui leur permettra de juger des différentes alternatives. Ils comparent ensuite les différentes actions à leur niveau d'aspiration, leur choix s'arrêtant lorsqu'ils trouvent une alternative satisfaisante ;
- la recherche d'information (« searching ») qui est stratégique dans ce processus porte non seulement sur l'ensemble des alternatives, mais aussi sur l'ensemble des conséquences liées aux décisions. Dans un tel schéma, la démarche de résolution des

problèmes est donc procédurale, dans la mesure où la difficulté à trouver une alternative satisfaisante pousse l'acteur à rechercher de nouvelles alternatives et à réviser son niveau d'aspiration à la baisse.

Les spécialistes de la conception proposent des déclinaisons variées de ce processus. Selon l'approche axiomatique d'Albano et Suh (1992), le processus de résolution de problèmes implique des interactions entre plusieurs domaines. Le client exprime un ensemble hiérarchisé de besoins, les performances souhaitées et les pré-requis qui sont traduits en une architecture fonctionnelle : il s'agit de décrire les fonctions du produit nécessaires à la réponse aux besoins des clients. Afin de donner corps à ces fonctions, il est ensuite nécessaire de faire des choix techniques constituant à terme une architecture physique. Enfin, cette dernière est elle-même à la source de la définition d'un ensemble hiérarchisé de procédés. Une des difficultés majeures réside dans la traduction des problèmes de conception d'un espace à un autre.

Par exemple, Pahl et Beitz (1996) proposent de traiter cette problématique de manière séquentielle : le processus de conception de produits est décomposé en quatre étapes. Dans la première, la planification et la clarification des tâches visent à analyser le marché ainsi que la situation de l'entreprise ; il s'agit de trouver et sélectionner des idées de produits et d'élaborer des listes de besoins et pré-requis qui constitueront une forme de cahier des charges. Dans une deuxième phase, l'élaboration de concepts a pour but d'identifier l'essence des problèmes à traiter et d'envisager les principes et concepts de solutions, qu'il s'agira d'évaluer en fonction de critères techniques et économiques. Durant la troisième phase, le concept est traduit en une description qui aboutit à une maquette ou un prototype que l'on affine progressivement jusqu'à sa version stabilisée. Enfin dans la quatrième phase, la conception détaillée vise à élaborer le détail des spécifications des composants.

Selon Pahl et Beitz (*Ibid.*), l'activité de conception rencontre un certain nombre d'obstacles susceptibles d'empêcher la résolution de problèmes. Ces obstacles sont analysables en termes de complexité et d'incertitude. En premier lieu, les moyens nécessaires peuvent être inconnus ou partiellement connus, notamment du fait d'interactions n'ayant pas toutes été identifiées. Ensuite, ces moyens peuvent être identifiés mais leur investigation systématique est impossible du fait d'un éventail trop large de possibilités. Enfin, les buts peuvent être vaguement ou mal définis ; dans ce dernier cas, la recherche de solutions implique un processus de délibération et de résolution de conflits jusqu'à la convergence vers une situation

satisfaisante. La difficulté est d'autant plus grande que les caractéristiques du problème évoluent et que cette évolution est imprévisible.

Dans certains cas, les solutions au problème n'existent pas *a priori*. L'activité de conception se doit alors de les élaborer, non pas au travers d'une exploration d'un espace de solutions comme le préconise Simon, mais au travers d'une expansion de cet espace (Hatchuel et Weil 2002). Selon Hatchuel, Le Masson et Weil (2005), l'activité de conception s'appuie sur des modèles génératifs qu'elle remet en question :

« D'autres concepteurs comme l'architecte ou l'artiste avaient déjà développé des formes de domestication de l'innovation. Si chacune de leurs réalisations est nouvelle, originale et singulière, architectes et artistes s'efforcent de ne pas « tout réinventer » à chaque œuvre (...). Aujourd'hui, c'est l'existence de « grammaire » de base, support à la répétition qui permet la génération de forme nouvelle. C'est ce que nous appellerons un modèle génératif... » [Hatchuel, Le Masson et Weil, 2005, p. 119].

Tant que l'on reste dans le cadre d'un modèle génératif, l'activité de conception peut être appréhendée comme une activité de « problem solving » à la Simon. En effet dans ce cas, le processus itératif de traduction de la représentation fonctionnelle de l'objet (cahier des charges élaboré par le marketing) en une architecture physique du produit (représentation conceptuelle du bureau d'étude), puis en un ensemble de procédés (c'est le travail du bureau des méthodes) est relativement aisé.

