Du problème à son processus de résolution : entre positivisme et constructivisme. Application à la conception de systèmes techniques.

Nathalie GARTISER, Maître de Conférences, Sciences de Gestion

Sébastien DUBOIS, Docteur A.T.E.R., Sciences pour l'Ingénieur

Laboratoire de Génie de la Conception - Equipe LICIA

INSA de Strasbourg - 24 bld de la Victoire - 67084 Strasbourg Cedex

Tél : 03 88 14 47 00 – Fax : 03 88 14 47 99

nathalie.gartiser@insa-strasbourg.fr ; dubois@mail.insa-strasbourg.fr

Résumé : L'article proposé s'attache à définir un cadre épistémologique pour la résolution des problèmes en conception de systèmes techniques. L'objectif du positionnement épistémologique de la résolution de problèmes en conception est de permettre une meilleure compréhension, et donc une utilisation plus efficiente, des méthodes de résolution de problèmes en conception.

La résolution de problèmes est abordée au travers d'un triptyque problème – formulation du problème – synthèse d'une solution.

Le premier point abordé est la définition du concept de problème. Cette clarification pose le problème comme étant issu d'une situation problématique qui soit jugée préoccupante, et pour laquelle existent des moyens d'agir pour faire évoluer cette situation. Dans ce cas, le problème existe si l'évolution de la situation problématique nécessite de mettre en œuvre une réflexion.

Les questions épistémologiques peuvent alors être abordées. Tout d'abord, nous rappelons la différence entre une vue objective et une vue subjective des connaissances. Ce distinguo permet d'introduire les fondements épistémologiques, notamment les épistémologies positivistes et constructivistes, au travers des questions gnoséologique et méthodologique. Le concept de problème est alors décliné au regard de trois vues épistémologiques: la vue objectiviste, la vue subjectiviste et, enfin, la vue constructiviste. Cette partie amène à la conclusion que le paradigme épistémologique dans lequel s'inscrit un problème influe fortement sur la manière de le résoudre. Il est donc nécessaire de mettre en adéquation la

méthode qui permet de manipuler les connaissances, i.e. le processus de résolution de problèmes, avec le paradigme.

L'importance de la formulation du problème est alors révélée au travers de l'analyse des caractéristiques et des vues de la formulation des problèmes. Ce paragraphe insiste sur le lien entre méthode de formulation et contexte épistémologique.

Le passage du problème formulé à la synthèse de la solution pose la question de la nature d'un problème dit formulé. Cette notion peut être rapprochée de celle de problème structuré. Les problèmes structurés vérifient un ensemble de six critères et permettent de guider la manière de passer d'une situation problématique à un problème formulé, de façon telle qu'on puisse le résoudre.

L'article s'attache alors à spécifier ces questions au domaine de la conception de systèmes techniques. Pour cela sont présentées les spécificités de la conception, et des problèmes en conception, notamment le fait que les problèmes, en conception, soient ouverts et mal définis. Différentes approches de la conception sont rappelées, afin de montrer le flou existant quant aux fondements épistémologiques de la résolution de problèmes en conception.

La vision de la résolution de problèmes en conception, au regard du triptyque problème – formulation du problème – synthèse d'une solution permet de montrer que les paradigmes épistémologiques positivistes et constructivistes sont pertinents pour aborder certaines dimensions de la résolution des problèmes mais ne permettent pas d'appréhender celle-ci dans sa globalité. Il est donc nécessaire de définir une nouvelle voie épistémologique, que nous appelons épistémologie "partagée", entre positivisme et constructivisme.

Cette épistémologie "partagée" permet de voir la conception comme une démarche de compréhension et donc de formulation d'une réalité objective et comme la synthèse d'une solution modifiant cette réalité selon un certain nombre d'interprétations de cette réalité, fruits de l'interaction entre, d'une part, le résolveur et les différentes parties concernées par le problème et, d'autre part, le problème lui-même.

Afin d'illustrer, à la fois la pertinence des épistémologies positivistes et constructivistes sur certaines dimensions de la résolution de problèmes en conception, et la nécessité d'une épistémologie "partagée" pour en aborder la globalité, une approche particulière de la conception, la TRIZ, est présentée au travers du type de connaissances qu'elle manipule. Cette présentation est une ébauche de validation, qui devra être étendue, dans des travaux ultérieurs, à l'étude d'autres approches de la conception.

Mots clés : *Conception, épistémologie, résolution de problèmes, formulation de problèmes*

Du problème à son processus de résolution : entre positivisme et constructivisme. Application à la conception de systèmes techniques.

1. INTRODUCTION

La résolution de problèmes est une activité commune et cruciale à de nombreux domaines. Elle est notamment reconnue comme étant d'une importance capitale en conception (Simon, 1987). Toutefois, la signification même du terme "résolution de problème" mérite d'être précisée. Si cette activité ne peut être dissociée de la formulation desdits problèmes, cette étape ne suffit pas. Même si l'on affirme fréquemment que formuler correctement un problème revient quasiment à le résoudre, on ne sait pas forcément ce que veut dire formuler « correctement » un problème. Cela doit au moins signifier ne pas commettre d'erreur de type III, c'est-à-dire, ne pas résoudre le mauvais problème, au sens de la typologie des erreurs proposée par (Raïffa 1973)[1]. Cette assertion suppose de pouvoir distinguer les vrais des faux problèmes. On peut donc légitimement se poser la question de ce qu'est un "vrai" problème. On constate que la notion même de problème est partie intégrante de son processus de résolution, puisque le problème est initiateur de l'acte de résolution. Problème et formulation du problème n'ont de sens que dans la perspective de synthétiser une solution. Nous obtenons ainsi un triptyque problème – formulation de problème – synthèse de solution, à même de décrire la résolution de problème. Ainsi les démarches de résolution de problèmes doivent nécessairement intégrer les différents éléments de ce triptyque et s'assurer qu'ils sont cohérents.

Sur la notion de problème, les différents points de vue pour définir un "vrai" problème montrent une hétérogénéité non seulement dans la manière d'aborder le concept même de problème, mais également dans la manière de le formuler en pratique et d'y apporter une solution, et donc dans la manière d'en conduire le processus de résolution (Dorst, 1997).

Cet article, qui constitue la première étape d'une recherche de plus grande ampleur, s'intéressera plus particulièrement aux processus de résolution de problèmes en conception industrielle. Dans ce contexte, on prend rapidement conscience que la mise en œuvre des méthodologies de résolution de problèmes sera immanquablement basée sur leurs logiques de construction, qui elles-mêmes se fondent sur des statuts spécifiques de la connaissance. C'est

pourquoi les fondements épistémologiques des méthodes de résolution de problèmes nous semblent particulièrement intéressants à analyser afin de à faire évoluer ces méthodologies de façon cohérentes.

Pour mener à bien cette analyse, nous avons été amenés à nous doter "d'une position épistémologique aménagée" selon les thermes de Thiétart (1999, p. 31), que nous avons appelée "épistémologie partagée" entre positivisme et constructivisme.

Le cheminement qui nous a conduit à cette proposition et à une première étape de validation, s'articule en trois points.

