



HAL
open science

L'approche PST comme outil de rationalisation de la démarche de conception innovante.

Olivier Pialot

► **To cite this version:**

Olivier Pialot. L'approche PST comme outil de rationalisation de la démarche de conception innovante.. Sciences de l'ingénieur [physics]. Institut National Polytechnique de Grenoble - INPG, 2009. Français. NNT: . tel-00429656

HAL Id: tel-00429656

<https://theses.hal.science/tel-00429656>

Submitted on 3 Nov 2009

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

S

SOMMAIRE

SOMMAIRE	3
INTRODUCTION GENERALE.....	5
CONTEXTE, ETAT DE L'ART ET PROBLEMATIQUE.....	11
1.1. Contexte, définitions et problématiques de l'innovation	12
1.1.1. Vers la nécessaire pratique intensive de l'innovation, véritable problématique des entreprises.....	12
1.1.2. L'innovation, de la définition polysémique à la problématique de recherche	16
1.2. Evolutions des modèles de processus de conception pour l'innovation.....	22
1.2.1. L'apport de la créativité pour innover	22
1.2.2. L'amélioration de la collaboration pour innover	34
1.2.3. La mise en exergue du rôle des connaissances en innovation.....	39
1.3. Vers un raisonnement de conception spécifique à l'innovation.....	43
1.3.1. Différentes approches de la conception	43
1.3.2. Raisonnement et Formalisme de la Théorie C-K.....	46
1.3.3. Apports et limites de la théorie C-K.....	49
1.4. Formulation de la problématique de recherche.....	53
CARACTERISATION DU PROJET D'INNOVATION ET PROPOSITION DU MODELE MULTI-ENTREES PST.....	57
2.1. Vers la caractérisation du projet de conception en innovation	58
2.1.1. Point de départ de l'innovation : de l'invention à une nouvelle intention	58
2.1.2. Caractérisation des indicateurs de résultat d'un projet de conception en innovation	61
2.2. L'impulsion du projet de conception en innovation ou le modèle multi-entrées PST.....	67
2.2.1. Les différentes origines de la nouvelle intention via le modèle multi-entrées PST	67
2.2.2. Les différents creusets pour impulser l'innovation sur la dimension P	70
2.2.3. Sur la dimension S.....	77
2.2.4. Sur la dimension T	79
2.2.5. Les différents moyens de générer ces nouvelles intentions	80
2.3. La conception en innovation : un raisonnement exploratoire à partir d'une disjonction sémantique.....	83
2.3.1. Vers un type de raisonnement d'exploration	83
2.3.2. Prise méthodologique sur la formulation du point de départ du raisonnement	88

CARACTERISATION DU RAISONNEMENT EXPLORATOIRE DE CONCEPTION INNOVANTE VIA LE MODELE MULTI-QUESTIONS PST ET MISE EN EXERGUE DU ROLE DE L'ACTIVITE DE MODELISATION 93

3.1. Le raisonnement exploratoire de conception en innovation ou le modèle multi-questions PST 94

- 3.1.1. Définition du cheminement du raisonnement exploratoire de conception via le modèle multi-questions PST94
- 3.1.2. Du concept initial à une prise sur le raisonnement de conception100
- 3.1.3. Actions sur la Dimension S109
- 3.1.4. Actions sur la Dimension T117
- 3.1.5. Actions sur la Dimension P128
- 3.1.6. Apports et limites du raisonnement PST151

3.2. Caractérisation et rôle de l'activité de modélisation pour le raisonnement PST et plus largement l'innovation..... 154

- 3.2.1. L'activité de modélisation comme moyen de création de connaissances nourrissant le raisonnement PST154
- 3.2.2. L'approche PST couplée à l'activité de modélisation comme véritable moteur de l'innovation166

DEMARCHE ET OUTILS POUR DEVELOPPER ET MAXIMISER L'INNOVATION POTENTIELLE 173

4.1. Démarche et outils pour développer et maximiser l'innovation potentielle ... 174

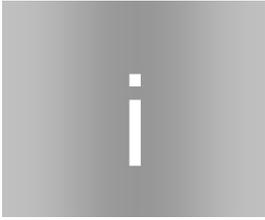
- 4.1.1. Vers la définition d'un second processus de conception dans un projet d'innovation174
- 4.1.2. Moyens pour s'affranchir ou reconstruire des bases de connaissances initialement manquantes dans le processus de conception « convergent » du projet d'innovation178

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES 191

BIBLIOGRAPHIE 199

ANNEXES 211

- A.1. Exemple d'un raisonnement C-K211
- A.2. Renouveau de l'identité des objets d'un raisonnement exploratoire212
- A.3. Différents types de modélisations216
- A.4. La relecture de l'œuvre de De Vinci au regard du triptyque Observer-Dessiner-Comprendre, autrement dit de la modélisation.....218



INTRODUCTION GENERALE

SUR LA NECESSITE D'INNOVER

Notre recherche s'inscrit dans le domaine du génie industriel et se positionne plus précisément sur la gestion des processus d'innovation.

Qui aujourd'hui n'a jamais entendu parler d'innovation, quelque soit le domaine concerné ? Le terme d'innovation est devenu un véritable vecteur de progrès, un mot clé récurrent. Il revêt un message d'une avancée vers le « mieux », vers le « plus », vers le « différent », « d'une garantie pour l'avenir » aux yeux du grand public.

Du point de vue de l'entreprise, l'innovation apparaît comme un atout majeur pour rester compétitif. « *L'innovation est l'instrument le plus important de l'entrepreneur, peu importe son domaine d'activité* » [Drucker, 1985]. « *La compétitivité des grandes entreprises est basée sur trois stratégies dont une est la capacité d'innover plus vite et plus souvent que les autres concurrents* » [Quinn, 1988]. D'ailleurs, Quelle entreprise, des start-up de l'Internet aux grands groupes de l'automobile en passant par l'aérospatiale, les industriels de l'électroménager ou encore des loisirs, peut aujourd'hui prétendre ne pas être concernée par les problématiques d'innovation ?

Plus largement, elle concerne notre économie toute entière jusqu'aux sphères politiques qui ont bien compris que l'innovation, « *élément essentiel de notre excellence scientifique, de notre croissance économique et du progrès social, est une priorité nationale et européenne* » [Haigneré, 2002], notamment pour sauvegarder une marge financière nécessaire à la survie de l'entreprise et les emplois à l'échelle d'un pays. Selon un rapport du Ministère de l'Industrie, « *qu'il s'agisse de maintenir ses positions sur un marché en stagnation ou de passer à la vitesse supérieure pour conquérir de nouveaux marchés et franchir un seuil significatif de croissance, qu'il s'agisse de diversifier ses activités ou de changer de métier, la plupart des expériences montrent que l'innovation maîtrisée est un gage de réussite* » [Ministère de l'industrie, 1995]. Ainsi, différents organismes et organisations étatiques chargés de promouvoir l'innovation ont été mis en place à plusieurs niveaux : européen avec CORDIS, national avec OSEO¹, inter-régional avec RDT et enfin régional avec les CRITT.

En fait, l'innovation est connu depuis longtemps comme un moyen de différenciation, permettant à une entreprise d'échapper à la concurrence en lançant un produit nouveau satisfaisant des besoins non assouvis jusqu'alors de manière équivalente, créant du même coup un segment de marché spécifique sur lequel elle se trouve seule et n'est donc pas exposée directement à une pression concurrentielle. Du fait de l'absence relative de concurrents, elle est à même de faire payer au consommateur un prix plus élevé et bénéficie ainsi d'une rente de monopole, c'est-à-dire d'un revenu supplémentaire liée à la valeur de son offre spécifique.

¹ L'Anvar, Agence nationale de valorisation de la recherche, dite « Agence française de l'innovation » est devenue depuis juillet 2005 OSEO.

Mais les évolutions du contexte économique mondial invitent à reconsidérer aujourd'hui l'innovation, non plus comme une option mais comme une nécessaire préoccupation des entreprises, au moins dans le monde occidental pour garantir le niveau de vie, la croissance économique des pays. En effet, au cours du XX^{ème} siècle, au fur et à mesure que le rapport offre / demande s'inversait, la concurrence accrue a poussé les entreprises à se différencier, à faire ce que les concurrents ne savent pas faire ou n'ont pas encore fait, passant progressivement d'offres purement techniques répondant à un besoin pratique à de nouvelles prenant en compte de manière de plus en plus prégnante et fine les attentes des consommateurs pour les séduire. La mondialisation économique, motivée par le besoin de trouver de nouveaux marchés, qui a pu notamment s'appuyer sur la baisse des coûts de transport, l'ouverture progressive des frontières ou encore l'amélioration des flux d'information et qui s'exprime pleinement depuis quelques années, exacerbe encore davantage la concurrence et amène les entreprises à devoir se différencier encore plus et plus vite.

En fait, en « connectant » les différences entre les régions du monde, par exemple en termes de coût de main d'œuvre, de droit de travail ou de protection industrielle, ce contexte de mondialisation accrue induit des changements majeurs. Si la compétitivité des firmes se joue progressivement au niveau mondial ou que la globalisation génère par exemple des dynamiques de délocalisation, c'est surtout la pression concurrentielle qui s'intensifie et qui porte la guerre des prix à l'échelle de la planète asphyxiant de nombreuses entreprises, les amenant *in fine* à devoir se différencier. Ainsi Valette énonce dans ses travaux le cas d'un fabricant d'outils à main, qui autrefois se distinguait par la qualité de leurs produits, et qui doit maintenant trouver de nouvelles formes de différenciation, seule alternative à une bataille des prix d'où peu d'entreprises ressortent indemnes, le secteur industriel de l'outillage se caractérisant par l'accélération croissante d'une concurrence internationale, notamment asiatique, en mesure aujourd'hui de concevoir, de réaliser et d'inonder le marché de produits équivalents, avec le même niveau de qualité attendu [Vallette, 2005].

Dans ce contexte économique où la concurrence est passée d'une dimension régionale à mondiale, où se différencier devient vital pour s'extraire de cette pression concurrentielle et donc maintenir quelques marges financières, l'entreprise doit alors être capable d'enrichir intensivement, c'est-à-dire mieux, plus largement et plus rapidement, son offre de produits innovants et de concepts nouveaux : « *Si l'on n'entreprend rien de résolument nouveau, si l'on ne crée pas sans relâche une « matière disponible diversifiée », on se trouve dépourvu du fonds à partir duquel on pourrait sélectionner les meilleurs produits ou services pour s'adapter rapidement à un marché qui change à toute vitesse* » [Peters, 1998].

Face à cette nécessité de se différencier, d'innover, les entreprises ne sont pas restées inactives. Ainsi, beaucoup d'entre elles ont d'abord cherché à impulser un rythme soutenu de renouvellement des produits, tout en augmentant les performances au fil des générations : si on ne peut pas parler d'innovation à proprement dit, cette stratégie vise à proposer « en continu » des produits plus attrayants vis-à-vis de la concurrence. Mais cette « planification » accrue de nouveaux produits ne permet pas réellement de se démarquer.

A l'inverse, inspirées par le fameux « nylon » de Du Pont de Nemours ou des innovations telles que la pédale automatique de Look qui a révolutionné le monde du cyclisme, certaines entreprises ont misé sur une innovation radicale, sur l'obtention d'un produit créant une rupture par rapport à une référence connue, avec l'idée de se rétribuer pendant plusieurs années grâce au solide avantage compétitif obtenu. Loin de cette démarche risquée, une découverte ou la génération d'une idée révolutionnaire n'étant jamais acquise d'avance, certains industriels ont misé sur la capacité d'« *intrapreneurship* » des acteurs de leur

organisation, cette approche d'attitude plutôt passive pouvant se matérialiser par la création de conditions d'un milieu favorable aux « innovants » ou ayant pour origine le recueil de nouvelles propositions via une boîte à idées ou la mise en place d'un logiciel d'innovation participative². D'autres ont cherché à créer des partenariats pour croiser les compétences et investir de nouveaux marchés, à bâtir au sein de l'entreprise des structures favorables à l'innovation, en rapprochant par exemple les services marketing et R&D, ou encore d'accentuer l'intensité des efforts d'investissement en R&D en faisant l'hypothèse « optimiste » d'un lien déterministe entre l'investissement en R&D et ses effets en termes d'innovation et de croissance pour l'entreprise. Enfin, comment ne pas évoquer le recours à des séminaires de créativité pour lever les freins psychologiques aux nouvelles idées, vues comme sources d'innovations.

Or, malgré tous les efforts déployés dans ce sens, des grands groupes industriels aux PME/PMI, la réussite des projets d'innovation reste faible. En effet, bien que la définition de l'innovation et les variables pour la mesurer portent à discussions et que les chiffres ou statistiques varient de manière conséquente, toutes les études semblent converger vers la faiblesse du taux de succès des innovations : dans la grande distribution/consommation 50% des nouveaux produits sont des échecs [Joulin, 2002], seuls 30 % des produits alimentaires nouveaux existent au bout de 2 ans [Agriculture.gouv, 2006], et si l'on considère une définition plus stricte de l'innovation, les pourcentages de réussite atteignent 5% [Ipsos, 2006]. Sur un échantillon d'environ 3000 entreprises, 26% ont réellement innové³, et « 44 % des entreprises qui s'étaient engagées dans des activités d'innovation n'ont pas réussi à innover du tout, et 38 % de plus ont connu des échecs pour certains de leurs projets (mais ont quand même abouti à une innovation véritable sur d'autres projets) » [Insee, 2006].

En fait, les entreprises sont souvent habituées à un processus de conception séquentiel, rectiligne et rationalisé en fonction du triptyque Coût-Délai-Qualité. Par rapport à ces pratiques de conception maîtrisées dans l'entreprise et que l'on a même souvent cherché à formaliser dans le cadre de démarche qualité, l'innovation pose de nombreuses questions et difficultés.

Dans ce sens, le recours à des méthodes de créativité malgré le fait qu'elles intriguent, qu'elles semblent étranges, qu'elles déroutent les industriels par leur côté aléatoire, non rationnel, est révélateur à la fois des interrogations et de la méconnaissance sur la manière d'innover, car une idée jugée prometteuse n'est pas synonyme de l'obtention d'une innovation, et même d'une certaine crainte de l'entreprise à aller de l'avant, à remettre en questions son organisation et ses processus de conception pour accroître leur faculté d'innovation. Pourtant, au regard des tentatives évoquées et des taux de succès relevés, il semble pourtant que c'est bien la démarche de conception et le raisonnement qui l'anime qu'il faille revoir, reconsidérer.

Du point de vue de la littérature maintenant, si beaucoup d'auteurs affirment qu'il faut créer et innover, bien peu disent comment s'y prendre [Carrier, 2000], concrètement. En fait, on peut noter le caractère fragmentaire et multidisciplinaire des recherches sur l'innovation qui ont apporté de nombreuses connaissances sur des aspects spécifiques de l'innovation, mais ont largement occulté les problèmes concrets auxquels sont confrontés les dirigeants pour gérer l'innovation [Van de Ven, 1986]. En effet, si le sujet de l'innovation a donné lieu à une abondante littérature, les notions abordées « *restent diffractées par le prisme des disciplines*

² Tel que le propose la société I-nova par exemple.

³ Dans cette enquête, une entreprise a réellement innové « *lorsqu'elle déclare avoir introduit une innovation de produit à la fois « pour elle-même » et pour son marché* ».

qui les ont fait naître » [Le Masson et al., 2006]. En d'autres termes, ces travaux considèrent davantage l'innovation comme un phénomène influant que comme un objet d'étude à part entière.

A propos de cette dernière optique, vis-à-vis du processus de conception existant, on note certaines tentatives visant à l'assouplir en proposant des démarches moins séquentielles ou en favorisant certaines pratiques telles que la créativité ou la collaboration, ou d'autres considérant davantage de paramètres comme la création de connaissances. Mais fondamentalement, il existe peu de travaux cherchant à réellement « réinventer » la démarche de conception dans le but d'innover.

C'est précisément dans cette optique que s'inscrit l'ambition de cette thèse, qui vise à reconsidérer la conception pour l'innovation, de manière pragmatique, en hésitant pas à définir un livrable spécifique, un point de départ spécifique, des indicateurs spécifiques, un cheminement et des questions à se poser spécifiques à l'innovation. L'innovation semble rester un domaine peu rationalisé et selon nous c'est précisément là la clé à la question de la « gestion » de l'innovation par les entreprises, question qui semble aussi cruciale que difficile dans la perspective de leur compétitivité, au regard du contexte concurrentiel actuel et des faibles taux de succès des projets d'innovation malgré l'attention grandissante portée sur ce sujet.

Aussi, bien au-delà d'identifier certains éléments favorisant cette innovation, la thèse qui est ici développée vise à définir des « prises » sur le processus de raisonnement qui conduit à la genèse de ces produits nouveaux dans la perspective (future) que les entreprises puissent alors se l'approprier de manière pratique et en améliorer la gestion.

STRUCTURE DU DOCUMENT

Détaillons maintenant la structure du document qui se compose de quatre chapitres :

CHAPITRE 1

Au premier chapitre, nous présentons plus précisément les caractéristiques de cette nouvelle forme de compétition qu'est l'innovation dans le contexte concurrentiel mondial où l'offre se densifie et se diversifie, toujours plus vite, en même temps que les consommateurs deviennent plus exigeants. Dans cette société hypermoderne qui maximise les changements, ces derniers apparaissent autant comme toujours plus de sources d'opportunités pour innover qu'ils amènent les entreprises à avoir une pratique intensive de l'innovation. Cette problématique des industriels visant à concevoir des innovations de manière efficiente nous amène, au regard de la littérature sur la définition de l'innovation vue comme processus, à considérer les travaux antérieurs portant sur la démarche de conception pour l'innovation. L'analyse de différents modèles de processus de conception favorisant une pratique comme la créativité ou la collaboration ou mettant en exergue le rôle des connaissances nous confirme l'enjeu de s'intéresser plus précisément au raisonnement de conception en lui-même et plus particulièrement à la théorie unifiée de la conception, ou théorie C-K, qui laisse entrevoir des pistes pour un processus de conception spécifique à l'innovation. Notre problématique de recherche se centre alors sur la caractérisation et l'instrumentation d'un projet de conception spécifique à l'innovation, ce qui nous amène à définir la notion d'innovation potentielle, et s'intitule : Quelles sont les prises méthodologiques sur un projet de conception ayant pour but une innovation potentielle ?

CHAPITRE 2

Premièrement est défini un point de départ générique à toute démarche d'innovation, une nouvelle intention. Deuxièmement, en recoupant différents travaux sur les risques de l'innovation et les facteurs de succès, sont identifiées deux indicateurs de résultat relatifs au potentiel de nouvelle proposition de valeur et à la faisabilité technologique. Troisièmement, nous nous intéressons à la forme souhaitable du raisonnement de conception : il est montré le bénéfice d'un processus « exploratoire » qui semble pouvoir permettre l'obtention de résultats au moins aussi « créatifs » que les méthodes dites de créativité mais en esquissant un cheminement conscient et progressif, à ce stade à l'état de « théorie » mais qui ouvre des perspectives à une rationalisation du processus de conception en innovation. L'ensemble de ces premiers éléments a pour intérêt de dégager ce qui fait la spécificité d'un projet de conception innovante. Pour pouvoir initier ce dernier, par l'énoncé d'une nouvelle intention, proposition est alors faite du modèle « multi-entrées PST » qui au travers des trois dimensions « Potentiel (P)-Système (S)-Techno (T) » permet de nombreux angles d'attaque possibles. Enfin, au regard des nécessités d'un raisonnement exploratoire de conception, la forme de ce point de départ est précisée. Cette première prise méthodologique sur la manière d'initier un projet de conception innovante amène à s'intéresser au raisonnement exploratoire qui l'anime.

CHAPITRE 3

Vis-à-vis de ce raisonnement exploratoire de conception à proprement dit, celui qui permet théoriquement de faire varier les possibles définitions déclinant d'un concept initial, nous distinguons deux types de propriétés ajoutées à l'arborescence de définition caractérisant ce type de raisonnement, certaines traduisant un objectif de conception relatif à un nouveau problème de conception et d'autres un moyen d'y répondre, appartenant donc à la sphère des solutions. Apparaît alors une suite logique « objectifs-moyens-objectifs-moyens ... », cette représentation du raisonnement exploratoire fournissant alors le matériel pour pouvoir potentiellement, de manière pratique, explorer consciemment et progressivement les alternatives de conception. Pour permettre l'identification de ces deux types de propriétés distincts, nous proposons alors de considérer un jeu de questions dont chacune est relative à une dimension spécifique : nous retrouvons là les trois dimensions P, S et T, le jeu de questions formant le modèle « multi-questions PST ». La dimension S a pour rôle de définir un objectif (en se posant la question « c'est Quoi ? »), la dimension T définit elle les moyens d'y répondre (question « Comment ? ») alors que la dimension P (question « Pourquoi ? ») vise à orienter à la fois les choix des objectifs et des moyens relativement aux notions de valeur et de coût. Pour chacune de ces dimensions sont proposés des éléments méthodologiques permettant d'avoir davantage prise sur la pratique de ce raisonnement exploratoire, portant à la fois sur l'exploration, la caractérisation et l'expansion des alternatives de conception. Est alors mis en exergue, pour mener ces différentes actions sur les trois dimensions P, S et T, le rôle majeur de l'activité de modélisation dans ce type de raisonnement (PST), et plus globalement en innovation.

CHAPITRE 4

Enfin, il est montré comment exploiter et affiner les résultats d'un raisonnement PST pour obtenir un livrable de conception satisfaisant au mieux les indicateurs de résultat identifiés. Si le raisonnement exploratoire PST permet de « déformer » la définition d'un objet en l'orientant vers les déclinaisons les plus prometteuses, son livrable ne prend pas encore la forme d'un système industrialisable dans ce sens que sa définition est incomplète, que les parties non impactées par la nouvelle intention initiale restent indéfinies. Nous montrons là la

nécessité d'un deuxième raisonnement de conception pour aboutir à une innovation potentielle, passant d'une logique divergente à une logique convergente et s'appuyant sur une définition d'objectifs de conception à satisfaire. Afin de réaliser cette transition entre un livrable de raisonnement PST et la définition d'objectifs de la conception d'une innovation potentielle, nous proposons de s'appuyer sur un principe de comparaison des caractéristiques de l'objet déformé avec celles appartenant à un cadre de référence. La coévolution entre les objectifs ainsi définis et les alternatives de conception développées s'effectue par séquences, est gérée via le tableau de bord PILOT et permet, au fur et à mesure que les nouvelles bases de connaissances relatives au tout nouvel objet s'acquièrent, notamment au travers d'outils de comparaison permettant d'affiner les caractéristiques de solution, de progressivement s'approcher du livrable souhaité.

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Nous sommes alors en mesure de montrer les apports de nos travaux de recherche, sur les prises méthodologiques sur le projet de conception en innovation qu'apporte notre approche PST et qui permettent *in fine* de le rationaliser, l'enjeu d'une rationalisation étant la possibilité d'une pratique plus aisée par les entreprises. Les limites de l'étude apparaissent comme autant de pistes à ouvrir et explorer. Nous développons finalement quelques perspectives portant sur l'intérêt d'un outil logiciel, sur la forme de l'organisation et à plus long terme sur une ouverture vers des systèmes produits-services avec des visées de développement durable.

CONTEXTE, ETAT DE L'ART ET PROBLEMATIQUE

1.1. Contexte, définitions et problématiques de l'innovation	12
1.1.1. Vers la nécessaire pratique intensive de l'innovation, véritable problématique des entreprises.....	12
1.1.2. L'innovation, de la définition polysémique à la problématique de recherche	16
1.1.2.1. L'innovation vue comme résultat.....	16
1.1.2.2. L'innovation vue comme Processus de conception, véritable orientation du champ de notre problématique de recherche.....	17
1.2. Evolutions des modèles de processus de conception pour l'innovation.....	22
1.2.1. L'apport de la créativité pour innover	22
1.2.1.1. De la créativité aux méthodes de créativité.....	24
1.2.1.2. Les méthodes de créativité de groupe	25
1.2.1.3. La méthode TRIZ	26
1.2.1.4. La méthode ASIT	28
1.2.1.5. Analyse des méthodes de créativité pour l'innovation.....	30
1.2.2. L'amélioration de la coordination pour innover.....	34
1.2.2.1. Des modèles privilégiant la coordination	34
1.2.2.2. Le modèle de Roozenburg et Eekels	36
1.2.2.3. Mise en perspective de certaines évolutions avec les travaux de sociologues	37
1.2.3. La mise en exergue du rôle des connaissances en innovation.....	39
1.2.3.1. Le modèle de Kline et Rosenberg	39
1.2.3.2. La gestion de projets d'innovation	40
1.3. Vers un raisonnement de conception spécifique à l'innovation.....	43
1.3.1. Différentes approches de la conception	43
1.3.1.1. Différentes théories de la conception	43
1.3.1.2. L'apport de Simon	44
1.3.1.3. Vers un modèle de raisonnement de conception traduisant tout acte créatif	45
1.3.2. Raisonnement et Formalisme de la Théorie C-K.....	46
1.3.2.1. Définition des Espaces C et K.....	46
1.3.2.2. Les étapes du raisonnement C-K.....	47
1.3.2.3. Le formalisme arborescent.....	48
1.3.3. Apports et limites de la théorie C-K.....	49
1.3.3.1. Traduction d'une rationalité expansive	49
1.3.3.2. Un cadre pour gérer les apprentissages	50
1.3.3.3. Une théorie générique du raisonnement de conception permettant une relecture des diverses approches	51
1.3.3.4. Les limites de la théorie C-K.....	52
1.4. Formulation de la problématique de recherche.....	53

L'objet de ce premier chapitre est d'abord d'exposer les caractéristiques du contexte concurrentiel actuel de compétition mondiale amenant les entreprises s'y confrontant à innover de manière intensive. Cette problématique des entreprises sera ensuite mise au regard de travaux de littérature sur la définition polysémique de l'innovation, les modèles de processus de conception pour innover et des aspects plus théoriques de la conception et du raisonnement qui l'anime. Fort de cet état de l'art, nous serons alors en mesure de formuler notre problématique de recherche portant sur des prises méthodologiques pour rationaliser le projet de conception en innovation.

1.1. Contexte, définitions et problématiques de l'innovation

1.1.1. Vers la nécessaire pratique intensive de l'innovation, véritable problématique des entreprises

L'intensification de la concurrence depuis le début des années 90 s'est traduite par une évolution des offres. Tout d'abord, la durée du cycle de vie des produits décroît : il est par exemple bien rare, de nos jours, qu'un modèle automobile ait plus de huit ans de durée de vie sur une chaîne de montage, alors que les Citroën 2CV ou Renault 4L profitèrent d'une belle carrière de... 25-30 ans ! On peut même se demander si le marché des téléphones portables ne s'apparente pas à un « marché de mode », c'est-à-dire un marché sur lequel il faut renouveler les collections tous les six mois [Le Masson et al., 2006]. Ce renouvellement rapide constitue un premier trait caractérisant les « nouveaux produits ».

Mais si cette stratégie de renouvellement « permanent » permet de se différencier à un moment donné en proposant une offre plus attrayante, elle s'est rapidement accompagnée d'une deuxième évolution, la diversification et la densification de l'offre. En effet, au fur et à mesure que le rapport offre / demande s'inversait, d'offres purement techniques répondant à un besoin pratique, les entreprises se sont mises à progressivement proposer des produits prenant en compte de manière de plus en plus prégnante et fine les attentes des consommateurs pour mieux les séduire. Mais les consommateurs ayant tous des besoins et envies différents, lancer un produit nouveau satisfaisant des besoins non assouvis jusqu'alors de manière équivalente pour un segment de client, signifie de proposer des offres en plus grand nombre si l'on veut couvrir une population conséquente. C'est ainsi que depuis le milieu des années 90, toujours dans le domaine automobile, les gammes de véhicules ont ainsi été démultipliées de manière conséquente, en nombre de modèles et en nombre de variantes⁴. On assiste donc à une diversification et une densification des offres produits sur un même marché par une segmentation accrue des types de consommateurs et de leurs besoins.

En échos à ces évolutions des offres, les consommateurs se sont assez rapidement retrouvés en situation d'« hyper choix » [Rouges, 2002]. S'habituant à cette situation, les clients ont progressivement acquis une connaissance plus experte des produits et en même temps leurs exigences sont allées grandissantes. En outre, avec des niveaux d'éducation toujours croissants [Nakamura, 2001], les consommateurs sont davantage capables d'apprendre l'usage

⁴ Chiffres portant sur les trois constructeurs français, entre 1992 et 2009 : Gamme Citroën : de 4 modèles à 8 modèles et de 7 variantes (break, berline, cabriolet ...) à 14 variantes ; Gamme Peugeot : de 4 modèles à 8 et de 5 variantes à 15 ; Gamme Renault : de 6 modèles à 9 et de 10 variantes à 20.

de tous nouveaux produits et de se familiariser rapidement avec des mutations technologiques. Il en ressort qu'ils sont aujourd'hui très réceptifs à toutes formes d'innovation.

Ainsi, l'apparition pourtant accrue ces dernières années de nouveaux systèmes, qui n'existaient pas et qu'il est impossible de rattacher à un « *dominant design*⁵ » préexistant, tels que par exemple les appareils photos numériques ou Internet, se caractérisent par une diffusion aussi massive que rapide. Cette acceptation « quasi immédiate » dans le monde contemporain de produits sans antécédents, qui se diffusent avec une vitesse jamais vue dans l'histoire industrielle, peut s'illustrer au travers du domaine de la téléphonie : le téléphone mobile était utilisé par à peine 2 % de la population française début 1996 et cinq ans plus tard, début 2001, par près d'un français sur deux, alors que par comparaison, en 1967 il y avait quatre millions de lignes de téléphone fixe en France, uniquement sept millions huit ans plus tard et un objectif type « plan de rattrapage » de 21 millions de lignes pour 1982 [Le Masson et al., 2006].

Face à ces exigences grandissantes des consommateurs et la densification d'offres diversifiées sur un même marché qui y accentue la pression concurrentielle, les entreprises sont manifestement amenées à surprendre plus, à innover « vraiment ». En effet, la posture stratégique visant une compétition sur des embryons de « *dominant designs* », brièvement stabilisés sur quelques fonctions et caractéristiques (poids, résolution des appareils photos ... dans le cas des téléphones portables) avec une lutte drastique sur les prix qui minimise la marge et asphyxie les concurrents s'ils ne réalisent pas suffisamment de volume de vente, semble de plus en plus difficilement tenable. Une démarche d'innovation, elle, redonne momentanément des marges financières si la voie empruntée rencontre l'écho souhaité.

Mais pour autant, miser sur une innovation ponctuelle, si radicale soit-elle, jouer un coup singulier ne semble pas suffisant au regard de la concurrence intensive qui caractérise le contexte économique actuel. En effet, la durée de la « rente » générée par une innovation semble devoir être courte, les produits nouveaux étant rapidement attaqués par les concurrents. Même l'idée de protection industrielle, par exemple via un brevet qui assure théoriquement à une entreprise de conserver une situation de quasi monopôle pendant 25 ans sur l'exploitation commerciale d'un système inédit, ne semble plus aujourd'hui une barrière suffisante face à la concurrence. En effet, parce que la mondialisation « connecte » les différences de législation entre les régions du monde ou que les entreprises se dotent de service spécialisé dans le contournement de ces protections industrielles, les délais d'imitation d'un nouveau produit ou de conception d'une réponse alternative semblent aujourd'hui déterminés davantage par les capacités d'acquisition du savoir-faire nécessaire pour le « reproduire ».

Ainsi en pratique, l'espoir d'acquérir aujourd'hui une position compétitive majeure et durable, sur la base d'un produit phare ou d'une nouvelle technologie, montre ses limites : dans un contexte où le renouvellement des produits et la capacité des concurrents à imiter, explorer des alternatives, varier et améliorer la performance est de plus en plus rapide, les marges apportées par les nouveaux produits s'érodent de plus en plus rapidement et le bénéfice « durable » visé par l'entreprise ne semble plus envisageable qu'en s'inscrivant dans une logique répétée de l'innovation. En d'autres termes, suite à toute sortie de produit nouveau,

⁵ Un *Dominant design* est un espace de conception connu et partagé avec tous les concurrents autour d'un produit, qui stabilisent les architectures, les valeurs portées par le produit, et organisent la compétition sur un petit nombre de fonctions considérées comme essentielles par les clients [Abernathy et Utterback, 1978] [Utterback, 1994].

face à la capacité accrue de réaction de la concurrence, il semble indispensable économiquement de prévoir le « coup d'après », innover de nouveau, « continuellement », et *a minima* d'anticiper des évolutions de l'offre visant à garder un plus différenciateur avant que celui-ci ne soit plus perceptible tout en tenant compte des adaptations du marché, le but étant de déplacer la performance sur des dimensions encore inexplorées et tout du moins valorisables pour le client, pour vendre avec de fortes marges.

Des études montrent d'ailleurs que le chiffre d'affaire et le bénéfice de nombreuses entreprises, tous secteurs confondus, sont de plus en plus dépendants des produits de moins de 3 ans⁶, attestant là de cette idée que l'innovation n'est plus un luxe mais est devenue une forme de compétition, qu'il convient de la répéter régulièrement, de manière intensive [Le Masson et al., 2006].

A la fois la génération d'offres toujours plus nombreuses, variées, innovantes et évoluant rapidement et la demande toujours plus exigeante de consommateurs multi-facettes, avertis, changeants et jamais réellement rassasiés traduit une société devenue hypermoderne⁷. Ce monde qui bouge se caractérise par des changements majeurs et constants. Or « *le changement est la matière première de l'innovation* » [Robert et Devaux, 1996]. Ainsi, depuis toujours, les entreprises innovantes se nourrissent du changement et ne le conçoivent pas comme mauvais, mais plutôt comme une source permanente d'opportunités de création de nouveaux produits et marchés.

Par contre, fort est de constater que cette coévolution à un rythme accéléré de l'offre et de la demande a des impacts multiples sur la forme des marchés et plus particulièrement sur celle des produits nouveaux, pour lesquels il est possible de distinguer différentes caractéristiques spécifiques. Ainsi, nous remarquons tout d'abord une complexité grandissante des objets, ces derniers intégrant de plus en plus de dimensions et de fonctions dans leur conception au fur et à mesure du déplacement des points de différenciation vis-à-vis des concurrents, mais aussi en réponse aux évolutions des exigences client. Ensuite, ces fameux objets nouveaux posent une autre question particulièrement difficile tant à leurs concepteurs qu'à leurs utilisateurs, celle de leur identité.

L'identité des produits n'est plus un point de départ stable de la conception. Alors que la performance à atteindre, les grandes alternatives architecturales et la nature des métiers à maîtriser étaient autrefois données, ce sont maintenant des questions ouvertes. Aussi, une démarche d'innovation doit permettre d'appréhender l'instabilité de l'identité des objets⁸. En effet, si l'identité d'un « téléphone portable » ne demande pas de longs éclaircissements, on relève chaque mois depuis le début des années 2000 des nouveautés, en grand nombre et sur des voies différentes allant de nouvelles cinématiques à de nouvelles fonctions issues le plus souvent de croisement avec un autre produit, ou encore par de nouveaux services plus ou moins en lien avec des ruptures technologiques au niveau des réseaux, qui peuvent modifier l'identité de cet objet. Ainsi, l'iPhone d'Apple doit-il être considéré encore comme un téléphone mobile ? Parce qu'il offre la capacité de « surfer » aisément sur Internet et qu'il est

⁶ Notons que l'entreprise 3M est souvent citée pour la part importante de ses produits de moins de 3 ans dans les performances de l'entreprise en termes de Chiffre d'Affaire ou de bénéfice.

⁷ L'hyper modernité succède à la modernité et la postmodernité. La société hypermoderne peut se définir par une société où tout est exacerbé, poussé à l'excès, à l'outrance même : la consommation, la concurrence, le profit, la recherche de jouissance, la violence, le capitalisme ...

⁸ Cette notion d'instabilité ou de crise de l'identité des objets a été développée par les auteurs Hatchuel, Weil et Le Masson du CGS de l'Ecole des Mines de Paris [Le Masson et al., 2006]. Notre présentation reprend certains de leurs arguments.

possible de télécharger des applications, ne s'apparente-t-il pas plutôt à un ordinateur mobile avec la fonction téléphonie ?

Ces symptômes de crise d'identité des produits ne sont pas l'apanage des secteurs de l'informatique ou des télécommunications mais se retrouvent dans d'autres industries, comme l'automobile⁹, et amènent d'ailleurs à reconsidérer la notion même de « branche industrielle » qui apparaît soudain fragilisée et fortement questionnée [Le Masson et al., 2006]. Par conséquent, pour un concepteur, penser la prochaine génération d'un produit invite à s'interroger sur son identité, intégrant des questionnements sur la valeur de certains espaces conceptuels ou sur les hybridations. Une démarche d'innovation semble devoir donc ne pas contraindre l'identité des objets.

Il existe un deuxième point que cette même démarche devra prendre en compte, la quantité des ressources qui s'y consacreront. En effet, du fait de la densification et de la diversification de l'offre, et de la complexification des produits, on note déjà que les effectifs de bureau d'études se sont accrus de manière très importante à la fin du siècle dernier. Cette augmentation des ressources consacrées à l'innovation dans les entreprises s'est encore accélérée depuis le milieu des années 1990. Dans le contexte d'innovation intensive, la maîtrise des dépenses de conception de produits nouveaux devient assurément une dimension-clé de la performance de l'entreprise, puisque l'innovation doit être répétée.

Mais si la démarche doit viser à ne pas contraindre l'identité de l'objet, cela signifie en fait qu'elle favorise sa mobilité et qu'alors on s'ouvre à de nouvelles explorations, de nouveaux espaces de valeurs, de nouvelles fonctionnalités, de nouvelles technologies et de nouveaux métiers ou encore de nouvelles formes de rapports marchands, et donc à de nombreuses incertitudes : la situation de crise d'identité du produit implique la disparition de nombreux repères pour l'ensemble des acteurs. Là la préoccupation des ressources prend alors encore plus d'acuité car il faut alors travailler sur un nombre d'autant plus important de dimensions : quels sont les clients, le marché, les nouveaux besoins, les prestations, les fonctionnalités, les technologies, les procédés, les références de coût, les fournisseurs ... ? Tout ceci est maintenant à concevoir, ce qui semble imposer d'autant plus d'activités et de ressources.

Au final, l'innovation intensive n'est pas une mode mais bien une nouvelle forme de compétition qui place les industriels dans le besoin d'une démarche efficace d'innovation. Cette dernière semble devoir intégrer deux impératifs assez contradictoires, à savoir permettre une mobilité de l'identité des objets au cours de leur genèse et maîtriser les ressources « consommées ». Cette volonté d'une approche efficace de la démarche d'innovation des entreprises pose de nombreuses questions, sur la manière de l'initier, sur les indicateurs caractérisant les livrables, sur les prises pratiques offertes aux acteurs de la conception, sur la possibilité de suivre les trajectoires de l'innovation et de les piloter par les managers, la nature, les étapes et les activités du processus suivi ...

Ce sont autant de questions pour lesquelles il convient maintenant de s'intéresser aux travaux de la littérature scientifique sur la notion d'innovation, multidisciplinaire et polysémique, et plus précisément sur les modèles de processus ou le raisonnement qui l'anime. Commençons par définir plus précisément de quoi parle-t-on lorsqu'on évoque le terme « innovation », mot qui désigne à la fois un processus et son résultat ou les deux à la fois.

⁹ Dans l'univers automobile, les « *crossovers* » remettent en cause les architectures classiques, les enjeux environnementaux sont en train de bouleverser le groupe motopropulseur, susceptible de devenir demain hybride ou électrique, parler de la sécurité revient à considérer non plus seulement les occupants du véhicule mais les piétons, les nouveaux services télématiques et « Internet dans la voiture » pourraient bien venir concurrencer ou faire évoluer certaines pratiques de téléphonie.

1.1.2. L'innovation, de la définition polysémique à la problématique de recherche

1.1.2.1. L'innovation vue comme résultat

Qu'est-ce que l'innovation ? Ce terme est si abondamment utilisé que sa définition pourrait sembler inutile. Pourtant « *beaucoup des difficultés suscitées par cette notion proviennent justement de la définition qu'on lui donne* » [Le Masson et al., 2006].