En revanche, Hatchuel, Le Masson et Weil (*Ibid.*) postulent que l'approche « simonienne » ne rend pas compte des raisonnements en jeu dans la création de nouveaux modèles génératifs. Pour ce faire, il faudrait passer d'une forme de rationalité procédurale à une forme de rationalité expansive. C'est à cette étape du raisonnement qu'intervient la théorie de la conception C-K, qui définit la conception innovante comme une expansion des espaces de concepts (C) et de connaissances (K). Plus précisément, il s'agit à la fois de :

- mener des raisonnements convergents (en ajoutant des propriétés qui spécifient le concept) ou des raisonnements divergents (en trouvant des variantes du concept) ;
- réviser l'identité des objets, tout en permettant une certaine continuité dans l'exploration ;

- explorer le monde (expansion des connaissances) ou l'expertiser (réutilisation des connaissances existantes).

Finally, the authors classify the outputs of innovative conception into several categories :

	Faible expansion du concept	Forte expansion du concept
Faible expansion des connaissances	Progrès incrémental : ck	Conception en quête de nouvelles valeurs : Ck
Forte expansion des connaissances	Conception par mutation technologique et régénération des métiers : cK	Combiner recherche scientifique et innovation conceptuel : CK

Tableau 1 : Conception innovante selon Hatchuel, Le Masson & Weil (2005)

2. La créativité en conception : deux approches

Dans le cas où les caractéristiques du problème et le niveau de ressources disponibles (y compris l'état de la connaissance) autorisent un éventail de solutions potentielles, la résolution de problèmes peut s'opérer de manière « satisfaisante » par un mécanisme d'arbitrage ou de compromis. Par exemple, dans la méthode QFD (Quality Function Deployment, Akao 1990), ces arbitrages impliquent une capacité à pondérer les différents besoins des clients en fonction de leur importance (la valeur induite par la fonction) ou de priorité, ainsi qu'une capacité à évaluer le coût induit par la réalisation des différentes fonctions. Ce processus est susceptible de donner naissance à une innovation incrémentale : il s'agit de sélectionner la ou les solutions qui constituent un compromis acceptable. **Etre créatif consisterait à trouver la solution qui constitue un arbitrage satisfaisant.**

Dans d'autres circonstances, les données du problème et le niveau de ressources disponibles génèrent des contradictions qui ne permettent pas d'aboutir à un compromis acceptable : il n'existe pas de solution satisfaisante au problème. Les contradictions résultent de l'idée qu'un conflit entre A et B ne sera résolu que par quelque chose qui ne sera ni A ni B, ni même un

mélange des deux. Altshuller (1984) envisage deux niveaux de contradiction au sein de la démarche TRIZ :

- les contradictions techniques : ici l'amélioration d'une caractéristique A conduit à la dégradation d'une caractéristique B, et réciproquement. Par exemple, la réduction de la masse d'un processeur a pour conséquence la réduction de sa puissance de calcul. Ce niveau de contradiction peut être levé par l'un des quarante principes innovant sur lesquels Altshuller a fondé la démarche TRIZ ;
- les contradictions physiques : elles apparaissent lorsqu'au moins l'un des éléments du système présente deux caractéristiques opposées –dur et mou, ou bien lisse et rugueux (par exemple une antenne de radio doit être courte pour limiter l'encombrement et longue pour faciliter la réception des ondes). Ce niveau de contradiction sera résolu par l'utilisation de onze principes de séparation tels que la séparation dans le temps, la séparation dans l'espace, la séparation entre un système et ses sous-systèmes, la séparation sous certaines conditions.¹

Il existe certaines contradictions qui possèdent un caractère insurmontable, dans la mesure où elles réduisent à néant l'espace des solutions : nous sommes alors dans un contexte de blocage (qui peut lui-même aboutir à une redéfinition des contraintes de départ issues de la phase 1). Mais les contradictions, comme l'explique Altshuller (*Ibid.*), sont à l'origine de « tensions créatrices ». Ainsi pour favoriser l'inventivité, il est souhaitable que le problème soit formulé sous forme de contradictions à surmonter et qui peuvent déboucher sur une solution inventive –appelée « résultat idéal final » – qui ne se contente pas de réaliser un compromis. **Etre créatif dans la conception impliquerait donc une capacité à surmonter ou dépasser des contradictions.**

La mise en œuvre de la démarche TRIZ implique deux étapes principales (Cavallucci et Khomenko 2007, Dubois et de Guio 2006) :

- transformer un problème spécifique, pour lequel il n'existe pas de solution connue, en un problème générique pour lequel des voies de solutions sont connues. Il s'agit de la phase de modélisation ;
- sur la base des pistes de solutions rattachées aux problèmes génériques, définir des solutions au problème spécifique. Il s'agit de la phase de concrétisation.