Un premier point important nous paraît être de clarifier la notion de problème. Avant de savoir comment le formuler puis synthétiser une solution, tachons de définir ce qu'est un problème. Pour cela, nous nous appuierons d'abord sur la distinction entre situation problématique et problème. Puis, nous tenterons d'identifier le type de connaissances inhérentes aux problèmes. Finalement, nous tenterons d'appréhender le concept de problème au travers des paradigmes épistémologiques classiques.

Une fois les problèmes définis, nous aborderons la question de la démarche de résolution de problèmes. Nous insisterons sur l'importance de la phase de formulation, puis nous examinerons le passage de la formulation du problème à la synthèse d'une solution.

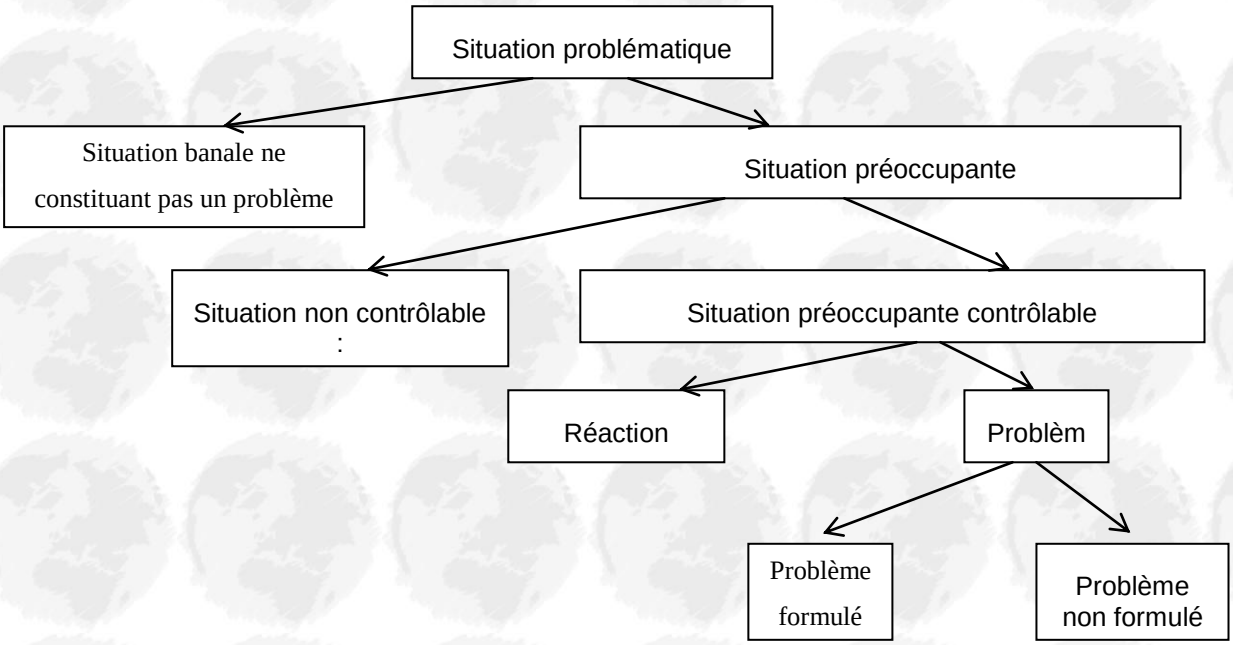
Enfin, dans une troisième partie, nous décrirons les spécificités des problèmes en conception de systèmes techniques, en nous appuyant sur ce qui a été présenté dans les paragraphes précédents. Nous présenterons tout d'abord la façon dont la démarche de résolution de problèmes est abordée en conception industrielle, puis nous proposerons un positionnement épistémologique spécifique (une épistémologie "partagée") à ce type de problèmes. Une première étape de validation, basée sur une théorie de résolution des problèmes en conception de systèmes techniques, la TRIZ, sera proposée. L'objectif est de montrer que les épistémologies positivistes et constructivistes sont à la fois pertinentes sur certaines dimensions du triptyque, et insuffisantes pour aborder la globalité de la résolution de problèmes en conception. Cette présentation montrera la pertinence de notre épistémologie "partagée" au regard des connaissances manipulées lors d'une résolution de problèmes par la TRIZ.

2. QU'EST-CE QU'UN "PROBLÈME" ?

2.1. DE LA SITUATION PROBLÉMATIQUE AU PROBLÈME

La définition la plus courante d'un problème fait apparaître une caractéristique fondamentale : l'inconfort ou l'insatisfaction d'un agent par rapport à une situation particulière. Toutefois, ceci ne suffit pas pour différencier ce qui constituerait une situation qui pose problème d'un réel problème à résoudre.

En nous basant sur les travaux de Landry et Banville (2002), nous pouvons représenter comme suit (fig. 1) les différences majeures entre une situation problématique et un problème.



Sources : D'après Landry et Banville, 2002.

Fig. 1 : De la situation problématique au problème.

Définissons chacune des situations permettant de distinguer entre situation problématique et problème.

Une situation problématique peut être définie comme une préoccupation, un inconfort face à une situation concrète quelconque avec ou sans capacité, ou volonté, d'intervention pour modifier l'état des choses. Parmi ces situations, certaines ont été anticipées ; elles sont sans surprise et leurs effets sont déjà envisagés. Ces situations sont qualifiées de banales. D'autres, les situations préoccupantes, ont une possibilité importante d'influer positivement ou négativement sur d'autres dimensions liées à la situation. Certaines de ces situations

préoccupantes ne sont pas contrôlables, c'est-à-dire que l'on n'a ni le pouvoir, ni les moyens (i.e. les ressources) d'agir (i.e. de modifier la situation dans un horizon temporel défini). Ces situations sont qualifiées d'état de la nature, c'est-à-dire de situations sur lesquelles nous ne pouvons pas agir et qui vont constituer des contraintes dans tout autre processus de résolution de problèmes. D'autres situations, au contraires, sont contrôlables, c'est-à-dire qu'il s'agit de situations pour lesquelles on a non seulement le pouvoir mais également les moyens d'agir.

A partir d'une situation jugée préoccupante, un problème pourra émerger si une réflexion pour le résoudre est nécessaire (si aucune réflexion n'est requise dans ce type de situation, cela signifie que, pour passer à l'action, seule une réaction réflexe sera nécessaire ; dans ce cas, aucune phase de formulation, ni de résolution ne sera nécessaire : on ne sera pas face à un problème).

Un problème aura ainsi trois caractéristiques :

- la possibilité d'action afin d'améliorer la situation préoccupante,
- la volonté d'action afin d'améliorer la situation préoccupante,
- une activité explicite de réflexion afin d'aboutir à une solution.

Certains auteurs font par ailleurs la différence entre problèmes structurés (si la réflexion n'est utilisée que pour concrétiser une orientation et une piste déjà dégagées) et non structurés (s'il existe une incertitude sur l'orientation à donner à l'action et sur la piste à choisir afin de trouver une solution au problème). En fait, cette distinction fait apparaître l'importance de la phase de formulation. Les problèmes structurés correspondent ainsi à des problèmes qui sont déjà formulés, alors que les problèmes non structurés ne le sont pas encore. Nous verrons plus loin (cf. §3.2.) que d'autres auteurs (en particulier Simon, 1973) donnent une définition alternative de ce qu'est un problème structuré. Dans ce texte, nous utiliserons le terme "formulé" lorsque la structuration ne couvre que la première acception ; nous conservons le terme "structuré" pour une acception plus large.