Historiquement, c'est aux économistes et notamment à Schumpeter que l'on doit la première étude sur l'innovation. Après la crise économique de 1929, Schumpeter s'intéresse non pas à la « classique » question de l'équilibre économique mais à celle de la dynamique économique, de la croissance. En effet l'innovation met en défaut la théorie de l'équilibre général qui défend une concurrence pure et parfaite, et nécessite de tenir compte des formes de production de connaissance et d'échanges de savoirs et non plus seulement de produits et de services.

Pour Schumpeter l'innovation est un concept caractérisant tout changement dans l'offre de produits ou services: « *Technological change in the production of commodities already in use, the opening up of new markets or of new sources of supply, Taylorisation of work, improved handling of material, the setting up of new business organizations such as department stores - in short, any « doing things differently » in the realm of economic life - all these are instances of what we shall refer to by the term Innovation* » [Schumpeter, 1964]. Dans ces travaux, l'innovation est définie comme le passage d'une invention au marché sanctionnée par une première transaction commerciale réussie [Schumpeter, 1934]. Schumpeter distingue alors précisément l'innovation de l'invention, cette dernière n'ayant pas d'effet économique. Mais il prend soin de préciser qu'il existe des innovations sans invention.

Dans l'après-guerre, le développement de l'industrie semble passer par le progrès des sciences et donc la recherche, comme en atteste le rapport de Bush intitulé « *Science, the endless frontier* » [Bush, 1945]. Les Etats occidentaux qui financent massivement la science, cherchent alors à disposer d'une certaine visibilité sur les investissements et c'est dans cette perspective que des économistes cherchent à identifier des indicateurs de l'activité économique ou scientifique, pour distinguer par exemple les déterminants d'investissements en « science pure » et en « science appliquée ». Ainsi, nous devons à MacLaurin des distinctions devenues classiques pour caractériser l'innovation [MacLaurin, 1953] : les innovations, « inventions » introduites commercialement, sont les seules à privilégier (distinction innovation / invention) ; les améliorations mineures (innovations incrémentales) comme les évolutions de l'automobile ne peuvent être valorisées de la même manière que les innovations radicales comme le nylon (distinction incrémentale / radicale) ; les innovations produit s'analysent par les ventes, celles de *process* par les chiffres de productivité et celles de service par les données du registre du commerce (distinction innovations produit / *process* / service).

On retrouve aujourd'hui ces différentes typologies, qui permettent de caractériser ou de positionner les innovations les unes par rapport aux autres plus que de les définir en tant que telles : l'innovation produit concerne la conception, le développement et la commercialisation d'un produit nouveau ou d'un service nouveau, alors que l'innovation *process* concerne plutôt un changement de la façon de produire ou de commercialiser un produit. Notons toutefois qu'est apparue l'innovation organisationnelle pour représenter un changement du mode d'organisation de l'entreprise [Alter, 1995].

Enfin, ajoutons que les frontières entre ces différentes caractérisations ne sont pas strictes et qu'il est possible de combiner différentes formes d'innovation. Ainsi, d'après Paquet, dans l'automobile « *certains constructeurs ont su produire des innovations processus associées à des innovations produits pour améliorer la rentabilité* » [Paquet, 2000]. Dans le cas de l'iPod d'Apple, il est très difficile de caractériser précisément s'il s'agit d'une innovation produit liée à ses performances en termes de rapidité de transfert de données, de légèreté, d'ergonomie ... ou d'une innovation de « business model » eu égard à la plateforme de vente en ligne de MP3 sur Internet qui lui est associé, l'iTunes store. IKEA en proposant des meubles à monter soi-même, impliquant de lourds changements à la fois sur le produit, le process et l'organisation de l'entreprise, est un autre exemple.

Si l'on s'extrait des caractérisations de l'innovation et que l'on revient à la définition même de l'innovation, nous relevons dans les définitions plus contemporaines la conservation de l'idée directrice énoncée par Schumpeter [Schumpeter, 1934], à savoir le passage d'une invention au marché, avec quelques précisions : Alberti insiste sur « *une appropriation par les usagers* » de l'innovation [Alberti, 2001], Maunoury l'envisage comme une nouveauté « *produite à grande échelle et lancée sur le marché par un entrepreneur s'adonnant à une activité économique* » [Maunoury, 1972]. Pour traduire que l'innovation est d'abord un fait économique, qu'un nouvel objet, un nouveau processus de production ou un nouveau service ne seront des innovations que s'ils donnent lieu à des échanges sur un marché, Perrin pose en préalable à ses travaux l'axiome suivant : « *pas d'innovation sans sanction par le marché* » [Perrin, 2001]. L'auteur précise que dans l'histoire des techniques il y a eu de nombreuses inventions qui n'ont pas débouché sur des innovations, « *l'aérotrain de Bertin par exemple* », car non concrétisées par une commercialisation.

Legardeur remarque que certaines des définitions « nécessitent souvent une rationalisation a posteriori de l'action et demandent de connaître les résultats du développement pour obtenir le « label » innovation » [Legardeur, 2001]. En effet, si l'on peut attribuer plus ou moins rationnellement le terme d'innovation à un produit ou un service qui est déjà mis sur le marché, par les premiers retours des clients ou encore le suivi du compte de résultat de l'entreprise, qu'en est-il pour un développement en cours ? Comment évaluer une « potentielle » innovation qui n'en est pas encore une (puisque le produit n'est pas encore mis sur le marché) ? Nous pointons ici le peu de « prise » sur l'innovation qui nous est offert par la définition de cette notion vue comme résultat, en ne la découplant pas d'un jugement porté sur un objet existant. Les conséquences sont majeures : « *on ne pourra parler d'innovation que de façon subjective* » et surtout « *on parlera d'innovation uniquement ex post : il faut que l'objet soit déjà conçu pour que le jugement soit porté* » [Le Masson et al., 2006].

Mais en définissant l'innovation comme « *résultat d'un processus permettant la transformation d'une idée en produit ou service commercialisable* » [Alberti, 2001], nous comprenons que certains auteurs centrent leur définition de l'innovation sur ce processus. C'est l'objet du prochain paragraphe.

1.1.2.2. L'innovation vue comme Processus de conception, véritable orientation du champ de notre problématique de recherche

S'éloignant d'une vision axée principalement sur le produit (invention / innovation), certains auteurs considèrent l'innovation comme un processus « *qui conduit de l'invention à sa diffusion* » [Kelly et Kranzberg, 1978] : ce « *n'est pas une action isolée mais un processus complet relié à d'autres sous processus. Ce n'est pas seulement la création d'une idée, ce*

n'est pas la conception d'un nouveau produit, ce n'est pas non plus le développement d'un nouveau marché; le processus d'innovation est l'intégration simultanée de tous ces éléments » [Myers et Marquis, 1969]. En d'autres termes, l'innovation serait « *un processus global de sous-processus inter reliés* » [Bocquet, 2002], un « *ensemble d'activités mises en œuvre pour transformer une idée de produit nouveau en une réalisation effective* » [Xuereb, 1991]. Gartiser traduit le processus d'innovation comme une succession de phases techniques, industrielles et commerciales qui conduisent à la vente de nouveaux produits manufacturés ou à l'utilisation commerciale de nouveaux procédés ou équipements technologiques, mais aussi à l'introduction réussie dans l'entreprise de nouveaux modes d'organisation ou de commercialisation [Gartiser, 1999]. Le modèle de la traduction permet d'insister sur le fait que l'innovation est un processus non-linéaire impliquant une transformation interactive et itérative des objets et des acteurs [Callon et Latour, 1985] [Callon, 1986].

Ces définitions mettent en avant des processus de transformation dans l'optique de développer un objet, mais la vision de la nature même du ou des processus est différente selon les auteurs. Ainsi, l'innovation peut être vue comme un processus d'adoption d'un changement, de quelque chose de nouveau pour une organisation considérée et pour son environnement immédiat [Knight, 1967], comme « *la capacité pour une entreprise à repérer un savoir inventif et à le socialiser* » [Stiegler, 1998] ou comme « *l'art de transformer des connaissances en richesses* » [Bonnaure, 1997].

Perrin montre lui que la conception est « *le cœur du processus d'innovation* » [Perrin, 2001]. La définition de l'OCDE¹⁰, « *Design is the very core of innovation, the moment when a new object is imagined, devised and shaped in prototype form* » [OCDE, 1982] ou celle de Oakley, « *la conception permet de transformer une invention en innovation réussie, ou d'élargir l'utilité d'une innovation déjà existante* » [Oakley, 1990], appuient ce constat. Selon certains auteurs, la littérature sur l'innovation nous aiguille également sur cette voie : elle a fréquemment recours à des métaphores renvoyant à la conception et elle insiste souvent sur certains traits caractéristiques qui sont ceux de la conception [Hatchuel et al., 2005]. D'autres ont souligné que l'innovation nécessite les interventions actives de plusieurs réseaux de participants qui contribuent à la transformation des idées initiales pour les rendre plus concrètes et plus viables (les clients pouvant être aussi des participants utiles) [Callon, 1986] [Van de Ven et al., 1999] [Whitley, 2000]. Or c'est le propre de la conception que de partir « d'idées initiales » pour les rendre progressivement plus concrètes.

En effet, la conception d'un produit se définit comme étant l'ensemble des activités et des processus qui permet de passer de l'idée d'un nouveau produit à la fourniture de l'ensemble des informations afin de lancer la production de ce produit et d'en assurer l'usage et la maintenabilité [AFNOR, 1988], comme un processus de transformation d'informations qui assure le passage de l'abstrait au concret [Rodenacker, 1970] ou comme la transformation de l'idée en produit [Vadcard, 1996].

S'il semble donc acquis que les activités de conception sont au cœur du processus d'innovation [Perrin, 2001], nous allons voir que ce lien entre innovation et conception n'était pas explicité dans le modèle dominant de processus d'innovation dans la littérature économique ou non économique depuis la seconde guerre mondiale et qui oriente encore de nombreuses politiques scientifiques et technologiques.

¹⁰ OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economiques

Pendant longtemps, le modèle¹¹ dominant de processus d'innovation fut donc celui du *science push*, un modèle d'innovation hiérarchique et linéaire. Certains exemples historiques comme le développement du Nylon par Du Pont de Nemours sont souvent cités pour illustrer la pertinence du modèle, modèle représenté par la Figure 1-1. L'innovation y est amorcée par les activités de recherche : la recherche fondamentale induit la recherche appliquée ou le développement d'inventions qui débouchent sur de nouvelles productions et la mise sur le marché de nouveaux produits. Ce modèle est aussi dénommé le modèle de l'échelle, le processus d'innovation progressant étape par étape (*step by step*) vers des solutions de plus en plus pratiques [Gomory, 1989].

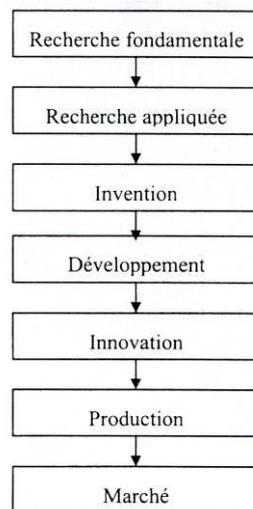


Figure 1-1 : Le modèle de l'échelle, modèle hiérarchique et linéaire.

Dans leur contribution « *An overview of innovation* », Kline et Rosenberg contestent ce schéma de pensée prégnant durant les années 1970 et 1980, voulant que le processus d'innovation puisse être représenté comme un processus linéaire, bien connu et sans failles, qui descendrait de la recherche fondamentale à la production via le développement, pour irriguer le marché, sous formes de produits innovants. Selon les auteurs, si cette représentation offre des bases solides pour la formulation de politiques scientifiques et technologiques, elle dénature le fait que la conception, et non la recherche, initie la majorité des cas d'innovation [Kline et Rosenberg, 1986]. Se référant à de nombreux exemples historiques, ils affirment avec force que les activités de conception jouent un rôle central dans le succès ou l'échec du processus d'innovation : « *La conception est essentielle pour initier une innovation technologique et la re-conception est essentielle pour assurer son succès* » ; « *Le processus central de l'innovation n'est pas la science mais la conception* » [Kline et Rosenberg, 1986].

¹¹ Par « modèle » nous désignons « *une abstraction de la réalité qui ressemble suffisamment à l'objet modélisé pour qu'il soit possible de répondre à certaines questions concernant cet objet, en consultant le modèle. On qualifie le modèle de « bon » s'il permet de trouver les réponses au « bon » ensemble de questions avec une bonne tolérance* » [Lissandre, 1990]. Ainsi par exemple, « *les modèles de conception sont des représentations des philosophies et des stratégies proposées pour montrer ce qu'est la conception et comment elle peut être mise en œuvre* » [Evbuomwan et al., 1996]. Concernant les modèles qui guident et organisent l'action des agents mobilisés en innovation, Perrin avertit qu'« *il est impossible de rendre compte à partir d'un seul modèle de la diversité des caractéristiques des processus d'innovation* » [Perrin, 2001].

A la suite de la publication de leurs travaux [Kline et Rosenberg, 1986] [Aoki et Rosenberg, 1987], la recherche fondamentale comme première force d'impulsion de l'innovation a commencé à être remise en question au profit des activités de conception. La reconnaissance du rôle stratégique de ces dernières dans les processus d'innovation est confirmée par plusieurs études et enquêtes menées principalement en Grande-Bretagne durant les années 1970-1980¹², et plus récemment aux Etats-Unis. En effet, la publication du rapport *Made in America*¹³ du MIT¹⁴ montre le découplage entre recherche et innovation en mettant en avant le rôle fondamental de la conception dans les processus d'innovation : « *les Etats-Unis sont encore les meilleurs pour la recherche fondamentale [...] (mais) perdent de plus en plus de terrain sur leurs concurrents étrangers quand il s'agit d'exploiter commercialement les inventions et les découvertes* » [Dertrouzos et al., 1990]. En substance, les entreprises américaines ont du mal à transformer leurs inventions en produits et la première cause de ce paradoxe identifiée par les auteurs du rapport est la conception de produit.

La recherche reste certes un facteur important, mais elle n'est que l'un des multiples éléments qui entrent en ligne de compte dans la compétitivité d'une industrie ou d'une nation, et par conséquent une situation de *leadership* sur un produit peut être acquise sans *leadership* scientifique¹⁵. Cette position consistant à voir la conception et le développement de nouveaux produits comme le cœur de l'innovation se confirme¹⁶ et va avoir son impact sur les modèles de processus d'innovation proposés. En effet, si certains travaux continuent de s'intéresser aux technologies, notamment les approches évolutionnistes¹⁷, il est alors possible d'identifier une grande partie des modèles de processus d'innovation aux processus de conception et de développement de produit. Intéressons nous brièvement à ces processus de conception, puis à leurs formes dérivées dans l'optique de l'innovation.

Dans les processus de conception, par souci d'efficacité, la variété des objets à concevoir combinée à l'aspect collectif de l'activité a progressivement conduit à travailler sous « *dominant design* » et à la systématisation du raisonnement par la définition d'étapes à suivre et d'épreuves de contrôle et de validation à respecter à chaque pas. Cette systématisation s'appuie sur des langages suffisamment abstrait et universel pour pouvoir s'adapter à toutes

¹² Les rapports officiels, le *Fielden Report* sur l'*Engineering Design* (1963), le *Corfield Report* concernant le *Product Design* (1979) et le *Finniston Report* intitulé *Engineering our Future* (1980), montrent le rôle de la conception pour améliorer la qualité et la compétitivité des produits. Une première enquête du « *Design Innovation Group* » fait le même constat alors qu'une deuxième en évaluant les aides publiques met en avant le lien entre un renfort de la capacité de conception et de développement de nouveaux produits et la pénétration d'un nouveau marché [Roy et Potter, 1990].

¹³ Une commission du MIT, forte d'une centaine de scientifiques de différentes disciplines, examina pendant deux ans plusieurs centaines d'interviews de dirigeants et des personnels d'entreprises des Etats-Unis, mais également du Japon et d'Europe, dans des industries diverses (automobile, aéronautique civile, machine-outil, sidérurgie, chimie, électronique grand public et industrie textile) pour déterminer les causes du déclin de l'industrie américaine durant la décennie 1980.

¹⁴ *Massachusetts Institute of Technology*

¹⁵ « *C'est ainsi que, dans le domaine des hautes technologies, le Japon génère autant d'excédents que les États Unis avec une intensité de recherche trois fois moindre; ou encore que l'Italie réalise une part importante de ses excédents commerciaux dans des secteurs de faible ou de moyenne-faible technologie, en n'y consacrant que peu de R&D* » [Bonnaure et Barre, 1995].

¹⁶ En 1991, le rapport *Improving Engineering Design, Designing for Competitive Advantage* (*National Research Council* des Etats-Unis) confirme les conclusions de l'enquête *Made in America*.

¹⁷ Selon le courant évolutionniste, l'évolution d'une entreprise est conditionnée par les « routines » [Nelson et Winter, 1982] qui se sont constituées progressivement : les possibilités d'évolution d'une firme à un moment donné sont contraintes par son évolution passée [Durand, 1998]. Concernant les changements technologiques (l'innovation technologique) [Dosi, 1988] [Freeman, 1982], les opportunités sont donc fonction des activités de recherche antérieures, et pour chaque choix effectué, l'éventail des possibilités se rétrécit : c'est le phénomène de la « dépendance du sentier » [David et Foray, 1995]. Il conduit peu à peu à un verrouillage technologique et irréversibilise des « trajectoires technologiques ».

les industries et toutes les techniques. Le modèle le plus connu de la conception systématique, celui de Pahl et Beitz représentée par la Figure 1-2, en distingue trois qui s'insèrent dans des phases distinctes : le design fonctionnel, où il s'agit d'identifier les grandes fonctions de l'objet, le design conceptuel, où sont choisis les principes scientifiques et les partis architecturaux, et la phase d'« *embodiment* », c'est-à-dire le déploiement physique du système par la détermination des formes et dimensions de l'artefact [Pahl et Beitz, 1977]. Il est couramment ajouté une quatrième phase de *design* détaillé où vont être élaborés les documents nécessaires à l'achat ou à la mise en fabrication des composants et sous-ensembles qui compose l'objet technique.

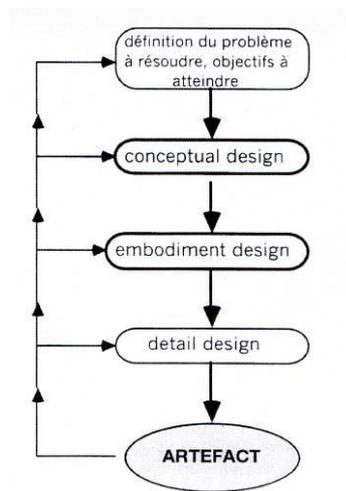


Figure 1-2 : Le modèle de conception systématique d'après Pahl et Beitz [Pahl et Beitz, 1977].

Si le modèle de processus de conception proposé n'est pas forcément linéaire descendant, soulignons que dans un contexte d'identité produit stabilisée où les connaissances nécessaires au développement du projet sont a priori connues et disponibles, le but est de converger vers les objectifs issus des spécifications de la manière la plus efficace qui soit, le pilotage et la mesure de la performance s'effectuant suivant le triptyque Coût-Délai-Qualité.

Nous venons de voir la mise en exergue de la conception en innovation, notamment vis-à-vis des premiers modèles d'innovation qui faisaient la part belle à la recherche. Pour autant, les modèles de conception systématique, tel celui de Pahl et Beitz, ne semblent pas convenir dans une optique d'innovation. Aussi, nous nous interrogeons légitimement sur la forme d'un processus de conception spécifique à l'innovation : Quel processus de conception mettre en place pour innover ? Cette interrogation fournit un premier cadre à notre problématique de recherche que l'on va chercher à affiner davantage au regard de travaux existants de la littérature.

A ce propos, comme nous l'avons évoqué dans notre introduction, l'innovation est un champ pluridisciplinaire et il existe de nombreux travaux qui l'abordent et s'y confrontent : l'innovation recouvre différentes dimensions, et chacune d'elles, prise en charge par une discipline scientifique différente, a donné lieu à une très abondante littérature¹⁸. Cependant, pour chaque champ disciplinaire, l'innovation apparaît plutôt comme un phénomène extérieur

¹⁸ Pour un état de l'art plus approfondi détaillant pour chaque dimension les concepts proposés, leur genèse et leur portée en les replaçant autant que possible dans des généalogies de travaux de recherche, nous renvoyons le lecteur à la partie intitulée « L'innovation au kaléidoscope des disciplines » de l'ouvrage « Les processus d'innovation » [Le Masson et al., 2006].

permettant la critique de théories établies (économie, organisations, processus cognitifs ...), leur révision ou leur enrichissement. Aussi, nous notons qu'il existe assez peu de travaux traitant de l'innovation comme objet d'étude à part entière.

En échos à la problématique des entreprises portant sur la nécessité d'un processus efficient permettant d'innover, notre état de l'art se centre donc sur les démarches de conception pour innover. Avant d'aborder les raisonnements de conception d'un point de vue théorique, nous allons étudier les évolutions de modèles de processus de conception pour l'innovation, telles que leur assouplissement ou la favorisation d'une pratique, comme la créativité.

1.2. Evolutions des modèles de processus de conception pour l'innovation

1.2.1. L'apport de la créativité pour innover

Lors d'un processus de conception, les acteurs mobilisent diverses méthodes de conception. Selon Cross, il est possible de les regrouper en deux grandes classes comme l'illustre la Figure 1-3 : les méthodes de créativité et celles de rationalisation¹⁹ [Cross, 1994]. Les méthodes de créativité sont fréquemment associées à l'innovation car elles cristallisent à la fois une spécificité majeure et une nécessité du processus d'innovation : l'exploration de nouveaux espaces. Aussi, nous proposons d'étudier leurs apports sur un processus de conception en vue d'innover.

¹⁹ Dans cette typologie, les méthodes de rationalisation sont classées en fonction des étapes de conception.

Méthodes de créativité	
<i>Brainstorming</i>	but : générer un grand nombre d'idées nouvelles
<i>Synectics</i>	but : susciter des idées nouvelles par analogie

Méthodes de rationalisation	
Étapes dans le processus	Méthodes
Clarification des objectifs	Arbre des objectifs but : expliciter les objectifs et sous-objec- tifs, et leurs relations
Définition des fonctions	Analyse fonctionnelle but : définir les fonctions et les frontières du système à concevoir
Définition des performances	Spécifications des performances but : définir avec précision les spécifica- tions techniques et économiques à attein- dre
Définition des caractéristiques	<i>Quality Function Deployment (QFD)</i> but : définir les caractéristiques techniques de la solution qui satisfasse les différentes attentes des consommateurs
Création d'alternatives	Carte morphologique but : générer le maximum de solutions alternatives par analyse et combinaison des différents principes techniques suscep- tibles de répondre au cahier des charges fonctionnel
Évaluation des alternatives	Pondération des objectifs but : évaluer et comparer les différentes solutions alternatives
Amélioration	Analyse de la valeur but : augmenter l'utilité d'un produit pour l'acheteur tout en réduisant les coûts de production

Figure 1-3 : Catégorisation en deux classes des méthodes de conception d'après Cross [Cross, 1994].

Dans les entreprises, l'amalgame entre innovation et créativité est assez commun : pour innover, il faut avoir de nouvelles idées, d'où l'usage de méthodes de créativité. Notons que la méthode TRIZ²⁰, plutôt spécifique aux problèmes d'ordre technique, a participé de manière significative à « légitimer » le domaine des techniques de créativité en industrie.

Dans la littérature, de nombreux auteurs associent également méthodes de créativité et innovation [De Brabandere, 2004], [Jakobiak, 2005], [Ngassa et al., 2003], [Ozer, 1999], [Altshuller, 1988], [Jaoui, 2003], en les voyant comme moyen de divergence, sans trop préciser où ils les positionnent vis-à-vis du processus de conception : en considérant que le point de départ du processus d'innovation n'est plus une découverte issue de la recherche, il est en effet possible d'imaginer l'utilisation de méthodes de créativité en amont de la clarification des objectifs de conception et/ou au cours du processus. Certains auteurs définissent plus précisément le cadre d'utilisation des méthodes de créativité, dans certaines phases d'un processus de conception de produits nouveaux [Aoussat, 1990], [Groff, 2004].

Nous nous proposons d'affiner notre état de l'art sur cette question de la créativité qui semble « communément » indissociable de l'innovation mais également une voie prometteuse dans l'optique de faire varier l'identité d'un objet. Nous allons ainsi analyser différentes méthodes

²⁰ Acronyme russe qui signifie « *The Theory of Inventive Problem Solving* » créée par le Russe G. Altshuller [Altshuller, 1999]

de créativité, celles « d'animation collective » et les méthodes TRIZ et ASIT plus centrées sur la recherche de solutions techniques.

1.2.1.1. De la créativité aux méthodes de créativité

Qu'est-ce que la créativité ? Selon de nombreux auteurs, la créativité est décrite comme une aptitude de l'individu à créer, à produire des idées neuves et réalisables, à combiner et à réorganiser des éléments [Demory, 1990] [Osborn, 1988] : la créativité est envisagée comme « *processus intellectuel qui vise à provoquer le plus d'associations possibles afin d'arriver à une nouvelle synthèse, un nouvel arrangement d'où surgiront des nouveautés conceptuelles, des stratégies inattendues, des innovations* » [Roy, 1978], mais ce processus est difficile à appréhender, les grands inventeurs eux-mêmes ne s'expliquant pas bien ce qui leur est arrivé lorsque leur invention leur est venue. La complexité de la créativité peut être illustrée par les différentes disciplines qui l'étudient : psychologie, sociologie, management et sciences de l'ingénieur, philosophie ... [Amabile, 1996] mais aussi par l'introspection du cerveau humain²¹ qui semble nécessaire.

Degrange, s'appuyant sur les domaines de la linguistique et de la psychanalyse de Lacan montre que c'est dans la tentative de réduire l'écart entre le réel et sa représentation par la langue que la créativité puise ses forces [Degrange, 2002].

De nombreux auteurs ont essayé de modéliser ce qui se passe dans la tête d'une personne, entre le moment où elle est confrontée à un problème jusqu'au moment où elle trouve une solution créative [Wallas, 1926] [Koestler, 1965]. Koestler propose un modèle de processus créatif en trois phases :

- une phase logique où le problème est formulé, où l'on rassemble des données et où il y a une première recherche de solutions.
- une phase intuitive qui comprend une prise de distance avec la problématique, une maturation et une décantation avant une illumination,
- une phase critique où l'on examine, vérifie et met au point la découverte, la solution.

En superposant ce modèle de processus créatif avec celui de Wallas²², nous remarquons que la phase intuitive peut se décomposer en deux sous-phases : Incubation et Illumination. L'incubation vise à contourner « *l'auxiliaire mental qui nous empêche de trop penser, appelé fixation* » [Horowitz, 2003]. L'illumination représente elle le fameux « *flash of insight* » synonyme de solutions créatives.

Les méthodes ou techniques de créativité visent majoritairement à instrumenter cette phase intuitive, qui caractérise la production d'idées.

²¹ Les travaux de Sperry, prix Nobel de médecine en 1981, ont donné une nouvelle dimension aux recherches sur l'aptitude créative des individus : il distingue l'hémisphère gauche du cerveau qui serait le siège des fonctions rationnelles comme la mémoire, la logique, le raisonnement ou encore le calcul, de l'hémisphère droit où seraient localisées des fonctions globalisantes telles que la synthèse, l'intuition, l'esthétique, la sensation, les images, les métaphores, l'instantanéité.

²² Le modèle de processus créatif de Wallas comporte 4 phases : Préparation, Incubation, Illumination et Vérification [Wallas, 1926].

1.2.1.2. Les méthodes de créativité de groupe

Au sortir de la deuxième guerre mondiale, Guilford établit une distinction entre l'intelligence convergente, celle que mesure le QI, et l'intelligence divergente qu'il rend synonyme de créativité. Dans le monde anglo-saxon des années 60-70, la sélection d'élèves ou le processus de recrutement pour certains postes ont intégré une série de tests de créativité, visant donc à mesurer l'intelligence divergente des candidats. C'est dans la perspective de fournir un soutien pédagogique pour satisfaire ces tests que les premières méthodes ont donc été imaginées, notamment par des psychologues comme Paul Torrance : ce sont des exercices d'esprit, personnels ou collectifs, visant un foisonnement maximum. Les techniques de créativité n'ont donc pas été développées pour l'innovation industrielle [Le Masson et al., 2006].

Justement, du point de vue de l'entreprise se posent de nombreuses questions dans le but de produire des solutions créatives : est-ce possible pour un individu d'acquérir la compétence « créatif » ? Faut-il embaucher des « créatifs » ? ... Pour légitimer l'utilisation des techniques de créativité, Horowitz nous éclaire sur le fait qu'en admettant qu'il ne soit « *pas possible de rendre quelqu'un plus créatif, il est possible de lui fournir des outils qui lui permettent de produire des solutions créatives* » [Horowitz, 2003], un peu à la manière d'un cric qui permet à quiconque de lever une voiture sans pour autant en avoir la force.

Convergeons vers des considérations plus opérationnelles et centrons notre état de l'art sur ces « crics », ces techniques de créativité qui permettent à une entreprise de générer davantage de solutions créatives. D'un point de vue formel, les techniques de production des idées s'effectuent en groupe. En effet, d'une part, comme le montre Le Bon dans ces travaux, la foule est nivelée par le bas, elle est impulsive et agit sans contrôle [Le Bon, 1985] ce qui est cohérent avec le contournement recherché des fixations. D'autre part, les mécanismes de la linguistique, plus particulièrement la construction de métaphores, sont favorisés dans le cadre d'un groupe d'individus [Degrange, 2000]. Ainsi, de manière classique, il est préconisé de disposer d'un groupe pluridisciplinaire de six à huit participants volontaires et motivés, et d'un animateur.

La littérature sur les méthodes de créativité est vaste, certains auteurs proposant par exemple un classement de 172 méthodes [Ngassa et al. 2003]. Par conséquent, notre but n'est pas de présenter un état de l'art exhaustif mais plutôt d'explicitier les grands principes de ces techniques de créativité en groupe²³.

Après une identification du problème qui doit être suffisante pour ne pas déployer d'énormes efforts créatifs « *en vain pour résoudre des problèmes mal identifiés* » [Jaoui, 2003], il est généralement dissocié une première phase, divergente, de production d'idées, puis une deuxième consistant à les évaluer et les trier : un « délai entre l'émission des idées et le tri » est préconisé de manière à prendre un recul nécessaire pour ne pas « tuer » trop rapidement certaines idées « *par réflexe de protection à l'égard d'un changement* » [De Brabandière, 2004] : c'est le jugement différé. Le processus créatif lui-même, la production d'idées, se déroule d'abord par un premier temps, qui correspond à l'« illumination » de Wallas, où tout peut être dit, sans censure ni autocensure, puis par un deuxième où l'on peaufinera, classera, regroupera les nombreuses idées produites sans en éliminer et sans leur enlever leur originalité [Jaoui, 2003] et où pourra s'effectuer des combinaisons d'idées. Les idées sont *in*

²³ Notons que nous excluons de ces méthodes de créativité en groupe la « synectics » [Gordon, 1961] [Prince, 1970], qui nous le verrons au Chapitre 2 s'inscrit dans une logique fondamentalement différente.

fine formalisées sous forme de fiche-idée, mais notons que nous ne relevons aucun dispositif visant à satisfaire la question de leur approfondissement, lorsque celle-ci est esquissée.

Précisons enfin le rôle de l'animateur qui, pendant la séance, doit être directif sur la forme et non directif sur le fond, c'est-à-dire qu'il n'intervient pas à proprement dit dans la réflexion mais qu'en tant que garant et pilote des règles méthodologiques, il va favoriser le déclenchement de nouvelles idées : il écoute, note, relance sur un axe ou en utilisant une autre méthode.

Concernant ces méthodes de créativité de groupe, une première remarque apparaît nettement : c'est le nombre de techniques existantes. On en dénombre des dizaines, chacune s'appuyant sur une particularité ou un mécanisme cognitif, et nous soulignerons en outre qu'il n'existe que peu d'informations quant à leur efficacité et leur utilisation en entreprise [Ngassa et al., 2003]. La question du choix d'une ou plusieurs techniques en vue d'une séance de créativité semble peu rationnelle (« laquelle ou lesquelles choisir ? ») et on peut donc penser que l'efficacité d'une séance de créativité collective repose en grande partie sur l'animateur, sur son expérience des techniques à mobiliser et sur ses talents d'animation du groupe, mais aussi sur sa conduite d'un point de vue formel de la séance comme nous l'avons évoqué.

Notre deuxième remarque est que la légitimité des méthodes de créativité elles-mêmes, du point de vue de leur formalisme, est remise en cause par certains auteurs. Ainsi, les techniques de créativité « *sont présentées comme des recettes, un peu sur le mode culinaire, sans qu'il soit proposé de cadre propice à une réflexion théorique pouvant venir répondre à quelque rigueur* » [Degrange 2000] ce qui n'est pas cohérent avec la vision de l'auteur selon laquelle l'idée créative a la forme d'une métaphore, qui ne peut pas se fabriquer et qui surgit comme improvisation, « *non pas de ces improvisations qui seraient le fruit de la fantaisie la plus débridée, mais de celle qui exigent une longue maturation préalable, pour venir s'insérer judicieusement dans la trame d'une composition reconnue* » [Degrange 2000].

Nous abordons enfin une troisième limite des techniques de créativité en groupe : en s'intéressant à ce qui se passe dans la tête d'une personne entre le moment où elle est confrontée à un problème jusqu'au moment où elle trouve une solution créative, ces méthodes sont limitées à la compréhension de mécanismes cognitifs de l'humain. En effet, la réussite de ces démarches, au-delà des talents multiples de l'animateur, semble aussi dépendre de dimensions « intimes », peu accessibles et gérables, relatives à ce qui motive les participants dans leur fort intérieur, à leur vécu, leur approche du sujet initial, à la communication et la relation entre les membres, à la corrélation entre la personnalité de chaque individu avec le travail de groupe...

Nous allons maintenant analyser la méthode TRIZ, un ensemble d'outils qui permet de générer de nouvelles idées en lien avec un problème d'ordre technique.

1.2.1.3. La méthode TRIZ

La méthode TRIZ²⁴ est un ensemble d'outils créé et développé par Altshuller à partir de 1946, visant à contourner « l'inertie psychologique » pour permettre l'émergence de concepts de

²⁴ TRIZ : acronyme russe de « *Teorija Reschenija Izobretateliskih Zadatcc* », que l'on rencontre également dans la littérature sous le terme anglais « TIPS » (« *Theory of Inventive Problem Solving* ») et qui peut se traduire en français par la théorie de résolution des problèmes inventifs, ou plutôt théorie de résolution de problèmes pour innover.

solutions en réponse à des problèmes [Altshuller, 1999]. Au lieu de s'intéresser à ce qui se passe dans la tête d'une personne entre le moment où elle est confrontée à un problème jusqu'au moment où elle trouve une solution créative, Altshuller a centré son analyse sur des créations existantes : les outils et la connaissance mobilisée sont principalement extraits d'analyses réalisées sur 2.500.000 brevets²⁵. Ces analyses lui ont permis d'observer qu'une invention dans un domaine est souvent la transposition d'une solution existante dans un autre domaine.

La méthode TRIZ a pour objectif de rationaliser et d'étendre les domaines investigués pour permettre aux ingénieurs d'exploiter, le plus efficacement possible, des principes de solutions déjà éprouvés dans d'autres applications innovantes. L'apport principal de TRIZ est donc de favoriser la créativité appliquée à la résolution de problèmes techniques. Comment ? Comme les méthodes de créativité, la méthode TRIZ repose sur le travail de groupe. Les outils proposés remplissent deux fonctions bien distinctes. Les premiers permettent de modéliser, d'abstraire le problème spécifique en un problème standard. Atteindre un certain niveau d'abstraction permet de s'affranchir des particularités du problème traité et plus largement de la manière habituelle de l'aborder propre à une discipline. Les seconds sont des outils de résolution et proposent de manière systématique des pistes de solution standard que l'on déclinera par la suite en une ou plusieurs solutions spécifiques. Ces deux mécanismes sur lesquels repose le passage du problème spécifique vers sa ou ses solutions apparaissent sur la Figure 1-4 : le cercle en pointillés représente les outils de modélisation et le cercle noir les outils de résolution. Signalons que la flèche entre 1 et 4 modélise l'approche intuitive qui vise à chercher directement une solution au problème, sans contourner l'inertie psychologique.

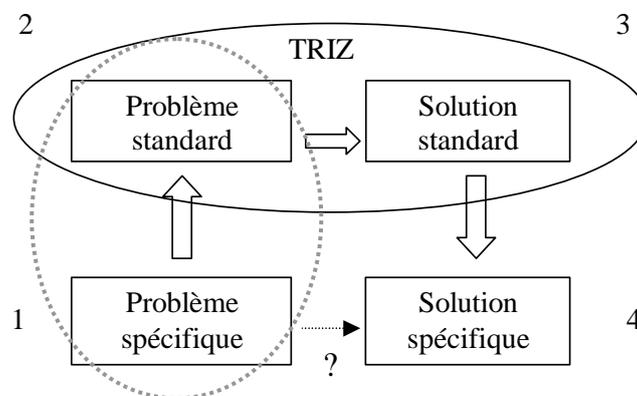


Figure 1-4 : Processus de conceptualisation mis en œuvre avec TRIZ (source [Choulier et Draghici, 2000]).

Concernant les limites de TRIZ, certaines recherches sur l'utilisation de cette méthode et les outils associés pointent la difficulté de formuler un problème spécifique en un problème standard exprimé dans des termes propres à TRIZ, mais aussi et surtout la difficulté d'interpréter les solutions génériques pour les adapter en solutions spécifiques [Choulier et Draghici, 2000] [Ngassa et al., 2000]. En effet, il n'est proposé aucun outil spécifique pour effectuer cette opération qui vise à déduire les solutions spécifiques à partir des pistes de solution standard proposées.

²⁵ Suivants les écrits, le nombre de brevets énoncés est très variable ; nous nous référons à Legardeur [Legardeur, 2001].

Une deuxième limite concerne les conditions d'utilisation de la méthode. En effet, Choulier et Draghici montrent que si la méthode TRIZ semble particulièrement bien adaptée à la résolution de problèmes relativement bien définis, elle semble difficilement envisageable dans le cas de l'innovation et plus généralement pour des problèmes de conception mal définis [Choulier et Draghici, 2000]. En effet, pour mobiliser certains outils comme les modèles « *substance-champ* », il est nécessaire d'avoir des connaissances précises sur l'objet du problème.

Les retours d'expérience de projets industriels montrent la nécessaire maîtrise des outils par les participants : un premier niveau de connaissance doit être acquis, ce temps d'apprentissage pouvant être important [Choulier et Draghici, 2000], et il est préférable d'être accompagné d'un expert. La méthode TRIZ comprend en fait de nombreux outils, plus ou moins complexes et qu'il faut mobiliser ou pas suivant les cas²⁶. Les logiciels²⁷ peuvent aider à la fois pour l'apprentissage de la méthode et pour une utilisation concrète. La méthode TRIZ semble « lourde » et « chronophage » à utiliser²⁸ : il est donc nécessaire de bien cibler et maîtriser son utilisation, respectivement en termes de problèmes traités et au niveau des outils mobilisés.

La méthode TRIZ est efficace, mais dans certaines conditions et sur le périmètre restreint de la résolution de problèmes bien identifiés et à caractère technique. Nous allons maintenant présenter une extraction appliquée et abordable de la méthode TRIZ, la méthode ASIT.

1.2.1.4. La méthode ASIT

La méthode ASIT²⁹, a été imaginée Horowitz [Horowitz, 2003]. En s'intéressant à différentes solutions, particulièrement les plus « élégantes », il a été remarqué que le « monde de la solution » n'introduit pas de nouveau type d'objets par rapport au « monde du problème » : les solutions créatives sont très proches dans leur « généalogie » des solutions conventionnelles. Ceci constitue la première condition de la méthode ASIT, nommée condition du « Monde Clos », et rejoint certains principes de TRIZ et les notions d'idéalité et de ressources. La deuxième condition, celle du « changement qualitatif », peut s'expliquer par l'utilisation ou l'annulation de la cause du problème. Le fait de poser cette dernière condition permet de « casser » les contradictions, les mêmes contradictions que l'on essaie de résoudre dans TRIZ. Ces deux conditions, qui constituent la base de la méthode ASIT, sont

²⁶ Une stratégie d'acquisition de compétence « au cas par cas » est proposée par Lutz [Lutz et Cavallucci, 2000] et pour les problèmes plus difficiles, il existe un outil de résolution adapté mais lourd : « ARIZ », algorithme de résolution des problèmes inventifs.