1. Nous ne pouvons développer ici en détail les modes de résolution des contradictions techniques et physiques. Le lecteur intéressé pourra se référer aux ouvrages d'Altshuller (1984).

L'approche résulte d'une analyse de 400 000 brevets effectuée par Altshuller : les brevets innovants, au nombre de 40 000 reposent sur un nombre restreint (40) de principes, qui constituent autant de concepts de solutions.

Une représentation générique de la démarche est proposée par la figure suivante.

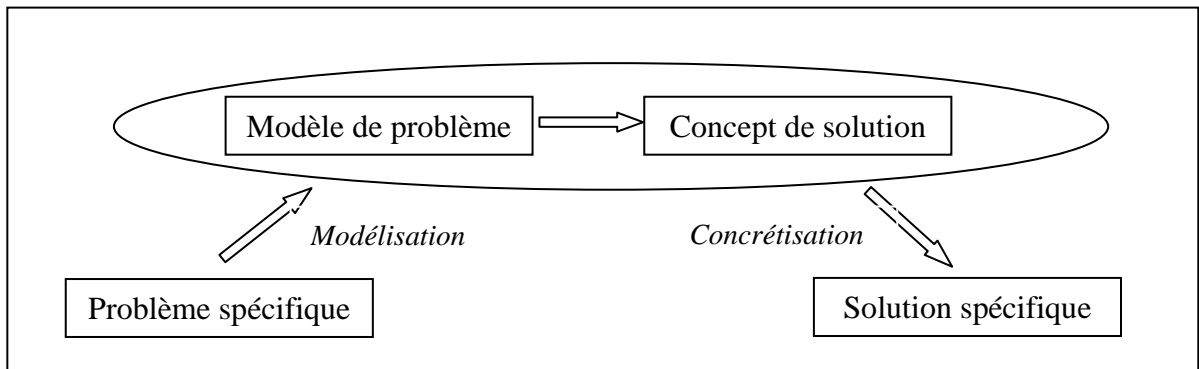


Figure 2 : modèle générique de la TRIZ

Dans cette représentation, les problèmes et solutions spécifiques relèvent du domaine physique alors que les modèles de problème et les concepts de solutions relèvent du domaine abstrait. Le modèle générique n'est pas tout à fait opérationnel et la démarche TRIZ propose une méthodologie détaillée pour assister l'acteur dans l'identification des modèles de problème et des concepts de solutions. De plus, le modèle décrit ne permet pas d'aboutir à une solution innovante de manière immédiate. En effet une solution spécifique d'un problème spécifique est en général à l'origine de nouveaux problèmes spécifiques, pour lesquels de nouvelles solutions doivent être trouvées, etc.

La solution retenue *in fine* résulte ainsi d'un processus convergent de résolutions de problèmes spécifiques successifs.