2.2. CONNAISSANCE OBJECTIVE VS CONNAISSANCE SUBJECTIVE

Dès que l'on s'intéresse aux fondements épistémologiques, le statut des connaissances manipulées devient une dimension incontournable. Ainsi cette question doit être abordée dans le cadre du concept de problème : quel est l'état de la connaissance du décideur sur le problème et son environnement. Afin d'apporter des éléments de réponse à cette question, nous nous sommes, pour le moment, principalement inspiré des travaux de Popper tels que

présentés dans (Blanchot, 1999). Les auteurs mettent en avant l'articulation entre connaissances objectives et connaissances subjectives. En effet, cette articulation nous paraît fondamentale afin d'approfondir notre compréhension du processus de résolution de problèmes (en particulier dans le domaine de la conception industrielle que nous aborderons dans le paragraphe 4).

Dans ses travaux, Popper fait la distinction entre trois mondes :

- le monde des objets physiques ou des états physiques,
- le monde des états de conscience, états mentaux, dispositions comportementales,
- le monde des contenus objectifs de pensée qui est surtout constitué des mondes de la pensée scientifique, de la pensée poétique et des œuvres d'art. Ce troisième monde est essentiellement constitué de la sphère théorique.

Popper avance que la distinction entre les mondes 2 et 3 nous conduit à définir deux types de connaissances : les connaissances subjectives relatives au monde 2 et les connaissances objectives relatives au monde 3.

La connaissance subjective fait référence à la connaissance d'un sujet sur quelque chose. C'est le fait "d'être au courant", "d'être informé". La connaissances objective fait quant à elle référence aux savoirs. C'est une connaissance impersonnelle. Comme l'exprime Blanchot (p.33), "ce n'est pas l'acte subjectif de penser (le processus) mais le contenu objectif de cette pensée". Selon la présentation de Blanchot de la pensée de Popper, le problème va toujours précéder l'observation. De ce fait, le résolveur n'aura aucune action sur le problème en lui-même, qui existera préalablement à l' intervention humaine.

De cette typologie particulière des connaissances, émergent des liens avec les fondements épistémologiques des problèmes. Abordons ceci dans le paragraphe suivant.

2.3. FONDEMENTS ÉPISTÉMOLOGIQUES DU CONCEPT DE PROBLÈME

2.3.1. Description générale des fondements épistémologiques

En nous basant essentiellement sur les travaux de Le Moigne (1994, 1995/1, 1995/2)[2], nous pouvons présenter deux contextes épistémologiques bien différents : le positivisme et le constructivisme (fig. 2).

Le Moigne propose une lecture de ces deux courants au travers de deux des trois questions[3] qui nous aident à nous interroger sur la légitimité des connaissances utilisées pour tout raisonnement (donc en particulier pour résoudre des problèmes) : qu'est-ce que la connaissance (c'est la question gnoséologique) et comment est-elle constituée (c'est la question méthodologique).

		Principe méthodologique	
		Modélisation analytique Raison suffisante	Modélisation systémique Action intelligente
Hypothèses gnoséologiques	Ontologique Déterministe	Epistémologies positivistes	
	Phénoménologique Téléologique		Epistémologies constructivistes

Sources : Le Moigne (1995/2, p.119)

Fig. 2 : Caractéristiques des fondements épistémologiques classiques.

Présentons rapidement ces différentes dimensions (pour une présentation plus détaillée, voir Le Moigne, 1995/2).

L'hypothèse ontologique considère que la connaissance produite par la science est une connaissance sur la réalité, indépendamment des observateurs qui la décrivent.

L'hypothèse déterministe pose le principe qu'il existe une forme de détermination interne, propre à la réalité, ce qui conduit à la recherche de lois causales qui gouvernent la réalité.

L'hypothèse phénoménologique avance que les interactions entre l'objet et le sujet sont à la base des connaissances.

L'hypothèse téléologique vise quant à elle à prendre en compte l'intentionnalité ou la finalité du sujet par rapport à l'objet;

Le principe de modélisation analytique vise à décomposer un problème en sous-problèmes élémentaires.

Le principe de raison suffisante vise quant à lui à mettre en évidence des relations de cause à effet.

Le principe de modélisation systématique vise à décrire une action dans son contexte, faisant de l'interaction objet-sujet une source de complexité.

Le principe d'action intelligente vise à construire une représentation des problèmes perçus par le sujet et à chercher à le résoudre.

Ces caractéristiques présentées rapidement nous permettent, dans le cadre de notre propos, de nous interroger sur les fondements épistémologiques de la notion de problème.

2.3.2. Trois vues du concept de problème

En cherchant à positionner épistémologiquement le concept de problème, nous avons été amenés à nous pencher sur les travaux de Landry (1995). Celui-ci présente les différences relatives au concept de problème au regard de trois vues épistémologiques : objectiviste, subjectiviste et constructiviste. Par rapport aux deux paradigmes épistémologiques classiques présentés par Le Moigne, l'approche objectiviste est, à notre avis, à rapprocher de l'hypothèse ontologique des épistémologies positivistes ; l'approche subjectiviste, quant à elle, est proche de l'hypothèse phénoménologique (Le Moigne, 1995/2 ; Thiétart, 1999). En référence aux travaux de Landry, nous expliciterons pour chaque vue la manière dont l'objet évolue, dont le résolveur considère la situation problématique, enfin la manière dont le problème apparaît.

- **Vue objectiviste**

La première vue proposée est la vue objectiviste du problème. Cette vue pose l'existence d'une réalité totalement extérieure et indépendante du sujet considérant cette réalité. L'objet porte en lui les caractéristiques de son évolution. Le rôle du résolveur est alors passif : observer la réalité et ainsi comprendre les caractéristiques guidant l'évolution de l'objet considéré. Si l'évolution de l'objet est implicite, le problème est une résultante de cette évolution. Le problème apparaît dès lors de lui-même, et le résolveur en prend connaissance en cherchant à l'appréhender.

- **Vue subjectiviste**

Une deuxième approche, le subjectivisme, est antagoniste à la première. Il s'agit ici de considérer que le problème va être ressenti par une personne et que sa résolution dépendra de la personne le découvrant. Le résolveur a alors toute liberté dans la manière de faire évoluer l'objet. Les problèmes sont ainsi des entités totalement abstraites résultant de tentatives de structuration des perceptions qu'en a le résolveur. Le problème n'apparaît que par le fait que quelqu'un s'y intéresse : le résolveur va le ressentir émotionnellement.

- **Vue constructiviste**

Enfin, la dernière approche proposée est celle de la vue constructiviste. Les connaissances sont ici considérées comme le fruit de l'interaction entre l'objet considéré et le sujet

considérant. Un objet ne pouvant être totalement décrit selon l'ensemble de ses caractéristiques, un sujet se construit une représentation partielle de l'objet. Ainsi le problème est un moyen pragmatique pour organiser les activités permanentes d'adaptation. Les problèmes ne sont ni donnés (vue objectiviste), ni créés (vue subjectiviste), ils sont identifiés et sélectionnés par le sujet. De ce fait, le problème apparaît lorsque d'une part une personne reconnaît qu'une tentative d'adaptation a échoué et d'autre part lorsqu'elle identifie la nécessité d'une enquête sur les raisons de cet échec dans le but d'améliorer la situation. En quelque sorte, un problème résulte d'un acte délibéré de la pensée visant à s'adapter continuellement.