²⁷ Certains supports informatiques reprennent l'ensemble de ces outils TRIZ et les associent parfois à des bases de données d'exemples. Le logiciel TechOptimizer™ en est un exemple. Le lecteur intéressé peut se référer aux ouvrages spécialisés sur la méthode [Altshuller, 1999], [Savransky, 2000], et pour les analyses sur la méthode même [Choulier, 2000a et b].

²⁸ En 2002, Valeo Engine Cooling a testé la méthode TRIZ et le logiciel Technoptimizer sur différents projets sur un total de plus de 600 heures. Cette expérience a montré la nécessité de formation des participants, la complexité opérationnelle et le coût temporel important. La méthode TRIZ propose des « outils trop lourds », ne correspondant pas aux besoins de l'entreprise. Il a été préféré le développement d'une méthode spécifique s'inspirant d'une démarche de design. Simple et visuelle, facile d'accès et permettant des résultats plus rapides, la méthode « 5D » a été développée en partie par Munoz [Munoz, 2002] et s'appuie localement sur les bases de données d'exemples de Techoptimizer.

²⁹ ASIT : acronyme de « Advanced Systematic Inventive Thinking ». ASIT a été imaginée par Roni Horowitz sur la base de travaux israéliens du début des années 1990 qui visaient à simplifier la pratique de TRIZ, plus particulièrement le « SIT » (« Systematic Inventive Thinking ») de Genedy Filkovsky.

accompagnées de cinq outils visant à aider à identifier les opportunités cachées à l'intérieur du Monde Clos [Horowitz, 2003].

La méthode ASIT, comme la méthode TRIZ, remet en cause le mythe de « la quantité mène à la qualité » suivant lequel « *plus on a d'idées à considérer, plus on augmente nos chances de découvrir de nouvelles choses* » [Grossman et al., 1988], et ne s'appuie donc pas sur la pensée latérale ou divergente, ou sur une réflexion hors du cadre. Pour contourner les « fixations », l'inertie psychologique, ASIT propose justement un « *nouveau cadre au lieu de nous dire de penser en dehors d'un cadre* » [Horowitz, 2003]. Ainsi, un des points forts de ces méthodes ASIT et TRIZ est de fixer des directives quant à la qualité des solutions trouvées : dans TRIZ, ce cadre est délimité par une modélisation particulière du problème ; dans ASIT, la condition du Monde Clos suivant laquelle « *il ne faut pas ajouter d'objet d'un nouveau type* » fixe l'idée d'un monde de la solution utilisant les mêmes composants que le monde du problème. Horowitz montre l'intérêt de cette condition par un modèle de spirale représentée sur la Figure 1-5 [Horowitz, 2003].

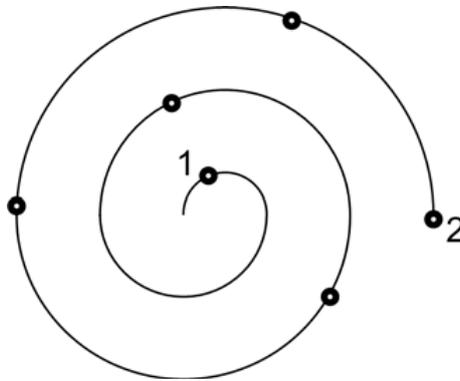


Figure 1-5 : Nécessité de rester proche du centre de la spirale et des éléments du monde du problème pour obtenir de bonnes solutions.

Puisque les solutions créatives sont très proches dans leur « généalogie » des solutions conventionnelles, il est nécessaire de rester proche du centre de la spirale qui représente les solutions existantes. Ce qui n'est pas le cas des séances de créativité de groupe où l'on observe que lorsque les premières idées n'arrivent pas à résoudre le problème, on les abandonne pour d'autres, qui nous éloignent des solutions conventionnelles. Or au fur et à mesure que l'on s'éloigne des solutions conventionnelles, on s'éloigne aussi des solutions créatives. L'auteur ajoute que l'effort pour parcourir la spirale en s'éloignant du centre est conséquent et qu'il ne participe pas à la génération d'idées de qualité.

La méthode ASIT propose uniquement cinq outils favorisant la créativité. Ces outils, bien qu'ils s'inspirent des 40 principes de la matrice TRIZ, sont simples à utiliser et non liés aux problèmes d'ingénierie. Ainsi, la méthode ASIT permet de traiter tous types de problèmes, est peu couteuse en temps et son usage est très simple du fait du peu de règles à suivre strictement. C'est pourquoi nous pensons que la méthode ASIT est efficiente dans un contexte industriel, lorsqu'il y a un besoin ponctuel de créativité.

Nous proposons d'analyser maintenant ces méthodes de créativité dans la perspective d'un processus d'innovation.

1.2.1.5. Analyse des méthodes de créativité pour l'innovation

Nous venons de décrire des méthodes de créativité très différentes dans leur généalogie, leur concept et les démarches qu'elles proposent. Parce qu'elles interviennent dans des contextes différents, ces méthodes semblent davantage complémentaires que de pouvoir être comparées entre elles. Ainsi, devant un problème technique pointu et important pour l'entreprise, le choix de la méthode TRIZ semble le plus pertinent. Par contre, ce ne sera pas le cas sur des problématiques de natures moins techniques ou des problèmes « mal posés ». Cependant, bien qu'elles soient différentes, en juxtaposant les différentes méthodes de créativité analysées, nous relevons quelques lacunes communes et certains points les distinguant.

D'abord, nous observons une même difficulté à accompagner l'utilisateur de la méthode tout au long du processus de génération de l'idée et à aboutir *in fine* à des solutions « finalisées » en termes de définition. En effet, quelque soit la méthode nous pouvons remarquer une même trame de leur processus créatif : la génération d'idées à partir de pistes, de concepts de solutions, d'un axe de résolution ... ce que nous nommerons une « amorce ». L'idée marque la traduction de cette amorce, soit une proposition compréhensible mais non suffisamment adaptée, transformée suivant différents points de vue et définie pour être qualifiée de solution, c'est-à-dire pour pouvoir être confiées à un Bureau d'études ou à un centre de R&D.

L'action des différentes méthodes se concentre en fait sur l'énoncé d'une ou plusieurs amorces. Cette dernière correspond aux principes TRIZ comme « les poupées russes », aux propositions des outils ASIT comme « un nouvel objet, du même type que X va résoudre le problème Y » et aux pistes offertes par les séances de créativité en groupe comme les verbes de la technique de concassage « sensualiser » ou « amplifier ». Ce sont les « recettes » évoquées par Degrange pour produire des idées. Cette amorce peut être donnée de manière plus ou moins systématique (méthodes de concassage, ASIT ...), plus ou moins en lien avec l'analyse du problème (méthodes systématiques de recombinaison, méthode TRIZ ...), ou peut émerger d'un processus plus ou moins guidé (méthodes analogiques, aléatoires, associatives ...).

La génération des idées à proprement dite, quelque soit la technique considérée, semble elle reposer sur la créativité des participants, sur leur « *flash of insight* » : à partir d'une nouvelle amorce, on demande aux acteurs d'être « débridés », de se « *mettre en pilote automatique* » pour éviter les fixations [Horowitz, 2003]. Concernant les méthodes TRIZ et ASIT, nous remarquons précisément à ce stade une certaine difficulté à traduire l'amorce en idée. En effet, dans la méthode TRIZ nous avons relevé un problème de transformation des solutions standards en solutions spécifiques, opération pour laquelle il n'existe aucun outil et nous retrouvons cette même lacune dans la méthode ASIT puisque les outils de type « *l'élément X va résoudre le problème Y* » orientent uniquement les participants vers la génération de solutions suivant une direction. Les séances de créativité de groupe semblent elles permettre de générer plus aisément un nombre conséquent d'idées.

Cependant, ces dernières sont souvent à l'état « brut » et nécessitent d'être développées, d'être approfondies. Or pour transformer ces idées, souvent « chatoyantes », en solutions suffisamment définies pour être confiées à l'« aval », nous remarquons là aussi qu'il n'est pas proposé, lorsque cette phase est identifiée, de dispositif dédié à cet approfondissement. Pour les méthodes TRIZ et ASIT, même si nous verrons qu'il est moins prégnant, ce problème de la consolidation d'une idée, de son approfondissement, de la définition d'une solution aux contours finalisés, existe aussi. Cette phase visant à ce que « *Quand une idée nous paraît prometteuse, on en prend soin, on la nourrit, on la développe, on lui laisse le temps de*

prendre de l'assurance et des forces »³⁰, est donc commun aux différentes méthodes étudiées. Or, nous relevons là aussi qu'aucune démarche ou outil ne sont proposés pour effectuer cet approfondissement.

Pour préciser cette problématique de l'obtention d'idées « finalisées », nous remarquons que les trois types de méthodes présentées ont toutes pour point de départ l'identification d'un problème et que le champ d'action de ces méthodes, l'espace des idées générées, est délimité par cette problématique émise. Là, nous comprenons que si l'énoncé d'un problème est précis et localisé au sein d'un système, les idées générées seront proches de solutions aux contours définis. Ainsi, par exemple, si la problématique est de connaître le niveau de remplissage d'une bouteille de gaz sans rien ajouter au système, les idées de solutions se situeront vraisemblablement dans la modification de certains composants. Si l'énoncé du problème est diffus, le niveau de définition des idées émises pourra alors être plus variable mais semble devoir couramment refléter le niveau de précision de l'énoncé du problème, tel que dans un miroir, comme l'illustre la Figure 1-6.

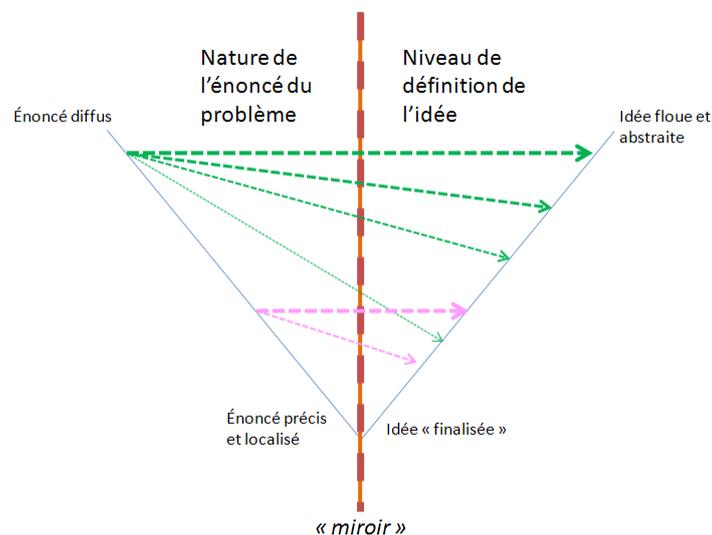


Figure 1-6 : Correspondance entre la nature de l'énoncé du problème et le niveau de définition des idées générées.

Sur ce point précis, nous remarquons que les différentes méthodes présentent des différences notables. Si les méthodes de créativité de groupe, et dans une moindre mesure la méthode ASIT, peuvent s'accommoder d'une problématique assez « imprécise », la méthode TRIZ semble elle circonscrite à une définition fine du problème³¹. Nous entendons notamment par là qu'une proposition créative telle que la « voiture-bateau », qui ne semble pas résoudre un problème précis, apparaît donc difficilement accessible à cette méthode³².

La Figure 1-7 propose un positionnement des différentes techniques de créativité vis-à-vis de la nature de l'énoncé du problème (« précis et localisé » ou « diffus ») et laisse donc augurer du niveau de développement des idées générées en termes de définition (« floue et abstraite » ou « finalisée »).

³⁰ Phrase extraite d'une publicité de la SNCF d'Avril 2005.

³¹ Précisons que certains principes comme la recherche de l'idéalité d'un système ou l'utilisation des lois d'évolution ne nécessitent pas l'identification précise d'une contradiction technique pour être utilisés. Ces utilisations se rapprochent alors de cas plutôt comparables à ceux des méthodes de créativité de groupe.

³² Pour être précis, il est possible de retrouver la proposition émise « voiture-bateau » si l'on pose par exemple une problématique de type « Réinventez l'automobile » et que l'on utilise une méthode d'association.

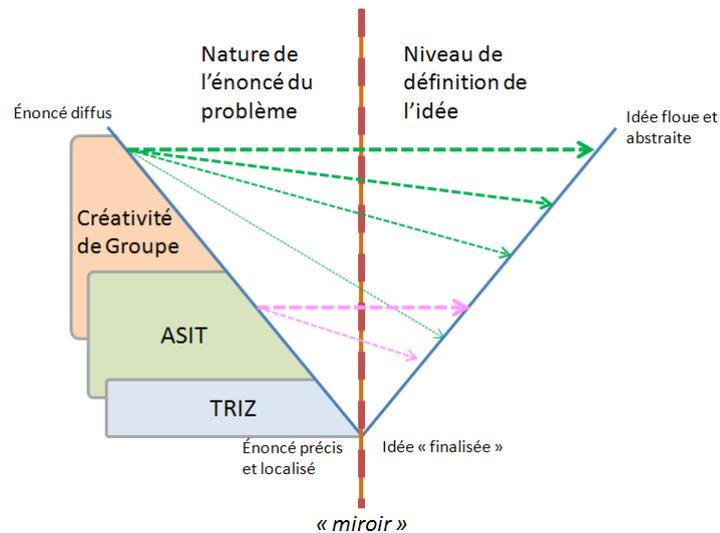


Figure 1-7 : Positionnement des méthodes de créativité par rapport à la nature de l'énoncé des problèmes traités.

Certes les méthodes de créativité sont des méthodes de conception, plus particulièrement des démarches formalisées dédiées précisément à la génération d'idées ; mais en ne permettant que plus ou moins de soutenir le processus de développement d'une idée novatrice jusqu'à une définition « finalisée », nous pouvons légitimement nous poser la question de savoir comment elles peuvent s'insérer dans un processus de conception, dans la perspective d'innover.

Quelque soit le moment où elle est mobilisée, la méthode TRIZ requière une définition suffisamment fine du problème, tout du moins des connaissances précises sur l'objet de la conception. Du fait que l'on travaille sur un problème précis, restreint à un périmètre de l'objet de conception, d'ordre technique, si la définition des solutions obtenues pourra être suffisamment « finalisée », il semble *a contrario* que les solutions, si majeures soient-elles, ne modifieront que très sensiblement la définition des besoins à satisfaire ou de l'identité de l'objet de la conception : ce sont davantage des innovations technologiques, des innovations portant sur la performance des objets permettant de se démarquer notablement au sein d'un « *dominant design* »³³.

En d'autres termes, TRIZ donne des clés pour déverrouiller des problèmes techniques précis plus qu'elle ne permet la modification de la définition de l'identité de l'objet de la conception. Aussi, aux remarques près sur les difficultés et conditions d'utilisation évoquées, cette méthode permet une forme d'innovation, l'innovation technologique, et peut s'insérer assez aisément au sein d'un processus de conception systémique. Cependant, toutes les innovations ne se réduisent pas à des améliorations ou des innovations d'ordre technologiques.

Concernant les autres méthodes, les méthodes de créativité de groupe ou ASIT, si elles peuvent s'accommoder d'une problématique plus « imprécise », de problèmes « mal définis », elles semblent également s'accompagner d'idées non suffisamment développées. Utilisées en aval du Cahier des charges d'un projet de conception, ces méthodes de créativité peuvent expliquer tout au plus la diversité ou l'ampleur du nombre d'idées émises ou du nombre de voies explorées, mais qui resteront circonscrites à l'espace de solutions dont les contours sont

³³ Au moins dans un premier temps, car une solution technique « majeure » peut permettre ensuite d'initier des projets d'innovation répondant à de nouveaux besoins, dont l'identité de l'objet de conception sera révisée.

restreints par les objectifs de conception. L'innovation semble donc à nouveau réduite à une solution technique ingénieuse ou un « design » novateur sur un aspect localisé du système conçu.

Précisons que pour ASIT, le problème doit être suffisamment défini pour pouvoir déterminer les éléments du monde du problème. Justement, parce que les méthodes TRIZ et dans une moindre mesure donc ASIT nécessitent une formulation assez précise de l'énoncé d'un problème, ce qui sous-tend aussi la formulation des idées à la définition plus finalisées, ce sont elles qui semblent s'insérer majoritairement dans un contexte *post*-cahier des charges, comme l'illustre la Figure 1-8.

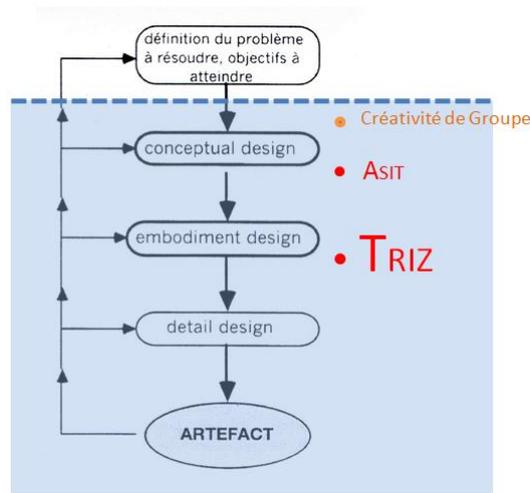


Figure 1-8 : Méthodes de créativité utilisées en aval de la définition des objectifs de conception à atteindre.

Si la créativité est envisagée en amont du Cahier des charges, elle peut alors influencer la définition des spécifications du produit et alors l'innovation apparaît davantage possible. Là ce sont les séances de créativité de groupe qui semblent les plus appropriées aux problématiques « imprécises » ou « mal posées » caractéristiques de l'amont. La méthode ASIT peut aussi être envisagée comme le montre la Figure 1-9. Par contre, ces méthodes ne permettent pas de fournir des idées suffisamment développées, avec une définition aux contours finalisés, pouvant être confiées à un Bureau d'études ou à un centre de R&D, c'est-à-dire permettant de spécifier des objectifs précis d'une conception. En outre, dans le couple envisagé « méthodes de créativité + processus de conception », le processus de conception « systématique » se définit et se justifie par une réutilisation de connaissances existantes dans l'entreprise, alors que les idées créatives sous-entendent elles potentiellement des besoins d'apprentissages ou d'acquisition de nouvelles connaissances. Ainsi, même dans l'hypothèse où les idées émises seraient suffisamment « finalisées » pour pouvoir spécifier des objectifs de conception précis, leur association avec un processus de conception systématique semble assez peu cohérente et compatible.

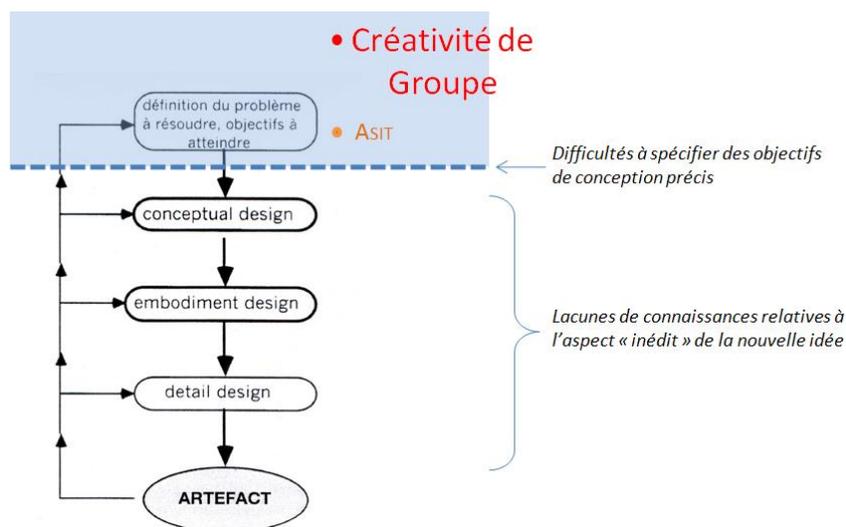


Figure 1-9 : Méthodes de créativité utilisées en amont de la définition des objectifs de conception à atteindre.

Dans la perspective d'innover, il ressort donc de cette présentation des méthodes de créativité, au-delà des interrogations sur la possibilité d'une « maîtrise efficiente » de ces techniques (notamment le manque d'outils de traduction des amorces dans TRIZ et ASIT et la notion de « *flash of insight* », la phase de sélection et d'approfondissement des idées dans les séances de créativité de groupe), une « connexion » en amont du processus de conception problématique (idée non suffisamment « finalisée ») et plus généralement une association avec un processus de conception « systématique » non parfaitement compatible (les connaissances de l'entreprise ne couvrent pas forcément les savoirs nécessaires à la nouvelle idée). Ainsi, excepté la méthode TRIZ pour ce qui concerne des innovations technologiques, en apportant très peu ou pas de modifications au processus de conception (qui demeure systématique, reposant sur des niveaux structurés et des connaissances disponibles *ex ante* ...), l'utilisation de méthodes de créativité ne semble influencer qu'assez peu l'accessibilité à l'innovation.

1.2.2. L'amélioration de la collaboration pour innover

1.2.2.1. Des modèles privilégiant la coordination

Une deuxième tendance, celle du « *concurrent engineering* », approche méthodologique intégrant dès l'amont du développement de produits, de manière simultanée, l'ensemble des dimensions du cycle de vie du produit et dans laquelle s'inscrivent plus localement les méthodes « *design for X* » qui elles intègrent spécifiquement un ou plusieurs aspects d'usage liés à ce cycle de vie du produit (*design for manufacturing* : concevoir en fonction de la production, *design for maintenance* : concevoir pour faciliter les opérations de maintenance, *design for environment* ou éco-conception : concevoir en fonction des contraintes de l'environnement), vise à promouvoir des formes de coordination efficaces entre les différents acteurs de l'innovation. En d'autres termes, la question abordée est celle de l'organisation de l'innovation en se préoccupant de la complexité du développement de produits qui exige une capacité à obtenir, transformer et interpréter de grandes quantités d'informations d'ordre techniques, financières ou provenant du marché.

L'ouvrage *Revolutionizing Product Development* [Wheelwright et Clark, 1992] est significatif de l'approche de nombreux modèles du courant du NPD³⁴. Les auteurs font un double diagnostic : d'une part l'organisation peine à définir ses objectifs, et à s'y tenir ; d'autre part, une fois les objectifs définis elle peine à les atteindre rapidement. Ces deux difficultés sont imputables à un manque de coordination des acteurs qui ne disposent pas de l'information pertinente pour intervenir au bon moment.

Les auteurs proposent donc une structuration du processus de développement de produit à deux niveaux : celui de la définition des objectifs et celui de l'action pour les atteindre. Pour la définition des objectifs, ils proposent un ensemble d'outils favorisant la coordination entre le marketing, la recherche et la stratégie en préalable au lancement des projets (cartographie des stratégies fonctionnelles, plan agrégé des projets, réunions régulières pour la revue des préprojets, mapping, planning ...) et pour les modèles d'action du développement de projets, quelques principes de gestion de projet (coordination entre phases de développement facilitée par l'ingénierie simultanée qui assure un travail en commun de l'amont et de l'aval pendant une période assez longue ; direction des équipes projets transfonctionnelles plus efficace avec un « *heavyweight manager* » qui est le défenseur du concept et l'interprète entre les différents acteurs) et des outils facilitant la résolution de problèmes comme le QFD³⁵.

Dans cette lignée de modèles, le modèle d'innovation de « compression » propose par exemple, dans le but d'accélérer le processus de développement de produits et donc de s'extraire de la pression temporelle issue des marchés, de comprimer les étapes du processus en implémentant le traitement parallèle des activités impliquées dans le développement de produit [Cooper, 1994] [Clark et Wheelwright, 1993], en améliorant la précision et le soin apportés à la planification déterminante dans ce modèle, la simplification du processus, l'élimination des étapes inutiles, en faisant participer les fournisseurs, en raccourcissant les temps d'accomplissement de chaque étape ou en récompensant les personnes pour la vitesse de développement [Eisenhardt et Tabrizi, 1995]. Parce que ce modèle implique nécessairement l'utilisation de technologie familière et plus généralement d'activités de développement qui peuvent être connues à l'avance et qui laissent peu de place à l'incertitude, le modèle de compression se justifie sur des marchés bien connus mais qui changent rapidement, pour être le « premier » à proposer des produits considérés innovants car répondant aux nouveaux besoins.

D'autres modèles de processus moins séquentiels portent l'accent, de manière plus prononcée encore, sur la qualité de la coordination et de collaboration entre les acteurs impliqués dans le développement de produits nouveaux [Jassahalla et Sashittal, 2000]. Les processus sont alors vus plus comme des collections de tâches et d'activités qui ensemble transforment les entrées en sorties [Garvin, 1998], et les acteurs sont impliqués dans des projets [Ancona et Caldwell, 1990]. Dans ces approches qui cherchent à organiser l'innovation, les auteurs s'intéressent au système de relations, à la meilleure façon de synthétiser et de faire partager des informations pour l'action et font donc deux postulats implicites :

- « l'information » est disponible quelque part. La notion de connaissances n'est abordée qu'au travers le transfert et le partage de ces informations sur les problèmes de conception,
- le système organisationnel, et notamment l'organisation en fonctions, demeure inchangé, la gestion par projet n'étant qu'un mode de coordination superposé à l'existant.

³⁴ *New Product Development*

³⁵ QFD : *Quality Function Design*, permet d'analyser les relations entre les paramètres de conception, variable d'action des développeurs, et les exigences clients.

Nous allons voir maintenant que dans une perspective d'innover, Roozenburg et Eekels proposent une autre évolution du processus de conception que promouvoir des formes de coordination efficaces entre les différents acteurs.

1.2.2.2. Le modèle de Roozenburg et Eekels

Dans une optique de réactivité, Roozenburg et Eekels proposent un processus de conception comme itération d'un « cycle élémentaire de conception », nommé « *basic design cycle* » et représenté par la Figure 1-10 a, avec la particularité que les solutions de conception et les spécifications évoluent d'une manière concomitante comme le montre la Figure 1-10 b : à un moment donné du processus de conception, un ensemble de spécifications détermine une solution de conception qui à son tour contribuera à définir un nouvel ensemble de spécifications [Roozenburg et Eekels, 1995].

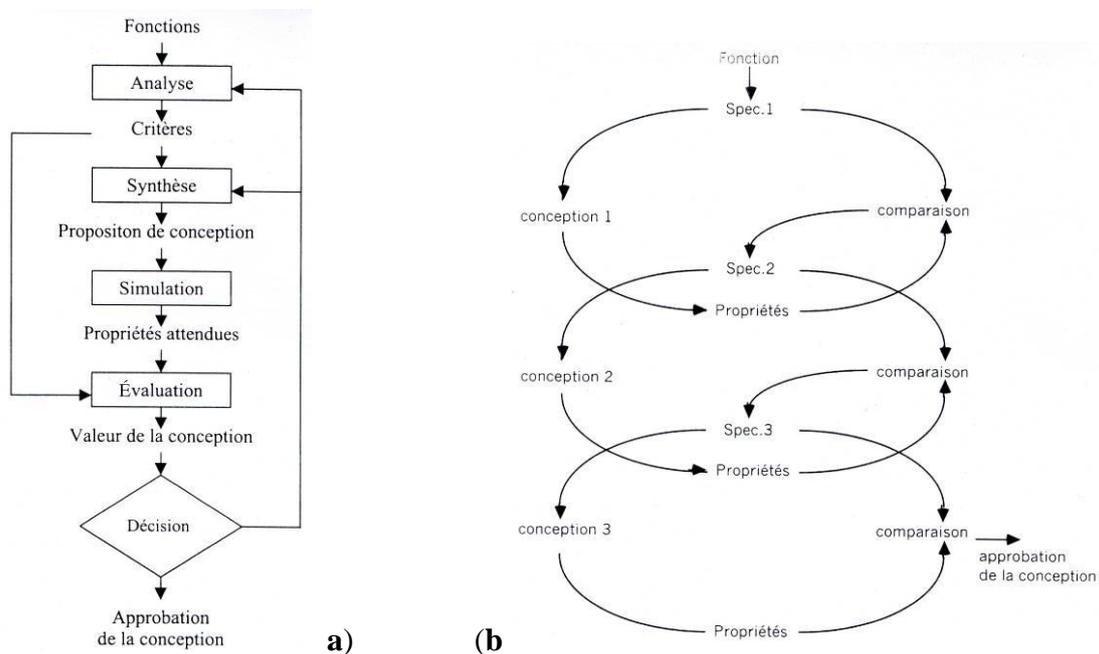


Figure 1-10 : Modèle de processus de conception comme itération d'un « *Basic design cycle* » [Roozenburg et Eekels, 1995].

A partir de leurs travaux sur le « *Basic design cycles* », Roozenburg et Eekels proposent alors une modélisation du processus d'innovation comme le résultat d'interactions et d'itérations entre trois processus de conception, conception de produit, conception du processus de production et conception du plan de marketing ; et qui mobiliserait toutes les fonctions de l'entreprise [Roozenburg et Eekels, 1995]. Si le modèle permet des changements d'objectifs et donc une réactivité, que les bénéfices de ces interactions sont compréhensibles vis-à-vis des démarches telles que le *design for manufacturability* entre produit et processus de production, ou plus généralement de *concurrent engineering*, le jeu d'interactions entre les trois processus de conception parallèles implique une certaine complexité et surtout ce modèle demeure lui aussi centré sur le paradigme de la circulation d'informations.

Malgré toutes les évolutions proposées pour innover, en restant très proches des processus de conception, les modèles exposés fournissent plus des pistes de conditions favorisant l'innovation qu'ils ne permettent réellement de distinguer un processus d'innovation à

proprement dit. Nous allons voir maintenant que ces évolutions découlent de visions de l'innovation plus « théoriques » fournies par les sociologues.

1.2.2.3. L'apport de la sociologie de l'innovation

Pour bien comprendre les évolutions de processus de conception « pour l'innovation » présentées ci-avant, il faut mettre ces modèles de processus d'innovation en perspective, notamment avec les travaux de sociologues en ce qui concerne la collaboration en innovation.

Ainsi, Mintzberg a proposé au début des années 80 l'ajustement mutuel, coordination du travail par simple communication informelle, comme le mécanisme d'ajustement principal de l'entreprise innovante et déduit une nouvelle forme d'organisation : l'adhocratie [Mintzberg, 1982], qui rejoint l'organisation organique de Burns et Stalker [Burns et Stalker, 1961]. En travaillant sur une classification des formes d'organisation des entreprises en fonction de leur degré d'innovation, ces deux auteurs avaient identifié et décrit de manière détaillée une forme d'organisation adhocratique innovante, l'organisation organique donc, qu'ils opposaient à une organisation mécaniste. En effet, si une organisation mécaniste, parce qu'elle se caractérise par une forte division des tâches coordonnées uniquement par une structure hiérarchique de contrôle, d'autorité et de communication dont seul le sommet a une vision d'ensemble des activités de l'organisation, est une organisation adaptée à un environnement stable ; une organisation organique repose au contraire sur un ajustement mutuel et une redéfinition continue des tâches, en lien permanent et direct avec les enjeux auxquels l'organisation fait face pour sa croissance et sa survie, la coordination prenant la forme d'un réseau : elle est adaptée à un environnement changeant. C'est d'ailleurs dans cette perspective de flexibilité, de capacité à pouvoir s'adapter très rapidement à des changements du marché que certains modèles de processus d'innovation proposent une approche organique [Jansiti, 1995] [Jansiti et MacCormack, 1997].

Un système organique ou adhocratie implique l'abolition des frontières entre les différents acteurs de l'innovation et suppose une circulation fluide des informations, un langage commun et la capacité de chacun à chercher et interpréter pour lui-même l'information dont il a besoin. Les acteurs disposent à tout moment des mêmes « informations » et sont en mesure, par conséquent, d'agir de façon autonome dans un but commun. Quand tous les acteurs sont « alignés » dans le même sens, ils forment alors un réseau et s'auto-organisent.

Si innover nécessite la construction d'une coordination liée à un alignement autour d'intérêts communs, au sein d'un réseau, ce sont donc de nouvelles formes de coordination qu'il faut imaginer, concevoir. C'est justement l'apport de la sociologie de l'innovation, que d'expliquer comment se forment ces alignements en innovation. Ainsi, selon Alter, le processus d'innovation engendre la création de nouvelles règles d'organisation, qui émergent, non pas « *de l'analyse préalable des « besoins », mais selon les réactions du corps social* » [Alter, 1995]. L'auteur précise que la forme exacte du résultat de l'innovation est difficilement prévisible à l'avance, de même que le déroulement précis du processus d'innovation : « *les modalités de l'action ne se découvrent qu'en « marchant » parce que c'est en avançant dans un projet que l'on découvre les supports humains qui s'y associent et le rendent finalement effectif* ». Selon Callon, la production d'innovations est le plus souvent l'aboutissement d'un processus collectif, qui se réalise dans le cadre de réseaux technico-économiques, réseaux qui s'articulent autour de trois pôles [Callon, 1991] : un pôle scientifique, qui élabore des connaissances codifiées sous formes d'articles et de compétences incorporées, un pôle technique, qui produit des artefacts, et un pôle marché, comprenant les

utilisateurs et usagers qui expriment une demande. Pour l'auteur, l'entreprise n'est plus l'unité de référence, mais elle peut être analysée comme un réseau se prolongeant à l'extérieur, vers la recherche d'une part, la distribution et les usagers d'autre part, sans oublier les partenariats latéraux [Callon, 1991].

Akrich, Callon et Latour [Akrich et al., 1988] montrent que ces réseaux n'apparaissent pas d'eux-mêmes, du fait d'une supposée supériorité d'une technique ou d'une vérité naturelle mais qu'ils sont au contraire le fruit d'un travail « d'intéressement » d'acteurs variés. Il s'agit dans un premier temps de produire la convergence des acteurs, l'acceptation d'une coopération, malgré leurs divergences d'intérêts, par le biais d'un questionnement autour d'un projet provisoire, relativement flou au départ mais fédérateur, et qui permet l'émergence du réseau. Cette problématisation est réalisée grâce à une traduction, c'est-à-dire la production d'un énoncé susceptible de s'inscrire dans les préoccupations, les intérêts et les représentations de chaque acteur. Ensuite, la mobilisation des acteurs et l'évolution du réseau par l'enrôlement de nouveaux « alliés » en fonction de la capacité « d'intéressement » du projet, vont conduire à la redéfinition permanente et progressive du projet [Akrich et al., 1988]. L'innovation réalisée peut ainsi être très différente du projet initial.

Autrement dit l'alignement d'un réseau d'acteur, la coordination des acteurs dans un réseau, se construit pas à pas au travers de la production de savoirs, de dispositifs socio-techniques, d'adaptations qui permettent la formulation et la convergence d'intérêts divers. Si cette analyse met en évidence la construction progressive d'un réseau et des modes de coordination en innovation, elle présente cependant l'inconvénient de rester particulièrement descriptive : elle décrit des réussites ou des échecs, en démonte les ressorts, mais ne dit pas comment susciter la coordination ni comment construire un réseau.

Dans l'optique d'organiser l'innovation, nécessitant de réaliser la synthèse entre les notions de liberté et de contrôle [Clark et Fujimoto, 1991], entre flexibilité et efficacité [Adler et al., 1999], et de répondre à la dualité entre l'organisation qui vise à réduire l'incertitude en définissant des procédures, en planifiant ou en standardisant, et l'innovation qui, loin de pouvoir être programmée, revient à tirer parti de ces incertitudes et suppose des capacités à transgresser les règles établies par l'entreprise [Alter, 1995], Cunha propose le modèle d'improvisation (improvisational model) [Cunha et Gomes, 2003] : après analyse de différents modèles de processus d'innovation au regard des dimensions « *order and disorder* », il propose de combiner différents éléments de ces modèles avec le but précis de pouvoir innover en réagissant de manière délibérée, dans un contexte de changement permanent, avec les ressources disponibles et en temps réel à un problème ou une opportunité [Cunha et al., 1999]. Ce modèle invite à une forme d'auto-organisation encadrée par l'utilisation d'un ensemble de grandes règles appelées « minimal structures » qui notamment fixe des jalons réguliers pour que chaque groupe impliqué dans le développement d'un nouveau produit et qui fonctionne de façon autonome puisse coordonner ses efforts avec les autres groupes, et facilite la coordination par la définition de rôles et responsabilités clairs [Kamoche et Cunha, 2001].

Les travaux de Weick suggèrent eux l'improvisation de jazz comme métaphore pour décrire les nouveaux modes d'organisation favorisant autonomie et créativité [Weick, 1998]. L'improvisation de jazz est en effet un cas de conception où les jazzmen peuvent improviser librement donc, mais au sein d'une organisation de musiciens, d'instruments, dans un contexte, et d'un ensemble de règles liées au à l'harmonie, le rythme ou encore le thème.

Au-delà des risques de dérive stratégique des développements de produits, nous retrouvons au travers de ces modèles une focalisation sur l'organisation de l'innovation et sur les modes de coordination. Intéressons-nous maintenant à des modèles mettant en exergue les activités mêmes qui font l'innovation.

1.2.3. La mise en exergue du rôle des connaissances en innovation

1.2.3.1. Le modèle de Kline et Rosenberg

Comme nous l'avons vu, Kline et Rosenberg en réfutant la thèse du modèle de « *science push* » mettent la conception au centre du processus d'innovation, les activités de conception jouant selon eux le rôle central dans le succès ou l'échec du développement de l'innovation : « *a design is essential to initiating to technical innovation, and redesigns are essentials to ultimate success* » [Kline et Rosenberg, 1986]. Mais ce n'est pas leur seul apport sur le processus d'innovation.

En effet, en proposant le modèle de « chaîne interconnectée » (« *The Chain-Linked Model* ») représenté par la Figure 1-11, qui intègre de multiples interactions ainsi que des feed-back entre des phases amont et des phases aval, Kline et Rosenberg mettent l'accent sur la non linéarité du processus d'innovation, vu comme processus interactif, et sur la diversité des processus qu'implique l'innovation : il n'y a pas un mais plusieurs processus d'innovation, interconnectés [Kline et Rosenberg, 1986]. Intéressons nous maintenant aux principaux processus identifiés par les auteurs.

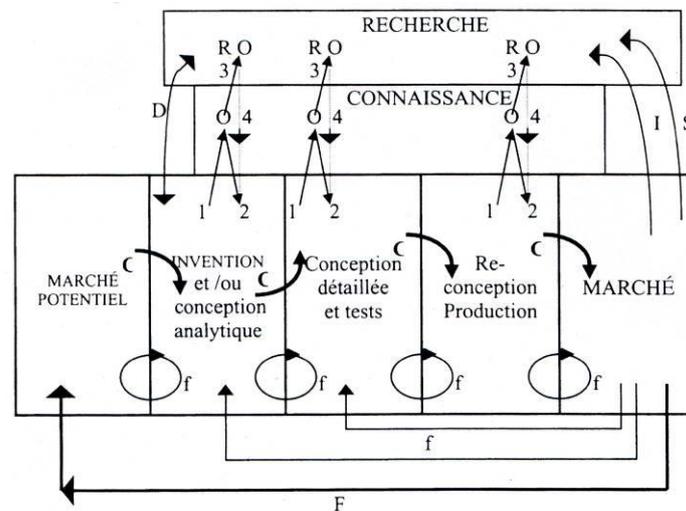


Figure 1-11 : Modèle de processus d'innovation de « chaîne interconnectée » [Kline et Rosenberg, 1986].

Le premier et principal processus qui structure ce modèle est donc une suite d'activités de conception nommée « *the central-chain-of-innovation* » dont le cheminement est indiqué par la lettre C :

- invention (nouveau principe technique pour remplir une fonction) ou conception analytique (nouvelles combinaisons de composants ou de sous-ensembles pour un artefact donné) ;
- conception détaillée ;

- reconception, production et distribution.