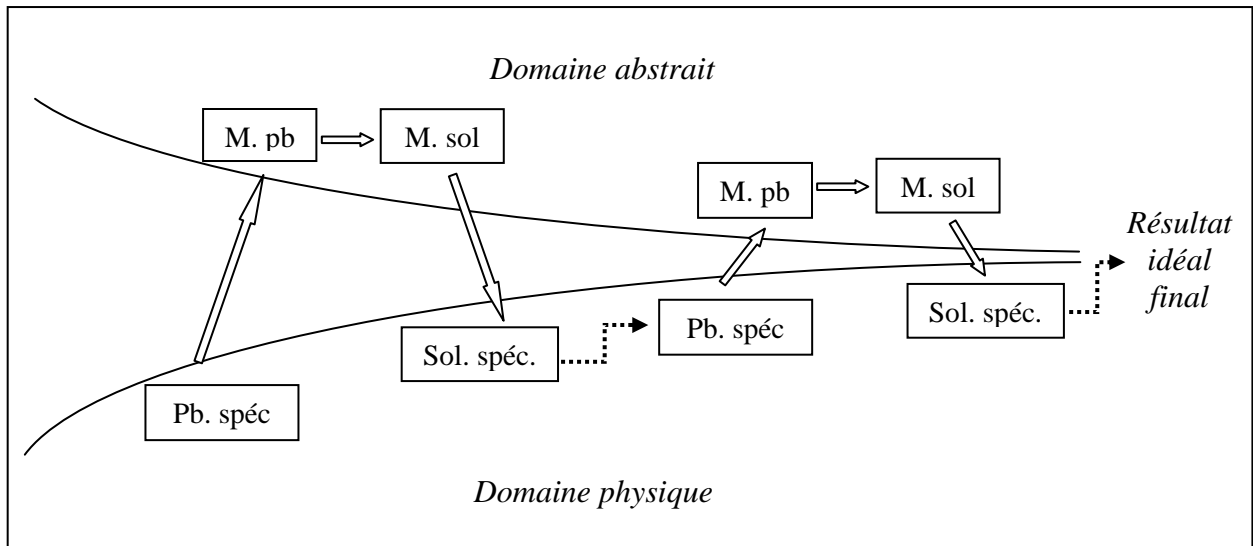


Figure 3 : convergence de la démarche TRIZ

Nous avons identifié deux formes de créativité, qui concernent la capacité du concepteur à trouver des solutions satisfaisantes et sa capacité à surmonter des contradictions. Dans une **approche Simonienne**, la créativité se place au sein d'un espace fini délimité par les contraintes caractérisant *a priori* les problèmes –l'on s'accommode au mieux des contradictions mais on ne les remet pas en question. L'objectif est une optimisation dans l'espace des solutions satisfaisantes. Dans les **approches de conception innovante**, la créativité se place dans un espace ouvert et les contraintes du problème sont traitées de manière endogène : on recherche de nouveaux espaces de solutions qui donneront lieu à des innovations de rupture. La créativité se situe alors tant au niveau de la solution elle-même que du « concept de solution » et l'on peut parler d'une « créativité de second ordre » par opposition à une « créativité de premier ordre » qui concerne les arbitrages réalisés.

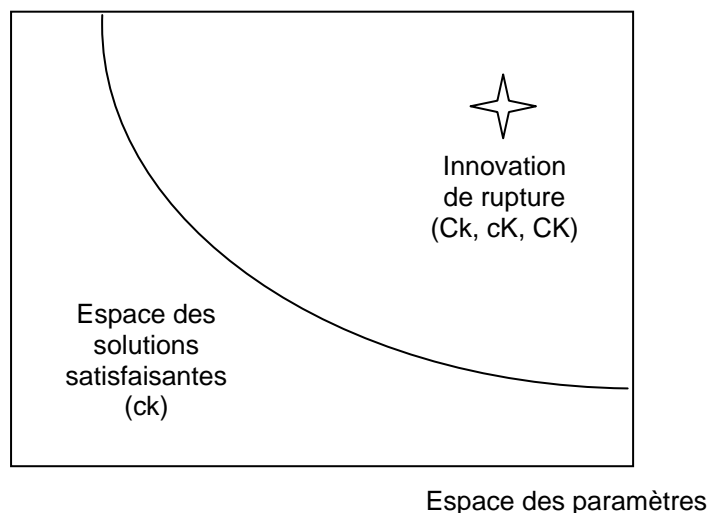


Figure 4 : solutions satisfaisantes et innovation de rupture

3. De la théorie à la pratique : TRIZ et les PME (alsaciennes)

3.1. De l'appropriation des méthodes de créativité par les PME

Les PME-PMI, qui ont un poids considérable en terme économique en Europe et en Alsace en particulier, disposent d'une réactivité et d'une souplesse d'organisation qui constituent des atouts indéniables lorsqu'il s'agit d'innover. Cependant comme l'indique « le livre vert sur l'innovation » de la commission européenne, les PME-PMI qui souhaitent innover font face à de multiples obstacles : difficulté de financement de projets innovants, environnements juridique et réglementaire complexes, ressources humaines et structure des PME-PMI souvent inadaptées. Dans un tel contexte, le recours à des compétences extérieures peut permettre de pallier en partie les difficultés évoquées. Notamment des aides technologiques, financières et humaines peuvent être directement orientées vers les PME-PMI au travers des agences régionales de transfert et d'innovation.

Ce qui est vrai pour le processus d'innovation dans son ensemble l'est également lorsqu'il s'agit de favoriser la mise en œuvre de démarches de conception innovante qui concernent spécifiquement les phases amont du processus d'innovation. L'expérience montre, par exemple qu'il est très difficile pour une PME-PMI de mettre en œuvre une démarche de conception innovante telle que TRIZ. En effet, dans les PME-PMI, le nombre de personnes en charge de la conception est (au mieux) très limité. En outre, l'activité de conception de nouveaux produits est souvent ponctuelle et les méthodes formelles de conception sont peu utilisées –les connaissances mobilisées dans la conception sont souvent de nature tacite. Dès lors, les outils et les démarches de conception récents ont tendance à se diffuser uniquement dans les grandes entreprises.