Nous voyons au travers de ces trois vues, que la manière de traiter les connaissances varie considérablement en fonction du positionnement épistémologique du résolveur. Il est donc nécessaire de mettre en adéquation la méthode qui permet de manipuler les connaissances, i.e. le processus de résolution de problèmes, avec le positionnement.

3. DU PROBLÈME À SA RESOLUTION

Dans ce cheminement, le premier élément à traiter est constitué du passage de la situation problématique au problème puis à sa résolution. En se référant aux travaux de Popper (Blanchot, 1999), il est possible d'introduire un lien entre problème et situation de problème. En effet, Popper définit la situation de problème comme étant la contextualisation du problème (c'est-à-dire le rapport du problème avec son environnement). C'est bien lorsque le décideur se trouve en situation de problème qu'une démarche de résolution va se mettre en œuvre.

Cette démarche de résolution est initiée, nous l'avons déjà défini précédemment, lorsqu'une situation dite problématique est caractérisée par une volonté de changement et des moyens d'action. Le problème est alors initiateur d'une démarche de résolution qui vise à comprendre la cause du problème et à y trouver une solution. Ces deux phases de formulation de problème et de synthèse d'une solution sont deux processus concomitants. Le problème, en tant qu'initiateur de la résolution des problèmes, la formulation du problème, visant à comprendre le cadre d'apparition du problème, et la synthèse d'une solution constituent un triptyque caractérisant de manière globale la résolution de problèmes (fig. 3).

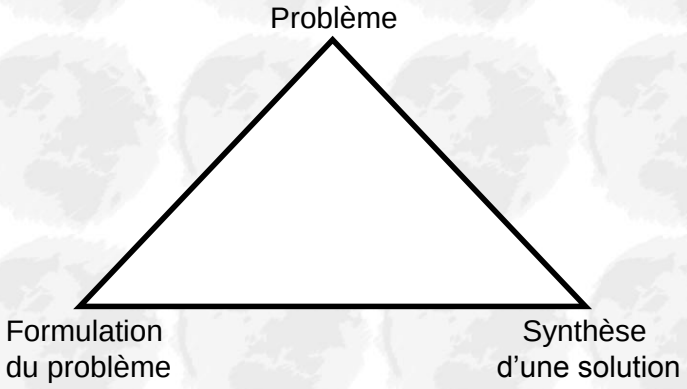


Fig. 3 : Le triptyque de la résolution de problèmes.

Nous proposons, dans la suite de l'article, d'aborder la résolution de problèmes au regard de ce triptyque.

3.1. IMPORTANCE DE LA FORMULATION DES PROBLÈMES

La formulation est un processus de réflexion nécessaire pour guider et orienter l'action. L'objectif de la phase de formulation est de répondre à deux questions fondamentales :

- quoi faire ? c'est-à-dire choisir l'orientation générale que doit prendre l'action ;
- comment faire ? c'est-à-dire dégager un chemin pour concrétiser cette orientation.

On notera que la phase de formulation vise à déterminer le chemin à parcourir pour résoudre le problème ; ce chemin ne sera effectivement parcouru qu'au moment de la phase de résolution.

Le rôle de la formulation est de changer d'état : passer d'un premier état dans lequel un décideur ressent, détecte, soupçonne qu'une situation est préoccupante (dans le sens situation préoccupante et contrôlable de la fig. 1) à un second état marqué par le fait de pouvoir exprimer clairement pourquoi il en est ainsi (un problème dans la fig. 1).

La formulation correspond à une activité de construction de sens, qui se décompose en trois sous-activités :

- ordonner un matériel brut, c'est-à-dire lier, regrouper, synthétiser des éléments,
- explorer d'autres possibilités, c'est-à-dire ajouter, retrancher d'autres éléments, réinterpréter certains éléments,

- valider le tout.

Toutefois, il est évident que cette construction sera à la fois partiale et partielle : partiale parce qu'en fonction du résolveur, elle va privilégier une orientation aux dépens d'autres ; partielle parce que le choix d'une orientation va prendre en compte certains éléments du problème et en ignorer d'autres.

Pour Landry et Banville (2002), les problèmes qui possèdent une formulation reconnue correspondent à des situations récurrentes. On peut ainsi identifier trois caractéristiques de tels problèmes. Comme ils sont récurrents :

- leur standardisation apporte un intérêt économique non négligeable ;
- on assiste à une relative stabilité des problèmes dans le temps et l'espace ;
- l'intérêt porté à la résolution de ce problème est partagé par une communauté de professionnels, accroissant d'autant le désir d'intervention.

La formulation de problèmes ne pose ici aucun problème, par contre on n'a pas la solution pour les résoudre. C'est ce qui distingue ce type de problèmes des situations générant une réaction réflexe (cf. fig. 1).

Par opposition, Landry et Banville identifient également des problèmes non formulés. Ce sont des problèmes que l'on ne sait pas aborder parce que le résolveur n'y a jamais été confronté. L'étape de formulation devient donc primordiale. Selon ces auteurs, pour que cette formulation soit appropriée, elle nécessite deux caractéristiques : elle doit être vraisemblable et en cohérence avec les intérêts de l'entreprise. Pour être vraisemblable, une formulation doit être valable dans sa forme, c'est-à-dire cohérente avec les lois de la nature, et empiriquement fondée, c'est-à-dire cohérente avec la situation de l'entreprise et donc la réalité observable. La seconde dimension porte sur la cohérence avec les intérêts de l'entreprise. En effet, il ne faudrait pas que l'orientation et le chemin de résolution identifiés dans la phase de formulation soient bloqués lors de la phase de résolution parce que le résolveur n'a pas été suffisamment vigilant dans la formulation aux autres dimensions stratégiques de l'entreprise.

On voit ici mise en valeur l'importance de la phase de formulation de problèmes. Par contre nous n'avons que peu d'éléments concernant la formulation effective des problèmes.

Dans leurs travaux, Pidd et Woolley (1980) proposent quatre vues sur la formulation des problèmes[4]. Présentons rapidement ces vues :

- La vue des problèmes par la "check list" : elle consiste à construire une liste de questions visant à obtenir les réponses menant directement à un problème

correctement formulé. Une telle liste doit être suffisamment large et exhaustive pour s'assurer que toutes les dimensions possibles ont été abordées.

- La vue des problèmes par leur définition : elle conduit à formuler les problèmes grâce à un processus permettant de collecter les variables nécessaires pour construire une modèle représentant le problème, modèle qui intègre non seulement les variables mais également les relations entre elles.
- La vue scientifique des problèmes : elle vise à obtenir une compréhension réelle du problème à partir de ce qui est réellement arrivé en analysant des facteurs tangibles.
- La vue humaine des problèmes : elle vise à insister sur les aspects intangibles, interpersonnels et organisationnels propres au problème. Elle considère que les problèmes sont construits par les personnes plus qu'existant comme des entités concrètes. Ainsi, la notion de "vrai problème" n'a que peu de sens puisque le problème sera spécifique à chaque individu.