Le deuxième processus concerne les multiples *feed-backs* entre phases amont et phases aval, notés f pour les activités connexes et F pour les activités non connexes de la chaîne centrale. Ces *feed-backs* impliquent de multiples rétroactions, rétroactions qui sont considérées comme une caractéristique majeure des processus d'innovation [Aoki et Rosenberg, 1987].

Le troisième type de processus concerne les relations entre connaissances et innovation. En effet, dans les activités de conception de la chaîne centrale, il y a une relation quasi permanente avec la sphère de la connaissance (relations 1 et 2), relation qui est d'ailleurs à l'origine du qualificatif « interconnectée » associé au modèle. Soulignons que si les connaissances disponibles à un moment donné ne permettent pas de répondre aux problèmes des concepteurs, une question peut alors être posée à la recherche (relation 3 et 4) impliquant alors l'acquisition de nouvelles connaissances : « *en conclusion, l'utilisation de connaissance accumulée appelée science moderne est essentielle à l'innovation moderne, [...] elle est utilisée tout au long de la chaîne centrale de l'innovation. C'est seulement quand la connaissance n'est pas disponible que l'innovation, pour résoudre des problèmes spécifiques au développement, a recours au processus de recherche mission oriented, processus long et coûteux* » [Kline et Rosenberg, 1986].

Reprenant et complétant ce même modèle, Aoki et Rosenberg insistent sur l'importance capitale pour l'innovation de ces mécanismes d'interactions et de rétroactions des activités de conception [Aoki et Rosenberg, 1987]. En effet, ce processus « interconnecté », interactif, permet de produire en continu des informations techniques et économiques « évoluées », tenant compte des échanges entre les différents départements au sein de l'organisation mais également des évolutions plus externes à l'entreprise, les connaissances scientifiques et techniques progressant, les moyens de production se modernisant, les besoins et les comportements des utilisateurs changeant, les stratégies des firmes concurrentes se modifiant et de nouveaux produits apparaissant.

D'un point de vue de la compréhension des processus d'innovation, les apports de Kline et Rosenberg sont donc majeurs et leur modèle, marquant un point de bascule entre différentes approches, est très souvent cité dans la littérature sur l'innovation. Notons qu'en égard aux interactions entre acteurs multiples, à l'imprévisibilité grandissante (*feedbacks*) ou à la coévolution de la conception et de son contexte (plusieurs processus interconnectés), la représentation du processus d'innovation s'inscrit progressivement dans une problématique de complexité. D'un point de vue plus pratique, nous nous intéressons maintenant à une forme de processus d'innovation qui s'est progressivement développée au sein d'entreprises : la gestion de projets d'innovation.

1.2.3.2. La gestion de projets d'innovation

Dans les années 1990 se développent les processus de conception par gestion de projet. Focalisant sur le but à atteindre³⁶, le projet permet une capacité d'initiative, notamment par une autonomie sur les moyens et les méthodes, favorisant ainsi l'adaptation des solutions aux particularités d'une situation. Le processus de conception est vu un peu comme une « mission commando » qui implique une collaboration accrue des acteurs vers la recherche d'un compromis optimal entre des facteurs variés. A la séquentialité se substitue l'anticipation et

³⁶ Si le point de départ d'un projet est un cahier des charges, Midler montre dans son étude sur la genèse de la Twingo un ajustement progressif des objectifs au fur et à mesure de l'avancée du projet [Midler, 1993].

l'ingénierie concourante qui permettent la gestion d'une convergence associant processus d'apprentissage et processus de décision irréversible [Midler, 2001]. D'un point de vue management, comme le décrit le même auteur, « *gérer un projet ressemble un peu à pagayer dans un torrent : on ne peut pas faire l'hypothèse d'un contrôle total de la situation, mais il faut être en mesure de prendre appui sur des forces qui vous dépassent pour vous orienter de manière judicieuse* » [Midler, 1993]. Le projet est donc bien une organisation de la réactivité. Notons que la manière de gérer et de contrôler ces différentes situations imprévues, bien souvent à l'origine de l'échec ou de la réussite d'un projet, met en avant un acteur qui doit être multi-compétent : le chef de projet.

Dans la perspective de l'innovation, vis-à-vis des deux postulats énoncés pour les modèles d'innovation proches de processus de conception systématique, à savoir des informations ou des connaissances disponibles et une organisation en fonctions stable, Midler souligne que le développement de produits par la gestion de projets introduit des changements importants [Midler, 1993]. Premièrement, concernant le système organisationnel, il montre comment ce dernier est profondément remis en cause par la logique projet : les métiers peinent à intervenir dans les projets, pris entre une logique d'éclatement et une logique d'enfermement ; la relation client fournisseur est elle aussi remise en cause, le client demandant à son ancien fournisseur de participer à la conception, ce qui suppose le développement, chez ce dernier, de nouvelles ressources. Deuxièmement, concernant la production de savoir, il montre comment elle est en fait la variable-clé qui permet de réaliser des innovations : en effet les savoirs sur le projet se font de plus en plus riches au fur et à mesure de l'avancement mais les décisions prises inévitablement en cours de projet restreignent peu à peu l'espace des choix ; aussi produire le plus tôt possible des connaissances sur cet espace de choix est l'enjeu pour décider de combinaisons nouvelles innovantes.

Plus généralement, nous allons voir que cette question de la production de savoirs en innovation est en fait déterminante. La conception peut se représenter comme la construction de compromis, de complémentarités entre différents points de vue, à travers le mode de coopération particulier de « prescription réciproque » [Hatchuel, 1996a], c'est-à-dire à travers l'acceptation par chaque acteur de traduire au sein de son environnement spécifique une partie des contraintes et orientations exprimées par les autres acteurs et d'accepter ainsi de faire évoluer son point de vue spécifique, notamment en mobilisant des « objets intermédiaires » [Jeantet et Tichkiewitch, 1995] tels que les croquis, les plans ou les maquettes. Or, si certaines approches évoquent cette construction de compromis entre différents acteurs avec principalement comme optique le résultat de conception, faisant alors l'hypothèse que le compromis se fait uniquement à partir des compétences dont dispose *a priori* chacun des acteurs concernés, certains travaux montrent que la construction d'un compromis est aussi le résultat d'un processus d'apprentissage, tant individuel que collectif, qui mobilise des ressources cognitives, organisationnelles et institutionnelles spécifiques [Perrin et al., 1995], et qu'il faut considérer la conception de produit suivant deux dimensions : le produit final et les apprentissages mis en jeu. Cette nouvelle capacité pouvant être plus importante que le produit lui-même. En s'appuyant sur l'analyse d'une vingtaine de projets de développement de produits ou de processus de production, le « *Manufacturing Vision Group*³⁷ » conclut que l'une des clefs du succès des entreprises réside dans leur capacité d'apprentissage : « *Sans exception, les projets les plus performants, que le Manufacturing Vision Group a examinés, ont été ceux dans lesquels les équipes de projet opéraient dans un environnement d'apprentissage. Les membres des équipes avaient appris des projets précédents et*

³⁷ Groupe formé aux Etats-Unis comprenant une trentaine d'universitaires (professeurs de gestion et des sciences de l'ingénieur du MIT, de Stanford ...) et de responsables de très grandes entreprises (Digital Equipment, Eastman Kodack, Hewlet Packard ...)

appliquaient ce qu'ils avaient appris pour renouveler la capacité d'action de l'entreprise. Par contre, les projets les moins performants se déroulaient dans des environnements qui n'accordaient aucune importance à l'apprentissage » [Bowen et al., 1994].

La mise en œuvre de la gestion de projet pose donc non seulement des problèmes de coordination autour de décisions mais aussi des problèmes de génération des savoirs pour prendre ces décisions. Dans une perspective d'innovation, cette génération des savoirs est nécessaire mais aussi particulièrement problématique. En effet, analysant avec précision les savoirs mobilisés par les concepteurs au niveau du développement de produits chez un constructeur automobile, Moisdon et Weil constatent que la pression des projets amène soit à la reconduction de solutions, dont l'adaptation à un contexte différent peut être coûteuse et peu pertinente, soit à la reconception complète de dispositifs techniques, au mépris des apprentissages passés : la capitalisation des connaissances, notamment les « savoirs du compromis », est difficile [Moisdon et Weil, 1998].

Les travaux de Ciavaldini, en s'intéressant non pas directement aux savoirs mobilisés par les concepteurs, mais aux solutions techniques innovantes que l'« amont » fournit aux projets, montrent également les limites de la gestion de projet en matière d'innovation [Ciavaldini, 1996] [Ciavaldini, 1998] : ils montrent comment la gestion de projet ne permet pas de parvenir à des solutions innovantes dans la mesure où la pression des délais et les exigences de plus en plus élevées en matière de rentabilité amènent les responsables de projets à limiter les risques en matière de solutions techniques globales.

Il semble alors qu'il fasse faire remonter les problèmes de conception vers l'amont pour qu'une majorité de « composants » aient pu être pré-développés avant le début du projet qui ne consistera donc plus qu'à un assemblage savant. Midler confirme ce diagnostic : « *depuis la fin des années 1990, la compétition par l'innovation s'est faite plus radicale encore, se joue désormais plus en profondeur et dans le détail, en termes de technologies ou d'usage, et implique des ruptures plus marquées. De ce fait, la seule phase de développement ne permet plus de maîtriser toutes les ruptures, qui doivent être davantage anticipées et préparées au niveau de la recherche, des avant-projets ou des activités métiers hors-cycle* » [Midler, 2006].

L'exploration des différents modèles de processus d'innovation a permis d'identifier différentes formes d'organisation, d'une nature séquentielle jusqu'à l'auto-organisation, différents niveaux de rigidité dans la prescription des résultats et différentes activités favorisant l'innovation, de la créativité à l'apprentissage de nouveaux savoirs en passant par les modes de coordination. Si des évolutions sur l'organisation ou la prescription des objectifs de conception ont été progressivement intégrées au sein de modèles, il semble que la question de l'apprentissage mette particulièrement à mal les dispositifs présentés.

Pourtant, l'évolution de la demande toujours plus variée et précise des consommateurs, la concurrence exacerbée, ou encore l'augmentation du niveau d'éducation des individus concourent, au-delà de la conception d'objets ou de systèmes de plus en plus complexes, à explorer, acquérir et utiliser toujours plus de nouvelles connaissances pour pouvoir innover. La compétition semble ainsi se déplacer vers l'apprentissage de nouveaux savoirs.

Plus précisément, se pose le problème de création orientée de connaissances, car pour favoriser l'innovation, il faut être en mesure de générer des espaces de choix nouveaux. Cette interrogation portant sur la génération ou la régénération des espaces de choix en innovation nécessite d'ailleurs de s'intéresser à une autre question : comment piloter la génération de concepts originaux ? L'approche « systématique » de la conception, qui vise à circonscrire précisément le résultat dès le départ et qui opère avec des connaissances existantes, semble

inadapté. Le postulat implicite que les connaissances sont en abondance et qu'il suffit de les mobiliser avec pertinence montre ses limites quand on cherche non pas une innovation rapide mais une innovation originale. Davantage que la coordination autour du choix, c'est l'ouverture du champ des possibles qui semble être le cœur du problème de l'innovation.

Cependant, nous avons vu que la conception est au cœur de l'innovation. Par conséquent, si dans une perspective d'innovation, répondre à un problème spécifié n'est plus le seul objectif de la conception, il semble donc nécessaire d'envisager une nouvelle forme de raisonnement de conception, intégrant la notion d'apprentissage. Dans la lignée de ce constat, nous nous intéressons maintenant à des travaux plus théoriques sur la conception, portant notamment sur le raisonnement qui l'anime.

1.3. Vers un raisonnement de conception spécifique à l'innovation

1.3.1. Différentes approches de la conception

1.3.1.1. Différentes théories de la conception

Quelle est la nature du processus de conception ? Simondon analyse l'objet technique non pas au regard de critères de classification mais comme le résultat d'un processus de concrétisation, par lequel l'objet passe d'une forme « abstraite » à une forme concrète [Simondon, 1958]. Insistant notamment sur la présence « d'une réalité humaine dans la réalité technique », l'objet « concret » est pour Simondon plus qu'un compromis entre des exigences en conflit, c'est une convergence. Mais justement, qu'est-ce qui permet de passer du concept à sa réalisation ?

Comme nous l'avons vu, en matière de processus de conception lorsque l'identité des objets est prédéfinie, les travaux de Pahl et Beitz qui proposent plusieurs étapes successives font référence [Pahl et Beitz, 1977]. Ils font la synthèse d'un mouvement de systématisation des raisonnements de conception qui se sont imposés progressivement aux ingénieurs pour permettre notamment de s'adapter à des objets très différents et aux pratiques collectives. A la définition d'étapes et d'épreuves de contrôle s'est adjoint la naissance de langages spécifiques, suffisamment abstraits et universels pour s'adapter à toutes les industries et toutes les techniques. Par la décomposition de tout raisonnement de conception en trois étapes principales et indispensables (identification des fonctions, choix des modèles conceptuels, « embodiment » ou déploiement physique du système), cette méthode sert non seulement de trame pour les étapes de réalisation mais aussi de « structure temporelle » en posant des jalons aux différents acteurs pour l'acquisition de connaissances et la prise de décision. L'idéal consiste à mener à bien chacune de ces étapes en s'affranchissant le plus possible de la suivante. Cela permet de protéger la liberté d'action à chaque niveau. On peut trouver beaucoup de variantes à cette approche, qui est d'ailleurs encore largement étudiée [Aoussat et al., 2000], mais elles conservent toutes la même logique.

Dans la littérature sur les raisonnements de la conception, nous trouvons cependant d'autres approches. Ainsi, Suh propose une autre théorie de la conception [Suh, 1999] dont la méthodologie repose sur l'existence d'un client en mesure de formuler des « *functional requirements* » (FR), qui sont une traduction du problème en paramètres d'un cahier des charges. Le concepteur, sur ce problème, identifie quant à lui des « *design parameters* » (DP), qui sont les paramètres sur lesquels il peut jouer pour concevoir un objet respectant les FR du

client, les DP étant reliés aux FR par un ensemble de lois tel que $FR = A \times DP$. Au travers de cette formalisation des problèmes de conception, Suh fait des hypothèses sur les savoirs disponibles et leur mobilisation par les acteurs rendant de fait sa théorie peu opérationnelle pour concevoir, ne permettant pas de décrire le processus de conception : comment mettre au jour les FR par exemple ?

1.3.1.2. L'apport de Simon

Pour bien comprendre ce qui distingue l'approche de Pahl et Beitz de celle de Suh, il nous faut mettre ces deux propositions de raisonnement de conception en perspective des travaux de Simon, le premier à affirmer que l'existence d'une science de la conception était possible [Simon, 1991]. En effet, si on s'intéresse à la génération des alternatives, alors que suivant Suh le « bon » design se déduit de façon déterministe des DP et des FR, la « *Konstruktionslehre* » de Pahl et Beitz introduit une progression, un échange devant s'instaurer entre la génération des alternatives et la décision. Simon a formalisé cette opposition en proposant les concepts de rationalité substantive et de rationalité procédurale.

Suivant la première, quels que soient les algorithmes utilisés, les solutions définies à l'avance comme « bonnes » seront atteintes : par conséquent, cette forme de rationalité permet plutôt de discriminer les « bons » raisonnements des mauvais. Il s'agit en fait de l'optique visée par Suh, l'auteur ne cherchant pas à proposer une théorie du processus temporel de la conception mais les axiomes d'une « bonne conception » : par une démarche évaluative s'appuyant sur des règles fonctionnelles inspirées de l'automatique et des théories de la commande des systèmes, Suh observe comment l'objet (DP) intègre et respecte les exigences de son commanditaire (FR), un objet étant bien conçu s'il est découplé, autrement dit si tout FR peut être commandé par un DP et tout DP commande un seul FR.

La seconde, la rationalité procédurale, est au contraire inventive et téléologique : il s'agit de réaliser un artefact ayant des propriétés voulues mais encore inexistant, d'inventer des actions permettant de réduire le différentiel entre l'objectif à atteindre et les possibles actuels. Selon Simon, le raisonnement des concepteurs s'inscrit dans cette forme de rationalité et consiste à procéder étape par étape en ayant recours à des « micro-actions » permettant de réduire progressivement les différentiels, la succession de cycles « génération / test » dessinant une trajectoire caractéristique de conception : le processus détermine donc les grandes caractéristiques de l'artefact.

Mais si Simon, en mettant donc en évidence l'impact du processus de conception sur l'artefact final, aborde le problème de la génération des mondes possibles, ses travaux s'inscrivent dans le paradigme de la décision et ne rendent donc pas compte de l'apprentissage, de la production de connaissances dans l'action : les micro-actions, qui renvoient à un ensemble de savoirs constitués, influencent l'artefact final, mais inversement ce processus de progrès génère en effet un ensemble de savoirs nouveaux. En ne prenant pas en compte la production de ces nouvelles connaissances issue d'un processus de conception, Simon tend ainsi à restreindre la spécificité d'une théorie de la conception en affirmant qu'elle sera proche d'une théorie de la résolution de problèmes : « *When we study the process of design we discover that design is problem solving. If you have a basic theory of problem solving then you are well on your way to a theory of Design* » [Simon, 1995]. En d'autres termes, en proposant de d'abord formuler les besoins, les attentes ou des objectifs (« *Problem setting* »), puis d'y répondre en temps fini de façon satisfaisante via une approche de

« *Problem solving* », Simon inscrit la conception dans une rationalité « limitée » [Simon, 1995].

Cette vision de la conception comme « *Problem solving* » est précisément celle que se sont approprié les ingénieurs au travers de processus suivant peu ou prou le modèle de Pahl et Beitz. En effet, jusqu'alors, dans une logique industrielle visant à générer de nouveaux produits de qualité, à moindre coût et le plus rapidement possible, la performance s'est déplacée sur l'efficacité entre prescription et résultat, impliquant des restrictions importantes sur les formes de conception. Ainsi, dans la définition même de l'AFNOR³⁸ suivant laquelle la conception est une « *activité créatrice qui, partant des besoins exprimés et des connaissances existantes, aboutit à la définition d'un produit satisfaisant ces besoins et industriellement réalisable* »³⁹, on note que les besoins doivent être exprimés, les connaissances existent et le raisonnement de conception lui-même ne semble s'apparenter qu'au développement de produit. Dans la tradition de l'ingénieur, la conception se restreint donc à la partie la plus systématisée ou la plus « routinisée » de l'activité de conception, l'expansion des connaissances y est volontairement réduite car considérée comme une cause de coûts, et si l'on envisage l'idée d'une innovation, elle est confinée à l'identité stabilisée des objets de référence [Le Masson et al., 2006].

Notons que, bien qu'il ait comme optique de favoriser l'innovation, le courant de littérature du New Product Development (NPD) ne s'extrait pas de ce type de restrictions, en insistant essentiellement sur les questions de coordination des concepteurs avec les autres métiers comme le marketing ou l'industrialisation, et en décrivant peu leur activité même de conception de produit et ses difficultés.

D'une manière générale, la récente volonté d'innover de manière intensive met donc à mal les dispositifs de conception utilisés dans un contexte d'ingénierie. Se pose alors la question de savoir comment concevoir pour innover ?

1.3.1.3. Vers un modèle de raisonnement de conception traduisant tout acte créatif

Si pour résoudre des problèmes dans une forme de conception « routinière », l'ingénieur conserve la mémoire de « ce qui a marché hier », des avancées passées pour les réutiliser comme ressource pour les nouveaux développements, on remarque cependant qu'il a intrinsèquement une propension à innover : pris entre application et invention, l'ingénieur peut donc selon son talent ou les nécessités du moment reprendre les solutions passées, les adapter ou encore s'efforcer de renouveler complètement ce qui a été proposé avant lui. Mais la conception n'est pas l'apanage des seuls ingénieurs [Le Masson et al., 2006]. Il est en effet possible d'inclure des métiers en lien avec la recherche, et si l'on ne se restreint pas à l'innovation technologique, les designers, les publicitaires ou des groupes d'utilisateurs comme le spécifie Von Hippel dans son concept d'innovation ascendante [Von Hippel, 2005], ou encore si l'on s'écarte de la sphère de l'entreprise, les architectes ou les artistes. Puisque ces acteurs ont donc tous en commun de concevoir au travers de raisonnement plus ou moins créatif, ce sont autant de nouvelles pistes pour appréhender différemment l'acte de concevoir dans l'optique de générer une démarche permettant d'explorer et de fixer progressivement l'identité d'un futur objet.

³⁸ Association Française de NORMALISATION

³⁹ Définition de la conception dans la norme AFNOR X 50-127 de Janvier 1988, citée dans [Le Masson et al., 2006] et qui est devenue : « un ensemble de processus qui transforment des exigences en caractéristiques spécifiques [...] d'un produit, d'un processus ou d'un système »

S'inscrivant dans ce sens, nous relevons la modélisation selon Hatchuel et Weil de la conception comme traduction d'une « disjonction sémantique », de l'énoncé d'un concept « flou » pour cause de lacunarité des savoirs disponibles au départ, en un concept qui puisse être précisément spécifié par l'état des savoirs *in fine* [Hatchuel et Weil, 1999]. Il y a donc coévolution des concepts et des connaissances. L'apparition de concepts que l'état des savoirs ne permet pas de spécifier met en évidence ces lacunes de connaissances et invite donc à étendre cet univers de savoirs de manière à pouvoir explorer l'espace des concepts, qui potentiellement mettra alors en évidence de nouvelles lacunes de connaissances. Ainsi de suite jusqu'à ce que la disjonction ait disparu. Par conséquent, le processus de conception devient alors déterminant non seulement pour l'artefact final mais aussi pour l'état de l'ensemble des savoirs : ce n'est pas seulement un ensemble de décisions, mais « *the dynamic co-evolution and interaction of spaces of concepts and spaces of knowledge* » [Hatchuel et Weil, 1999].

Les auteurs préconisent alors la mise en regard de l'univers de C et de celui des K pour permettre la représentation de cette richesse du processus de conception, pour rendre compte donc à la fois de la déclinaison d'un concept et de la production de savoir lors de cette déclinaison. Considérer la conception comme coévolution de savoirs et de concepts, comme interaction entre une spécification progressive des concepts et une création de connaissances, leur permet de prendre en considération la notion « d'expansion », ce que ne permettent pas les théories classiques du *problem solving* [Hatchuel, 2002]. En effet, en associant toujours la conception à un raisonnement en situation de rationalité limitée, Simon esquivait cette notion d'expansion [Simon et al., 1979].

Cette nouvelle modélisation de la conception est synthétisée au sein de la théorie unifiée de la conception ou « *théorie C-K de la conception* », théorie imaginée par Hatchuel [Hatchuel, 1996b] puis développée par Hatchuel, Weil et Lemasson [Hatchuel et Weil, 1999] [Le Masson, 2001a] [Hatchuel et Weil, 2002] [Hatchuel et Weil, 2003] [Hatchuel et al., 2004]. Du fait que l'identité de l'objet ne soit pas donnée dès le départ, que la production des connaissances n'est pas restreinte et pourra se faire dans les directions les plus variées, cette théorie peut rendre compte des raisonnements créatifs et des expansions qui les accompagnent, mais aussi de formes plus restrictives de conception, plus routinières. Avec cette nouvelle description plus générique, c'est finalement toute la diversité des formes de conception qui sont prises en compte, dont celles s'inscrivant dans une logique d'innovation, c'est-à-dire qui ne se fondent pas sur une identité figée des objets à concevoir.

Dans notre but d'explicitier le raisonnement d'innovation, il convient donc de nous intéresser maintenant aux mécanismes et au formalisme de la conception proposés par la théorie C-K.

1.3.2. Raisonnement et Formalisme de la Théorie C-K

1.3.2.1. Définition des Espaces C et K

Les auteurs posent comme proposition fondamentale le fait que « *tout raisonnement de conception suppose la distinction entre deux espaces associés : l'espace des concepts et l'espace des connaissances* » [Hatchuel et Weil, 2002]. La théorie C-K repose donc sur la distinction formelle entre « concept » (C) et « connaissance » (K pour « *Knowledges* »), termes qui se définissent de la manière suivante :

- Une connaissance est une proposition ayant un statut logique, vrai ou faux. Ce sont des propositions validées, d'ordre techniques, commerciales, sociales, réglementaires... Peu importe la manière dont ce statut est fixé et comment elles ont été obtenues. L'espace des connaissances (espace K) est donc un ensemble de propositions ayant toutes un statut logique.

- Le sens donné au « concept » est proche de celui des architectes, des designers ou des ingénieurs pour qui le terme désigne une proposition novatrice à partir de laquelle on veut initier un travail de conception. Les auteurs définissent cette notion relativement à celui de « connaissance » : un concept est une notion ou une proposition compréhensible vis-à-vis de l'espace K et sans statut logique : on ne peut dire d'un concept qu'il est vrai, faux, incertain, ou indécidable. « *Lorsqu'un ingénieur se propose de concevoir un « avion à hélices carénées qui vole convenablement* », il ne peut donner aucun statut logique à cette proposition : s'il affirme que cette proposition est fautive, il énonce une connaissance qui arrête le raisonnement de conception. S'il dit que cette proposition est vraie, il affirme qu'il existe déjà des « avions à hélices carénées volant convenablement » et donc il doit alors reformuler son concept en le différenciant de ce qui existe, par exemple en ajoutant « plus léger que celui de X ». On voit qu'un concept évoque une proposition « inconnue » relativement à la connaissance disponible » [Hatchuel et Weil, 2002], qui ouvre le champ des possibles mais qui est compréhensible. Un concept ne représente pas une réalité mais un potentiel d'expansion. L'espace des concepts (espace C) est donc un ensemble de propositions sans statut logique (proposition ni vraies ni fausses).

La séparation des deux espaces C et K permet de donner une représentation théorique précise du raisonnement de conception dont nous allons maintenant préciser les différentes étapes. Nous introduisons d'abord les opérateurs de disjonction K-C et de conjonction C-K qui marquent le « début » et « la fin » d'un raisonnement de conception, puis les mécanismes de partition qui précisément caractérisent la progression de ce raisonnement.

1.3.2.2. Les étapes du raisonnement C-K

Le point de départ d'une démarche de conception selon la Théorie C-K est la formalisation d'une proposition initiale sous forme de Concept, une disjonction sémantique notée Co. Parce que cette proposition n'a pas de statut logique, il n'est pas possible de la juger d'emblée : il ne s'agit pas d'être « pour » ou « contre » le concept de « voiture féminine » ou de « clé qui ne se perd pas », ni « d'y croire » ou de ne pas « y croire ». Travailler sur un « concept » consiste précisément à suspendre le jugement et à spécifier ce concept en lui ajoutant des attributs. La disjonction K-C marque donc l'engagement d'un raisonnement de conception.

La conception consiste alors à spécifier progressivement ce concept initial (Co), dont nous n'en savons pas assez, en lui ajoutant des propriétés issues de l'espace K : ce processus implique donc un ensemble d'aller et retour entre l'espace C et l'espace K.

La fin du raisonnement intervient quand la somme des propriétés Pi ajoutées à la proposition initiale Co permet d'obtenir un « objet » interprétable dans l'espace K, c'est-à-dire au moment où nous jugeons que « Co qui possède les propriétés P1, P2...Pi...Pk » a acquis le statut logique vrai dans l'espace K. Lorsqu'une telle proposition est acceptée, que l'on estime qu'un acteur ayant l'ensemble des connaissances adéquates puisse en dessiner les contours, la matérialiser, le raisonnement de conception peut être arrêté : la proposition « Co qui possède les propriétés P1, P2...Pi...Pk » n'est plus un concept, elle est devenue une proposition de l'espace K. La conjonction C-K est l'opération qui marque cette « transformation » d'un

concept en connaissance. Notons qu'un raisonnement de conception peut aboutir à plusieurs opérations de conjonction à partir d'une seule proposition initiale.

Intéressons nous plus précisément aux actions permettant d'obtenir *in fine* une telle conjonction C-K. En fait, au départ est associé au concept Co d'un système un ensemble de définitions possibles de cet objet. Or, parce que le concept initial est par nature ambigu, sans statut logique, que sa définition est imprécise, cet ensemble de départ n'est pas complètement spécifié, circonscrit. En ajoutant des propriétés à la proposition initiale, un « monde » est sélectionné, potentiellement nouveau, à chaque fois plus précis, devenant en même temps progressivement acceptable, aussi bien pour le concepteur que pour d'autres destinataires. Cette opération élémentaire de la conception se nomme partition. D'un point de vue mathématique, elle se définit comme la séparation d'un ensemble en plusieurs parties non vides, deux à deux disjointes et dont la réunion est égale à l'ensemble.

Insistons sur le fait que le monde « sélectionné » peut être inédit, Les modifications apportées à la définition de l'objet par l'ajout d'attributs ou propriétés ne servent pas seulement à restreindre un espace de solutions, mais peuvent aussi permettre de construire de nouvelles déclinaisons de définition. Parce que l'expansion du champ des définitions est possible, l'espace C semble alors être un ensemble inaccessible, infini.

En fait, le point important tient à la nature des attributs ajoutés : s'ils sont considérés comme relevant naturellement du concept, on dira que la partition est restrictive ; si au contraire les propriétés adjointes sont originales, changent l'identité du concept, alors on retrouve le processus créatif et la partition sera qualifiée d'expansive. En d'autres termes, les partitions restrictives, par l'ajout d'une propriété qui ne modifie pas la définition « classique » de la proposition initiale, traduisent une restriction de l'ensemble des solutions admissibles (on converge vers un objet plus concret), alors que les partitions expansives, en modifiant cette même définition ouvrent elles un nouveau champ des possibles (on diverge vers des objets à l'identité différente). Nous proposons en Annexe 1 un exemple de raisonnement C-K portant sur un « porte-clou », où l'on distingue partitions restrictives et expansives.

En plus de l'ajout d'une propriété, le choix d'une partition traduit également la formulation d'une ou plusieurs nouvelles questions aux bases K. L'exploration de l'espace K permettra de formaliser et de fournir une ou plusieurs propriétés, que l'on choisira d'associer ou pas à la proposition de départ. Ces propriétés Pi cristallisent finalement à la fois l'échange entre les espaces C et K, la convergence progressive du processus de conception vers un objet concret et en même temps la définition progressive de l'identité du futur objet. Précisons que l'exploration de l'espace K peut se traduire par l'activation de bases K existantes mais elle semble également inséparable d'un processus d'acquisition de connaissances, eu égard aux nouvelles questions qu'impliquent les partitions expansives.

Le raisonnement C-K permet donc de comprendre comment se décompose l'évolution des objets et leur identité en conception, via des mécanismes relatifs à l'émergence et au choix d'association de propriétés. Pour retracer ce processus, un formalisme est proposé.

1.3.2.3. Le formalisme arborescent

Le concept initial et ses partitions successives dessinent une trajectoire de conception. Les auteurs proposent de représenter le processus de conception en distinguant deux colonnes relatives aux espaces C et K comme l'illustre la Figure 1-12 [Hatchuel et Weil, 1999] :

l'espace C prend la forme d'une arborescence où chaque nœud est en fait un sous-ensemble de l'ensemble situé au-dessus de lui, donc un sous-ensemble du concept initial C_0 , et l'espace K lui se traduit par l'énumération des connaissances mobilisées, situées au même niveau que le concept auxquelles elles se rapportent.

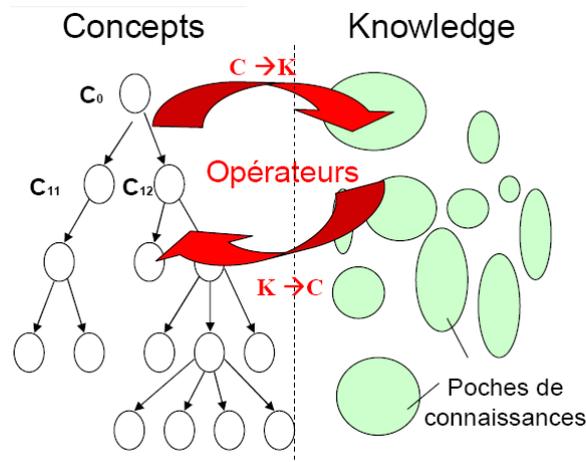


Figure 1-12 : Représentation du cheminement de conception au regard des deux espaces C et K (source [Hatchuel et Weil, 1999]).

En filigrane de chaque partition se pose la question de savoir si le concept auquel on vient d'ajouter une propriété a un sens au regard des différentes bases de connaissances, qu'il ne s'agit pas d'une fiction : c'est la notion de K-validation. Enfin, précisons que les conjonctions C-K, lorsque le concept devient une proposition de l'espace K, peuvent avoir un statut logique faux (la proposition n'est pas possible) et que les propositions peuvent aussi demeurer sans statut logique, c'est-à-dire que les concepts associés restent des disjonctions. Dans ce dernier cas, il est en général nécessaire de produire de nouvelles connaissances par une exploration dans l'espace K pour continuer le raisonnement et donc pour que ces concepts acquièrent un statut logique.

La théorie C-K, par la vision générique du raisonnement de conception qu'elle offre, semble pouvoir recouvrir de multiples intérêts tant en termes d'explication que d'horizons méthodologiques, mais nous allons avoir aussi qu'elle demeure précisément une théorie.

1.3.3. Apports et limites de la théorie C-K

1.3.3.1. Traduction d'une rationalité expansive

L'intérêt fondamental de la théorie C-K est de rendre consciente la notion d'expansion en conception, d'opérationnaliser le concept de « rationalité expansible » [Hatchuel, 2002] qui permet de dépasser la rationalité limitée de la « *problem solving theory* » [Simon, 1991] et qui semble enfermer le raisonnement rationnel dans un espace de contraintes le délimitant fortement. Simon, en proposant d'aborder la conception par le « *problem space* », définit implicitement « l'ensemble des solutions possibles » comme un monde clos, un espace complètement spécifié. Si tel était le cas, la conception pourrait se ramener alors systématiquement à une problématique de sélection, comme par exemple le choix d'un « bon film à voir en ville ». A l'aide de critères, de connaissances disponibles donc, l'ensemble de

« tous les films actuellement projetés dans les salles de cinéma » peut être partitionné et pour chaque choix de partition, l'espace des possibles se restreint jusqu'à la sélection d'un ou plusieurs films. Il est un corolaire fondamental à signaler : puisque l'ensemble des films est parfaitement circonscrit, il est possible de dire ce qu'est un « film » avec précision, puisque qu'elle que soit la sélection effectuée, il n'y a aucune modification de la définition ou des attributs de ce qu'est un film. En d'autres termes, puisque toutes les solutions ont une définition acquise dès le début, il n'y a pas de distinction entre « concept » et « connaissance » (toutes les propositions ont un statut logique, vrai ou faux).

Simon, dans ses tentatives d'explication de la pensée créative, ramène l'invention à l'intervention de l'imagination ou à une combinaison ingénieuse de connaissances disponibles qui présenteraient à l'esprit des solutions nouvelles [Simon et al., 1979], justifiant ainsi le recours « systématique » au raisonnement en situation de rationalité limitée.

La théorie C-K, en proposant comme point de départ du raisonnement de conception sous forme de concept, introduit la notion d'expansion : un concept est indéfiniment expansible et laisse une marge infinie à la conception. Une proposition, comme « une surprise partie qui ne me coûterait rien », qui paraît dans l'immédiat sur-contrainte et donc impossible, peut devenir en fait très expansible : dans le cas proposé, le système de « surprise-partie » autorise par exemple toutes les formes possibles de financement y compris le *sponsoring* qui ouvre le champ des possibles [Hatchuel et Weil, 2002]. Ainsi, en rétablissant cette notion de concept, il n'y a pas d'espace de contraintes qui ne soit pas expansible et qui ne permette l'apparition de l'invention, de la surprise.

La théorie C-K permet de rendre compte, progressivement, sans perdre l'intelligibilité du raisonnement, de cette expansion des concepts, mais aussi de celle des connaissances, et nous montre d'ailleurs que nous ne pouvons penser l'une sans l'autre : l'expansion des concepts n'est interprétable qu'en référence à ce qui se passe dans K et inversement.

1.3.3.2. Un cadre pour gérer les apprentissages

Concernant l'activation des connaissances et l'apprentissage, nous avons vu qu'elles ont été identifiées comme irriguant le processus de conception dans le modèle de Kline et Rosenberg, la production de nouveaux savoirs ayant principalement comme origine la recherche positionnée en surplomb de la chaîne interconnectée, et qu'elles apparaissent déterminantes dans les formes de gestion de projets d'innovation, l'apprentissage devant se faire plutôt en amont du lancement de la conception selon Midler pour s'affranchir des contraintes temporelles [Midler, 1993]. Si elles sont reconnues comme composante essentielle à l'innovation, ces modèles n'explicitent pas précisément comment elles sont activées ou à quel moment elles sont créées au sein du processus de conception.

Du point de vue de la théorie C-K, la mobilisation et la production de connaissances s'insèrent au sein même du raisonnement de conception, et les questions posées aux bases K dépendent du choix des partitions effectué : interroger l'espace K peut relever à la fois de l'exploration du monde et de l'expertise, selon qu'il s'agit d'une expansion de connaissances ou de l'activation de connaissances existantes : le formalisme proposé s'accommode aussi bien des stratégies d'activation de l'espace K plutôt orientées « réutilisation » que des stratégies plutôt orientées « exploration ».

Nous allons voir maintenant que la vision générique du raisonnement de conception de la théorie C-K permet une relecture, une interprétation, un positionnement des différentes approches et modèles de la conception.

1.3.3.3. Une théorie générique du raisonnement de conception permettant une relecture des diverses approches

Suivant le type de partitions (restrictives ou expansives), le raisonnement C-K permet la divergence tout en assurant également la convergence de la conception vers un objet concret, vers une conjonction. Au travers de la structure arborescente de l'espace C représentée par la Figure 1-13, nous voyons bien que, de la situation initiale (un concept encore très peu spécifié et quelques connaissances de référence) à la situation finale (au moins un concept spécifié et de nouvelles connaissances), la progression peut se faire aussi bien « en profondeur » en ajoutant des propriétés successives (« convergence » vers un produit de plus en plus spécifié) qu'en « largeur » en trouvant des variantes multiples à un niveau donné (« divergence »).

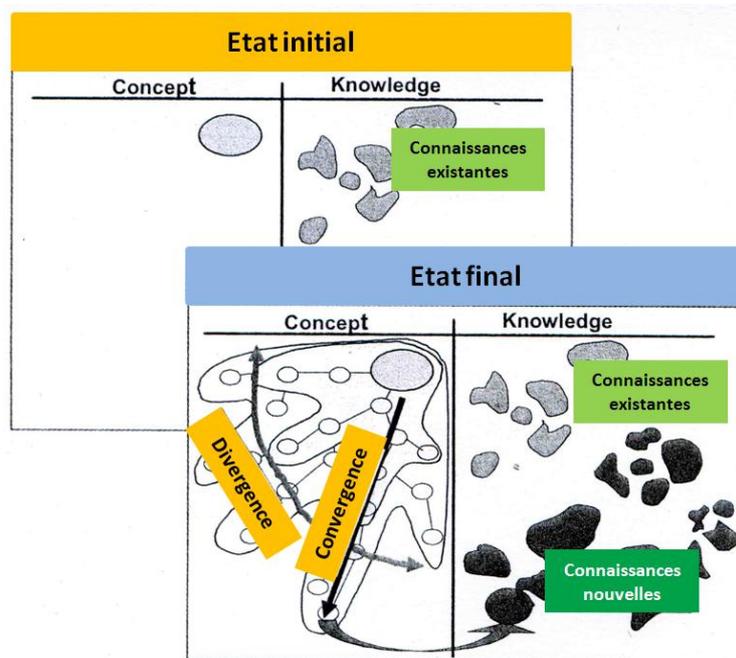


Figure 1-13 : Mode de progression divergent et convergent du raisonnement de conception suivant une représentation C-K.

Le formalisme « arborescent » permet lui de représenter l'historique du processus de conception en conservant la mémoire des connaissances acquises relativement aux concepts explorés [Morin et al., 2000], mais aussi par exemple de retracer des critères de décision ou encore les concepts pour lesquels il y a eu dépôt de brevets. Mais au-delà d'une simple capitalisation de processus de conception, s'il est utilisé de manière itérative et assez fréquente au cours d'un raisonnement, ce formalisme peut être envisagé comme un moyen stratégique de gérer les grandes orientations d'un projet d'innovation.