Faisant ce constat, l'ADEPA Ouest et l'organisme Pays de la Loire Innovation (PLI) ont décidé de mettre en place un dispositif d'accompagnement permettant à des petites entreprises d'expérimenter TRIZ afin de leur apporter une Aide Méthodologique dans la Recherche de Solutions Technologiques Innovantes (d'où la dénomination du projet par l'acronyme AMReSTI). Dans une thèse de doctorat Boldrini (2005) capitalise l'expérience liée à la mise en œuvre de ce dispositif. Nous exposons ici les enseignements que nous tirons de l'étude de Boldrini.

Le dispositif AMReSTI évoqué vise à financer un dispositif d'accompagnement et d'aide à la conception innovante en direction de PMI. Ce dispositif implique notamment :

- des experts TRIZ qui ont les compétences pour animer les séances de résolutions de problème et pour former les acteurs à la démarche TRIZ. Le processus de résolution de problème comprend 4 réunions visant successivement à modéliser le problème, modéliser les solutions, interpréter les modèles et les solutions, coter les solutions.
- des porteurs de projet (soit des conseillers technologiques, soit des professeurs animant des projets au sein d'organismes de formation) qui ont pour mission de cerner les problèmes des entreprises, d'identifier les projets « Trizables », de convaincre l'entreprise de se joindre au dispositif et de défendre le dossier auprès du comité de pilotage.

Le tableau suivant résume le rôle des acteurs du dispositif mis en place (Boldrini 2005, p. 221).

Pays de la Loire innovation	ADEPA	Comité de pilotage	Entreprises
Assurer le suivi administratif et la gestion technique du projet ; Accompagner les projets du dispositif AMReSTI ; Participer au comité de pilotage ; Mettre des conseiller technologique à disposition du dispositif AMReSTI	Garantir le respect de la méthode TRIZ ; Participer au comité de pilotage ; Mettre deux experts TRIZ à disposition du dispositif AMReSTI	Sélectionner les projets ; Orienter le dispositif AMReSTI ; Financer le dispositif d'accompagnement ; Structurer des partenariats et démarrer une dynamique de réseau	Etre le client final ou le représenter ; Fournir des informations sur le problème technique, le produit et son marché ; Valider les solutions

Expert	Porteur de projet	Conseiller technologique	Organismes de formation
Mettre en œuvre la méthode TRIZ ; Animer les réunion du projet ; Aider le groupe dans la recherche de solutions ; Proposer des solutions ; Former/informer les acteurs au sujet de la méthode TRIZ	Identifier les besoins de l'entreprise ; Documenter le sujet ; Introduire l'expert dans l'entreprise et assurer l'interface ; Accompagner l'entreprise dans le déroulement du projet	Faire prendre conscience à l'entreprise du besoin de changement ; Diagnostiquer les problèmes ; Rechercher des informations, faire appel à des compétences	Concevoir et réaliser un équipement industriel pour une PMI ; Professeurs : encadrer les étudiants, gérer le projet, participer aux choix techniques ; Etudiants : Concevoir, fabriquer et tester le produit du projet

Cette opération a été initiée par quatre cas pilotes qui ont permis d'affiner le dispositif, puis s'est poursuivie par une douzaine de cas.

Nous soulignons trois leçons qui selon nous, se dégagent de l'analyse de Boldrini (2005).

En premier lieu, des facteurs de contingences jouent sur le transfert de technologie. Le dispositif AMReSTI a mieux fonctionné dans les contextes où :

- les produits de l'entreprise étaient simples, par opposition à des produits complexes comprenant de nombreuses fonctions interdépendantes.
- les normes techniques et les réglementations en matière d'hygiène et de sécurité étaient peu contraignantes ;
- les entreprises étaient ouvertes aux technologies extérieures et non-dominées par une culture métier propre ;
- les acteurs chargés de la conception avaient l'habitude d'utiliser des démarches de conception.

Le travail de Boldrini suggère d'une part la nécessité de réaliser un diagnostic préalable des entreprises bénéficiaires et d'autre part, il encourage à élaborer plusieurs dispositifs d'accompagnement différents afin de mieux prendre en considération la spécificité de la structure bénéficiaire.

En second lieu, il semble important d'accompagner les entreprises jusqu'à la démonstration des solutions.