La position de Pidd et Woolley est que le problème peut, en fait, être abordé comme une combinaison des vues scientifiques et humaines.

Notre proposition est d'aller plus loin, car on reconnaît dans les propositions de Pidd et Woolley des contextes épistémologiques différents (plutôt objectiviste pour ce qui est de la vue scientifique, subjectiviste pour la vue humaine et plutôt constructiviste pour ce qui est de la position de Pidd et Woolley)[5]. Si les différentes vues, et en particulier les vues scientifiques et humaines, sont tout à fait cohérentes avec les paradigmes épistémologiques que nous avons présentés précédemment, il n'en demeure pas moins que certains points doivent être éclaircis en relation avec le processus de résolution de problèmes.

3.2. DU PROBLÈME FORMULE A SA RESOLUTION

Une fois acceptée l'importance de la phase de formulation du problème, se pose immanquablement la question de ce qu'est un problème formulé.

La littérature sur la question nous conduit très vite à différencier les problèmes dits structurés de ceux dits formulés. Cette distinction que nous avions déjà abordée dans le contexte de la fig. 1 mérite d'être quelque peu approfondie.

(Simon 1973) propose un ensemble de six critères pour caractériser des problèmes dits structurés. Il recommande en effet de caractériser l'influence du type de connaissances mises en jeu dans un problème, sur la manière dont le problème peut être résolu, i.e. dont une solution peut être synthétisée. Les critères qu'il énonce sont les suivants :

- l'existence d'un critère défini permettant de tester toute solution proposée, ainsi que l'existence d'un processus mécanique d'application de ce critère.
- l'existence d'au moins un espace de problèmes dans lequel peuvent être représentés l'état du problème, l'état du but, ainsi que tout état pouvant être atteint ou considéré, durant les tentatives de résolution du problème.
- les changements des états atteignables sont représentables dans l'espace de problèmes, comme des transitions d'un état donné aux états directement atteignables.
- il est nécessaire de pouvoir représenter, dans un ou plusieurs espaces de problèmes, toute connaissance sur le problème pouvant être acquise par le résolveur.
- il est nécessaire de pouvoir refléter avec précision les lois régissant le monde extérieur.
- l'ensemble des transformations possibles doit permettre d'acquérir les connaissances nécessaires et de préciser l'état solution en un nombre fini d'opérations.

Le cinquième critère postule qu'il est possible de représenter les lois régissant le monde, cette assertion tend à inscrire les problèmes structurés comme étant basés sur l'hypothèse déterministe (cf. §2.3.1.). Cet ensemble de critères permet de montrer un lien fort entre la formulation du problème et la synthèse d'une solution. En effet, un problème structuré pourra être résolu si l'on parvient à en construire une représentation qui soit computable, c'est-à-dire opérationnalisable informatiquement. Cette hypothèse est le fondement de nombreux travaux sur la résolution des problèmes en Intelligence Artificielle. Les problèmes structurés, au sens de Simon, sont donc par nature des problèmes formulés, au sens de Landry et Banville (cf. fig. 1).

Ainsi, les caractéristiques des problèmes structurés énoncés par Simon permettent de guider la manière de passer d'une situation problématique à un problème formulé de façon telle qu'on puisse le résoudre.

4. QUELLE VUE POUR LA CONCEPTION INDUSTRIELLE (ENGINEERING DESIGN) ?

De manière à expliciter notre démarche, nous nous sommes concentrés sur un type de problèmes, ceux liés à la conception industrielle.

4.1. LA FORMULATION DES PROBLÈMES EN CONCEPTION INDUSTRIELLE

L'importance de la formulation des problèmes en conception est largement reconnue (Bonnardel 2000; Gano 2000; Visser 2004). Toutefois aucun positionnement épistémologique de la notion de problème n'est proposé. Si de nombreux travaux s'attachent à définir les spécificités des problèmes à résoudre en conception, nous pensons qu'une partie des difficultés liées à la formulation des problèmes émanent de ce manque de positionnement.

4.1.1. Particularités des problèmes en conception

- **la conception en tant que résolution de problèmes mal structurés**

(Bonnardel, 2000) présente les problèmes de conception comme étant ouverts et mal définis. Les problèmes de conception sont ouverts car ils ne comportent pas une solution unique, mais un ensemble de solutions pouvant satisfaire les données du problème. La synthèse d'une solution à un problème donné résulte donc du choix d'une solution satisfaisante parmi un ensemble de possibles. Par ailleurs, le problème, en conception, est considéré mal défini car la formulation initiale du problème est incomplète et ne suffit pas à la synthèse d'une solution. Les informations précisant le problème à résoudre sont collectées au fur et à mesure des tentatives de résolution de celui-ci.

Cette notion d'espace ouvert, non délimité, et de définition itérative du problème peut être rapprochée de celle de structuration des problèmes telle que définie par Simon. En effet, le fait que l'ensemble des solutions ne soit pas a priori connu, et que, de plus, la solution désirée soit affinée au fur et à mesure de la résolution du problème justifie de considérer les problèmes de conception comme mal structurés.

- **Les approches rationnelle et réflective**

Un autre positionnement est celui proposé par (Dorst 2003) qui lie la formulation du problème aux méthodologies de conception. Dorst compare ainsi les approches méthodologiques rationnelle et réflective .

L'approche rationnelle, propre aux problèmes structurés, propose de considérer le problème de conception comme définissant une vue partielle de l'espace des problèmes. La vue rationnelle du processus de résolution de problèmes en conception est à la base de travaux en intelligence artificielle qui cherchent à capturer et à formaliser le processus dans le but de synthétiser des systèmes experts.

A l'opposé, l'approche par la pratique réflective, définie par Schön (Schön 1993), pointe les limites de l'approche rationnelle et ne porte aucune attention à la structure du problème. L'approche par la pratique réflective précise que les tâches de la conception sont analysées puis divisées en un certain nombre de voies différentes, et qu'il n'est pas possible de connaître, a priori, la voie la plus fructueuse.

Il est ainsi possible de considérer l'approche rationnelle comme une vue objectiviste du processus de résolution de problèmes en conception. A contrario, l'approche réflective, centrée sur la personnalité du concepteur et sur son mode d'action relève davantage d'une vue subjectiviste de la conception.

4.1.2. Quelle vue épistémologique des problèmes en conception ?

L'analyse épistémologique de la résolution de problèmes est proposée ici en positionnant séparément les trois éléments constitutifs du triptyque sur la base des fondements épistémologiques présentés au paragraphe 2.3.1. Ce positionnement est illustré sur la figure 4.