Au final, du point de vue de la conception⁴⁰, la théorie C-K propose un cadre général et rigoureux pour modéliser les raisonnements de conception dans leur diversité et leur fécondité, valables à la fois pour la conception « systématique » (modèle de Pahl et Beitz) et une conception plus « innovante ». Il est donc possible d'interpréter ou d'évaluer certains dispositifs ou approches de conception, en les mettant en perspective avec la théorie C-K, sans les réfuter mais en montrant leurs présupposés et leur appartenance à un cadre plus général. Ainsi, réinterprétée dans un cadre C-K, l'approche systématique de Pahl et Beitz [Pahl et Beitz, 1977] se caractérise par deux grandes restrictions : le point de départ y est décrit comme un énoncé parfaitement spécifié et non comme un « concept » indéfiniment expansible (c'est cette même restriction qui caractérise la « *problem solving theory* »), et l'espace des connaissances est structuré en trois niveaux indépendants : le niveau fonctionnel, le niveau conceptuel et le niveau de l'*embodiment*.

1.3.3.4. Les limites de la théorie C-K

La théorie C-K, si elle rend compte de la notion d'expansion, de ce qu'est la conception jusqu'à certains mécanismes, reste une théorie et nous allons voir maintenant quelles en sont les points d'ambiguïté et les limites.

Premièrement, concernant l'origine des concepts initiaux Co , point de départ d'un raisonnement C-K, nous remarquons que rien n'est dit sur les moyens d'obtenir une disjonction sémantique. Certes, il n'est pas nécessaire de partir d'une « bonne idée » (une partition expansive) pour « commencer » le raisonnement de conception en vue d'innover, la ou les partitions expansives pouvant apparaître au cours du raisonnement : une innovation peut tout autant être la déclinaison d'un concept innovant que la déclinaison innovante d'un concept ancien. Cependant, d'un point de vue formel, pour que l'exploration des espaces de valeur puisse avoir lieu, il est nécessaire de générer une disjonction sémantique, un « concept Co » indéfiniment expansible et non un énoncé parfaitement spécifié. Or sur cet aspect précis, la théorie C-K n'explicite aucun moyen, aucune voie amenant à la formulation de ces points de départ.

Deuxièmement, si la théorie C-K permet de comprendre les raisonnements de conception ou de construire une arborescence *a posteriori* retraçant l'historique d'une trajectoire de conception en cours ou totalement réalisée, permettant ainsi par exemple de l'évaluer ou de la gérer « en différé », nous pouvons légitimement nous interroger sur la possibilité d'en extrapoler une véritable démarche d'innovation pratique, utilisable par des industriels. Dans cette perspective de structurer une démarche opérationnelle de conception en innovation issue de la théorie C-K, notons que ses auteurs soulignent que l'accès à la théorie « *est relativement difficile* » et qu'il n'existe pas « *d'outillage spécifique à la théorie* »⁴¹ [Hatchuel et Weil, 2002], autre que le formalisme d'arborescence proposé.

Un point où elle paraît particulièrement descriptive concerne les formes d'apprentissages : on sait qu'ils existent, comment ils sont encadrés et exploités⁴² mais rien ne dit comment ils s'effectuent. Rosier note d'ailleurs que la théorie C-K ne fait quasiment pas référence à

⁴⁰ Née comme une théorie de la conception, la théorie C-K permet par exemple une « *relecture de certaines « étrangetés » mathématiques* » et pourrait, selon leurs auteurs, fournir une nouvelle approche à certains égards aux théories du langage, de la compréhension ou encore de la genèse des formes [Hatchuel et Weil, 2002].

⁴¹ A ce jour.

⁴² Dans notre présentation « sommaire » de la théorie C-K, nous n'avons pas présenté la notion de « *Design spaces* ».

d'autres courants qui étudient le management et la création des connaissances [Rosier, 2005]. Pourtant ces apprentissages apparaissent indispensables lorsqu'une nouvelle question est posée aux bases K, dans le but de poursuivre le raisonnement C-K. En d'autres termes, il semble difficile d'imaginer mener un raisonnement de conception en innovation sans cette capacité à créer de nouvelles connaissances, sur laquelle il reste beaucoup d'éléments à expliciter.

Troisièmement, le raisonnement C-K prend fin lorsque qu'il y a une conjonction C-K. Cette conjonction signifie que la définition de l'objet de la conception est suffisamment précise pour devenir une proposition d'une base K. En d'autres termes, l'ajout de propriétés P_i au concept initial C_0 , proposition compréhensible mais non logique (on ne peut alors dire si elle est « vrai » ou « fausse »), est suffisant au moment précis de la conjonction pour lui conférer un statut logique, c'est-à-dire lorsque nous jugeons que nous savons ce qu'est la proposition « C_0 possédant les propriétés $P_1, P_2 \dots P_i \dots P_k$ ». Cependant, est-ce parce qu'une proposition d'un objet nous paraît « vrai », car nous avons défini à la fois son identité et certains de ses composants, que son dimensionnement précis (forme, matériau ...), nécessaire à sa production, aura été effectué ? Nous pouvons en effet nous demander si la conjonction C-K signifie bien systématiquement la fin de « toute » la conception. Cette interrogation prend une acuité particulière en innovation où précisément les objectifs de conception ne peuvent être définis *ex ante* (puisque la définition de l'identité du dit objet est justement un livrable de la conception).

Au final, après avoir relevé le caractère fragmentaire des recherches sur l'innovation et avoir présenté les différentes définitions auxquelles le terme renvoie, le présent état de l'art nous a permis, au regard des différents modèles de processus d'innovation, de mettre en exergue certaines activités favorisant l'innovation, et particulièrement les apprentissages. Nous avons vu que cette production de connaissances nouvelles met à mal les dispositifs présentés et nécessite une « relecture » du raisonnement de conception. En traitant de l'expansion par la coévolution de deux espaces C et K, la théorie C-K semble fournir des pistes prometteuses relativement aux besoins d'un raisonnement de conception pour l'innovation, mais relève *a contrario* plus d'une description théorique que d'une démarche opérationnelle.

En tenant compte de cet état de l'art, il convient maintenant de formuler plus précisément notre problématique de recherche.

1.4. Formulation de la problématique de recherche

Notre problématique porte sur la définition de la démarche de conception spécifique pour innover. Dans cette optique, nous envisageons de reconsidérer de manière pragmatique l'ensemble du processus de conception et les éléments qui le constituent, jusqu'à potentiellement les « réinventer ». A cet effet et au regard de notre état de l'art, il semble que s'attacher au raisonnement de conception à proprement dit fournit davantage de pistes que de considérer les évolutions des étapes de modèles de processus de conception existants et utilisés jusqu'alors. Cependant, une démarche de conception innovante ne saurait se résumer à comprendre et formaliser le raisonnement qui l'anime, si spécifique qu'il soit en innovation. Il faut aussi s'intéresser aux tenants et aboutissants d'une telle démarche, aux indicateurs permettant de la juger.

En fait, parce que considérer l'innovation comme un processus de conception permet de l'envisager concrètement sous l'angle du projet [Ménard, 1985], nous emploierons davantage le vocable de « projet de conception en innovation » que celui de démarche qui apparaît plus diffus et moins concret du point de vue de sa formalisation et de sa gestion. Un projet a notamment un début, une fin et des ressources allouées. Justement, il convient maintenant de préciser quelle est la forme du livrable de ce projet de conception innovante.

Par conception, nous entendons la définition d'un système et des plans permettant de lui donner une réalité physique et duplicable. Nous rejoignons là en fait les traits définissant le livrable de la phase de « *detail design* » d'un processus de conception systématique suivant le modèle de Pahl et Beitz [Pahl et Beitz, 1977]. Il apparaît alors une incohérence marquée vis-à-vis de la définition de l'innovation en tant que résultat, qui elle ne se confond pas avec un livrable de conception mais intègre bien d'autres phases, en aval, jusqu'à l'acceptation du marché.

En effet, comme nous l'avons vu dans notre état de l'art et comme le résume Perrin, il est communément admis qu'il n'y a « *pas d'innovation sans sanction par le marché* » [Perrin, 2001], dans le sens où une invention, ou une nouvelle idée de produit ou de procédé, non commercialisée n'est pas une innovation. Or, s'il est vrai que dans l'histoire des techniques il y a eu de nombreuses inventions qui n'ont pas débouché sur des innovations, cet axiome signifie de nécessairement connaître les résultats de la diffusion sur le marché visé du nouveau produit avant de pouvoir le « labelliser » comme une innovation. Cette validation de l'innovation, *ex post* et focalisée sur la réponse du marché, n'est pas sans poser de problème car s'il est possible d'attribuer plus ou moins rationnellement ce terme d'innovation à un objet nouveau qui est mis sur le marché, par les premiers retours des clients ou le suivi du compte de résultat de l'entreprise, quid d'un projet d'objet nouveau en cours ?

Avec cette définition *ex post*, on ne peut pas non plus utiliser le terme d'innovation pour désigner un objet conçu et portant tous les « gènes » d'une innovation juste avant sa diffusion sur le marché. Il est en effet possible qu'un changement externe à l'entreprise, lié par exemple au contexte du marché, annihile ou ne propulse son caractère innovant. L'évènement tragique du 11 septembre 2001 a permis par exemple l'accroissement fulgurant des ventes de scanners de la rétine des yeux dans les aéroports, ventes qui étaient jusqu'alors très confidentielles. C'est une de ces mutations non prévisibles, qui permet dans ce cas au produit nouveau de passer au stade de l'innovation. Les aléas peuvent également être internes à l'entreprise, tel un mouvement social ou la mauvaise maîtrise d'activités en aval de la conception, telles que la production, la logistique, la commercialisation ...

Parce que la définition « classique » de l'innovation vue en tant que résultat englobe une phase peu prédictible, entre la conception d'un nouvel objet et la réaction du marché vis-à-vis de sa diffusion, elle est une notion non « actionnable » au niveau de la conception. En effet, la double condition pour labelliser une innovation lors de sa diffusion sur le marché, un caractère « nouveau » de l'objet et un succès en termes de vente, ne semble guère appropriée pour caractériser la forme souhaitable du livrable de conception en innovation. Or, on ne peut pourtant pas se contenter d'une appréciation subjective des capacités d'un objet conçu à devenir une innovation, car nous comprenons que dans ce cas il est bien difficile d'envisager la définition précise d'un processus de conception innovante alors qu'il n'est pas possible d'en caractériser son livrable. Cette problématique prend d'autant plus d'acuité que le cadre de la compétition par l'innovation intensive semble exiger justement une prise maximale sur ces processus de conception d'objets nouveaux.

Aussi, nous proposons de considérer un résultat intermédiaire vis-à-vis de l'innovation (jugée *ex post*), le livrable du processus de conception. A ce stade, il semble alors possible de statuer sur son « caractère » innovant : soit il possède tous les attributs de définition ou « gènes » d'une innovation, soit il ne les possède pas. Nous comprenons là qu'il nous faudra donc préciser ces attributs intrinsèques et « indispensables » au livrable de conception pour en faire une innovation, soit le but d'un projet de conception innovante. Avec la précision de ces attendus, il est alors possible d'envisager la définition d'un processus de conception permettant leur genèse, d'agir dans ce but, de l'organiser dans ce sens, ou en d'autres termes d'avoir des prises sur le projet de conception spécifique à l'innovation.

Du point de vue du vocable utilisé, puisque ce n'est que les résultats des ventes sur le marché qui permettent de juger *ex post* un objet et de lui attribuer ou pas le « label » innovation, nous nommerons ce résultat intermédiaire « innovation potentielle » : il possède les attributs d'une potentielle innovation du point de vue de sa définition, mais du fait qu'il ne soit pas encore diffusé, cela reste au conditionnel, d'où le statut et le qualificatif de « potentiel ». Ce n'est qu'après diffusion, s'il rencontre le succès, que l'innovation deviendra réalité. En d'autres termes, nous considérons que si une innovation « potentielle » n'implique pas forcément une innovation *ex post*, une mauvaise maîtrise d'activités internes à l'entreprise telles que la production ou la commercialisation ou bien des aléas pouvant changer encore la donne, une innovation *ex post* implique elle par contre d'avoir eu pour origine une innovation potentielle.

L'enjeu de nos travaux, au-delà de décrire certains aspects d'une démarche d'innovation, est la rendre « utilisable » dans le monde concret de l'entreprise. Ainsi, notre but s'inscrit tout autant dans une compréhension précise des phénomènes qui régissent le processus de conception en innovation que dans l'identification de prises « pratiques » que l'on peut avoir dessus pour pouvoir manager un projet d'innovation, progressivement, avec conscience et en prenant en compte les spécificités de l'entreprise ainsi que les multiples changements qu'implique le contexte de concurrence par l'innovation intensive. Par conséquent, nous nous proposons de nous intéresser à la problématique suivante : **quelles sont les prises méthodologiques sur un projet de conception ayant pour but une innovation potentielle ?**

Nous désignons par prises méthodologiques un ensemble de dispositifs permettant de se saisir au moins localement du raisonnement mais dont la formalisation, tout en visant la rigueur du formalisme d'une méthode, en diffère par une nature moins systématique de la démarche et des résultats attendus. Notre position s'explique premièrement par la volonté d'offrir des dispositifs couvrant l'ensemble du raisonnement, privilégiant donc un travail transversal uniforme plutôt que la profondeur sur une situation précise. Ensuite, nous pensons que les conditions et les modalités d'utilisation de ces dispositifs peuvent *a priori* être différentes suivant les caractéristiques des projets et/ou des entreprises, et que par conséquent des éléments méthodologiques souples sont plus adaptés que des méthodes statutaires.

Nos travaux s'appuient sur plusieurs expériences de projets d'innovation parmi lesquels nous distinguons notamment :

- Etude des axes d'innovation de la climatisation pour un grand équipementier automobile⁴³ : immergé au sein de la cellule avancée de R&D de l'entreprise pendant près de neuf mois, nous avons notamment travaillé sur le cas d'une « climatisation silencieuse ».

⁴³ Projet de fin d'étude du DEA ENSAM Conception de Produits et Innovation.

- Encadrement de projets étudiants portant sur l'idée de « rollers pour la montagne » (*Mountain rollers*), sur une « combinaison de surf chauffante » et sur le « transport d'un *scooter* par une voiture ».
- Participation à d'autres projets d'innovation auxquels nous ne ferons pas référence : étude du cadre du vélo de piste pour les Jeux Olympiques d'Athènes 2004 (Look Cycle International), d'une sacoche pour transporter un ordinateur portable sur un *scooter* (Bagster), sur l'intégration des NTIC dans le sport (Projet Européen Innosport), conception d'un site internet s'appuyant sur une communauté d'internautes pour la conception de produits électroniques (Crowdspirit) ...

Si nous avons vu dans notre état de l'art que l'innovation pouvait porter tout à la fois sur un produit, un service, un processus de fabrication, une organisation ... nous comprenons au regard de ces expériences pourquoi nous orienterons nos travaux exclusivement vers la genèse d'innovations potentielles s'appuyant sur la conception de produits à proprement dit.

CARACTERISATION DU PROJET D'INNOVATION ET PROPOSITION DU MODELE MULTI-ENTREES PST

2.1. Vers la caractérisation du projet de conception en innovation	58
2.1.1. Point de départ de l'innovation : de l'invention à une nouvelle intention	58
2.1.1.1. Critique de l'invention comme point de départ.....	58
2.1.1.2. De la généalogie des objets de conception	59
2.1.1.3. ... vers la mise en exergue d'une nouvelle intention	60
2.1.2. Caractérisation des indicateurs de résultat d'un projet de conception en innovation	61
2.1.2.1. Un indicateur de résultat relatif à la définition de l'innovation.....	61
2.1.2.2. Les facteurs de succès de l'innovation.....	63
2.1.2.3. Les risques de non concrétisation de la valeur de l'innovation.....	64
2.2. L'impulsion du projet de conception en innovation ou le modèle multi-entrées PST.....	67
2.2.1. Les différentes origines de la nouvelle intention via le modèle multi-entrées PST	67
2.2.1.1. Différentes origines dans la littérature	67
2.2.1.2. Le modèle PST et le point de départ du projet de conception en innovation.....	69
2.2.2. Les différents creusets pour impulser l'innovation sur la dimension P	70
2.2.2.1. Les voies génériques à l'identification de nouvelles intentions.....	70
2.2.2.2. Pour la relation D to U	72
2.2.2.3. Pour la relation D to D	74
2.2.3. Sur la dimension S.....	77
2.2.4. Sur la dimension T	79
2.2.5. Les différents moyens de générer ces nouvelles intentions	80
2.2.5.1. De la synthèse d'une veille multi-dimensionnelle	80
2.2.5.2. ... à l'apport de représentations novatrices par la modélisation	81
2.3. La conception en innovation : un raisonnement exploratoire à partir d'une disjonction sémantique.....	83
2.3.1. Vers un type de raisonnement d'exploration	83
2.3.1.1. Un point de départ, un but et un type de raisonnement différents	83
2.3.1.2. Le raisonnement innovant : explorer les définitions d'un concept « flou », par partition.....	84
2.3.2. Prise méthodologique sur la formulation du point de départ du raisonnement	88
2.3.2.1. Conditions pour maximiser la disjonction sémantique	88
2.3.2.2. Précisions sur la reformulation de la nouvelle intention.....	90
2.3.2.3. L'exception des systèmes de base qui n'existent pas	91

Pour avoir prise sur le projet de conception en innovation, nous nous intéressons dans ce chapitre à la caractérisation de son processus, c'est-à-dire à son point de départ, son livrable et le type de raisonnement qu'il nécessite. En plus de définir des indicateurs sur les « attendus » d'un processus de conception en innovation, nous proposons le modèle « multi-entrées » PST qui ouvre différentes perspectives opérationnelles pour impulser un projet de conception en innovation. En premier lieu, nous allons voir que le point de départ du processus d'innovation souvent cité, l'invention, n'offre pas une prise optimale pour débiter le projet.

2.1. Vers la caractérisation du projet de conception en innovation

2.1.1. Point de départ de l'innovation : de l'invention à une nouvelle intention

2.1.1.1. Critique de l'invention comme point de départ

L'innovation est souvent comprise comme le processus permettant le passage d'une invention à sa diffusion [Perrin, 2001]. Ainsi, l'innovation vue comme résultat se définit couramment comme « *la nouveauté résultant de l'invention et produite à grande échelle et lancée sur le marché par un entrepreneur s'adonnant à une activité économique* » [Maunoury, 1972]. Mais les définitions de l'innovation avec cette « invention » comme point d'origine ne sont pas sans poser d'interrogations et apparaissent restrictives.

Premièrement, l'invention a une connotation fortement technique. C'est un nouveau principe technique, un nouveau moyen technique pour mettre en œuvre une fonction donnée [Freeman, 1982] [Kline et Rosenberg, 1986]. Maunoury note que « *l'invention est un dispositif, un schéma technique venant résoudre de façon nouvelle un problème technique ou venant résoudre un problème nouveau* ». L'auteur précise que « *l'invention est un événement exclusivement technique qui manifeste qu'on est sorti définitivement du domaine de la spéculation et de la connaissance pour entrer dans celui de la pratique et de l'action* » [Maunoury, 1968]. Les innovations auraient-elles une origine exclusivement technique ? Schumpeter lui-même prenait bien soin de préciser qu'il existe des innovations sans inventions [Schumpeter, 1964].

Deuxièmement, derrière le terme « invention » se cache un processus de conception non formalisé, porté souvent par une seule personne pour répondre à un problème précis, pas forcément partagé. Pour Vallette, « *on invente seul dans un coin, mais on innove ensemble dans une dynamique* » [Vallette, 2005]. La production d'innovations est le plus souvent l'aboutissement d'un processus collectif dans le cadre de réseau technico-économiques constituant des « méta-organisations » et non le résultat de l'activité d'un individu isolé [Akrich et al., 1988]. Le fait que les très nombreuses inventions proposées au Concours Lépine ne débouchent que très rarement sur des innovations-produit peut s'expliquer par cette incohérence d'un point de vue organisationnelle. Ce que nous pouvons résumer par « *l'homme invente, l'entreprise innove* ». Dans ce même élan de questionnements, on peut se demander s'il est cohérent de partir d'une invention, entité sans connexion avec le marché, puis de considérer ce dernier uniquement dans un deuxième temps ? Est-ce qu'une innovation ne doit pas être dès le départ en connexion avec son marché ? Nous percevons ici un risque de

développer un certains nombres de projets « déconnectés » et que l'on ne pourra pas connecter ensuite avec un marché.

Troisièmement, si l'invention est à l'origine de nombreuses innovations, il semble cependant que le véritable point de départ se situe en amont de l'invention elle-même. En effet, inventer ne signifie pas découvrir, dévoiler un objet qui existe déjà, mais au contraire, c'est concevoir quelque chose qui n'existe pas⁴⁴. En d'autres termes, « *il ne peut y avoir d'invention sans processus de conception* » [Perrin, 2001]. Ainsi, si l'on considère « arbitrairement » l'invention comme point de départ de l'innovation, cela signifie qu'il nous faut nous interroger sur le point de départ du processus de conception structurant la genèse de telles inventions.

Mais toutes les définitions de l'innovation ne prennent pas comme point de départ « l'invention ». En effet, la définition du Manuel de Fracasti présente par exemple l'innovation comme « *la transformation d'une idée en un produit nouveau ou amélioré introduit sur le marché, ou un procédé opérationnel nouveau ou amélioré utilisé dans l'industrie ou dans le commerce, ou en une nouvelle démarche à l'égard d'un service social* » [OCDE, 1994]. Cependant, au travers de la notion d'« idée », bien qu'elle apparaisse moins « conçue » et en amont de l'invention, nous retrouvons cette même nécessité d'imaginer quelque chose « qui n'existe pas » pour débiter un processus d'innovation, ce qui confère au point de départ de l'innovation une dimension diffuse, voire « mystérieuse », en tout cas sur laquelle il semble difficile d'avoir une prise. En d'autres termes, nous nous posons la question s'il faut impérativement avoir une idée ou imaginer une invention pour initier un projet d'innovation.

Au travers de l'histoire de certains objets de conception, nous allons voir que la notion d'invention ou d'idée nouvelle est relative au niveau de connaissances sur les artefacts antérieurs et leur usage dans l'environnement socio-économique.

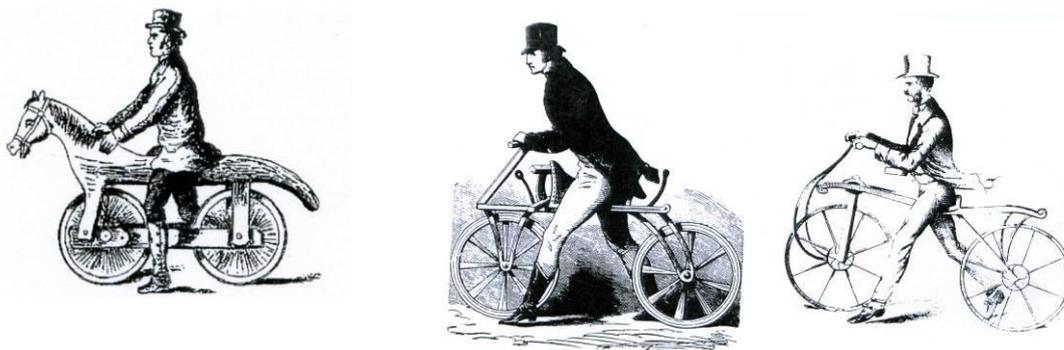
2.1.1.2. De la généalogie des objets de conception ...

Perrin montre qu'un nouvel artefact est toujours conçu en fonction d'un ou de plusieurs modèles antérieurs et que l'analyse historique du processus de conception d'un nouvel objet technique montre sa très forte dépendance par rapport à des formes et représentations antérieures [Perrin, 2001]. L'auteur en fournit un exemple probant au travers de la naissance du vélo. L'ancêtre du vélo, le « *hobby horse* » représenté par la Figure 2-1 a), est un cheval de bois avec deux roues. Le modèle de l'homme sur le cheval a constitué la référence initiale pour les concepteurs de ce nouvel objet technique⁴⁵. En 1818 apparaissent deux variantes de cet objet alors doté d'une roue avant orientable : c'est la « *draisienne* » et le « *dandy horse* » qu'illustrent la Figure 2-1 b). Cette évolution également appelée « *vélocipède*⁴⁶ » a pour but de faire marcher une personne avec une grande vitesse, les pieds de l'utilisateur devant prendre alternativement appui sur le sol.

⁴⁴ C'est sur ce point que Simon distingue les sciences de la nature (découverte) de ce qu'il appelle « *les sciences de l'artificiel* » (l'invention, l'innovation, la conception) [Simon, 1991].

⁴⁵ Eu égard à ce rappel historique, on comprend mieux pourquoi on retrouve dans différentes langues (notamment « *to ride* » en anglais) des expressions similaires ou proches pour signifier l'action de monter sur un cheval ou sur un vélo.

⁴⁶ Vélocipède = mot formé à partir des termes du latin *velox*, rapide, et *pes, pedis*, pied [Perrin, 2001].



a) le hobby horse

b) la draisienne et le dandy horse

Figure 2-1 : Généalogie des inventions amenant au vélo (Source : [Roy, 1983] dans [Perrin, 2001]).

Excentrique, objet d'une mode éphémère dans les milieux dandys et aristocrates de Paris et de Londres, le vélocipède n'a plus d'existence sociale de 1820 à 1861, jusqu'à l'invention de la pédale adaptée sur l'axe de la roue avant. La jeunesse dorée de Paris se passionne alors pour ce vélocipède à pédales. Tout nouvel artefact ne peut pas être conçu *ex nihilo* ; quelle que soit l'importance de son caractère novateur, il est toujours construit à partir d'emprunts faits à des modèles antérieurs [Basalla, 1988]. Même une innovation « radicale » apparaît comme le résultat de l'accumulation de plusieurs innovations [Abernathy et Utterback, 1978] : « *Le moteur à réaction, en dépit de son caractère révolutionnaire par rapport au système du moteur à piston et de l'hélice, se situe dans une tradition de construction de turbines, vieille de deux cents ans, et qui inclut les turbines à eau, les turbines à vapeur, les turbines à gaz, les compresseurs à pistons, les turbocompresseurs* » [Perrin, 2001].

Les « innovations » ne sont jamais radicalement nouvelles, et loin de toute génération spontanée, elles se rattacheront toujours à une généalogie. Mais cette généalogie ne doit pas être confondue avec un simple déterminisme : « *chaque conception est porteuse également de métamorphoses et de mutations* » [Le Masson et al., 2006] et à l'origine de tout nouvel objet, il semble y avoir un objectif précis à atteindre. Ainsi, comme nous l'avons vu, la draisienne a été inventée en vue « faire marcher une personne avec une grande vitesse ». Au départ de tout nouvel objet technique on trouve toujours un problème spécifique à résoudre, une intention [Maunoury, 1968], un objectif à atteindre.

2.1.1.3. ... vers la mise en exergue d'une nouvelle intention

Dans le même sens, Verley souligne que si les innovations virent le jour en Grande Bretagne lors de la révolution industrielle, « *ce n'est pas parce qu'elle était scientifiquement en avance, mais parce que ces innovations résolvaient des problèmes économiques qui s'y posaient avec davantage d'acuité qu'ailleurs. L'invention était rarement le fruit du hasard ; l'inventeur trouvait un nouveau procédé (ou un nouveau produit) parce qu'il cherchait ; et s'il cherchait, c'est parce que cela permettait de résoudre un problème posé par l'environnement socio-économique* » [Verley, 1997]. L'« intention » de Maunoury apparaît donc comme la véritable origine de toute invention, et donc de toute innovation, ce que confirme Micaëlli en soulignant que « *ce qui stimule l'innovation, c'est l'intention de répondre de façon nouvelle à un besoin, marchand ou non* » [Micaëlli, 1998], Bellon lorsqu'il énonce que l'une des caractéristiques de l'innovation est « *qu'elle constitue un acte de volonté ...* » [Bellon, 1994], ou encore Drucker qui relève que la plupart des innovations résultent d'une recherche

délibérée d'opportunités d'innovation [Drucker, 1998]. L'innovation doit donc être délibérée, intentionnelle, et non subie [Temri, 2000].

Ajoutons que pour innover, cette nouvelle intention doit être suffisamment « forte » et partagée. En effet, si les innovations sont si difficiles à générer, c'est en partie parce qu'elles demandent et obligent à dépasser les cadres d'interprétation courants et admis par les organisations, à se placer en rupture avec les modes d'action préétablis [Mintzberg, 1989]. Selon Levitt et March, les organisations et les individus qui les composent appréhendent leur environnement grâce à des « filtres », des cadres d'interprétation de la réalité, et devant de nouvelles propositions, leurs interprétations sont donc toujours orientées à la fois par leur histoire et par leurs intérêts présents. Il n'y a pas d'interprétations neutres ou objectives et les cadres d'interprétation sont largement imperméables aux informations qui iraient en sens inverse [Levitt et March, 1988] : « *l'exploration d'idées nouvelles interfère avec le maintien d'interprétations partagées* » [March et Simon, 1991]. Innover nécessite donc d'accepter un changement dans la manière de percevoir un projet, changement impulsé par une nouvelle intention, mais implique aussi de savoir trouver des convergences entre plusieurs acteurs, en discutant et en faisant le point sur les finalités et le sens du projet [Manzini, 1989]. Cette coévolution du projet et des préoccupations, intérêts et représentations des acteurs nous renvoie à la théorie de la traduction [Akrich et al., 1988].

Nous définissons le point de départ d'un projet de conception en innovation comme la formulation d'une proposition comprenant un système associé à une nouvelle intention. Cette proposition se distingue d'une idée dans le sens où cette dernière recouvre une connotation de solution : vis à vis d'un problème, l'intention d'y répondre n'indique en rien la voie à suivre alors que l'idée peut impliquer explicitement un type de solution, dont la définition sera plus ou moins précise. Ainsi, nous pensons finalement que l'idée se situe en aval et constitue une restriction d'une proposition avec une nouvelle intention.

A ce stade, si nous venons d'identifier une nouvelle intention comme point de départ de tout processus d'innovation. Avant d'affiner ce point de départ, il nous faut, dans la perspective de caractériser un projet de conception en innovation, approfondir comment l'on statue sur l'effectivité du caractère « innovant » du livrable de la conception : quels sont les indicateurs de résultat ?

2.1.2. Caractérisation des indicateurs de résultat d'un projet de conception en innovation

2.1.2.1. Un indicateur de résultat relatif à la définition de l'innovation

Les indicateurs de résultat d'un processus de conception ont pour but de préciser les attendus du livrable et ainsi avoir davantage de prise sur le raisonnement de conception lui-même. En se référant aux définitions de l'innovation vue en tant que résultat, il est possible d'extraire quelques premiers traits caractérisant le livrable de conception d'une innovation.

D'une part, l'innovation implique du nouveau, ce caractère « nouveau » qui est éphémère et relatif aux bases de connaissances de chacun : sans ce caractère nouveau, pas d'innovation. Ce caractère inhérent à l'innovation découle incontestablement d'un changement, non pas adaptatif, inconscient ou subi, mais d'un changement délibéré, intentionnel et volontaire.

D'autre part justement, ce changement délibéré, cette intention d'innover est portée par le désir des innovateurs d'offrir *in fine* quelque chose de meilleur : l'innovation a pour but une

proposition avec un jeu de valeurs qui fait sens pour ceux à qui elle est destinée. En effet, Knight associe à l'innovation une connotation valorisante⁴⁷ [Knight, 1967], Barreyre définit l'innovation comme un processus dont l'aboutissement est une réalisation originale qui comporte des attributs créateurs de valeur [Barreyre, 1981] ou Boly qui, en précisant les quatre composantes d'une innovation « réussie » (succès dont dérive la pérennité économique, utilisation par des clients, création de valeur et différence totale ou partielle par rapport à des produits préalablement existants), caractérise en même temps qu'il implique la création de valeur d'un point de vue des clients [Boly, 2004].

En d'autres termes, innover, via un processus de conception sans lequel le passage d'une intention abstraite à un objet concret est impossible, c'est impulser par l'apport d'une intention nouvelle une dynamique de changement visant à obtenir un livrable à la fois « nouveau » et porteur de valeurs qui font sens pour ceux à qui l'innovation est destinée : *« l'innovation est d'abord projet, et projet intellectuel, qui ne devient opérationnel que s'il réussit à déplacer les valeurs reçues »* [Ménard, 1985].

A ce stade, compte tenu de tous les éléments qui viennent d'être développés, nous pouvons donc définir toute innovation comme le livrable d'au minimum un projet de conception, porteur non seulement du caractère « nouveau » mais aussi déplaçant le jeu de valeurs pour les clients. Il apparaît donc un premier indicateur de résultat d'un projet de conception en innovation, la proposition d'une nouveauté créant un déplacement de valeurs à connotation positive.

Nous nous proposons maintenant de compléter les indicateurs de résultat d'un projet de conception en innovation par l'exploration de la littérature portant sur les facteurs de succès mais aussi sur les risques inhérents à l'innovation. En effet, la nouvelle intention initiale impulsant forcément une dynamique de changements, tout processus de conception en innovation est davantage synonyme de risques et incertitudes qu'un projet de conception « routinier ».

Cette démarche de recherche, s'effectuant sous deux angles différents, se justifie par le fait que satisfaire les facteurs de succès ne garantit pas de s'affranchir des risques, et inversement.

L'innovation ayant la particularité de signifier à la fois un processus et un résultat, rappelons que nous nous focalisons précisément et uniquement sur les indicateurs portant sur l'artefact de conception, soit l'innovation vue en tant que résultat. Ainsi seront exclus de notre étude tous les facteurs liés aux processus eux-mêmes (nous convenons qu'ils peuvent influencer sur le dit résultat, mais ce n'est pas parce que le projet de conception par exemple aura été mal géré ou que l'organisation aura été défaillante que le résultat ne portera pas lui intrinsèquement les « gênes » d'une innovation) et les attributs extrinsèques à l'objet de la conception (une publicité « percutante » est par exemple considérée comme un palliatif extrinsèque au livrable de la conception : elle peut ajouter « artificiellement » de la valeur à l'objet).

⁴⁷ Notons qu'au cours de l'histoire, les connotations du terme « innovation » n'ont pas été toujours positives [Cros et Adamczewski, 1996]. Ainsi par exemple, dans le Dictionnaire Furetières de 1690, *« l'innovation est le changement d'une coutume, d'une chose établie depuis longtemps. En bonne politique, toutes les innovations sont dangereuses. Les innovations en matière de religion aboutissent à des schismes, à des guerres civiles »* [Caumeil, 1999]. Jusqu'au 20^{ème} siècle d'ailleurs, qu'il s'agisse de l'ordre divin ou de l'ordre social et politique, l'innovation est perçue comme un danger car elle remet en cause les choses établies, elle dérange le système. L'innovation dans son acception positive est née du domaine économique avec Schumpeter : eu égard à l'impitoyable loi du marché, il ne subsistera que les entreprises ayant conquis des parts de marché, et elles ne peuvent le faire qu'en créant des produits compétitifs et toujours nouveaux, en innovant [Schumpeter, 1946].

Nous nous intéressons premièrement à la littérature sur les facteurs de succès des innovations.

2.1.2.2. Les facteurs de succès de l'innovation

Dans l'étude de Cooper, « *Projects NewProd* », basée sur 200 innovations canadiennes, la viabilité d'une innovation est déterminée par trois facteurs [Cooper, 1980]. Le degré d'unicité et de supériorité du produit nouveau vis-à-vis des alternatives existantes constitue le facteur le plus important selon l'auteur, ce que met également en exergue Schmidt dans ses travaux [Schmidt, 1995], et qui rejoint la notion d'ajout de valeur. La viabilité d'une innovation est également déterminée par la capacité de l'innovateur à comprendre le marché et ses futurs développements et par la synergie entre le produit nouveau et les ressources technologiques et de fabrication de l'entreprise [Cooper, 1980].

Nous retrouvons des facteurs de succès de l'innovation liés aux dimensions du marché et des technologies dans de nombreuses autres études ([Freeman et al., 1972] [Hopkins, 1981] [Souder, 1988] [Zirger, 1997] dans [Van der Panne et al., 2003]), certaines visant à hiérarchiser ces deux dimensions (marché et technologie) suivant leur importance respective dans les chances de succès d'un futur produit nouveau ([Cooper, 1983] [Schmidt, 1995] [Kleinschmidt et Cooper, 1995] dans [Van der Panne et al., 2003]). Mais bien que la littérature sur les facteurs de succès d'une innovation soit conséquente, il semble difficile d'identifier de manière plus précise et consensuelle les facteurs de succès de l'innovation, au-delà de cette distinction entre deux grandes familles qu'illustre la Figure 2-2 : les facteurs critiques concernant la viabilité technologique et ceux liés à la viabilité commerciale [Van der Panne et al., 2003]. Ces auteurs relèvent en effet une grande hétérogénéité des analyses et des résultats, les points de vue concernant la pertinence des facteurs de succès divergeant et surtout des groupes de facteurs jugés cruciaux dans certaines études étant ignorés dans d'autres⁴⁸.



Figure 2-2 : Deux catégories de facteurs de succès d'une innovation (source [Van der Panne et al., 2003]).

Malgré les imprécisions relevées, nous pouvons d'ores et déjà distinguer macroscopiquement deux dimensions caractérisant toute innovation : une première liée au marché et une deuxième aux technologies.

Nous proposons maintenant de compléter et de préciser les indicateurs de résultat d'un processus de conception en innovation par l'étude de la littérature sur les risques liés aux produits innovants.

⁴⁸ Les auteurs expliquent ces contradictions notamment par des différences notables des échantillons et des méthodologies utilisées : quand certaines études étudient une industrie spécifique, les autres couvrent plusieurs industries, quand certaines études utilisent des méthodes qualitatives, les autres adoptent une approche quantitative [Van der Panne et al., 2003].

2.1.2.3. Les risques de non concrétisation de la valeur de l'innovation

Bien qu'en pratique il y ait fort peu de décisions d'innovation dans lesquelles le risque n'est pas considéré, l'innovation étant une activité à haut risque, il y a de nombreuses études sur le management de l'innovation qui ne mesurent pas ou même ne mentionnent le risque [Halman et al., 2001], certains auteurs soulignant aussi le manque de modèle « référence » sur les risques d'innovation [Ruefli et al., 1999]. Pour palier les lacunes de ce sujet « sous recherché », Halman, Keizer et Song, fort d'une large revue de littératures et de nombreuses données « terrains »⁴⁹, ont identifié, développé et validé un ensemble de 14 facteurs et de 65 rubriques correspondantes pour mesurer les risques *ex ante* dans les projets d'innovation de produit [Halman et al., 2001] : « *Organizational risk, Project team risk, Co-development risk, Project positioning risk, Commercial viability risk, Manufacturing technology risk, Supply and distribution risk, Technological uncertainty risk, Market uncertainty risk, Product design risk, Public acceptance risk, Trade customer acceptance risk, Competitive positioning risk, Consumer acceptance risk* ».

Notre recherche a pour but précis les indicateurs de résultat du processus de conception en innovation. Aussi, nous pouvons exclure les risques relatifs à l'entreprise, endogènes à ses processus et ses fonctions internes, qui jouent un rôle dans le succès de l'innovation jugée *ex post* mais pas sur les qualités intrinsèques au livrable de la conception à proprement dit (*Organizational risk, Project team risk, Co-development risk, Project positioning risk, Commercial viability risk, Manufacturing technology risk, Supply and distribution risks*). Précisons que « *Commercial viability risk* » englobe ici uniquement les aspects de marges de profit et de rentabilité pour la firme. Nous nous proposons maintenant d'étudier plus précisément les facteurs relatifs aux indicateurs de résultat que nous recherchons :

Le premier facteur, que nous allons détailler, est le risque d'acceptation du consommateur (*Consumer acceptance risk*) qui se rapporte à l'adéquation entre le produit final et les attentes et comportements des consommateurs. Le nouvel objet doit répondre aux demandes des consommateurs, à leurs besoins, mais l'innovation se caractérise aussi par un système proposant des attributs uniques, remarquables qui les distinguent des produits concurrents. D'autres paramètres vis-à-vis des produits concurrents comme le rapport valeurs / prix ou la facilité d'utilisation ont un impact sur ce risque d'acceptation de l'innovation par le consommateur ([Song et Parry, 1994] [Song et Parry, 1996] dans [Halman et al., 2001]).