« Ceux qui ne connaissaient pas TRIZ (essentiellement les membres des entreprises) ont souvent eu l'impression d'un travail inachevé. Ils ont été frustrés de ne pas en voir la matérialisation. Ils n'ont pas eu la démonstration de l'efficacité de la méthode. De ce fait, ils sont peu tentés d'en faire la promotion... L'accompagnement devrait donc se poursuivre jusqu'aux tests de faisabilité des solutions surtout s'ils sont longs, risqués ou coûteux. » (Boldrini 2005, pp. 258-259).

En troisième lieu, il s'agit de privilégier le travail en tandem pour accompagner l'entreprise. Boldrini a noté que la confrontation de l'expert métier (au sein de l'entreprise) avec l'expert TRIZ était souvent source de blocage de la collaboration. L'expert TRIZ va souvent mettre en avant des solutions qui s'éloignent des pratiques des acteurs, pour être créatif il s'agit d'accepter de sortir du cadre, de chercher à dépasser les contradictions. Les acteurs de l'entreprise se sentent donc parfois remis en question dans leurs compétences, d'autant que l'expert TRIZ est souvent un ingénieur hautement diplômé. C'est pourquoi l'exploration de solutions technologiques nouvelles est susceptible de produire des dissonances cognitives (Festinger 1957) chez les concepteurs au sein de l'entreprise : ces derniers finissent par refuser d'étudier les solutions qui leur sont proposées. Dans le dispositif AMReSTI le porteur de projet peut jouer le rôle de médiateur entre l'expert métier et l'expert TRIZ et faciliter la convergence des représentations entre ces acteurs.

3.2. Le cas de l'Alsace

Si nous considérons le tissu économique Alsacien (INSEE 2007), on note qu'une part importante de l'emploi se situe dans l'industrie. Après la Franche Comté, l'Alsace se place au second rang national avec 22% de l'emploi dans l'industrie, malgré une désindustrialisation plus marquée que dans d'autres régions. La part de l'emploi industriel dans les PME est sensiblement identique à la moyenne nationale, mais une part supérieure à la moyenne nationale se situe au sein de groupes étrangers.

Le tissu industriel est souvent orienté vers des activités productives de sous-traitance (par exemple automobile avec la présence du pôle de compétitivité Automobile Alsace-Franche Comté). Enfin avec 50% de l'emploi, l'activité industrielle est relativement concentrée autour des pôles Strasbourg, Mulhouse et Colmar.

La mise en œuvre de démarches d'aide à la conception au sein des entreprises se fait de manière classique par deux biais : les cabinets de conseil et les relations entre universités/écoles d'ingénieurs et entreprises. Les actions individuelles ou collectives menées au travers de l'Agence Régionale de l'Innovation, la DRIRE et des CCI sont nombreuses et facilitent l'accès pour les PME aux compétences de cabinets de conseil. Mais pour des raisons évidentes, les démarches menées par les cabinets de conseil sont celles ayant atteint un fort niveau de maturité : brainstorming, QFD... L'accès aux approches de conception innovante se fait quant-à-elle par le biais des universités et écoles d'ingénieur. En particulier, l'INSA de Strasbourg est un acteur reconnu dans ce domaine. Les relations entre Universités/Ecoles et les entreprises ont lieu soit par contact direct (notamment par le biais de projets ou de formations continues) soit par l'intermédiaire d'agences telles Conectus Alsace, les CRITT ou encore les pôles de compétitivité (au nombre de deux : « Innovations Thérapeutiques » et « Véhicule du Futur Alsace-Franche Comté »).

Avec un certain recul (les balbutiements concernant les démarches TRIZ remontent à Cavallucci et Lutz, 1997), les éléments suivants peuvent être avancés : les contrats d'expertise ou de recherche relatifs à TRIZ impliquant l'INSA de Strasbourg concernent essentiellement les grands groupes (plus de 85% des contrats signés depuis 2004). De plus les groupes ayant signé un contrat de partenariat ont une forte propension à se retourner vers l'INSA pour des projets ultérieurs (depuis 2004, 50% des entreprises ont signé deux conventions ou plus).

Néanmoins, l'intégration des démarches de conception innovante dans les PME-PMI n'est pas sans poser problème. D'une part, la mise en œuvre de ces méthodes nécessite une maturité de l'entreprise au regard de sa stratégie et de son organisation de l'innovation. D'autre part, les prestations de conception innovante menées par l'INSA de Strasbourg s'inscrivent dans une démarche de recherche-action (Argyris 1995, Liu 1997). La recherche-action trouve sa légitimité lorsque l'état des connaissances théoriques disponibles est insuffisant pour apporter aux acteurs de terrain des réponses immédiates afin de gérer les situations rencontrées. La recherche-action nécessite un investissement de l'entreprise –notamment en termes de temps– pour des résultats qui ne sont pas toujours immédiats. Ceci constitue à notre sens un frein au déploiement des méthodes de conception innovante dans les PME.