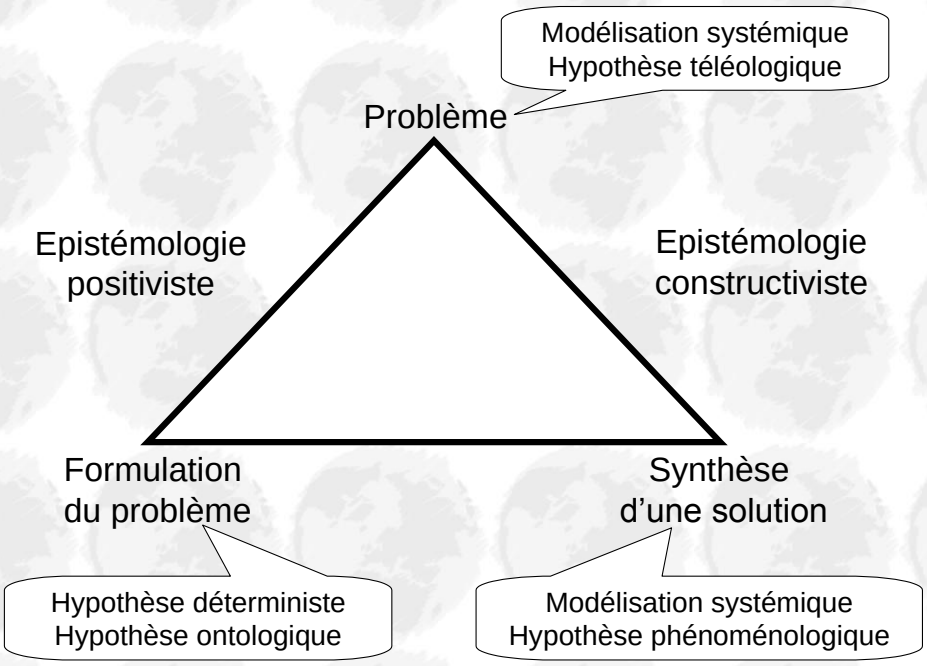


Fig. 4 : Une épistémologie "partagée" pour la résolution de problèmes en conception de systèmes techniques.

Tout d'abord, afin de positionner le problème comme générateur de la résolution de problème, il faut préciser que l'activité de conception n'est enclenchée que si l'acteur, concepteur ou entreprise, y reconnaît un intérêt. L'intentionnalité est l'un des facteurs déclenchant de la résolution de problèmes en conception de systèmes techniques. Nous avons déjà présenté plus haut le concept de problème comme étant issu d'une situation problématique, i.e. une situation dans laquelle un inconfort est ressenti, qui soit à la fois jugée préoccupante et pour laquelle existent des moyens d'agir (fig. 1). Le problème ainsi défini reprend la notion importante de volonté d'un individu de changer la situation problématique, faisant de l'hypothèse téléologique la réponse à la question gnoséologique des problèmes en conception. Par ailleurs, la dimension systémique (Ellul, 1977; Simon, 1991) s'est imposée comme l'une des bases d'appréhension des problèmes, notamment en conception de systèmes techniques. Le problème repose donc sur la modélisation systémique.

La formulation du problème se doit d'être une démarche structurante. L'approche rationnelle proposée dans (Dorst, 2003), inscrite dans une épistémologie positiviste, abonde en ce sens. Le concepteur est confronté à un souci de justification qui l'oblige à expliciter ses choix et ses démarches. Dans ce contexte d'explicitation, il lui est nécessaire, sinon d'être objectif mais tout du moins de faire émerger une vision partagée du problème, c'est-à-dire de faire partager sa subjectivité. Il lui faut donc caractériser une certaine partie de la réalité qui ne donne pas lieu à discussion, et ainsi identifier les caractéristiques objectives de cette réalité.

La formulation des problèmes, en conception de systèmes techniques, doit s'appuyer sur des connaissances objectives du monde et sur les lois gouvernant la réalité. Cette approche de la formulation des problèmes la fait reposer sur les hypothèses ontologique et déterministe. La phase de formulation des problèmes, à partir de l'existence d'un problème s'inscrit donc dans une épistémologie positiviste.

La synthèse d'une solution, c'est-à-dire une modification de la situation problématique reconnue satisfaisante, dans un espace ouvert de situations possibles, résulte d'un point de vue du concepteur sur la réalité. La synthèse de la solution repose d'avantage sur l'hypothèse phénoménologique. La synthèse d'une solution ne peut pourtant reposer sur le seul point de vue du concepteur. Il est au contraire nécessaire d'assurer la bonne intégration d'une solution dans un environnement existant. De nombreuses contraintes imposent la manière de concevoir une solution, les normes en sont un exemple. La synthèse d'une solution doit inscrire le système technique dans un environnement existant, et ne peut qu'être le fruit d'une modélisation systémique.

Comme vu préalablement, les problèmes de conception trouvent dans les épistémologies positiviste (tout au moins l'hypothèse ontologique présentée par Le Moigne, 1995/2) et constructiviste, un écho permettant d'avancer dans la compréhension du processus de résolution de problèmes en conception de systèmes techniques. La proposition faite ici, est donc, conformément aux conseils prodigués par Le Moigne dans la conclusion de son ouvrage (1995/2, p.119), de définir une nouvelle voie épistémologique afin d'aborder la résolution de problèmes en conception de systèmes techniques.

4.2. UNE VISION ÉPISTÉMOLOGIQUE "PARTAGÉE" DES PROBLÈMES EN CONCEPTION : ENTRE POSITIVISME ET CONSTRUCTIVISME

Par rapport à ce qui a été présenté précédemment, nous aboutissons à la proposition suivante : le résolveur doit résoudre le problème sur la base de ses interactions avec la réalité mais en prenant en compte, c'est-à-dire en identifiant, les éléments la caractérisant objectivement.

Nous proposons donc de positionner les démarches de résolution de problèmes dans un paradigme épistémologique "partagé" : entre positivisme et constructivisme.

Nous avons vu préalablement que nous trouvions dans les épistémologies positiviste (tout au moins l'hypothèse ontologique présentée par Le Moigne, 1995/2) et constructiviste un écho

nous permettant d'avancer dans notre compréhension des fondements épistémologiques du processus de résolution de problèmes en conception industrielle.

Notre proposition est donc, conformément aux conseils prodigués par Le Moigne dans la conclusion de son ouvrage (1995/2, p.119) de proposer une nouvelle voie épistémologique dans laquelle inscrire les problèmes en conception industrielle et leur résolution (fig. 5).

		Principe méthodologique	
		Modélisation analytique Raison suffisante	Modélisation systémique Action intelligente
Hypothèses gnoséologiques	Déterministe Ontologique	Epistémologies positivistes	
	Phénoménologique Téléologique		Epistémologies constructivistes

Epistémologie "partagée"

D'après : Le Moigne (1995/2, p.119)

Fig. 5 : Proposition. d'une épistémologie"partagée"

Notre position est de considérer que la démarche de résolution de problèmes liée à la conception de systèmes techniques peut s'appuyer sur un paradigme épistémologique "partagé", entre positivisme et constructivisme :

- l'identification et la formulation du problème relèverait davantage de dimensions objectivistes (basées en particulier sur les hypothèses ontologique et déterministe du positivisme) ;
- alors que la synthèse de solution relèverait plutôt de dimensions constructivistes (basée davantage sur son hypothèse phénoménologique et même[6]sa modélisation systémique).

On pourrait ainsi voir la conception comme une démarche de compréhension et donc de formulation d'une réalité objective et comme la synthèse d'une solution modifiant cette réalité selon un certain nombre d'interprétations de cette réalité, fruits de l'interaction entre d'une part le résolveur et les différentes parties concernées par le problème et d'autre part le problème lui-même[6].