Trois autres risques (*Public acceptance risk, Trade customer acceptance risk, Competitive positioning risk*) concernant la dimension du marché ont été identifiés par les auteurs eux-mêmes au travers de leurs nombreuses études de cas réalisées [Halman et al., 2001]. Un de ces risques est l'intérêt des distributeurs pour le produit nouveau proposé, risque identifié plus particulièrement sur les marchés de biens de consommation où le renouvellement des gammes est fréquent et où les décisions prises par les distributeurs, comme par exemple le « *facing*⁵⁰ » sur l'étagère, le volume de stock, la mise en évidence du produit « *how to catch customers* »

⁴⁹ Les auteurs s'appuient sur la littérature existante sur le management des risques, le NPD (*New Product Development*) et la gestion de projet, de nombreuses données collectées à partir de 114 interviews individuelles et d'analyses détaillées de risque effectuées sur 8 projets d'innovation de rupture dans différents pays européens et aux États-Unis, puis d'interviews additionnelles avec des experts en matière de NPD et de données issues de retours d'enquêtes sur 208 projets d'innovation de produit [Halman et al., 2001].

⁵⁰ Surface verticale occupée par un produit, vu de face lors de sa présentation sur le lieu de vente. Exprimé le plus souvent en centimètres et en nombre d'unités, il est l'une des données essentielles du merchandising qui conditionne l'impact en linéaire, d'un produit sur le comportement d'achat consommateur. A priori, plus le facing est important, plus les opportunités de contact et donc d'achat sont importantes.

eyes », les publicités ou encore le service après vente, représentent une question pour le développement d'un produit nouveau, car pouvant en affecter nettement les chances de succès. Un autre risque concerne les possibles réactions négatives des principaux leaders d'opinion ou des organismes publics à l'introduction d'une innovation. En effet, dans le cas d'un produit radicalement innovant, de nouvelles questions sont posées aux vastes ensembles de règlements et normes mis en place par les organismes gouvernementaux en vue de garantir la qualité des produits, par exemple sur des standards environnementaux ou de sécurité, telles que : l'usage des huiles génétiquement modifiées dans la nourriture est-il acceptable ? Ces deux premiers risques sont à prendre en compte au niveau des déterminants intrinsèques de l'objet de l'innovation dans le sens où il faut séduire et prendre les contraintes d'un ensemble des clients. Les risques liés à la concurrence traduisent le fait que l'innovation est une compétition avec des concurrents, que l'introduction d'un nouvel objet change les positions sur le marché et peut provoquer des réactions (sortie d'un objet concurrent) et que le « *timing* » de cette introduction est important et peut même être déterminant.

Ces premiers facteurs de risque concernent la viabilité commerciale : en plus d'être valide et lisible aux yeux des consommateurs vis-à-vis de leurs besoins (*Consumer acceptance risk*), nous remarquons que les risques d'acceptation de l'innovation recouvrent plus globalement l'acceptation des différents acteurs habituels d'un marché, des différents « clients », qu'ils soient consommateurs, distributeurs, leaders d'opinion ou organismes publics (*Public acceptance risk*, *Trade customer acceptance risk*). Mais le déplacement des valeurs portées par la nouvelle proposition est aussi relatif aux offres des concurrents (*Competitive positioning risk*), desquels il est nécessaire de se démarquer nettement pour que le plus différenciateur se concrétise aux yeux des clients. C'est aussi vis-à-vis de la concurrence que le caractère « nouveau » se mesure.

Par synthèse, nous définissons donc l'indicateur du potentiel de « nouvelle proposition de valeur » comme doublement relatif :

- aux besoins⁵¹ des clients et au prix que l'acquéreur est prêt à mettre pour acheter le système permettant de les assouvir. Ainsi, au début du siècle dernier, bien qu'une voiture avait un coût prohibitif, le client qui en avait les moyens acquérait un objet lui offrant la capacité de parcourir librement et rapidement un grand nombre de kilomètres sur un réseau pratiquement infini et ce avec une charge utile respectable [Maître et Aladjidi, 1999]. La valeur d'un système est relative aux besoins de son acquéreur, alors que la proposition de valeur inclue le rapport au prix. Précisons que pour l'indicateur de résultat, le terme « clients » doit être compris au sens large, c'est-à-dire intégrer les besoins ou les critères d'acceptation d'autres acteurs tels que les distributeurs, les leaders d'opinion ou les organismes publics.

- aux offres concurrentes : c'est vis-à-vis des concurrents que se concrétise l'exclusivité d'un système ou le caractère « nouveau » affirmé, qui si il est porteur de valeurs aux yeux du client, se matérialise comme un plus différenciateur qui confère à l'objet de conception une forte valeur d'échange⁵², suivant la logique de ce qui rare est cher.

Le dernier risque relatif à une qualité intrinsèque du livrable de conception conditionnant son succès se rapporte à l'aptitude du produit réalisé à être fiable et techniquement sain (*Product design risk*) et concerne donc la dimension technique. Ce risque est lié aux décisions de

⁵¹ « Le besoin correspond à un sentiment de manque, dont la satisfaction est nécessaire, au moins utile ou agréable. Il est le plus souvent associé à une activité, il n'est pas toujours exprimé par celui ou ceux auquel on l'attribue. Le besoin peut apparaître, subsister, évoluer, disparaître suivant les conditions qui se présentent. Ces conditions dépendent du contexte et de la période considérée. » [AFAV, 1998].

⁵² En économie, la valeur d'échange traduit le prix qu'un client est prêt à payer pour acquérir un objet.

conception techniques à prendre pour obtenir un produit remplissant les fonctions prévues, et aux choix de compromis techniques qui peuvent être cause d'insuffisances. Mais avoir des alternatives de solution « saines » pour réaliser les fonctions du produit voulues [Quinn, 1985], faire le lien entre les performances recherchées et la fiabilité, implique bien souvent de s'intéresser aux technologies utilisées. Pour être complet, nous associons à cette aptitude à réaliser un produit fiable et techniquement sain, une part des risques liés aux technologies de fabrication (*Manufacturing technology risk*), dans le sens où les techniques de réalisation ont un impact sur le champ des possibles, tant d'un point de vue des performances, de la fiabilité que de la capacité à satisfaire des objectifs en termes de « Qualité-Coût-délai ».

Nous pouvons donc préciser, pour que le livrable d'un projet de conception, porteur d'un déplacement des valeurs, se concrétise un jour en innovation, la nécessité d'un deuxième indicateur de résultat concernant l'« aptitude technologique », c'est-à-dire l'adéquation entre les performances recherchées (porteuse de l'ajout de valeur) et la fiabilité qui s'obtient notamment par le choix de techniques et de technologies appropriées (Product design risk), et la faisabilité englobant les problématiques d'industrialisation et plus particulièrement les technologies de process de fabrication (*Manufacturing technology risk*).

Enfin, dans les 14 facteurs de risques énoncés par les auteurs [Halman et al., 2001], nous relevons deux formes d'incertitudes (*Technological uncertainty risk*, *Market uncertainty risk*). Premièrement précisons que l'incertitude est liée à la méconnaissance de la finalité alors que les risques concernent la non-capacité à réaliser des objectifs [Gaillard, 1997]. Deuxièmement, nous retrouvons une nouvelle fois la dichotomie entre les dimensions du marché et de la technologie, que recouvrent nos deux indicateurs déjà énoncés, mais qui confère aux concepteurs d'une innovation une difficulté supplémentaire à les atteindre. Troisièmement, ces deux formes d'incertitudes⁵³ sont selon nous endogènes à l'entreprise et surtout traduisent le doute persistant sur le déplacement des valeurs « dans un sens positif » jusqu'à la diffusion effective de l'objet de conception sur le marché. En d'autres termes, c'est parce que ces incertitudes existent que nous parlons d'innovation « potentielle ».

Il ressort de cette analyse des facteurs de risques de l'innovation un affinement des indicateurs de résultat d'un projet de conception en innovation. Ainsi, nous pensons que le processus de conception s'accompagne de deux indicateurs de résultat :

- le « potentiel de nouvelle proposition de valeur » qui se définit relativement aux besoins des clients, au prix et aux offres concurrentes,
- la « faisabilité technologique » qui traduit l'idée que le livrable de la conception satisfaisant les performances recherchées est techniquement faisable et fiable.

Fort de tous les éléments présentés, le projet de conception en innovation a donc maintenant un point de départ clairement défini, la proposition d'une nouvelle intention vis-à-vis d'un système, et deux indicateurs de résultat du processus de conception. Il convient maintenant de préciser les différentes origines à la formulation de nouvelles intentions.

⁵³ La première (*Market uncertainty risk*) est relative aux estimations du type et de l'ampleur des nouveaux besoins des clients, à la sensibilité de ces derniers au prix du nouveau produit et à la stabilité du marché ; la seconde (*Technological uncertainty risk*) à la technologie, et plus précisément au fait de savoir si celle visée peut être considérée comme une « science bien développée » et sur la maîtrise que peut en avoir l'entreprise [Halman et al., 2001].

2.2. L'impulsion du projet de conception en innovation ou le modèle multi-entrées PST

2.2.1. Les différentes origines de la nouvelle intention via le modèle multi-entrées PST

2.2.1.1. Différentes origines dans la littérature

Nous avons vu que le point de départ du processus d'innovation se présentait selon nous sous la forme d'un système auquel on associe une nouvelle intention. Dans la perspective d'avoir une prise sur la formulation de ces propositions inédites, nous nous posons la question « stratégique » des différentes origines possibles des nouvelles intentions.

Dans la littérature économique, nous pouvons identifier deux grandes familles de théories visant à expliciter l'origine des opportunités d'innovation. Ont souvent été opposés le modèle de « *science push* », innovation poussée par la science, et celui de « *demand pull* », innovation tirée par la demande. Derrière ces deux modèles qui se superposent aux deux catégories bien connues en économie, l'offre et la demande, le débat portait sur le fait de savoir si le progrès technique était endogène ou exogène à la sphère économique : pour les tenants du *science push*, la création de nouvelles connaissances scientifiques et le progrès technique seraient exogènes car liés obligatoirement à une part d'intuition des chercheurs et au hasard ; pour les défenseurs du *demand pull* par contre, « *la production d'inventions et de beaucoup d'autres connaissances technologiques est dans la plupart des cas autant une activité économique que la production de pains* » [Schmookler, 1966], c'est-à-dire que ce sont les espérances de gain relatives aux marchés futurs qui constitueraient l'incitation la plus déterminante à l'innovation.

Depuis, de nombreux auteurs considèrent qu'il est nécessaire de prendre en compte à la fois l'offre et la demande pour comprendre le processus d'innovation [Mowery et Rosenberg, 1979] et certains modèles intègrent ces deux points de vue [Wheelwright et Clark, 1992], notamment pour ce qui concerne l'origine des innovations développées par les entreprises. Dans le modèle de Wheelwright et Clark, l'innovation est impulsée par une « politique de produit » qui tient compte à la fois de prévisions technologiques et d'études de marché, comme l'illustre la Figure 2-3.

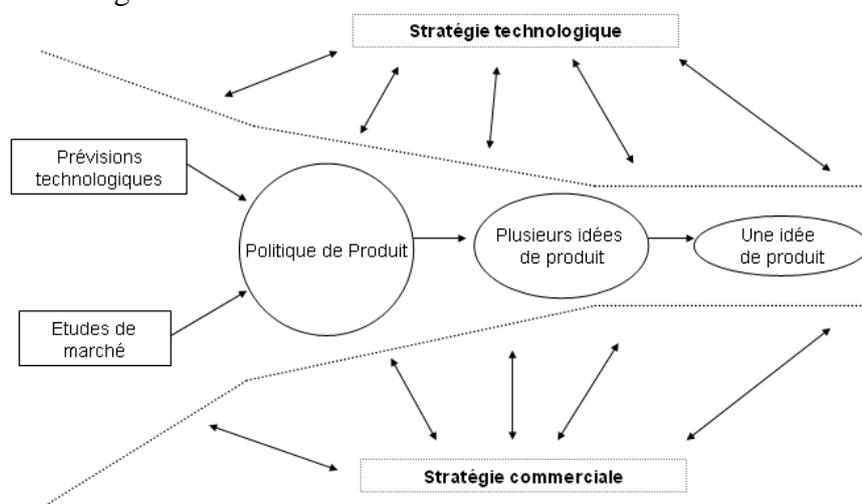


Figure 2-3 : Modèle d'innovation de Wheelwright et Clark initié à la fois par le marché (*demand pull*) et les nouvelles technologies (*science pull*) (source [Wheelwright et Clark, 1992]).

Chez l'industriel Plastic Omnium⁵⁴, on modélise le processus d'innovation par un Y, le nœud traduisant la rencontre entre une technologie et un besoin, le point de départ pouvant être indifféremment l'une des deux « branches » du Y (une technologie ou un besoin).

Nous pouvons remarquer, en comparant les deux origines à la formulation de nouvelles intentions notamment issues de la littérature (les besoins du marché et les opportunités technologiques) et les deux indicateurs de résultat du processus de conception en innovation (le potentiel de nouvelle proposition de valeur et la faisabilité technologique) un certain recouvrement des mêmes dimensions, entre les « besoins » et « le potentiel de nouvelle proposition de valeur » d'une part, et entre les « technologies » et la « faisabilité technologique » d'autre part : une même dimension semble impacter à la fois la formulation d'une nouvelle intention marquant le point de départ d'un processus de conception en innovation et la caractérisation de l'artefact en cours d'élaboration.

Notre but n'est pas de nous positionner sur une origine plutôt qu'une autre mais d'identifier de manière exhaustive les origines à la formulation de nouvelles intentions pour innover. Dans cette perspective, nous nous posons donc la question de savoir s'il n'existe pas, au-delà des deux voies identifiées que sont l'étude des technologies émergentes (*science push*) et celle des besoins (*demand pull*), une troisième voie à la formulation de nouvelles intentions. En d'autres termes, existe-t-il de nouvelles intentions d'innovation, déconnectée de toute référence à une technologie ou à un besoin ?

Le thème d'un article de presse automobile⁵⁵ s'interrogeant sur ce que pourrait être l'« iPod de l'automobile » invite par exemple à envisager la formulation de telles nouvelles intentions, l'iPod⁵⁶ étant une innovation qui ne se singularise pas nécessairement par un nouveau besoin (les lecteurs MP3 permettaient déjà d'écouter de la musique sous forme numérique) ou par une nouvelle technologie. De manière plus générale, qui n'a jamais eu une idée lui venant soudainement à l'esprit sans savoir si elle pouvait se réaliser et si elle répondait à un besoin ?

Dans notre état de l'art sur les méthodes de créativité, nous avons d'ailleurs bien évoqué la formulation de nouvelles propositions issues d'outils qui invitent à considérer des propositions aussi génériques que le « produit X idéal » ou qui proposent encore d'associer systématiquement des qualificatifs à tout objet sans prendre en compte le contexte, en forçant par exemple l'association du caractère « flexible » à tout objet considéré. Ainsi, nous pensons que l'origine de certaines intentions nouvelles est uniquement d'ordre « conceptuel », c'est-à-dire sans connexion avec un quelconque besoin ou à une technologie émergente.

Aussi, nous proposons donc de considérer à l'origine de nouvelles intentions une troisième dimension, distincte et liée à l'énoncé d'un « système » à proprement dit. A ce stade, il semble donc possible de situer l'origine de nouvelles intentions au travers de trois « dimensions » distinctes : les technologies, les besoins et les systèmes.

Il convient justement maintenant de préciser les manières de formuler une nouvelle intention qui impulse un processus de conception en innovation. Dans ce but, nous proposons le modèle « multi-entrées » dit PST.

⁵⁴ Source : présentation sur les processus d'innovation de Jean-Louis VAYSSE, directeur Innovation de Plastic Omnium, lors de l'Université de l'innovation à Bouc bel air, septembre 2003.

⁵⁵ Auto Journal n° 735 - Octobre 2007.

⁵⁶ L'iPod est une innovation majeure d'Apple qui représente une nouvelle manière de « consommer » la musique sous format numérique.

2.2.1.2. Le modèle PST et le point de départ du projet de conception en innovation

Sur la base des précédentes observations, nous proposons un modèle « multi-entrées » du point de départ de la conception en innovation qui peut avoir pour origine trois dimensions distinctes : le modèle PST où PST est l'anagramme de « Potentiel de nouvelle proposition de valeur-Système-Technologie ». Il convient de définir dès à présent les trois dimensions qui ont été identifiées :

- la première dimension que nous nommons « Potentiel de nouvelle proposition de valeur » (notée P) a pour champ l'analyse des besoins des clients relativement au prix. Elle recouvre les potentiels permettant de déplacer le jeu des valeurs associées à un système par des clients. Cette dimension traduit l'idée de ne pas se contenter de concevoir un nouvel objet satisfaisant un ou plusieurs besoins, mais de viser la conception d'un système avec un caractère « nouveau » affirmé, intégrant un « *gap* » vis-à-vis des offres concurrentes, un « plus » différenciateur visible et faisant sens aux yeux des clients. En d'autres termes, chaque problème ou besoin non assouvi est vu comme un potentiel pour innover.

- La dimension Système (notée S) représente l'espace des objets de conception, dont la définition est à un moment donné plus ou moins abstraite. Elle recouvre tout énoncé de proposition inédite, plus ou moins ambiguë et prometteuse permettant un nouveau point de départ d'un processus de conception pour innover : ce sont des idées, des « croisements » entre un objet de conception existant et une autre entité en attribuant au premier une propriété du second ... dont la formulation est déconnectée de toute identification d'une opportunité technologique ou d'un besoin.

- La dimension Technologie (notée T) représente l'ensemble des technologies, techniques et composants, soit les moyens de réaliser un nouveau système de conception satisfaisant à la fois sa faisabilité, un certain degré de performances et de fiabilité. Elle recouvre toutes les opportunités offertes par l'ensemble de ces moyens, déjà existants, mais aussi et surtout leurs évolutions ou l'apparition de nouveautés.

Précisons en effet que pour ces trois types d'entrées (relatives aux trois dimensions), le caractère « nouveau » favorise l'émergence de nouvelles intentions : pour de nombreux cas d'innovation, c'est l'identification d'un « nouveau » potentiel de proposition de valeur, l'émergence de « nouvelles » technologies et techniques ou l'énoncé de « nouvelles » idées de systèmes qui permettent d'impulser la genèse d'objets innovants. Remarquons cependant que la nouvelle intention peut résider dans l'association inédite de deux entités pourtant existantes ou être comprise comme la volonté « nouvelle » d'innover sur l'énoncé d'une proposition intégrant un problème récurrent.

Notre modèle multi-entrées PST doit être compris comme la suggestion de trois angles d'attaque pour innover comme l'illustre la Figure 2-4 : une nouvelle intention peut avoir pour origine la dimension soit du potentiel de nouvelle proposition de valeur, soit de la technologie ou soit du système.

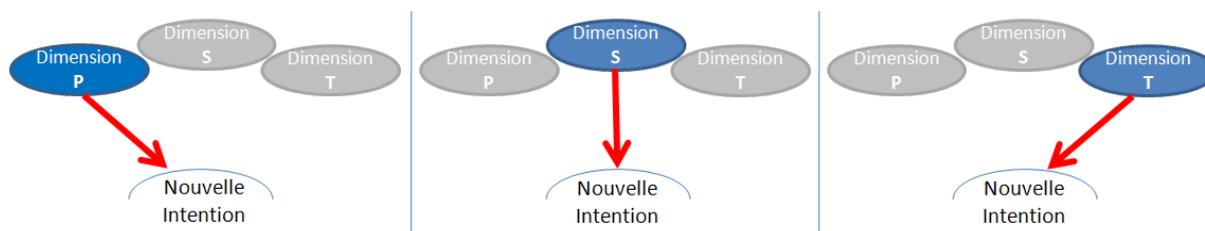


Figure 2-4 : Différentes origines à la formulation d'une nouvelle intention relatives aux trois dimensions P, S et T.

Le modèle PST propose donc une approche multi-entrées qui présente l'intérêt majeur de pouvoir capter un maximum d'opportunités pour amorcer le processus d'innovation. Nous pensons en effet que ce dispositif multi-entrées permet à une entreprise de recouvrir en grande partie, par l'exploration des trois dimensions, la richesse des différentes origines des opportunités d'innovation de la réalité.

Un autre intérêt au système multi-entrées du modèle PST est d'offrir une approche méthodologique souple dans le sens où il supporte, du fait de cette multiplicité des points de départ possibles d'un projet d'innovation, la participation rendue possible d'un grand nombre d'acteurs différents qui, au regard de leur métier respectif, pourront apporter différents angles d'attaque.

Vis-à-vis de l'association entre un système de conception et une nouvelle intention, la contribution du modèle PST est donc de modéliser l'amorce, l'origine, l'étincelle amenant à formuler le point de départ d'un raisonnement de conception pour innover comme pouvant venir de la dimension P, de la dimension S ou de la dimension T. Analysons maintenant, plus finement, dimension par dimension, comment il est possible d'identifier ces nouvelles opportunités d'innover. Nous présentons de pair les origines de nouvelles intentions et la manière de procéder pour les faire émerger.

2.2.2. Les différents creusets pour impulser l'innovation sur la dimension P

2.2.2.1. Les voies génériques à l'identification de nouvelles intentions

Sur la dimension P, l'identification de nouvelles intentions est relative au potentiel de nouvelle proposition de valeur. Nous avons vu que cette notion est relative à la fois aux besoins des clients, au prix et aux offres concurrentes. Si la comparaison aux offres concurrentes est indispensable pour s'assurer de l'aspect de nouveauté, nécessaire pour qu'un plus différenciateur se concrétise, c'est de l'analyse des éléments formant une proposition de valeur, soit les besoins des clients et le prix de vente, que naissent de nouvelles intentions.

Concernant le prix de vente, suivant le positionnement de l'offre relatif à un objet de conception existant, il semble immédiatement possible de formuler des propositions de départ pour innover, soit en cherchant à démocratiser le système de conception en question (« bateau *low-cost* » ...), soit en visant à en proposer une réinterprétation élitiste, comme par exemple des « wagons de train - classe jet privé/VIP ». Formellement, on adjoint à un système de conception existant un qualificatif relatif à un positionnement prix « surprenant ».

Concernant les besoins des clients, il existe diverses classifications que nous aborderons dans la suite de nos travaux⁵⁷. Mais ce qui nous intéresse ici à proprement dit est l'émergence de nouvelles intentions relativement aux besoins quels qu'ils soient.

Dans la perspective d'identifier l'exhaustivité des origines à la formulation de nouvelles intentions relatives aux besoins, nous nous proposons de raisonner par l'absurde en posant l'hypothèse suivante : pour un client défini, il ne peut y avoir de nouveau besoin, dans l'absolu, sur un objet parfait à ses yeux et dans un environnement sans changements.

Si cette hypothèse ne peut se réaliser dans la réalité, elle nous permet de déduire que pour un client précis, c'est en observant tous les problèmes et les changements relatifs à ses besoins, et seulement ces deux entités, qu'il est possible d'émettre de nouvelles intentions liées au potentiel de nouvelle proposition de valeur.

Vis-à-vis de ces potentiels observés (problèmes ou changements), nous pouvons préciser que l'observation d'un changement peut faire apparaître de nouveaux besoins, qui n'existaient pas avant, alors que l'identification d'un problème est elle relative à un besoin soit non assouvi, soit mal assouvi. Plus généralement, l'intention porte suivant le potentiel identifié sur la satisfaction de besoins « non assouvis » (nouveau besoin et besoin non assouvi) ou de besoins « mal assouvis ».

Formellement, une nouvelle intention issue de potentiels relatifs à des besoins s'exprimera comme une volonté de répondre au problème identifié ou au changement repéré. Ce problème ou changement étant relatif à un système, la nouvelle proposition, point de départ d'un processus de conception pour innover, prendra la forme d'un système existant auquel est associée la nouvelle intention ainsi formalisée. Ainsi, au problème de la perte fréquente du système « clés » correspond par exemple la proposition de clés avec l'intention nouvelle « qui ne se perdent pas ». Concernant la formulation de ce type de proposition, plusieurs remarques s'imposent.

Premièrement, eu égard à la distinction entre besoins non assouvis et nouveaux besoins, il nous faut réaffirmer que par nouvelle intention, nous entendons tout autant la volonté de satisfaire un problème « connu » de manière inédite que de s'aventurer sur les possibles réponses à un énoncé original.

Deuxièmement, l'idée est bien de formuler la proposition novatrice comme un système auquel on associe « directement » l'intention de résoudre le problème identifié (« clés qui ne se perdent pas »), et non en passant par une étape intermédiaire de recherche de solutions via une méthode de créativité (qui aboutirait par exemple sur la proposition « clés avec une balise GPS »). En fait, si le point de départ est une idée consécutive à une recherche de solutions, nous comprenons que celle-ci constitue forcément une restriction du champ des possibles, ce constat justifiant d'ailleurs l'identification de la notion d'intention pour initier une démarche d'innovation, plus générique que celle d'idée.

Troisièmement, bien que nous ayons spécifié que le système auquel on associe une nouvelle intention était existant, nous notons cependant qu'il est possible d'identifier un problème précis pour le lequel il est très difficile voire pas possible d'associer un système existant pour envisager sa résolution. Dans ce cas précis, la proposition novatrice de départ sera formulée en y considérant un « système qui n'existe pas », à inventer donc. C'est le cas lorsque par

⁵⁷ Nous exposons différentes classifications des besoins au Chapitre 4 dans la partie 4.2.2.

exemple on travaille sur la problématique du transport d'un scooter sur un véhicule : aucun système dédié n'existe *a priori* sur le marché pour ce faire.

Pour finir, notons que du fait que notre hypothèse ne se vérifie que pour un client pris seul, et qu'aucun client n'est identique, un déplacement de valeur est toujours possible si l'on considère plusieurs clients : si l'objet apparaît « parfait » pour l'un, alors une nouvelle proposition de valeur est possible pour les autres. Formellement, la nouvelle proposition découlant de l'identification d'un type de client pour lequel le système existant n'est pas satisfaisant s'exprimera comme une volonté de développer un système visant plus particulièrement cette cible de clientèle bien circonscrite.

Nous venons de définir les différentes voies génériques permettant de formuler de nouvelles intentions relatives aux besoins des clients. Avant de préciser les éléments à observer, il nous faut distinguer plusieurs grandes catégories de clients. En fait, au travers du terme « client » nous entendons ici le destinataire du système conçu. Ce destinataire de la conception peut se confondre avec l'utilisateur (on est alors dans une relation « *Designer to User* »), mais il peut également s'agir d'une entreprise qui elle-même aura une part de conception avant la mise sur le marché de l'objet de conception (on est alors dans une relation « *Designer to Designer* »)⁵⁸.

Pour chaque relation considérée, la recherche d'opportunités d'innover prend une forme relativement différente car les besoins sont différents suivant que le destinataire de la conception est de type « *Designer* » (besoins relatifs au bon fonctionnement du système conçu par l'entreprise cliente) ou « *User* » (besoins relatifs aux usages et préoccupations d'utilisateurs). Intéressons nous tout d'abord à la catégorie concernant la relation D to U.

2.2.2.2. Pour la relation D to U

Nous allons voir que cette catégorie, où le destinataire de la conception est un utilisateur, recouvre de nombreuses opportunités pour formuler de nouvelles intentions. En effet, les usages mettent en jeu un utilisateur, un objet, dans un environnement et impliquent aussi les interactions multiples existant entre ces trois entités.

Si le système est destiné à un segment précis de population, un axe pour innover peut être d'explorer ce qu'il en est sur d'autres cibles de clients. Ainsi, à l'analyse qu'il n'existe pas d'outils de bricolage réellement pour les femmes, alors que leur propension à faire de la décoration d'intérieur augmente, correspond la proposition d'outils à main « pour les femmes ».

Concernant les problèmes affectant un système existant, ou plus généralement une situation problématique (comme vouloir transporter son *scooter* par le biais d'une voiture), il est possible de les recueillir de différentes manières (enquêtes de satisfaction, SAV, réunion de consommateurs ...). Ces besoins mal assouvis ou non assouvis sont exprimés le plus souvent en référence à un contexte d'usage, un cadre spatio-temporel que nous allons maintenant préciser.

⁵⁸ Notons d'abord que nous ne développerons pas la troisième catégorie, celle où le destinataire de la conception est l'entreprise elle-même, car les systèmes de conception n'ont pas vocation à être mis sur le marché. Dans ce cas précis en effet, l'objet de la conception considéré par l'entreprise un de ses processus, son organisation, sa chaîne de valeur ... C'est ainsi que par exemple IBM, société de conception et de production de matériels informatiques pour professionnels et particuliers, s'est en grande partie muée en société de services « pointus » destinés aux entreprises, nécessitant de grands changements en interne et notamment la définition d'une organisation innovante en réseau « matriciel ».

Que ce soit la dimension du temps ou celle de l'espace, nous remarquons deux niveaux d'observation : le local et le global. Le niveau global est relatif dans ce cadre spatio-temporel à l'époque et à la société dans laquelle on vit, c'est-à-dire le pays, la région du monde où l'on se situe. Ensuite, en allant vers le niveau plus local, on peut caractériser les conditions d'usage, soit le lieu où se fait l'usage du système, comme en ville, dans les chemins de forêt ou encore dans une piscine, et la période : l'hiver, la nuit ... Enfin, au niveau local, nous nous situons dans l' « intimité » de l'usage et les dimensions temps et espace concernent alors les différentes phases d'utilisation et les différents éléments en interaction avec le système comme la main de l'utilisateur ou d'autres objets à proximité. Nous rejoignons là certains aspects de l'approche « Globale » de l'usage proposée par Vallette [Vallette, 2005].

Nous comprenons que de caractériser l'usage de systèmes vis-à-vis de ces contextes permet aussi d'envisager explorer de nouveaux cadres et/ou de nouveaux usages. Formellement, la nouvelle proposition découlant de ce type de nouvelle intention s'exprimera comme une volonté de développer un système prenant en compte plus particulièrement un nouveau contexte précis. Pour ce qui concerne la pratique du roller par exemple, le constat qu'aucune solution n'est réellement valable dans le contexte de chemins pentus et caillouteux peut amener à formuler la proposition de rollers « pour la montagne ».

Mais plutôt que d'avoir une approche assez statique des usages, il faut les considérer en perpétuel mouvement puisque l'usage des objets relève d'une logique d'appropriation par le client qui contribue à le façonner et qui intègre « *de multiples pratiques déviantes [...], des intentions, voire des préméditations* » [Perriault, 1989], la liberté qu'a l'homme d'inventer son quotidien, en « fabriquant » des usages qui peuvent s'apparenter à du « braconnage » et du bricolage [De Certeau, 1990], ou sa faculté à interpréter et adapter une nouvelle technologie à ses propres besoins, souvent dans des directions que les concepteurs n'avaient pas anticipées [Mackay, 2000]⁵⁹. Dans ses travaux, Kano montre lui comment les clients ayant de plus en plus de connaissance sur les produits et leurs usages deviennent plus exigeants, comment par exemple ils assimilent peu à peu certaines fonctions de confort comme des fonctions nécessaires et indispensables [Kano et al., 1984].

Pour capter ces changements, il est possible de s'appuyer à nouveau sur cette matrice spatio-temporelle qui fournit également une grille pour guider la veille portant sur les changements des besoins des utilisateurs. Ainsi, au niveau global seront observées les nouvelles tendances et évolutions sociologiques de la société au travers de différents points de vue métiers, des disciplines de l'usage à la prospective en passant par le design. Nous pensons par exemple à l'émergence de la tendance à se protéger, au *cocooning* de la fin des années 1990, les individus ayant une appréhension du changement de millénaire et qui s'est traduite par la mode du bio-design d'un point de vue graphique. A ce propos, « *les systèmes d'artefacts en usage à un moment donné dans une société constituent une « matérialisation » des objectifs de cette société, c'est-à-dire des priorités économiques, sociales, culturelles et politiques qui la caractérisent* » [Perrin, 2001].

⁵⁹ « *Un tournevis par exemple est utilisé aujourd'hui à plus de 70% pour faire autre chose que du vissage dans une automobile (...). L'évolution des assemblages mécaniques privilégiant de plus en plus les rivetages ou les assemblages sans éléments de fixation (collage, agrafage, clinchage...) ne restreint plus l'utilisation d'un tournevis pour visser et dévisser mais plutôt, pour décoller, écarter. On observe ainsi l'augmentation des pratiques d'utilisation du tournevis pour l'écartement de tôle, le déclipsage, le grattage nettoyage ...* » [Vallette, 2005].

A un niveau plus local, analyser finement les changements portant sur l'interaction du système considéré avec d'autres objets aux alentours, relatifs à l'environnement proche ou au cadre législatif remettant en cause une situation d'usage, comme par exemple l'interdiction de fumer dans les bars, fournit aussi des pistes pour identifier de nouvelles intentions sur les besoins de l'utilisateur.

La Figure 2-5 synthétise l'ensemble des opportunités relatives à l'identification de besoins non assouvis ou mal assouvis dans une relation D to U. Insistons là sur le fait que ce travail doit s'effectuer en en considérant les différentes cibles de population concernées.

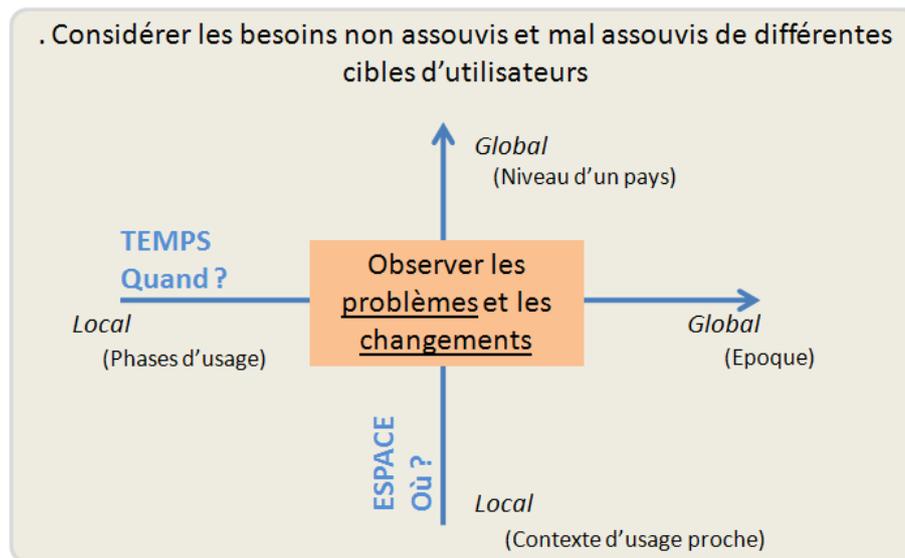


Figure 2-5 : Démarche d'identification des besoins non assouvis et mal assouvis dans une relation D to U.

2.2.2.3. Pour la relation D to D

Intéressons nous maintenant aux opportunités pour formuler de nouveaux points de départ du processus de conception pour innover dans une relation D to D. A nouveau, nous défrichons les potentiels de nouvelles propositions de valeur en faisant d'abord varier la clientèle, puis en observant les besoins au travers de l'identification des problèmes et changements.

Lorsque l'on considère une relation D to D, il est possible de générer des pistes d'innovation en analysant les différents maillons de la « chaîne de *Design* », notion que nous allons maintenant préciser et qui se définit en échos à la « chaîne de valeur » [Porter, 1986]. La chaîne de valeur permet de décomposer l'activité d'une entreprise ou une filière en séquence d'opérations élémentaires et d'identifier les lieux essentiels de création de la valeur.

Par rapport à cette suite « *de différentes activités réalisées par les fournisseurs, la firme et les circuits de distribution, que ceux-ci soient intégrés ou non à la firme* » [Gervais, 1995], et qui définit comment se construit la valeur d'échange d'un système, nous proposons une « chaîne de *Design* », relative à une filière, qui elle ne prend en compte que les activités et donc les contributeurs participant à la conception d'un objet avant sa commercialisation. Dans une relation D to U, il n'y a pas de contributeur entre l'entreprise et l'utilisateur, alors que dans une relation D to D, il y en a un au minimum jusqu'à plusieurs, et il est alors possible de se

différencier en remettant en cause l'architecture de cette chaîne ou en s'adressant à un maillon de cette chaîne en particulier en lui proposant une offre spécifique.

Google par exemple, en proposant aux sites Web le service de régie publicitaire « AdSense », couvre leurs besoins de recherche d'annonceurs publicitaires pour leurs sites, besoins jusqu'alors non assouvis par un tiers. En s'intéressant aux problématiques d'un acteur particulier de la chaîne de valeur de la filière Internet, les sites Web, l'entreprise a pu imaginer un service inédit⁶⁰

Se différencier, apporter un avantage concurrentiel potentiel sur un sous-système signifie de bien cerner les problèmes que le concepteur du système plus global rencontre, les aspects auxquels il est sensible au présent mais aussi et surtout dans le futur. Si certains besoins du client « *Designer* » s'expriment au travers de l'énoncé de spécifications du sous-système que le fournisseur doit satisfaire, ce dernier n'a finalement qu'une vision parcellaire de l'ensemble des problématiques du destinataire de la conception. S'intéresser aux usages des utilisateurs finaux semble judicieux pour comprendre et identifier certains problèmes du destinataire de la conception de type « *Designer* », et *in fine* pouvoir lui proposer de nouvelles pistes d'innovation à explorer. Ainsi par exemple, en considérant les contextes d'usage d'un hélicoptère, un fabricant de turbines a pu identifier une problématique originale relative à un usage dans le désert et proposer aux constructeurs de tels engins des filtres spécifiques évitant que le sable n'endommage prématurément les turbines : le fournisseur devance là la demande du constructeur.

Côté changements à observer, toute information concernant une évolution de l'objet conçu par le client « *Designer* » ou des mutations des autres sous-systèmes constitutifs de ce système « global », ou la volonté du client d'investir un nouveau marché en proposant un nouvel objet, est source de nouvelle intention pour un fournisseur. A l'observation de ces changements relatifs à la sphère du destinataire de type « *Designer* », s'ajoute celle relative à l'évolution des besoins d'utilisateurs finaux.

La Figure 2-6 synthétise cette démarche pour un fournisseur visant à s'intéresser aux problèmes et changements d'abord en restant dans la sphère du client « *Designer* », mais aussi en n'hésitant pas à être proactif, à devancer ses demandes en considérant la sphère des besoins d'utilisateurs finaux.

⁶⁰ Le service AdSense propose notamment des annonces contextuelles, c'est-à-dire des publicités en relation avec un ou plusieurs thèmes contenus dans la page Web du site. Ainsi, le message a plus d'impact.

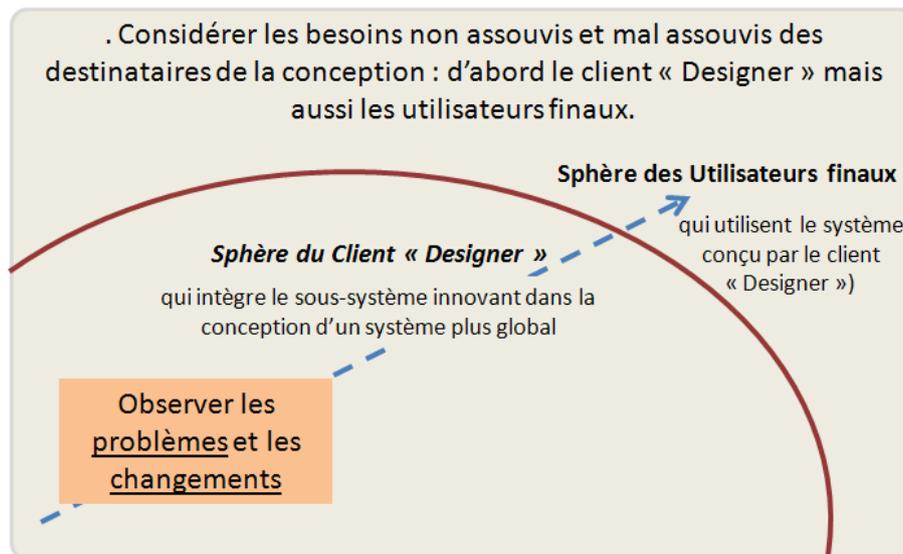


Figure 2-6 : Démarche d'identification des besoins non assouvis et mal assouvis dans une relation D to D.