En effet en 2001, l'ADEPA Alsace a conduit une action collective avec l'ENSAIS (devenue entretemps INSA de Strasbourg) ayant servi de test pour l'intégration de la démarche TRIZ dans les PMI. Il s'agissait notamment de former des consultants afin de transférer la méthode vers les entreprises industrielles, d'informer et de sensibiliser les PMI à la démarche TRIZ, et enfin d'appliquer la méthode dans les PMI Alsaciennes via des interventions courtes de pré-conseil (intervention d'une durée inférieure à 5 jours) et des actions longues de formation-action. Les résultats de cette action confirment les difficultés que nous évoquions précédemment. La démarche TRIZ est souvent jugée intéressante par les entreprises, mais elle est également qualifiée de complexe, lourde et difficile à approprier. Les dispositifs de transfert vers les PMI d'une telle démarche restent encore à définir. Nous pensons que l'expérience menée par le Pays de la Loire pourrait être utilisée afin de concevoir un tel dispositif, d'autant qu'un des deux experts TRIZ ayant participé au projet AMReSTI provenait de l'INSA.

Nous avons souligné l'intérêt du pilotage des projets en tandem et le rôle de facilitateur et de médiateur qu'ont eu les porteurs des projets dans le dispositif AMReSTI, ainsi que la nécessité de différencier les dispositifs de transfert en fonction des caractéristiques des entreprises.

Nous savons que les PME de type adhocratique (Mintzberg, 1982) possèdent souvent en interne des ressources humaines qui leur permettent de maîtriser les démarches de conception innovante. En outre ces entreprises très ouvertes sur leur environnement n'hésitent pas à faire appel à des ressources extérieures lorsqu'elles le jugent nécessaire. C'est pourquoi ces entreprises qui sont souvent des moteurs dans les opérations de transfert de technologie n'ont généralement pas besoin d'un médiateur. A l'autre extrémité, les PME de type structure simple (Mintzberg, *Ibid.*) sont dans leur immense majorité dépourvues d'un service dédié à l'activité de conception. Dans ce contexte, l'appropriation des outils de la conception innovante s'avère particulièrement difficile. Si l'on souhaite transférer les méthodes et outils, le rôle des médiateurs semble incontournable. L'expérience AMReSTI suggère en outre que les organismes de formation au travers des professeurs encadrant des stagiaires peuvent jouer avec succès ce rôle.

Enfin, il existe également des PME, généralement industrielles dotées d'une structure bureaucratique (Mintzberg, *Ibid.*) leur permettant de générer des effets d'expérience et de gérer les contraintes en termes d'hygiène et de sécurité. C'est probablement dans ce contexte

que la culture métier est la plus forte, et que le transfert des outils de conception innovante est le plus délicat. Dans cette situation, le médiateur doit disposer de compétences élevées et diversifiées lui permettant de maîtriser à la fois le pilotage des projets innovants et d'être capable de construire un dialogue avec des acteurs ayant des compétences métier très spécifiques.

4. Conclusion

De notre point de vue, l'activité de conception renvoie à des processus de résolution de problèmes bien identifiés ainsi qu'à des processus visant à créer des espaces de solution radicalement nouveaux. Lorsque les concepteurs choisissent l'arbitrage, le résultat est susceptible d'aboutir à une innovation incrémentale (*i.e.*, une amélioration des solutions existantes). L'incertitude est alors relativement faible. Cependant, si les contraintes de départ aboutissent à la nécessité de dépasser des contradictions, le produit fini peut devenir radicalement innovant dans la mesure où son modèle génératif est remis en question : le niveau d'incertitude lié au processus s'accroît. Le développement de la créativité implique probablement de faire évoluer de manière sensible les pratiques de gestion de projets innovants. Les partisans de la démarche TRIZ et de C-K ne se contentent pas de théoriser la question de la créativité, mais ils proposent également des démarches, des outils et des dispositifs organisationnels favorisant l'émergence de projets de conception créatifs.

Cependant, la mise en œuvre de ces démarches pose un double problème. D'une part, leur diffusion, en particulier dans le tissu des PME s'avère être un processus difficile. D'autre part, les développements méthodologiques des outils d'aide à la créativité ne sont pas achevés. Il est probablement nécessaire de stimuler des dispositifs spécifiques qui :

- favorisent la diffusion des démarches de conception innovante ;
- offrent aux chercheurs des terrains d'investigations leur permettant d'adapter les méthodes et outils à la diversité des besoins du tissu industriel.