Ainsi, nous venons de voir que l'approche de la résolution de problèmes, en conception de systèmes techniques, au travers du triptyque (fig. 3) impose l'adoption du paradigme épistémologique "partagé".

Nous proposons de valider ce cadre au travers d'une théorie de la conception, la TRIZ.

4.3. EBAUCHE DE VALIDATION DE L'ÉPISTÉMOLOGIE "PARTAGÉE"

Nous allons, dans un premier temps, expliciter la démarche de validation poursuivie. Cette démarche sera ensuite initiée par l'analyse d'une approche particulière de la conception, la TRIZ (Alshuller, 1988)[7].

4.3.1. Démarche de validation

La proposition d'un cadre épistémologique sous-tend la définition de la nature des connaissances manipulées. Il est donc nécessaire de s'assurer que le cadre défini permet d'intégrer les démarches et les connaissances relatives aux concepts manipulés, à savoir relatives aux problèmes de conception de systèmes techniques. Pour satisfaire ce besoin, il est proposé d'analyser les démarches de résolution de problèmes au travers du cadre épistémologique proposé. L'objectif de cette analyse est d'identifier la nature des connaissances manipulées, sans porter de jugement sur les approches étudiées et en supposant valables les axiomes de ces approches. Ce travail n'est pour l'instant qu'à l'état d'ébauche et seule une théorie de la conception, la TRIZ, a fait l'objet de cette étude. La TRIZ est l'une, parmi de nombreuses démarches de conception usitées dans les entreprises. Un intérêt croissant a été montré par les entreprises ces dernières années envers la TRIZ. Cet intérêt est, par ailleurs, à l'origine de travaux actuels de formalisation (Dubois, 2004). Aussi, le choix d'entamer le processus de validation de l'épistémologie "partagée" à travers les connaissances manipulées dans la TRIZ fut-il évident. Il reste à étendre ce travail à d'autres approches et démarches de résolution de problèmes en conception de systèmes techniques.

4.3.2. La TRIZ au travers de notre épistémologie "partagée"

Nous allons positionner la TRIZ au regard de la vision épistémologique "partagée" présentée précédemment. Une description de la TRIZ en tant que démarche de structuration des problèmes est donnée dans (Dubois et al., 2005). Notre but ici est de vérifier que notre modèle (i.e. le paradigme épistémologique "partagé" entre positivisme et constructivisme) est cohérent par rapport à une théorie particulière et permet une meilleure compréhension pour une meilleure utilisation de cette théorie. Des travaux de recherche restent encore à mener afin de valider cette proposition et en particulier valider sa cohérence avec d'autres méthodes de résolution de problèmes..

En l'état actuel de nos travaux, nous pouvons positionner un certains nombre d'axiomes de la TRIZ par rapport aux hypothèses ontologique, déterministe et téléologique, ainsi que par rapport à la modélisation systémique.

- La TRIZ repose sur le fait que les systèmes techniques évoluent en respectant un certain nombre de lois immuables. Cet ensemble de lois, huit au total, impose que toute conception ne peut se faire que par l'accomplissement d'au moins l'une parmi les huit. Ce point se rattache de manière évidente à l'hypothèse déterministe.
- Dans sa démarche de résolution des problèmes, la TRIZ fait explicitement référence aux lois de la physique. En effet, celles-ci sont considérées comme génératrices des problèmes lors de l'évolution des systèmes techniques. Ces lois physiques relèvent des connaissances scientifiques portant sur la réalité, donc de l'hypothèse ontologique.
- Nous avons déjà spécifié que l'intentionnalité, c'est-à-dire l'hypothèse téléologique, est un facteur déclenchant de l'activité de conception. Dans la TRIZ, cette intentionnalité est explicitée par la formulation d'un idéal à atteindre (appelé Résultat Idéal Final). Cet idéal permet de guider la résolution des problèmes vers la solution la mieux appropriée à l'entreprise.
- Enfin, la modélisation systémique, l'un des deux principes méthodologiques du constructivisme, est totalement intégrée à la TRIZ. Elle est, notamment, reprise dans les lois d'évolution qui stipulent qu'une solution technique ne se limite pas à l'agrégation d'éléments mais également à leur mise en relation en un tout cohérent. Au delà de la vision systémique de la solution technique elle-même, la TRIZ impose explicitement de la contextualiser en la positionnant dans son environnement.

Les différents axiomes de la TRIZ relèvent, de manière évidente, de paradigmes épistémologiques différents. Ainsi positivisme et constructivisme apportent partiellement des éléments de compréhension à la TRIZ. Toutefois aucune ne permet de comprendre la TRIZ dans sa globalité. La proposition d'une vision épistémologique "partagée" apporte une réponse à cette limite. L'épistémologie "partagée" permet d'appréhender que la résolution de problèmes, en conception de systèmes techniques, est le fruit d'allers-retours, enrichissants, entre les épistémologies positivistes et constructivistes.

5. CONCLUSION

Nous avons montré que la conception de systèmes techniques s'inscrit dans un processus basé sur la construction d'une vue la plus objective possible du problème à résoudre. Cette

objectivisation s'appuie sur des représentations partielles de la réalité. Un aller-retour est fait entre la réalité et sa prise en compte dans la formulation des problèmes de conception. Les méthodes de conception doivent intégrer ce fait et permettre d'identifier les éléments de la réalité objective afin de spécifier le vrai problème à résoudre (au sens de Raïffa, 1973), tout du moins d'un point de vue technique, en acceptant l'hypothèse que les problèmes techniques sont bien de nature objective. Ainsi, les fondements épistémologiques classiques (positivisme et constructivisme) même s'ils sont pertinents, ne permettent pas de positionner les démarches de résolution de problèmes dans leur globalité.

Par ailleurs, la résolution dépendant de facteurs non uniquement techniques, la stratégie d'entreprise par exemple, pour lesquelles nous ne connaissons pas de lois objectives, rend le prolongement de cette interrogation sur les fondements épistémologiques particulièrement intéressante.

6. NOTES :

[1] Une autre erreur typique constatée en conception est l'erreur de type IV : résoudre le bon problème mais trop tard. N'introduisant pas dans cet article de dimension temporelle, nous ne considérerons pas ce type d'erreur.

[2] Dans cette première phase, notre recherche s'est principalement fondée sur les travaux de Le Moigne. Dans des étapes ultérieures, nous enrichirons notre analyse en nous appuyant sur d'autres travaux présentant les épistémologies classiques.

[3] La troisième question qui porte sur la validité des connaissances (question éthique) ne sera pas abordée ici car elle n'est pas explicitement utilisée par Le Moigne pour distinguer positivisme et constructivisme.

[4] Pidd et Woolley parlent de "problem structuring". Par rapport à la typologie que nous avons présentée plus haut, nous avons choisi de parler ici de formulation et non de structuration de problèmes.

[5] Ces liens entre les paradigmes épistémologiques et les vues des problèmes proposées par Pidd et Woolley doivent encore être approfondis pour étayer notre discours.

[6] La limite forte de notre proposition est qu'il faut être capable de distinguer les phases de formalisation des phases de synthèse de la solution.

[7] Une présentation de la TRIZ est proposée en annexe A.