Pour terminer cet exposé des manières de formuler de nouvelles intentions sur la dimension P, il nous faut considérer des cas de relation « mixte », c'est-à-dire où l'entreprise conçoit toujours un sous-système d'un objet (relation D to D) mais dont la partie en question (sous-système) est en interface directe avec l'utilisateur (relation D to U). Un exemple type dans le monde automobile est le fournisseur de climatisation qui peut innover dans sa conception, en premier lieu vis-à-vis des exigences « classiques » du Cahier des charges d'un constructeur, mais aussi suivant le lien direct qu'il a avec l'utilisateur via le panneau de commande de climatisation sur la console centrale du tableau de bord du véhicule. Les possibilités d'innover sont alors multiformes.

Si nous avons exposé les axes de recherche à considérer pour identifier de nouvelles opportunités d'innover sur la dimension P, attardons nous un instant sur les différents moyens pour ce faire.

La recherche de nouvelles intentions concernant la dimension P implique manifestement un réseau d'informations sur de multiples domaines autant économiques, sociaux, politiques, culturels que liés aux usages dans toutes ses dimensions, et donc par conséquent de multiples métiers de l'entreprise. Si la veille informationnelle est importante, l'observation des usages et des pratiques *in vivo* peut permettre de mieux cerner la problématique des besoins réels des utilisateurs.

Selon certaines approches et toujours pour mieux appréhender les besoins réels de l'utilisateur, ce dernier peut être intégré en tant qu'acteur dans un processus de conception participative [Caelen et al., 2004] ou peut même se muer en initiateur de la démarche de conception de produits innovants si l'on considère la dynamique d'« innovation ascendante » décrite par Von Hippel [Von Hippel, 2005].

Concernant les approches pour générer de nouvelles intentions puis formuler des propositions novatrices, il nous faut insister sur le fait qu'une intention de nouvel objet de conception peut aussi découler directement de la modélisation fine de pratiques et des besoins du client. Par exemple avec l'essor d'Internet, de nombreux sites se sont lancés dans les cours par correspondance de langues sur le web et c'est en analysant l'offre des premiers produits existants qui semblaient n'être qu'une déclinaison d'un vulgaire CD-Rom de langue, que Telelangues a imaginé un « *e-learning in doing* » rendant le stagiaire proactif et qui s'adapte

au client, pour une efficacité accrue des cours et surtout une motivation à court et long terme du pratiquant.

Un autre exemple est fourni par la définition des stratégies de développement des futures offres des deux principaux avionneurs mondiaux, Airbus et Boeing, qui s'enracinent dans leur compréhension du contexte futur du transport aérien mondial relatif à un jeu de contraintes complexes et contradictoires, entre les lignes et les aéroports saturés et le confort des liaisons longues distances sans correspondances. Parce qu'ils ne partagent pas la même vision du marché des vols long-courriers sur les vingt prochaines années, Airbus a misé sur le très gros porteur double-pont capable d'accueillir 555 passagers sur des distances allant jusqu'à 14 800 kms, l'A380, qui nécessite de grandes plateformes de correspondance (« *hubs* ») dont seuls les grands aéroports mondiaux disposent, et Boeing sur un avion long-courriers de faible capacité mais au rayon d'action élargi, le 787, avec la vision de trajets « point à point », sans escales. Dans les vingt prochaines années, les deux visions « *hubs* » et « lignes directes » devraient raisonnablement cohabiter sans s'éliminer l'une l'autre, mais nous voyons à nouveau l'impact majeur de la lecture, de la compréhension de son environnement pour la conception de produits nouveaux.

De nombreuses opportunités pour innover existent sur la dimension P. Nous allons voir que les dimensions S et T regorgent elles aussi de potentiels pour formuler de nouvelles entrées au processus de conception innovante.

2.2.3. Sur la dimension S

Comme nous l'avons vu, une nouvelle intention peut avoir pour origine la dimension « système » dans le sens où sa formulation ne dépend ni d'une avancée technologique, ni de l'observation d'un potentiel de nouvelle proposition de valeur.

Un premier axe pour initier de nouvelles intentions est curieusement de surveiller les nouveautés des concurrents, pas pour les évidentes raisons stratégiques d'entreprise, mais en se proposant une exploration « maison » de ces nouveaux concepts, c'est-à-dire de se les approprier en cherchant à en extraire de nouvelles expansions, soit de prendre le contre-pied du syndrome « *Not Invented Here* ». Cela peut aussi se traduire par la surveillance des nouveaux brevets concurrents.

Un deuxième axe consiste à observer les innovations issues de domaines plus ou moins connexes à celui de l'entreprise. C'est ainsi que peuvent être identifiées les dernières tendances d'objets existants, comme celles du « nomade » ou du « *low-cost* » en sont ou ont pu en être des exemples, et qui permettront par association de générer des propositions novatrices. Pour favoriser le repérage de ces attributs impactant en termes de valeurs provenant d'autres domaines, nous proposons, en sus d'une veille des innovations les plus « retentissantes » tout marché confondu, de définir des liens de similitude avec des systèmes appartenant à d'autres domaines, ces liens pouvant porter sur l'usage par exemple, sur une cible de population, sur l'emploi de technologies généralement voisines ...

Troisièmement et plus « intuitivement », la nouvelle intention peut survenir plus « aléatoirement et brusquement », par exemple par la volonté de vivre de nouvelles sensations : l'idée des « *Mountain rollers* » dérive ainsi de l'envie de dévaler les pentes de montagne autrement qu'en vélo ou en ski (nous conviendrons que l'origine de ce point de départ réside davantage dans l'idée d'un nouvel objet, d'une nouvelle expérience, le besoin

n'étant pas forcément avéré et la possibilité d'une solution technique viable n'étant pas non plus acquise). Plus généralement et plus globalement, sans entrer dans les arcanes plus ou moins « mystérieuses » des mécanismes opérant au sein du cerveau (certains individus étant plus créatifs sans que l'on puisse vraiment expliquer pourquoi), nous retiendrons qu'une nouvelle intention peut provenir aléatoirement à quiconque et à tout moment : c'est une des raisons pour justifier le placement dans l'entreprise d'une boîte à idée ou d'un logiciel d'innovation participante⁶¹.

Plus que de les inciter et les recueillir, ces associations « innocentes » d'entités *a priori* peu compatibles, tel « un bateau qui vole », peuvent être provoquées par des méthodes de créativité. Mais parce que la grande majorité des méthodes de créativité ont pour origine et s'appuient sur une problématique, et que lorsqu'un problème est identifié, il semble préférable de formuler directement une nouvelle proposition où la nouvelle intention se traduit par la résolution du problème en question, comme nous avons vu au sein de la dimension P, le spectre d'utilisation de ce type de méthode s'en trouve finalement relativement réduit.

En fait, nous pensons que leur usage a surtout un intérêt sur des problématiques amont et diffuses comme par exemple « réinventez l'objet X » ou « imaginez le futur du système Y », où la présence de sujets « naïfs » est souhaitable. Selon l'« effet miroir »⁶² en effet, à l'énoncé d'un problème diffus ou très large correspond des solutions de même nature offrant des ambiguïtés intéressantes, ce que nous recherchons. La recherche du système « idéal », comme nous y invite à un moment donné la méthode Triz, est un énoncé générique qui nous semble lui aussi intéressant. Sinon, il demeure les quelques méthodes de créativité ne nécessitant pas de problématique pour débiter, telles les méthodes par association ou de concassage.

Formellement, il nous faut préciser qu'une idée est formulée directement comme une association effective entre un système et un autre attribut lui conférant son originalité. Ainsi, en générant une idée, on obtient directement une proposition novatrice pour débiter un raisonnement de conception innovante mais par contre il se peut des formulations de propositions soient trop « fermées » car intégrant une partie de solution trop « précise » (des rollers avec des suspensions de VTT). Dans ce cas précis, elle pourra être reformulée sous une forme plus abstraite, avec une nouvelle intention associée à l'objet de la conception ouvrant davantage de perspectives (rollers pour la montagne ou rollers tout terrain).

Quatrièmement, en sus d'une veille et de formulation de propositions de manière « aléatoire » ou via l'utilisation de méthodes de créativité, il est possible d'identifier une nouvelle opportunité pour innover en émettant des modélisations spécifiques du système, comme nous l'avons vu pour les problèmes dans la dimension P.

Une première voie pour formuler des modélisations d'un système est de prêter attention à son évolution dans le temps : on met ainsi en perspective les modifications apportées à l'objet au fil du temps et le fait de parcourir cette généalogie d'un système constitue assez souvent un moyen d'émettre une nouvelle intention. L'étude de l'évolution de systèmes de domaines « voisins » mais ayant quelques similitudes avec l'objet auquel on s'intéresse peut également être considérée. Enfin, il est aussi possible de faire un parallèle entre l'évolution d'un système et d'une autre entité : Honda a ainsi imaginé une automobile urbaine, à partir d'un parallèle

⁶¹ I-nova propose un logiciel d'innovation participante.

⁶² L'« effet miroir » a été identifié dans notre bibliographie et qualifie la relation entre le niveau de définition d'une idée et celui de la problématique : si la problématique est précise, l'idée de solution sera proche d'une concrétisation ; si elle diffuse, l'idée pourra alors avoir une forme abstraite.

entre l'évolution de l'homme et l'évolution de ce produit, qui propose un espace intérieur maximal pour un encombrement minimal [Nonaka et Takeuchi, 1995].

Justement, faire des analogies est précisément le deuxième moteur pour formuler des modélisations spécifiques de l'objet de conception, et donc potentiellement par la suite de nouvelles propositions. En faisant par exemple l'analogie entre le moteur d'une voiture et un cheval (qui peut être considéré comme le moteur des véhicules type « charrette » ou « diligence » du début du XXème siècle), on s'aperçoit que l'animal lors de sa respiration module ses « échanges thermiques » en fonction des efforts fournis alors que la surface d'échange thermique sur une automobile (radiateur) demeure désespérément fixe quelque soit la charge d'utilisation, alors que pourtant cette même surface est néfaste pour l'aérodynamique du véhicule. L'intention d'ajouter le caractère de « variabilité » de la surface d'échange thermique au système de refroidissement d'une automobile découle alors assez naturellement.

Intéressons nous maintenant aux possibilités de formuler une nouvelle intention que revêt la dimension T.

2.2.4. Sur la dimension T

L'identification de nouvelles technologies (« nouvelles » traduisant soit le fait qu'on ne les avait pas envisagées jusqu'alors, soit qu'elles sont réellement inédites), de nouvelles techniques ou de nouveaux composants, permet naturellement de proposer de nouvelles intentions, ces nouvelles offres permettant d'assurer une nouvelle fonction ou de mieux répondre à un besoin (de meilleures performances).

Nous pensons qu'il est possible de distinguer deux types de cas : soit la nouvelle technologie permet de répondre précisément, localement mais surtout « naturellement » à un problème, à un besoin « mal assouvi », soit elle permet d'ouvrir de nouvelles opportunités d'innovation à l'échelle de l'objet de la conception lui-même, son adjonction constituant un déplacement des besoins auxquels l'objet doit répondre.

Dans le premier cas, une nouvelle technologie permet d'améliorer les performances et les possibilités de l'objet conçu mais l'intention d'innover est peu caractérisée.

Dans le deuxième cas, l'idée est d'associer à un objet de conception une technologie qui ne répond pas directement à un besoin précis mais qui justement questionne le dit objet, notamment sur les besoins qu'il peut permettre alors d'assouvir : la nouvelle technologie implique l'ouverture du champ du possible. C'est ainsi par exemple que les technologies de « catalyse » qui ont permis à Peugeot de proposer sur le pot d'échappement le système FAP⁶³ ont inspiré à un équipementier automobile l'idée d'une climatisation visant une qualité d'air « pur », déplaçant alors l'espace des besoins auquel l'objet répond (l'aspect santé s'ajoutant au confort thermique). L'impact de l'interface tactile sur la redéfinition de ce que peut être un téléphone mobile dans le cas de l'iPhone est un autre exemple, plus probant encore.

Formellement, la nouvelle intention, lors de l'énoncé d'une nouvelle technologie ne répondant pas directement à un besoin, n'apparaît pas directement mais plutôt au travers de ce qu'elle peut permettre de faire. La démarche consiste donc à traduire la ou les fonctions

⁶³ FAP = Filtre A Particules.

principales que permet de réaliser la nouvelle technologie, puis de l'associer à l'objet considéré pour formuler une proposition novatrice.

Dans le but d'identifier de nouvelles opportunités liées à la dimension T, il s'agit donc de recueillir des informations sur les caractéristiques et les développements des technologies afférentes au système sur lequel on travaille, en structurant un réseau informationnel avec des fournisseurs, des laboratoires ... La surveillance de l'apparition de nouveaux brevets offre aussi de nouvelles pistes pour innover.

Au-delà de cette veille informationnelle, il faut aussi considérer le fait que les fournisseurs et d'une manière plus générale tous les acteurs en amont de la chaîne de *Design* ont une propension à concevoir eux-mêmes de nouveaux éléments technologiques, permettant d'initier de nouvelles opportunités d'innover. Dans notre approche multi-entrées PST du projet de conception en innovation, la dimension T, loin d'être statique, peut recouvrir elle-même une « capacité de conception » dans le sens où il est possible de concevoir des technologies, des composants (dimension T) en amont du système à concevoir lui-même (dimension S). En considérant ses fournisseurs comme de potentiels partenaires, il est possible d'envisager davantage d'opportunités pour innover issues de la dimension T.

Mais ajoutons qu'une entreprise peut elle-même, en interne, élargir le spectre d'opportunités d'innovation, précisément en concevant sur la dimension T en sus de la dimension S. Sony, acteur innovant sur le marché des produits électroniques grand public (Dimension S), conçoit et innove également au niveau des technologies (Dimension T) telles que les batteries ou les écrans par exemple : c'est ainsi que cette entreprise a dernièrement pu proposer la nouvelle génération de supports numériques « *Blue Ray* » issue de travaux sur le laser « bleu » ou l'« *e-Reader* », nouvelle génération de livre numérique dont les performances sont en grande partie liées à une nouvelle technologie d'écran qui consomme très peu d'énergie.

Nous venons d'explicitier plus précisément, pour chacune des trois dimensions P, S et T, comment formuler de nouvelles propositions d'innovation. Il convient maintenant de synthétiser les moyens à mettre en place pour soutenir ce processus de génération.

2.2.5. Les différents moyens de générer ces nouvelles intentions

2.2.5.1. De la synthèse d'une veille multidimensionnelles ...

Nous remarquons sur les trois dimensions P, S et T un intérêt récurrent à organiser une veille informationnelle. En effet, les nouvelles intentions peuvent émerger :

- sur la dimension P, en analysant les différents clients potentiels et leurs besoins respectifs (relatifs aux usages dans une relation D to U et au fonctionnement de l'objet intégrant le sous-système conçu et aux usages des utilisateurs finaux dans une relation D to D), c'est-à-dire les problèmes qui les concernent mais aussi les changements affectant l'environnement plus ou moins proche du système considéré,
- sur la dimension S, via une veille sur les initiatives des concurrents et sur les objets et tendances observés dans des domaines d'application avec lesquels il existe un lien de similitude relatif à l'usage, la technologie ou encore au type de clientèle,
- sur la dimension T, en faisant une veille sur les nouvelles technologies au travers d'un réseau étendu à l'extérieur de l'entreprise et en surveillant l'apparition de nouveaux brevets.

Notre modèle multi-entrées PST, pour formuler de nouvelles intentions, invite donc à envisager la structuration d'un système d'informations visant à faire une veille « multi-dimensions ». Cette perspective de remontée d'informations multidimensionnelles et donc d'« espaces » à explorer très vastes impliquent de s'appuyer sur un réseau riche en acteurs de l'innovation et avec un maximum de diversité dans les métiers. Avec un point de vue différent, chacun des acteurs peut intervenir plus ou moins sur chacune des dimensions, puisque tout acteur peut tout à la fois identifier un problème ou un changement, découvrir une technologie, une nouvelle tendance ou tout simplement avoir une idée qui soit une réelle opportunité d'innovation pour l'entreprise⁶⁴ : chaque acteur est vu comme un « capteur sensible » spécifique et original.

Au-delà de structurer une veille suivant les trois dimensions P, S et T, nous avons vu que pour avoir des prises sur la formulation de nouvelles propositions de système auquel on associe une nouvelle intention, point de départ d'un projet de conception innovante, il existe d'autres moyens plus ou moins spécifiques à chaque dimension.

Spécifiquement sur la dimension S, il est possible de générer de nouvelles opportunités d'innover en usant de méthodes de créativité. Lorsque leur point de départ est un problème, ces méthodes s'utilisent, nous l'avons vu, sur des problématiques diffuses. Sinon, il est toujours possible de pratiquer celles de types associatives qui invitent à générer de nouvelles idées par l'association « innocente » de termes.

Spécifiquement sur la dimension T, nous avons vu qu'il est possible via les fournisseurs ou un service Recherche interne de développer de nouvelles technologies ou de concevoir des composants inédits qui représentent alors autant de pistes pour ensuite innover sur un système à proprement dit.

Enfin, sur les dimensions P et S, relativement aux problèmes et aux objets de conception existants, une modélisation originale est également un moteur pour générer de nouvelles intentions et donc de nouveaux points de départ pour innover. Il nous semble d'ailleurs important d'approfondir quelques éléments sur cette source d'opportunités d'innovation.

2.2.5.2. ... à l'apport de représentations novatrices par la modélisation

En fait, « *On présente souvent l'invention comme un processus dans lequel le hasard et la chance joueraient un rôle important ou comme un don dont disposeraient certains individus. Il semble que l'invention soit en grande partie explicable par une capacité à susciter et à organiser des analogies* » [Perrin, 2001], ou plus largement à des modélisations originales portant sur une question plus ou moins inédite.

La modélisation se définit couramment comme l'activité visant à se faire des modèles, mais comme le soulignait Valéry, « *On a toujours cherché des explications quand c'était des représentations qu'on pouvait seulement essayer d'inventer* » [Valéry, 1973]. Cette remarque prend tout son sens face à des sujets complexes, qui ont justement pour trait « *l'irréductibilité à un modèle fini* » [Le Moigne, 1990]. Aussi, le plus généralement possible, afin d'« amadouer » tous objets, pratiques, phénomènes ..., complexes ou non, plutôt que de

⁶⁴ Au-delà de l'assouplissement des contraintes de temps, d'argent ou de la définition des métiers, pouvant favoriser une liberté d'exploration plus importante ou les échanges entre les acteurs de l'innovation, nous notons le système mis en place par l'entreprise 3M qui donne à certains employés (les scientifiques) la possibilité de consacrer 15 % de leur temps à leurs recherches personnelles.

chercher à tout ramener à un modèle, jusqu'à mutiler une réalité en la simplifiant, c'est davantage la modélisation systémique et projective, qui se construit de manière pragmatique, « *comme un point de vue pris sur le réel, à partir duquel un travail de mise en ordre, partiel et continuellement remaniable, peut être mis en œuvre* » [Le Moigne, 2005], qui permet de se faire des représentations intelligibles, qui elles ne représentent pas fidèlement la réalité d'une situation, mais en facilitent sa compréhension à des fins d'action, en l'occurrence la génération de nouvelles intentions.

Si nous développerons ultérieurement cette activité de modélisation, nous pouvons là insister sur les analogies, une des formes traduisant ce point de vue pris sur le réel, une manière bien pratique de se représenter les choses. D'ailleurs, il est relevé dans l'histoire des innovations que les analogies semblent jouer un rôle très important [Perrin, 2001].

Ainsi, Durea formula son idée de carburateur à partir de l'image d'un vaporisateur pour parfum [Roozenburg et Eekels, 1995] et pour Labadié, à la lecture des nombreuses notes et schémas laissées par Edison⁶⁵, les succès de ce « génie d'exception » sont dus à ses méthodes de travail qui associent « (1) la puissance du raisonnement analogique, la transposition à un nouveau problème de dispositifs qu'il connaît déjà, (2) l'expérimentation systématique et inlassablement répétée d'autant de prototypes que nécessaire, (3) l'approche globale des systèmes et (4) la recherche de solutions simples, enfin (5) de solides financements et (6) l'assistance de collaborateurs triés sur le volet. » ([Labadié, 1931] dans Perrin, 2001). Puisant fortement dans les multiples expérimentations des divers objets techniques sur lesquels il avait travaillé⁶⁶, le mode de pensée analogique a joué chez Edison un rôle capital qui permet de comprendre l'évolution de ses recherches sur la lumière électrique, invention où ce raisonnement se retrouve à plusieurs stades : « *Il avait une capacité à trouver des métaphores qui lui permettaient de s'appuyer sur ce qu'il connaissait pour établir des hypothèses sur ce qu'il ne connaissait pas* » [Israel, 1996].

Fondamentalement, une analogie peut émerger lorsque deux entités différentes présentent néanmoins des similarités. Que l'on veuille modéliser un problème ou un objet de conception, nous pensons en accord avec certains auteurs qu'il est possible de distinguer trois grands types d'analogies : celles s'appuyant sur des similarités de caractéristique (par exemple, le concept de courant introduit en électricité par analogie avec les liquides), celles relatives à des similarités de fonction/forme (par exemple, la forme de l'oiseau pour l'aviation ou du cheval pour la bicyclette) et celles liées à des similarités de fonction (par exemple, entre un interrupteur électrique et un système d'embrayage mécanique) [Sarlemijn et Kroes, 1988].

Notons enfin que la découverte du rôle important joué par les analogies pour générer de nouvelles idées a conduit Gordon et Prince à proposer une méthode de résolution de problèmes s'appuyant sur leurs formulations : la « *synectics* » [Gordon, 1961] [Prince, 1970]. Mais c'est justement parce que le procédé de cette méthode invite à modéliser, à se faire différentes représentations du même sujet pour pouvoir générer des idées de solution et non à les chercher « *directement* », que nous l'avons exclue du champ des méthodes de créativité dans notre état de l'art.

⁶⁵ Thomas Edison (1847-1931) : Inventeur autodidacte, il fut l'auteur de nombreuses inventions et innovations telles que le microphone, l'ampoule à incandescence et l'éclairage électrique ou la dynamo. Il déposa plus de 1200 brevets.

⁶⁶ Nous en voulons pour preuve le fait que « *si vous visitez un jour le laboratoire reconstitué d'Edison à Dearborn, dans le Michigan, vous remarquerez qu'il manque souvent des pièces aux inventions exposées dans les vitrines. Pas parce que des visiteurs les ont volées, mais tout simplement parce que les ingénieurs et maquettistes d'Edison prenaient des pièces de leurs anciennes créations pour en construire de nouvelles* ». [Sutton, 2001].

Jusqu'ici, nous avons défini le point de départ d'un projet de conception en innovation, à la fois sur la forme, un système auquel on associe une nouvelle intention, que sur le fond en exposant via notre modèle multi-entrées PST l'ensemble des opportunités existantes sur trois dimensions et les moyens de les identifier, ainsi que les indicateurs de résultat pour caractériser l'artefact de conception. Il convient maintenant de s'intéresser au mode de raisonnement même permettant de supporter la conception en innovation.

2.3. La conception en innovation : un raisonnement exploratoire à partir d'une disjonction sémantique

2.3.1. Vers un type de raisonnement d'exploration

2.3.1.1. Un point de départ, un but et un type de raisonnement différents

Au départ de tout nouveau processus de conception on trouve toujours un problème spécifique à résoudre, une intention, un objectif à atteindre. Tout processus de conception vise à définir les contours de l'artefact à concevoir en fonction des priorités et caractéristiques économiques, sociales, politiques et culturelles de la société à laquelle il se destine.

Pour un projet de conception « routinier », la première phase est marquée par la spécification d'objectifs que doit satisfaire l'objet de la conception, c'est-à-dire que l'on traduit sous forme fonctionnelle les besoins des clients de manière à établir ce que l'on appelle généralement le Cahier des charges de l'objet de conception. Puisque le marché est déjà existant, qu'une offre de concurrents se l'est « partagée », cette phase de spécification s'apparente en fait à un positionnement de l'objet de conception sur un segment plus ou moins précis de ce marché. Les fonctions principales ne sont pas remises en cause, les fonctions secondaires peu, et l'établissement du Cahier des charges prend la forme d'une révision des objectifs de conception en fonction du positionnement visé.

Au travers de cette spécification des objectifs de conception, traduisant les besoins des clients, la définition du problème de conception à résoudre évolue peu, et le jeu des connaissances nécessaires est assez stabilisés : nous sommes dans le cadre d'un « *dominant design* ». Les phases suivantes consistent à définir les caractéristiques du système de conception dans le but de satisfaire de la meilleure manière les objectifs fonctionnels sensés représenter les besoins des clients.

Au final, lorsque l'identité de l'objet est définie *ex ante*, il ne peut y avoir de redéfinition profonde de la proposition de valeur dans le sens où le « panier » des besoins à satisfaire reste relativement inchangé et où le seul moyen d'ajouter de la valeur s'inscrit alors dans l'ajustement d'objectifs sur certaines fonctions du système. Se situant majoritairement sur des besoins « mal assouvis », le déplacement des valeurs reste « cantonné » à la satisfaction accrue d'un ou plusieurs besoins, au prorata du gain obtenu : par exemple de meilleures performances apportées par des améliorations technologiques.

Dans un projet de conception en innovation, la définition des contours de l'artefact à concevoir se présente de manière radicalement différente dans ce sens que le but est là de tirer parti de la « perturbation » initiale d'un système existant, perturbation apportée par une nouvelle intention, pour obtenir *in fine* un résultat nouveau et porteur d'un déplacement des valeurs.

Premièrement, nous remarquons que le point de départ est « mal défini » puisqu'il prend la forme d'une nouvelle intention associée à un système de conception : il ne s'apparente plus à un positionnement sur un segment de marché.

Deuxièmement, dans une perspective d'innover et donc relativement à l'indicateur de résultat de potentiel de nouvelle proposition de valeur, la nouvelle intention doit *a minima* se traduire par un déplacement suffisant des attributs définissant le système de conception, pouvant *in fine* questionner profondément la définition du livrable de la conception de telle manière que l'on se pose légitimement la question : qu'est ce que c'est ? L'identité des objets est alors en question, de telle manière que l'on ne soit pas certain de leur définition. Cette remise en cause de la raison même de l'objet, qui implique la satisfaction de besoins « non assouvis » et donc la modification du « panier » des besoins, nous paraît être la source principale sur laquelle repose le potentiel de déplacement des valeurs recherché en innovation.

Mais alors si la modification de l'identité de l'objet, la redéfinition du panier des besoins, est vivement souhaitée, il semble peu probable de spécifier directement les objectifs de conception, d'établir le Cahier des charges. Au contraire il y a là justement un espace pour une phase exploratoire qui semble *a priori* souhaitable de prolonger : à partir de la perturbation générée sur le système par la nouvelle intention, l'idée serait précisément d'en explorer tous les impacts en termes de remise en cause de la définition de ce qu'est « classiquement » l'objet de la conception, avec pour but d'identifier de nouveaux jeux de valeur.

Nous nous inscrivons là dans l'idée que l'identité des objets « *n'est plus un point de départ stable de la conception et c'est à ce niveau que se situent aujourd'hui les enjeux de l'innovation. Alors que la performance à atteindre, les grandes alternatives architecturales et la nature des métiers à maîtriser étaient autrefois données, ce sont maintenant des questions ouvertes !* » [Le Masson et al., 2006].

C'est là un point fondamental des premiers pas dans le processus de conception en innovation : on ne cherche plus à rapidement fixer l'identité des systèmes à concevoir, soit les objectifs de conception à satisfaire ou le problème à résoudre, puis à y répondre, mais au contraire à explorer les différentes concrétisations possibles, en termes de définitions, pouvant découler de la perturbation générée sur le système par la nouvelle intention, ceci au regard des espaces de valeur. En d'autres termes, nous cherchons un moyen permettant précisément d'exploiter, de tirer parti d'un point de départ formé par une nouvelle intention associée à un système pour défricher de nouveaux horizons. L'expansion doit y être possible de manière à concrétiser la perturbation initiale en un caractère « nouveau ». En effet, sans expansion de ce qu'est « classiquement » l'objet de la conception, pas de nouvelle identité possible.

Nous allons voir maintenant que la théorie C-K de la conception, notamment au travers du mécanisme de partition qu'elle propose et en offrant une capacité d'expansion, permet d'esquisser un raisonnement « exploratoire » s'inscrivant dans cette optique.

2.3.1.2. Le raisonnement innovant : explorer les définitions d'un concept « flou », par partition

Comme nous l'avons vu dans notre état de l'art, la théorie C-K [Hatchuel et Weil, 2002] rend compréhensible tout raisonnement de conception en proposant de le voir comme un processus progressif de définition d'un système au statut non logique (un concept), en considérant deux

espaces que nous ne pouvons penser l'un sans l'autre, celui des concepts et celui des connaissances.

Le point de départ d'un tel raisonnement est un concept, c'est-à-dire une proposition sans statut logique ou encore une disjonction sémantique. Cette notion traduit habituellement la propriété des mots suivant laquelle il est possible d'utiliser un signifiant en lui accordant des signifiés différents suivant les connaissances disponibles et/ou mobilisées sur ce signifiant. En d'autres termes, elle repose sur l'ambiguïté des mots (qui permet la polysémie). Pour ce qui nous concerne, « *Faire une disjonction sémantique sur un concept c'est lui ajouter de l'ambiguïté* » [Szpirglas, 2006]⁶⁷. Ce qui est recherché comme point de départ d'un processus de conception, ce n'est pas forcément une bonne idée mais davantage l'ambiguïté de la nouvelle proposition qui doit être prometteuse en termes d'idées nouvelles. Le concept de départ noté Co est en fait un moyen d'investigation : plus le concept est riche (forte « disjonction sémantique »), plus les idées seront nombreuses.

Nous pouvons d'ores et déjà faire le lien avec le point de départ identifié via notre modèle multi-entrées PST que nous avons formulé comme la formation d'une nouvelle proposition par l'association d'un système et d'une nouvelle intention, nouvelle intention qui vise précisément à apporter de l'ambiguïté à un système existant. Nous l'avons d'ailleurs considéré comme une « perturbation » qu'il fallait exploiter pour explorer les différents espaces de valeur que recouvre alors la proposition novatrice.

Au sein de la théorie C-K, la conception consiste à spécifier, à traduire progressivement un concept initial (disjonction sémantique, proposition sans statut logique, dont nous n'en savons pas assez et qui ne peut être jugée d'emblée) en lui ajoutant des propriétés Pi jusqu'à ce que la somme de ces propriétés Pi ajoutées à la proposition initiale permette d'obtenir un « objet » interprétable, c'est-à-dire au moment où nous jugeons que sa définition a acquis un statut logique et vrai vis-à-vis de nos connaissances (conjonction C-K). Il nous semble là important d'insister sur le rôle joué par les propriétés Pi ajoutées.

D'une part, parce que les propriétés font le lien entre les espaces C et K, elles représentent la « matière » du raisonnement de conception. En effet, formulées au sein de l'espace K, les propriétés que l'on choisira d'associer ou pas à la proposition de départ permettent de faire varier sa définition au sein de l'espace C. D'autre part, l'ajout d'un certain nombre de propriétés caractérise justement l'évolution de la définition de l'identité du futur objet, marque la convergence progressive vers un objet concret (conjonction C-K). La Figure 2-7 illustre ces aspects.

⁶⁷ L'auteur donne un exemple : « *Faire une disjonction sémantique sur le terme « pierre » revient, par exemple, à comprendre que cela peut-être soit l'objet pierre ou le nom de quelqu'un* » [Szpirglas, 2006].

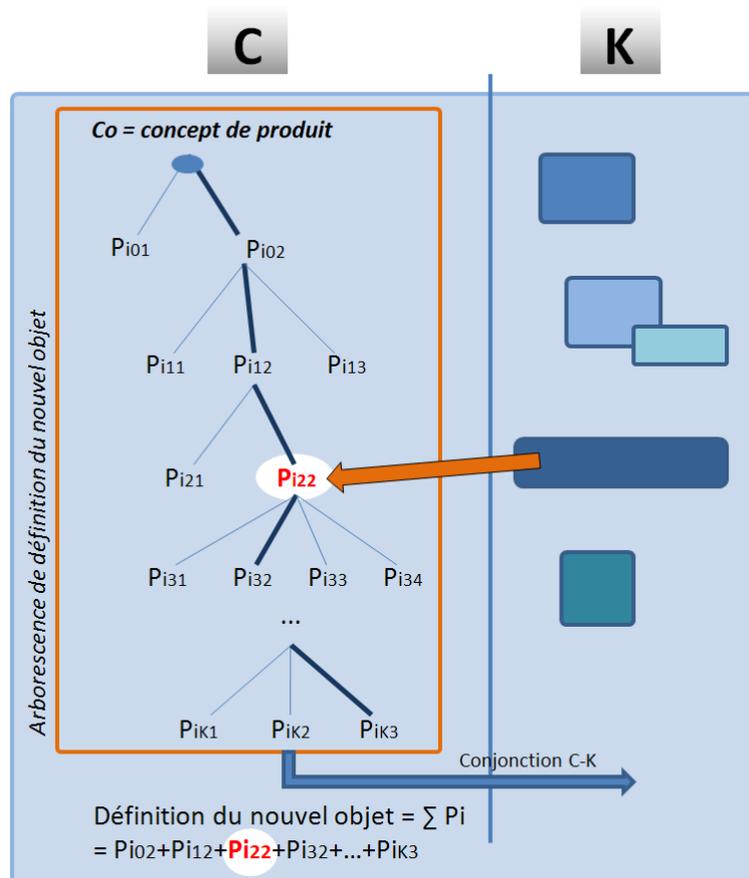


Figure 2-7 : L'identification et le choix d'une propriété pour partitionner au centre du raisonnement de conception suivant la théorie C-K.

Le choix d'une propriété cristallise en fait le mécanisme de partition qui, comme nous l'avons vu, peut se représenter par une nouvelle branche de l'arborescence de définition de l'objet inédit : chaque branche définie représente un sous-ensemble du nœud amont et participe à l'exploration du champ des identités possibles du nouvel objet qui caractérise un raisonnement que l'on qualifiera désormais d'exploratoire. Au final, la révision de l'identité d'un objet tient au contraste entre un ensemble de propriétés « classiquement » données à un objet existant dans l'espace K et l'ensemble des choix de propriétés plus ou moins surprenants effectués pour définir la nouvelle proposition dans l'espace C.

Intéressons nous justement aux mécanismes influant sur l'ampleur de la redéfinition d'un système lorsqu'il a été impacté par une nouvelle intention. En fait, la disjonction sémantique née de cette « perturbation » initiale ouvre le champ des possibles et tant que la somme de propriétés Pi associées à la proposition nouvelle ne permet pas d'effectuer la conjonction, l'expansion de la définition d'un objet de conception est toujours possible.

D'une part, la nouvelle intention amène à formuler de nouveaux attributs inédits, non classiques, à associer au système que l'on cherche à « déformer ». Ainsi, dans la proposition « bateau qui vole » par exemple, si l'on définit que pour « voler », il faut « des ailes et des hélices », nous comprenons que l'ajout de la propriété « avec des ailes » au système « bateau » amène d'ores et déjà un aspect inédit. Cette partition expansive relative la nouvelle intention initiale implique de nouvelles interrogations qui vont se répercuter au fur et à mesure du raisonnement et à partir desquelles seront formulées d'autres propriétés nouvelles. En outre, comme nous l'avons vu dans notre état de l'art, une nouvelle partition expansive

(partition qui ne relève pas naturellement du concept initial Co et qui amène à considérer encore d'autres voies que celles suggérées *a priori* par sa première formulation) peut être formulée à tout moment au cours du raisonnement, cette capacité d'expansion augmentant encore davantage le champ d'exploration des possibles déclinaisons de définition du concept initial.

D'autre part, pour s'assurer d'une certaine exhaustivité de l'exploration des définitions d'un objet, et donc de toutes les expansions possibles, il nous faut rappeler la définition d'une partition : c'est la séparation d'un ensemble en plusieurs parties non vides, deux à deux disjointes et dont la réunion est égale à l'ensemble. Aussi, relativement à l'identification d'un critère de partitionnement⁶⁸, une partition est liée au choix d'un sous-ensemble et il convient là de bien considérer tous les sous-ensembles possibles. Dans le cas de la proposition « bateau qui vole » par exemple, à partir de la modélisation des attributs associés au terme « voler » (« des ailes et des hélices »), il est en fait possible de générer quatre nouveaux concepts : « bateau qui vole sans ailes et sans hélices », « bateau qui vole avec des ailes », « bateau qui vole avec des hélices », « bateau qui vole avec des ailes et des hélices ». De même, si l'on définit le nombre de pieds d'une « chaise révolutionnaire » comme élément partitionnant, le nombre de partitions est alors infini, de $n = 0$ à $n = \text{infini}$. Rappelons enfin qu'un même concept initial peut, au grès de choix de partitions différents, permettre d'aboutir à la définition de plusieurs nouveaux objets de conception.

Cette propension de ce type de raisonnement exploratoire à amener la formulation de nouvelles propriétés inédites et à les exploiter au travers de la construction d'une arborescence des déclinaisons possibles de la définition d'un concept initial, progressivement, consciemment et suivant la rigueur de son mode d'exploration par partition qui s'inscrit dans une volonté d'exhaustivité lui confère les moyens de faire varier l'identité des objets. Dans l'Annexe 2, nous mettons justement en exergue cette capacité à faire varier l'identité des objets comparativement aux approches de créativité, qui elles amènent à énoncer directement des traductions possibles de la proposition novatrice initiale.

A ce stade, nous remarquons que le raisonnement exploratoire de conception suivant la théorie C-K respecte nos deux attendus, à savoir un point de départ compatible avec celui que nous avons défini (association d'une nouvelle intention à un système existant) et un processus permettant une exploration large laissant la place à des expansions. Cependant, nous avons vu aussi qu'il peut se matérialiser par la formulation, la caractérisation et l'ajout de propriétés Pi . Or, les mécanismes présentés liés à l'émergence et au choix d'association de propriétés Pi semblent permettre d'esquisser des prises sur la conduite de ce processus d'exploration des possibles définitions d'un objet découlant d'un concept Co .

Là, nous faisons en tout cas l'hypothèse que la formulation et la gestion des ajouts de propriétés est possible. Dès lors, nous considérons qu'il est possible d'envisager conduire la conception à partir de l'identification d'une nouvelle intention (et après formulation d'une proposition novatrice) en utilisant un raisonnement de conception exploratoire. En d'autres termes, nous extrapolons donc la possibilité de certaines prises méthodologiques sur ce type de raisonnement, relativement aux propriétés ajoutées.

Si toute proposition d'un système associé à une nouvelle intention peut être assimilée comme une disjonction sémantique, un concept initial (puisque l'association d'une nouvelle

⁶⁸ Nous distinguons le critère de partitionnement, vis-à-vis duquel on partitionne, on différencie des ensembles (par exemple, le nombre de pied d'une chaise), de la propriété Pi , relative elle à une partition, représentative d'un ensemble précis (un ensemble avec la propriété $Pi = 0$ pied de chaise).

intention⁶⁹ à un système se confond avec un concept initial Co, qu'il y a « compatibilité »), notre modèle multi-entrées PST apparaît alors comme un moyen à proprement dit de formulation de nouvelles disjonctions sémantiques, ce qui était précisément un point assez obscur⁷⁰ que nous avons relevé dans notre état de l'art sur la théorie C-K. En permettant de fournir de nombreuses nouvelles propositions, le modèle multi-entrées PST donne donc une prise sur le point de départ d'un raisonnement exploratoire de conception.

D'un point de vue formel, puisque l'on cherche finalement à « générer » des concepts « productifs », féconds en termes d'innovation, le concept de départ étant vu comme le moyen d'investigation du champ des possibles, nous nous intéressons aux moyens de définir le concept initial Co le plus « riche » possible, d'affiner la formulation du point de départ d'un raisonnement exploratoire issu du modèle multi-entrées PST.