Concernant le cas alsacien, une formation de l'Université de Strasbourg (parrainée par la Région Alsace) peut être mentionnée : le DIU « Ingénierie des Projets Innovants » ouvert à des docteurs en science et destiné à former des responsables en matière de transferts de technologies. Après trois ans d'existence nous disposons d'un réseau de spécialistes de transferts de technologies à partir duquel des projets de transferts d'outils de conception innovante peuvent être envisagés.

Bibliographie

Akao Y. (1990). *Quality function deployment: Integrating customer requirements into product design*. Cambridge MA: Productivity Press.

Albano L. D. & Suh N. P. (1992). Axiomatic approach to structural design. *Research in Engineering Design*, 4(3), 171-183.

Alexander C. (1964). *Notes on the Synthesis of Form*, Cambridge, Harvard University Press, 216 p.

Altshuller G. S. (1984). *Creativity as an exact science: The theory of the solution of inventive problems*. New York: Gordon and Breach Publishers.

Argyris C. (1995), *Savoir pour agir. Comment surmonter les obstacles à l'apprentissage organisationnel*, InterEditions.

Becker M. & Lazaric N. (2009). *Organizational routines: advancing empirical research*, Edward Elgar, Cheltenham.

Bootz J.P. & Schenk E. (2009). Comment gérer les experts au sein et en dehors des communautés, in *Les communautés en pratique : leviers de changements pour l'entrepreneur et le manager*, J.P Bootz & F. Kern (eds), Lavoisier.

Boldrini J.C. (2005). *L'accompagnement des projets d'innovation : le suivi de l'introduction de la méthode TRIZ dans les entreprises de petites taille*, thèse de doctorat en Sciences de Gestion, effectuée sous la direction de J.P. Bréchet, Université de Nantes.

Cavallucci D. & Lutz P. (1997). TRIZ, une nouvelle théorie d'aide à l'innovation industrielle, *Revue Française de Gestion Industrielle*, 16(3), 15-23.

Cavallucci D. & Khomenko N. (2007). From TRIZ to OTSM-TRIZ: Addressing complexity challenges in inventive design, *International Journal of Product Development*, Volume 4(1/2).

David A. (2002). Décision, conception et recherche en sciences de gestion, *Revue Française de Gestion*, 139, 173-184.

Dubois D. & De Guio R. (2006). System models for TRIZ problem solving, 1st Iberian & Latin American Conference on Technological Innovation, Puebla : Mexique.

Festinger L. (1957). *A theory of cognitive dissonance*, Stanford University Press.

Goller C. & Kobe I. (2009). Assesment of Product Engineering Creativity, *Creativity and Innovation Management*, 18 (2), 132-140.

Hatchuel A. & Weil B. (2002). La théorie CK, Fondement et usage d'une théorie unifiée de la conception, *International Conférence Sciences of Design*, Lyon.

Hatchuel A., Le Masson P. & Weil B. (2005). Activité de conception, organisation de l'entreprise et innovation, dans G. Minguet et C. Thuderoz (éds.), Travail, entreprise et société: manuel de sociologie pour ingénieurs et scientifiques, Presses universitaires de France.

INSEE-Alsace (2007). L'essentiel sur l'industrie en Alsace, Région Alsace.

Landry M. & Banville C. (2002). Repères pour la formulation des problèmes organisationnels complexes. *Revue Gestion* 2000, 19(4), 127-147.

Le Masson P., Weil B. & Hatchuel A. (2006). Les processus d'innovation, Lavoisier.

Liu M. (1997). Fondements et pratiques de la recherche-action, Editions L'harmattan.

Mintzberg H. (1982). Structure et dynamique des Organisations, Editions d'Organisation.

OCDE (2007). Les essentiels de l'OCDE : comment le savoir détermine notre vie, 81 pages.

Pahl G. & Beitz W. (1996). Engineering design: a systematic approach, Springer.

Simon H. A. (1960). The new science of management decision. New York and Evansten: Harper & Row Publisher.

Simonton D.K. (1988). Scientific genius : a psychology of science, Cambridge University Press.

Smith R.P. & Eppinger S.D. (1997). A predictive model of sequential iteration in engineering design, *Management Science*, 43(8), 1104-1120.

Wacheux F. (1996). Méthodes qualitatives et recherche en gestion, Economica.

Weisberg R.W. (2006). Creativity : understanding innovation in problem solving, science, invention, and the arts, Wiley.