7. BIBLIOGRAPHIE

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

Blanchot, F. (1999). "La Connaissance Objective" de Karl Popper : principales thèses et apports pour les recherches en gestion." Finance Contrôle Stratégie 2(3): 25-62.

Bonnardel, N. (2000). "Towards understanding and supporting creativity in design: analogies in a constrained cognitive environment." Knowledge-Based Systems 13: 505-513.

Dorst, K. (1997). Describing Design - A comparison of paradigms. Delft, The Netherlands, Technische Universiteit Delft.

Dorst, K. (2003). Exploring the Structure of Design Problems. International Conference on Engineering Design, ICED 03, Stockholm, Sweden.

Dubois, S. (2004). Contribution à la formulation des problèmes en conception de systèmes techniques. Etude basée sur le TRIZ. Sciences Pour l'Ingénieur. Strasbourg, France, Université Louis Pasteur.

Dubois S. et N. Gartiser, (2005) "L'impact du concept de problème sur son processus de résolution. Application à la conception de systèmes techniques." 6e Congrès international de génie industriel, Besançon,France.

Ellul J., (1977) Le système technicien. Paris, Calman-Lévy.

Gano, D. L. (2000). Effective Problem Solving : a new way of thinking, Apollo Associated Services, INC.

Gartiser, N., D. Kucharavy, et al. (2002). Le Processus Convergent de la TRIZ: Une démarche Economiquement Efficace de Recherche de Solutions en Conception. Colloque IPI, Grenoble, France.

Landry, M. (1995). "A Note on the Concept of 'Problem'." Organization Studies 16(2): 315-343.

Landry, M. et C. Banville, (2002). "Repères pour la formulation des problèmes organisationnels complexes", Revue Gestion 2000, 19(4), Juillet/août: 127-147.

Le Moigne, J.-L. (1994). Le constructivisme. Tome1 : Des fondements. Paris, ESF.

Le Moigne, J.-L. (1995/1). Le constructivisme. Tome 2 : Des épistémologies. Paris, ESF.

Le Moigne, J.-L. (1995/2). Les épistémologies constructivistes. Paris, Presses Universitaires de France.

Pidd, M. et R. N. Woolley (1980). "Four Views on Problem Structuring." Interfaces 10(1): 51-54.

Raïffa, H. (1973). Analyse de la décision. Introduction aux choix en avenir incertain, Dunod.

Schön, D. A. (1993). The reflective practicioner: how professionals think in action. New York, Basic Books.

Simon, H. A. (1973). "The structure of ill-structured problems." Artificial Intelligence 4: 181-201.

Simon, H. A. (1987). "Problem Forming, Problem Finding, and Problem Solving" 1st International Congress on Planning and Design Theory, Boston, USA.

Simon H. A., (1991) Sciences des Systèmes, Sciences de l'Artificiel. Paris, Dunod.

Thiétart, R. A. (1999). Méthodes de recherche en management. Paris, Dunod.

Visser, W. (2004). Dynamic Aspects of Design Cognition: Elements for a Cognitive Model of Design. Rocquencourt, France, Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique: 116.

ANNEXE A : Présentation de la TRIZ

La TRIZ, acronyme russe qui signifie Théorie de Résolution des Problèmes Inventifs (Altshuller, 1988), est une théorie de la conception centrée sur la formulation et la résolution de problèmes. Son principe est la construction itérative d'une solution par un processus convergent, illustré à la figure A.1. Ce processus convergent itératif s'appuie sur l'identification progressive des contraintes du problème. La cause du problème est identifiée par l'élicitation d'une loi ne pouvant être contournée et imposant des contraintes à la synthèse du futur artefact. Ces lois peuvent être des lois de la physique (comme la gravité par exemple), des lois sociales (normes de conception) ou encore des lois régissant l'évolution des systèmes techniques. En effet, l'une des caractéristiques importantes de la TRIZ est de proposer un ensemble de huit lois que tous les systèmes techniques suivent au cours de leur évolution. Par exemple, la loi de complétude d'un système impose qu'un système technique, pour être fonctionnel, doit être composé de quatre organes :

Un élément adaptant l'énergie extérieure en énergie utilisable par le système ;

Un élément agissant sur le produit pour lequel la fonction est rendue ;

Un élément transmettant l'énergie à travers le système

Un élément de contrôle adaptant la réalisation de la fonction aux fluctuations de l'environnement.

L'identification de la cause du problème s'appuie sur des cadres de formulation du problème permettant la mise en œuvre d'outils de résolution dont l'objet est soit de résoudre le problème, soit d'identifier les restrictions spécifiques à la situation.

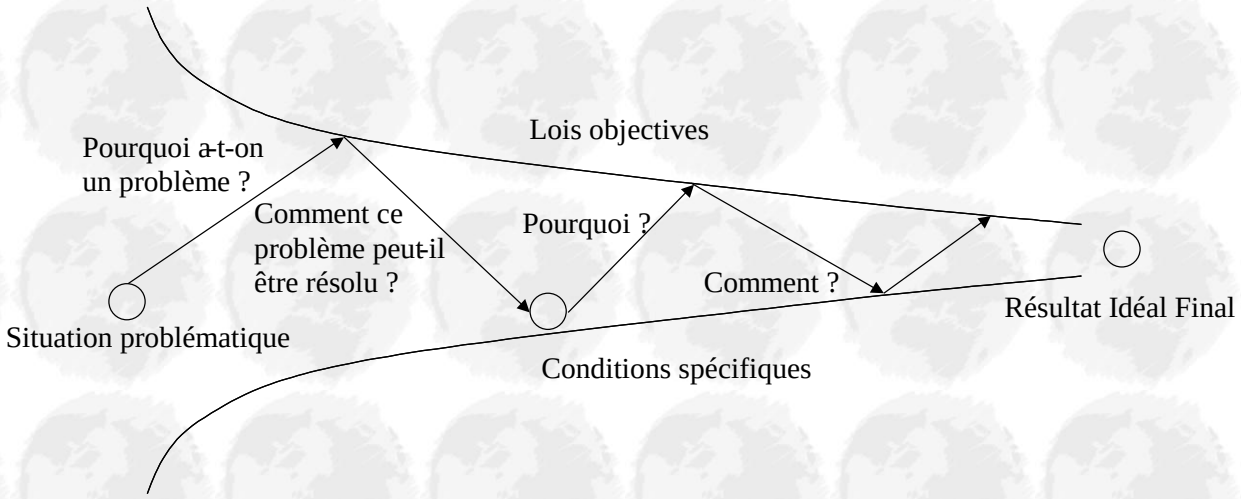


Fig. A.1. Le processus convergent de la TRIZ, selon (Gartiser et al., 2002)

Outre ce processus convergent, un intérêt de la TRIZ est de proposer un cadre de formulation des problèmes permettant une résolution par analogie.

La TRIZ utilise les analogies à un niveau élevé d'abstraction pour orienter la recherche de solutions. Ce niveau d'abstraction fournit un mode d'évolution dont la mise en application se fait par la spécification du principe général de résolution à la situation problématique. La formulation progressive du concept de solution, durant le processus convergent, permet d'établir les caractéristiques de la future solution. La spécification revient à identifier un élément de l'environnement dont les caractéristiques sont celles collectées. Un portait-robot de la solution est dressé, puis l'élément correspondant est recherché.