2.3.2. Prise méthodologique sur la formulation du point de départ du raisonnement

2.3.2.1. Conditions pour maximiser la disjonction sémantique

Le principe du processus visant à traduire en objet concret une proposition novatrice, novatrice par l'adjonction d'une nouvelle intention, est de progressivement et consciemment remettre en cause, rediscuter, revisiter les propriétés qui font la définition du système, vis-à-vis de l'exploration des espaces de valeur qui lui sont associés. Pour ce faire, l'impact de la nouvelle intention sur les attributs intrinsèques définissant « classiquement » le système doit être suffisamment fort. Le fait de pouvoir « assimiler » l'association d'une nouvelle intention à un système comme une disjonction sémantique nous permet de proposer de nouvelles conditions sur le point de départ du raisonnement de conception en innovation.

En fait, d'un point de vue formel, la disjonction sémantique porte sur l'association de deux termes, un système que l'on cherche à déformer et que nous nommerons « système de base » et une nouvelle intention, que nous appellerons « *troublemaker* ». Comme nous l'avons déjà évoqué, la richesse de cette disjonction sémantique se mesure elle par le degré d'ambiguïté portée par la proposition. Mais si une proposition novatrice ne doit pas avoir de statut logique, être ambiguë, les deux termes la composant doivent avoir eux un sens précis. En d'autres termes, s'assurer du respect des conditions d'une bonne disjonction sémantique signifie de lever toute ambiguïté sur le sens des termes du concept initial de manière à ce que l'ambiguïté réside uniquement dans l'association de ces termes.

Dans cette optique d'une ambiguïté maximale de la proposition novatrice, le système de base doit d'abord être précisément défini. En effet, si la définition de ce système est trop « floue », il semble plus difficile de revisiter les propriétés précises qui le définissent. Ainsi, c'est parce que j'ai une idée précise d'un bateau que l'adjonction de la nouvelle intention « qui vole » m'interloque. Si l'on associe la même nouvelle intention à un « véhicule », nous comprenons que la disjonction sémantique est moins forte, les propriétés d'un véhicule étant bien plus vagues.

⁶⁹ Précisons que, fondamentalement, rien n'interdit qu'il y ait plusieurs nouvelles intentions associées au système.

⁷⁰ Pour être rigoureux, précisons que pour faire naître de nouvelles disjonctions sémantiques dans le cas d'un pare brise automobile, il a été proposé d'effectuer une sorte d'analyse fonctionnelle du système amont, en l'occurrence au niveau du véhicule [Le Masson et Weil, 1999].

En outre, il semble judicieux vis-à-vis du système de base de se poser la question « de quoi parle-t-on ? » pour s'assurer de son identité. Par exemple à propos d'une carte de paiement, s'intéresse-t-on à celle physique ou à celle virtuelle qui sert à faire des paiements sécurisés sur Internet ? En pratique, l'entreprise a bien souvent une vision très précise du système de conception sur lequel elle désire innover.

Concernant le *troublemaker* (terme relatif à la nouvelle intention), l'idée est d'ouvrir le champ des possibles, en perturbant notablement la définition que l'on donne classiquement au système de base.

Premièrement dans cette perspective, aux antipodes d'un attribut contenu plus ou moins « naturellement » dans la définition du système auquel elle est associée (telle « une climatisation confortable »), la nouvelle intention doit créer un « choc », une forte disjonction : pour une ambiguïté majeure, on visera donc plutôt à ce que la proposition novatrice contienne une forte contradiction entre ses termes (« climatisation sans climatisation ») ou de fortes interrogations (« climatisation *ambilight*⁷¹ »).

Ceci corrobore le fait que, sur la dimension T, nous n'ayons pas présenté comme source de véritable nouvelle intention les nouvelles technologies ne remettant pas en cause l'identité d'un objet de conception : si l'« implémentation » de la nouvelle technologie semble finalement trop « naturelle », trop prévisible (remplacer la technologie *Bluetooth* par celle du *Bluetooth* de deuxième génération), le potentiel d'innovation a lui toutes les chances d'être plus contenu, car il est probable que les concurrents auront à peu près la même démarche au même moment. Le plus différenciateur recherché semble alors très limité dans le temps et l'importance du « *Time to Market* » est cruciale, ou nécessite une protection industrielle très pointue⁷². Même si un plus différenciateur notable peut provenir via l'intégration d'une nouvelle technologie, par une meilleure exploitation de ses apports vis-à-vis des concurrents, et que cette voie demeure incontournable pour l'entreprise pour ne pas se faire distancer et même pour apparaître innovante sur une certaine période, c'est bien aux cas où une nouvelle technologie redéfinit en profondeur l'objet que nous nous intéressons.

Deuxièmement, le sens du *troublemaker* doit être suffisamment précis pour que l'on puisse être capable de lui associer ensuite des propriétés. Si l'on prend l'exemple d'un travail sur l'idée d'un écran d'ordinateur innovant, nous comprenons que la formulation de concepts initiaux tels que « écran magique » ou encore « *easy Computer screen* » ont un sens diffus, peu précis, pouvant porter à confusion : « *easy Computer screen* » signifie t-il l'exploration du champ des possibles d'« écrans qui donnent une impression de facilité », d'écrans « faciles à transporter et ranger », « facilitant leur manipulation et leur positionnement dans l'espace » (pour une ergonomie améliorée), ou bien encore « facilitant le mode d'interaction avec les données apparaissant à l'écran » ?

Enfin, troisièmement, si nous venons de voir que la formulation du *troublemaker* devait être suffisamment précise, il ne semble cependant pas souhaitable qu'il soit trop précis non plus, qu'il se traduise par un élément très concret, appartenant à l'énoncé d'une solution bien plus développée. En fait, le *troublemaker* ne doit pas prendre la forme d'un attribut précis de solution alors que l'ambiguïté sur le but du système à concevoir demeure, ou d'un moyen de

⁷¹ *Ambilight* est une spécificité des téléviseurs Philips : une lumière douce est diffusée sur les murs près de votre téléviseur. Cette lumière change en fonction des couleurs et de la luminosité de l'image, renforçant les contrastes, les couleurs et les détails de l'image du téléviseur, apportant à l'utilisateur la sensation de regarder une image encore plus grande et réduisant sa fatigue oculaire.

⁷² Précisons à ce sujet que tout n'est pas brevetable, que les grandes firmes disposent de services pour contourner ces brevets et certains pays ne respectent pas ou en partie ces dispositifs de protection.

réaliser une fonction qui n'est pas encore définie. Cette traduction trop directe de la nouvelle intention en attribut de solution développée, en plus de former une association « incohérente », restreint le champ d'exploration du concept. Ainsi, lorsque l'on considère un « écran d'ordinateur *Bluetooth* », le *troublemaker* « *Bluetooth* » enferme les concepteurs vers une voie technologique précise alors que le but même de la proposition novatrice n'est pas défini. Une proposition d'« écran d'ordinateur intelligent » ou d'« écran d'ordinateur sans fil » semble plus ambiguë et donc plus prometteuse pour visiter un champ de possibles définitions plus large, et donc innover davantage.

Il convient maintenant, à propos du *troublemaker*, de cibler les situations où les conditions requises à son égard ne sont pas remplies et de proposer quelques pistes visant à le reformuler.

2.3.2.2. Précisions sur la reformulation de la nouvelle intention

Nous venons d'énoncer trois conditions pour maximiser la disjonction sémantique du point de départ. Concernant la première relative à l'originalité suffisante du *troublemaker* pour générer une disjonction sémantique, la démarche consiste davantage à s'intéresser à une autre voie plus prometteuse qu'à reformuler. Par contre, pour ce qui est des deux autres conditions, nous allons voir comment peut s'exercer la reformulation.

La deuxième condition porte sur l'idée qu'il ne doit pas y avoir plusieurs interprétations possibles du sens à donner à un même terme : l'ambiguïté portant sur le sens d'un terme pose donc problème. Dans la ligne de mire, nous pensons notamment aux qualificatifs subjectifs. Par exemple, le terme « magique » semble tenir davantage d'une impression perçue qu'il ne désigne un aspect précis d'une chose : la recherche d'exemples de systèmes « magiques » semble aussi vaste que les critères définissant le mot « magique » sont flous.

Pour se rendre compte de cet aspect diffus d'un terme, nous proposons justement de vérifier que l'on soit capable d'énoncer quelques exemples concrets où le *troublemaker* pris seul puisse être associé à des systèmes existants, et ce en ayant une unique signification. Ainsi, les termes « nomade », « intelligent » ou « pour les femmes » font penser à certains objets de conception assez précis alors que ce n'est point le cas si l'on considère le mot « magique ». A défaut, lorsque le sens du *troublemaker* est donc jugé diffus, il faut s'efforcer de le préciser.

Pour ce qui concerne la troisième condition, il nous faut remarquer que l'énoncé de propositions porteuses d'un *troublemaker* trop « précis » émerge en fait à partir de nouvelles intentions issues des dimensions S et T. C'est sur ces dimensions relatives à la définition de la solution, que l'on n'arrive pas tout le temps, directement, à la formulation d'une proposition novatrice respectant les conditions d'une « forte » disjonction sémantique. En fait, les propositions issues de ces dimensions s'inscrivent davantage dans le registre d'idées de solution et peuvent donc comporter des attributs trop « aval ». Ainsi, pour pouvoir explorer un champ plus large des déclinaisons possibles de définition d'un concept initial, la reformulation vise à ramener vers une problématique amont l'énoncé de la proposition dont certains termes sont trop ancrés dans la solution.

Au sein de la dimension P, parce que lorsqu'un problème est identifié (je perds souvent mes clés), nous cherchons la formulation d'une proposition novatrice intégrant juste l'intention de le résoudre (« des clés qui ne se perdent pas »), le besoin d'une telle reformulation semble absent. Notons que ceci justifie d'ailleurs l'intérêt en soi de la notion d'intention comme

amorce en amont d'un raisonnement d'innovation plutôt qu'une bonne idée : car si le point de départ devait être une idée, nous comprenons que dans ce cas précis, au même problème identifié serait accolé un processus de créativité pour émettre des idées de solution qui, quelques elles soient, constitueraient forcément une restriction à l'exploration du champ des possibles (l'idée de « clés avec une alarme » est une restriction du concept « clés qui ne se perdent pas »).

Concernant l'exercice de reformulation à proprement dit, nous avons déjà vu dans notre description du modèle multi-entrées PST comment reformuler une proposition incluant une technologie précise (dimension T), en traduisant cette dernière par la fonction qu'elle permet de remplir. Sur la dimension S, nous avons évoqué une reformulation de la nouvelle intention sous une forme plus abstraite lorsque la proposition était trop proche d'une idée de solution, que le *troublemaker* « ferme » sur des aspects précis de solution (reformuler « rollers à suspension » par « rollers tout terrain »).

Pour cette reformulation, nous proposons maintenant un mécanisme générique visant justement à « remonter » à une proposition plus amont, permettant d'ouvrir davantage le champ du possible. La démarche consiste à comparer la proposition novatrice que l'on considère trop « fermée » avec le système de base (le système existant auquel on associe une nouvelle intention), puis à se questionner sur l'usage, la fonction ou enfin une qualité « exacerbée » les distinguant. C'est l'élément discriminant majeur que l'on extraira de cet exercice qui constituera le *troublemaker* de la proposition novatrice reformulée.

Pour finir l'énoncé des conditions relatives à la construction de propositions porteuses d'une disjonction sémantique, il nous faut aborder une exception, les propositions nouvelles dont le système de base n'existe pas.

2.3.2.3. L'exception des systèmes de base qui n'existent pas

Nous venons de voir qu'une proposition novatrice portait une disjonction sémantique par l'association de deux termes ayant un sens précis, le système de base d'une part, le *troublemaker* d'autre part. Il existe cependant une exception notable que nous avons notée au sein de la dimension P : il s'agit de la résolution d'un nouveau problème identifié et dont l'idée de sa résolution ne peut être associée à un système existant.

Nous sommes alors dans un cas où la proposition novatrice intègre un système de base qui n'existe pas. La disjonction sémantique est alors portée uniquement par le *troublemaker*. Le problème est décrit par une fonction ou une action et le contexte y est précis. L'ambiguïté née en fait de l'association d'un problème « parfaitement » identifié, que l'on peut caractériser très précisément, et de l'idée même d'imaginer un système permettant de le satisfaire. Un système « pour clouer en toute sécurité », « pour transporter un scooter à l'aide de son automobile » ou « pour avoir les pieds au sec lorsque l'on se rhabille dans un vestiaire de piscine » en sont trois exemples.

Cette exception se cantonne en fait à l'énoncé de nouvelles propositions issues de la dimension P. En effet, ce ne peut pas être le cas dans les dimensions S et T, puisque la nouvelle intention se réfère là à un système existant. Sur la dimension S, la notion d'idée intègre par nature le système précis sur lequel on essaie de diverger, les nouvelles intentions (nouvelles sensations, intentions issues d'analogies ...) sont intrinsèquement liées au système de base existant sur lequel on travaille. Sur la dimension T, on reformule sous forme de

fonction la technologie pour obtenir un *troublemaker* et l'association à un système de base existant est nécessaire pour faire naître une ambiguïté. Si l'on détient une technologie inédite et que l'on est dans le cas de la recherche d'applications potentielles, la problématique n'est pas de conception mais de recherche de systèmes auxquels associer la nouvelle techno et dans ce cas précis, nous nous référons aux travaux de Gaillard sur le marketing de la R&D [Gaillard, 1997].

Ce premier chapitre de contribution a permis de caractériser certains éléments spécifiant un cadre au processus de conception dans un projet d'innovation, éléments que répertorie la Figure 2-8 et qui sont les suivants :

- nous avons défini précisément son point de départ, la perturbation d'un système par une nouvelle intention, ouvrant ainsi de nombreuses opportunités d'innover que nous avons caractérisées via notre modèle multi-entrées PST et dont le potentiel d'exploration est lié au degré d'ambiguïté de leur formulation,
- nous avons caractérisé son processus comme contenant une exploration des définitions possibles de l'énoncé d'un concept original via un raisonnement par partition permettant potentiellement l'expansion,
- et nous avons défini deux indicateurs de résultat, le potentiel de nouvelle proposition de valeur et les capacités technologiques.

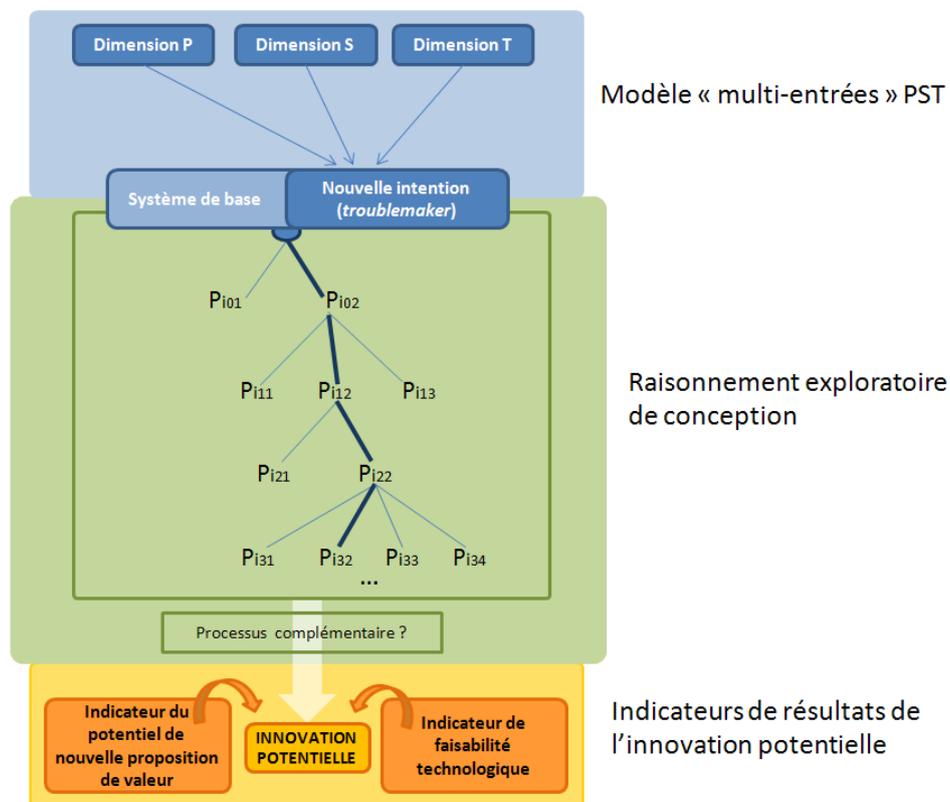


Figure 2-8 : Synthèse des caractéristiques d'un projet de conception innovante au terme de ce Chapitre 2.

Dans le prochain chapitre, nous allons nous attacher à définir les modalités méthodologiques permettant d'avoir prise sur le raisonnement exploratoire de conception.

CARACTERISATION DU RAISONNEMENT EXPLORATOIRE DE CONCEPTION INNOVANTE VIA LE MODELE MULTI-QUESTIONS PST ET MISE EN EXERGUE DU ROLE DE L'ACTIVITE DE MODELISATION

3.1. Le raisonnement exploratoire de conception en innovation ou le modèle multi-questions PST.....	94
3.1.1. Définition du cheminement du raisonnement exploratoire de conception via le modèle multi-questions PST	94
3.1.1.1. Vers la distinction de différents types de propriétés Pi ajoutées.....	94
3.1.1.2. Proposition du modèle « multi-questions » PST	96
3.1.2. Du concept initial à une prise sur le raisonnement de conception	100
3.1.2.1. Les premières partitions ou comment avoir prise sur le raisonnement de conception PST	100
3.1.2.2. Pour les cas particuliers où l'impact du troublemaker est à définir	104
3.1.3. Actions sur la Dimension S	109
3.1.3.1. Vers l'affinement du premier problème de conception à résoudre	109
3.1.3.2. Spécification des autres problèmes de conception au cours d'un raisonnement PST	114
3.1.4. Actions sur la Dimension T	117
3.1.4.1. Exploration du champ des possibles alternatives de solution.....	117
3.1.4.2. Evaluation des alternatives de solution valides	124
3.1.4.3. Expansion du champ des alternatives de solution.....	127
3.1.5. Actions sur la Dimension P	128
3.1.5.1. Des stratégies et des visées différentes	128
3.1.5.2. Définition d'entités permettant d'explorer la valeur d'usage d'un nouvel objet	130
3.1.5.3. Exploration du potentiel de nouvelle proposition de valeur d'un nouvel objet	135
3.1.5.4. Le rôle de la dimension P après avoir prise sur le raisonnement PST	142
3.1.5.5. Appréciation du potentiel de nouvelle proposition de valeur	145
3.1.5.6. Une capacité d'expansion	149
3.1.6. Apports et limites du raisonnement PST	151
3.1.6.1. Prises méthodologiques offertes par les aspects structurant et souple du raisonnement PST	151
3.1.6.2. Vers le besoin d'approfondir l'activité de modélisation	153
3.2. Caractérisation et rôle de l'activité de modélisation pour le raisonnement PST et plus largement l'innovation.....	154
3.2.1. L'activité de modélisation comme moyen de création de connaissances nourrissant le raisonnement PST	154
3.2.1.1. Vers la proposition d'un modèle de l'activité de modélisation.....	154
3.2.1.2. Vers la nécessité de se confronter au réel en innovation	157
3.2.1.3. Proposition des contextualisations et mise en exergue des spécificités de leur objet expérimental	160
3.2.1.4. L'activité de modélisation comme moyen de création de connaissances nouvelles.....	164
3.2.2. L'approche PST couplée à l'activité de modélisation comme véritable moteur de l'innovation	166
3.2.2.1. La modélisation en dehors du raisonnement PST	166
3.2.2.2. Influence de l'approche PST et de l'activité de modélisation sur les capacités d'innovation	169

Pour avoir prise sur le raisonnement exploratoire de conception, nous nous intéressons à la nature des propriétés Pi desquelles il est constitué et à la manière comment elles sont formulées et exploitées. Dans ce but, nous proposons le modèle « multi-questions » PST qui ouvre l'accès à la définition de prises méthodologiques que nous explicitons ensuite, dimension par dimension. L'étude des arcanes de ce « raisonnement PST » nous conduit à mettre en exergue le rôle central de l'activité de modélisation en innovation. Nous abordons donc en premier lieu la définition du cheminement du raisonnement exploratoire.

3.1. Le raisonnement exploratoire de conception en innovation ou le modèle multi-questions PST

3.1.1. Définition du cheminement du raisonnement exploratoire de conception via le modèle multi-questions PST

3.1.1.1. Vers la distinction de différents types de propriétés Pi ajoutées

Nous avons vu au précédent chapitre comment formaliser une nouvelle proposition à partir d'une nouvelle intention, point de départ d'un raisonnement de conception exploratoire. Si ce dit raisonnement peut se caractériser comme une coévolution entre un espace de concepts et un espace de connaissances, il peut également selon nous se modéliser comme une coévolution entre un ensemble d'éléments participant à la définition d'un objet de conception, les propriétés Pi, et des énoncés de problèmes de conception.

En effet, la conception étant à la fois un processus d'énonciation de problèmes (*problem forming*) et de résolution de problèmes (*problem solving*) [Darses, 1992], de manière concomitante au choix d'une propriété précisant la définition de l'objet de conception se dessine l'énoncé d'un problème de conception à résoudre.

Si en conception routinière, on spécifie les objectifs de conception, c'est-à-dire que l'on circonscrit d'abord un « macro-problème » de conception à résoudre puis que l'on cherche la meilleure solution satisfaisant l'ensemble des spécifications, en innovation, ces spécifications n'existent pas. Ce « macro-problème » n'est *a priori* pas spécifié si ce n'est au travers de la nouvelle intention. C'est ainsi qu'en innovation est souvent associée l'idée de travailler sur un « problème mal défini » [Choulier, 2008].

Il nous faut là préciser la définition de ce qu'est un problème de conception. Comme nous le verrons ultérieurement, il ne se résume pas à l'énoncé de spécifications globales que le système de conception devra satisfaire mais bien plus localement par un but à assouvir et ce en prenant en compte différentes contraintes : nous définissons par problème de conception l'énoncé d'un objectif à satisfaire, qui s'exprime en termes de fonction de service, auquel sont associées différentes contraintes limitant le champ des alternatives de solution possibles. En d'autres termes, la conception d'un système n'est pas la résolution d'un seul problème de conception mais la résolution de multiples problématiques locales telles que la définition

d'une architecture ou le choix d'un matériau, les spécifications participant elles précisément à l'énoncé de ces problématiques locales.

En innovation, du fait précisément que les spécifications ne sont pas acquises *ex ante*, les interrogations amenant à l'énoncé des problèmes de conception, locaux donc, sont d'autant plus nombreuses. Chaque ajout de propriété P_i , en même temps qu'il précise la définition du système de conception lui-même, impulse un nouveau problème de conception à résoudre, soit des modifications de l'objectif fonctionnel de l'objet de conception à satisfaire et/ou des contraintes de conception délimitant le champ des futures alternatives de solution possible. En innovation, les potentielles nombreuses interrogations qui apparaissent lors de l'ajout d'une propriété, en même temps qu'elles nécessitent un travail d'affinement du problème de conception, offrent une capacité accrue pour étendre le champ des alternatives possibles de déclinaison de la proposition inédite initiale. Dans l'optique d'un raisonnement de conception exploratoire, ces interrogations apparaissent donc comme des opportunités pour identifier davantage de nouvelles propositions de valeur.

La définition de l'artefact de conception se construisant par ajout progressif et conscient de propriétés, ces dernières lui sont forcément intrinsèques : elles traduisent un attribut spécifique et précis appartenant à l'objet en cours de conception. Aussi, nous en concluons que les propriétés P_i que l'on ajoute caractérisent soit un objectif fonctionnel à satisfaire, soit un moyen alloué pour précisément l'assouvir. Plus précisément, nous distinguons deux types de propriétés :

- Les propriétés de type « objectif fonctionnel à satisfaire » qui traduisent une action que devra assouvir le système ou de l'un de ses constituants, exprimée en termes de finalité, de fonction de service. Ce type de propriété est relative à la question « Système qui fait quoi ? ».
- Les propriétés de type « organique » qui sont relatives à la fois à l'architecture ou l'organisation structurelle d'éléments constitutifs de l'objet de conception (composants pour un produit), à la présence ou non de certains de ces éléments constitutifs (nombre de roues sur un roller), à leur nature, leur type ainsi qu'au choix de technologies qu'ils impliquent ou plus localement encore certaines caractéristiques discriminantes permettant de différencier certains de leurs attributs. Ce type de propriété précise ce qui compose l'objet de la conception et est relative à la question « Système avec quoi ? ».

Par contre sont exclues toutes les autres propriétés que l'on pourrait qualifier d'extrinsèques comme par exemple celles attribuant l'objet en cours de conception à une catégorie de population ou à un usage précis. Nous verrons que ces aspects se traduisent au travers de l'énoncé d'un objectif fonctionnel à satisfaire et de contraintes spécifiques.

Justement, cette restriction de la typologie des propriétés ajoutées à uniquement deux *spécimens* possibles nous amènent au fait que nous modélisons indirectement la conception comme un jeu de questions-réponses entre « objectifs » et « moyens », comme le montre la Figure 3-1. Nous allons voir qu'il est dès lors possible de tracer quelques « jalons » en vue d'une démarche visant à construire méthodiquement l'arborescence de définition d'un artefact.

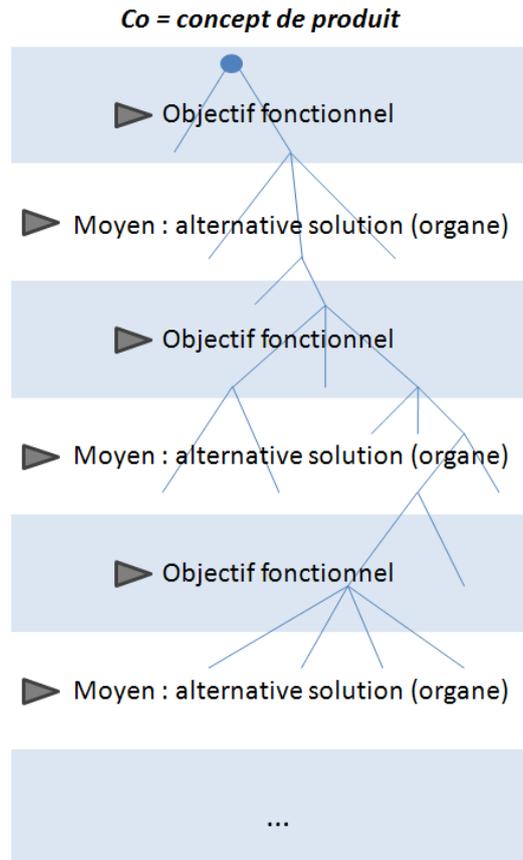


Figure 3-1 : construction de l'arborescence comme une suite d'objectifs et de moyens.

3.1.1.2. Proposition du modèle « multi-questions » PST

Quelque soit la propriété de type « objectif fonctionnel » ajoutée, elle sous-tend potentiellement un choix parmi plusieurs possibilités d'objectifs à associer au système de conception. Or, l'idée même d'un choix concernant la définition d'un objectif de conception, fonctionnel donc, implique *a minima* que l'on se soit posé en amont la question « Pour Quoi ? ». Or, cette question est la « porte d'entrée » pour s'intéresser aux besoins assouvis et plus généralement caractériser la proposition de valeur. En d'autres termes, la question « Pour Quoi ? » invite aussi à s'interroger sur d'autres questions relatives à l'usage « Pour Qui ? », « Où ? », « Quand ? », ensemble de questions que nous pouvons chapeauter par la question « Pourquoi ? ». Nous remarquons qu'il est alors possible de caractériser l'indicateur de résultat du « potentiel de nouvelle proposition de valeur ». En outre, vis-à-vis de toutes ces questions, une capacité à orienter la définition du système de conception en vue de le doter d'un caractère « nouveau » affirmé, intégrant un « gap » vis-à-vis des offres concurrentes et un « plus » différenciateur visible et faisant sens aux yeux des clients s'apparenterait à un travail sur la Dimension P.

Parallèlement, l'idée d'ajouter à la définition du système à concevoir des propriétés de type organique semblent répondre clairement à la question « Comment ? ». Là, c'est un choix parmi différentes alternatives de solution satisfaisant l'énoncé d'une fonction précise à assouvir qui semble être impliqué, et par conséquent un travail en amont pouvant être mis directement en relation avec la Dimension T représentative de l'ensemble des technologies,

techniques et composants, soit des moyens de satisfaire un objectif précis de conception sous forme de fonction. La validité de ces moyens et leur caractérisation vis-à-vis de leur capacité à satisfaire pleinement la fonction émise, en termes de faisabilité, de performances et de fiabilité, rejoint l'indicateur d'« aptitude technologique ».

Nous avons vu que chaque ajout de propriété P_i impacte l'énoncé d'un problème de conception « local » à satisfaire, énoncé potentiellement mal défini, auquel peuvent donc être associées différentes interrogations. Nous avons par ailleurs proposé, lorsqu'une fonction précise est spécifiée, de mobiliser la dimension T, au travers de questions de type « Quelles sont les alternatives permettant de satisfaire cette fonction bien identifiée ? » ou plus simplement « Comment réaliser cette fonction précise ? », pour faire émerger les alternatives de solutions possibles et valides. Or, l'énoncé de cette fonction précise à satisfaire au sein de la dimension T est relative au problème de conception à résoudre. Entre ces deux moments, des premières interrogations sur la définition du problème de conception découlant de l'ajout d'une propriété à l'énoncé de cette question portant sur une fonction de service précise à réaliser dans un champ de contraintes précis, il semble légitimement qu'il existe tout un travail « d'affinement » relatif à la question « (c'est) Quoi ? ». Nous remarquons alors que cette question « (c'est) Quoi ? » désigne aussi le travail portant sur la définition progressive du système de conception par ajout successif de propriétés portées par l'arborescence, et rejoint donc la dimension S représentative de l'espace des systèmes de conception, dont la définition est à un moment donné plus ou moins abstraite.

Ainsi, si l'arborescence de définition du système de conception se construit grâce à l'ajout conscient de deux types de propriétés, certaines relatives aux objectifs de conception et d'autres relatives aux moyens de les satisfaire, nous proposons d'envisager une démarche supportant cette construction via une dynamique s'appuyant sur les questions « (c'est) Quoi ? », « Pourquoi ? » et « Comment ? » mettant en jeu les trois dimensions P, S et T. En d'autres termes, nous mobilisons à nouveau ces trois dimensions pour suggérer là le modèle multi-questions PST du raisonnement de conception en innovation, qui se veut être une trame guidant les acteurs d'un projet de conception en innovation via un cheminement de raisonnement se structurant autour de la confrontation des questions relatives aux trois dimensions P, S et T (« (c'est) Quoi ? » pour la dimension S, « Pourquoi ? » pour la dimension P et « Comment ? » pour la dimension T). La Figure 3-2 illustre ce cheminement.

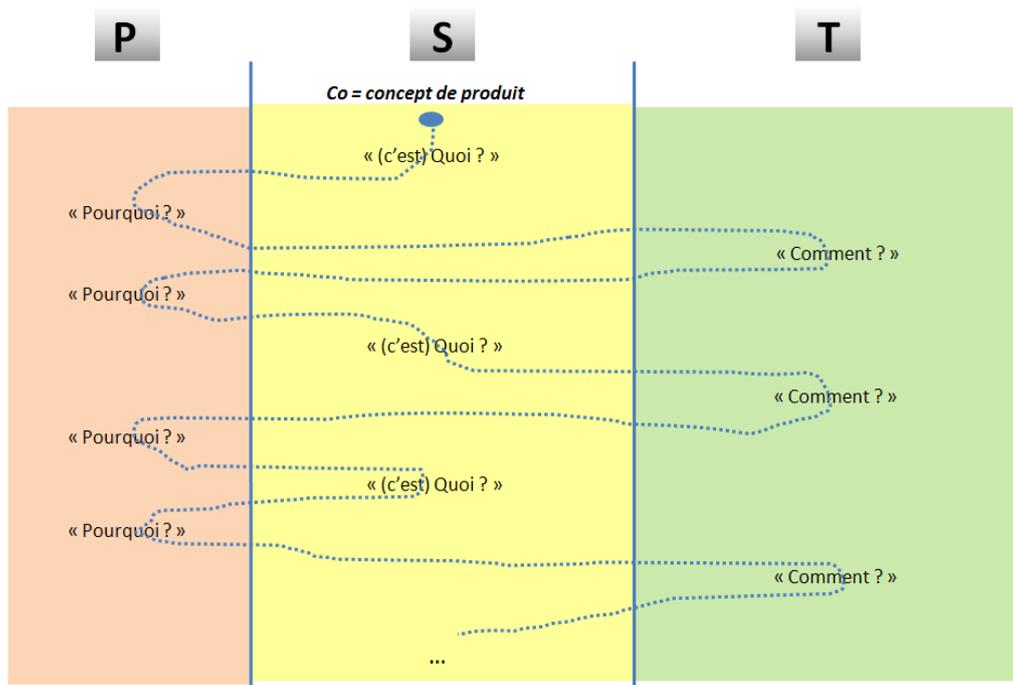


Figure 3-2 : Cheminement du raisonnement exploratoire au travers de trois questions, chacune relative à une dimension.

Dans le cadre de ce modèle multi-questions PST du raisonnement de conception en innovation, définissons chacune des trois dimensions et précisons-en le rôle :

- La dimension S est relative à la définition de l'objet de la conception qui se construit progressivement et consciemment. Mais plus précisément, elle est le lieu où un ajout de propriété de type organique va être transposé comme un nouveau problème de conception à résoudre. En son sein sont donc ajoutées des propriétés de type objectif. Cette dimension représente en fait l'ensemble des explorations placées sous l'égide de la question « (c'est) Quoi ? ».
- La dimension T représente elle l'exploration visant à identifier l'ensemble des alternatives de solutions possibles pouvant satisfaire l'objectif fonctionnel précis énoncé. Ces alternatives se traduisent par l'ajout de propriétés de type organique. Cette dimension est relative à la question « Comment ? » et intègre également l'aspect de validation des alternatives de solution lié à l'indicateur de résultat d'« aptitude technologique ».
- La dimension P représente elle davantage la caractérisation des potentiels de nouvelle proposition de valeur, relativement à l'indicateur de résultat éponyme, qui permet de prioriser, d'orienter le choix d'une partition, en référence à la question « Pourquoi ? ». Moins intégré au processus de conception à proprement dit (*dixit* les allers-retours entre *problem forming* et *problem solving*), nous verrons cependant qu'elle recèle des capacités d'expansion de l'arborescence de définition de l'objet au travers du travail d'exploration et de caractérisation de l'ensemble des potentiels de nouvelle proposition de valeur.

Au final, cette démarche d'interactions continues entre les trois dimensions semble permettre un cheminement progressif et conscient, pas à pas, de l'ensemble du raisonnement exploratoire de conception, englobant non seulement la construction de l'arborescence par ajout successif de propriétés mais aussi tout le processus de recherche de ces propriétés. En

effet, au sein de la théorie C-K, rien n'est dit sur le processus d'obtention des propriétés que l'on ajoute à l'arborescence, si ce n'est qu'elles ont pour provenance une poche de connaissances existante ou nouvelle. La Figure 3-3 montre ce jeu de questions-réponses entre les dimensions S et T, qui participent à la construction de l'arborescence de définition de l'objet, l'une soumettant des objectifs fonctionnels quand l'autre propose les moyens de les assouvir, et le rôle d'« arbitre » dévolue à la dimension P qui permet de suggérer une orientation plutôt qu'une autre, relativement aux espaces de valeur.

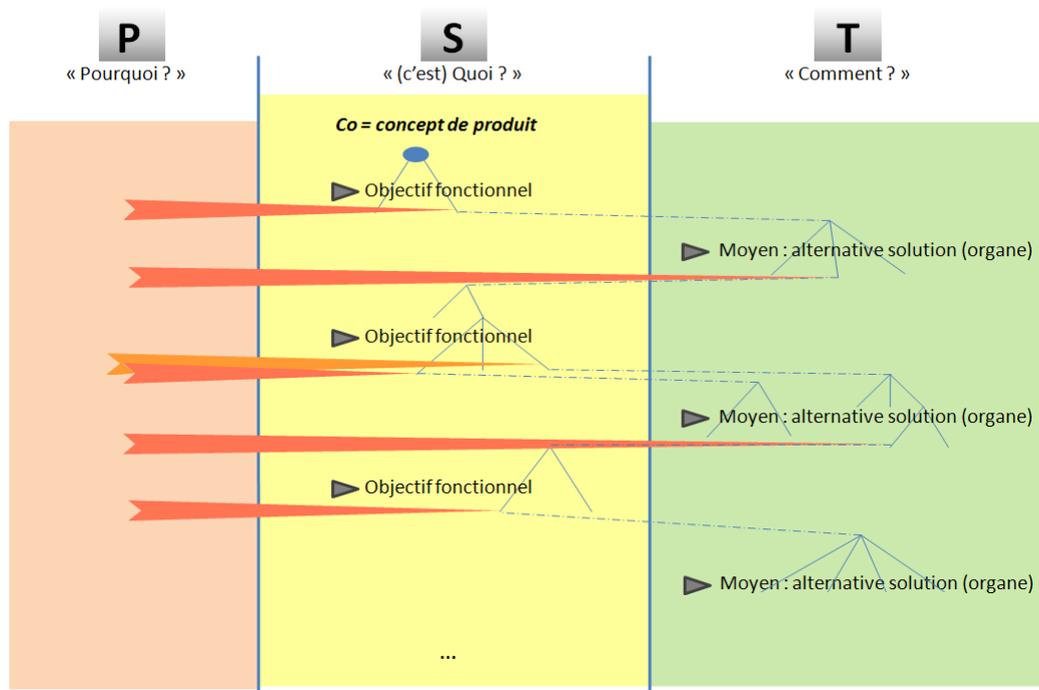


Figure 3-3 : Le cheminement de la conception via le modèle multi-questions PST.

Soulignons qu'en n'invitant jamais à statuer au cours du raisonnement sur un choix « arbitraire et restrictif » de conception, les « garde-fous » du cheminement de conception prenant la forme d'une validation vis-à-vis de l'indicateur d' « aptitude technologique » (dimension T) et d'une caractérisation vis-à-vis de l'indicateur du « potentiel de nouvelle proposition de valeur » (dimension P), le caractère exploratoire voulu en innovation semble être respecté.

Ce que nous recherchons désormais, ce sont des prises méthodologiques sur les 3 dimensions pour mener à bien ce raisonnement exploratoire « PST » (raisonnement PST) que nous venons de définir. Nous nous proposons donc de développer le modèle multi-questions PST du processus de conception en innovation, de préciser les actions à mener au sein des trois dimensions et leurs interactions. Mais avant tout, il nous faut expliciter quand, comment et sous quelles conditions débute un raisonnement PST à partir de l'énoncé d'une nouvelle proposition porteuse d'une disjonction sémantique.

Notons là que, parce que toutes les notions abordées par la suite ne peuvent pas être illustrées au travers d'un seul et unique cas, nous présenterons pour chacune d'elle le ou les exemples qui nous semblent les plus illustratifs, les plus appropriés, mais qui peuvent être très différents.

3.1.2. Du concept initial à une prise sur le raisonnement de conception

3.1.2.1. Les premières partitions ou comment avoir prise sur le raisonnement de conception PST

Précédemment, nous avons vu que la démarche exploratoire du raisonnement PST pouvait se modéliser comme une coévolution entre un ensemble d'éléments participant à la définition d'un système, les propriétés P_i , et des énoncés de problèmes de conception. Au-delà de cette coévolution, gravitant autour de la définition de nouveaux problèmes de conception, interagissent les trois dimensions P, S et T : suite à l'ajout d'une propriété se dessinent, via un questionnement sur « (c'est) Quoi ? » et au prorata de la compréhension de certaines notions ou phénomènes, au sein de la dimension S, différentes définitions possibles du problème de conception, la question « Pourquoi ? » sur la dimension P permettant de les caractériser et d'en choisir au moins une, avant de chercher des alternatives de solution possibles en réponse à l'objectif à satisfaire via la question « Comment ? » propre à la dimension T.

Cette dynamique exploratoire n'est possible qu'à la condition qu'un premier problème de conception soit circonscrit et qu'il soit nouveau. En fait, tant qu'une propriété « surprenante » traduisant le *troublemaker* n'a pas été ajoutée, la manière avec laquelle la nouvelle intention impacte la définition d'un système de base n'est pas spécifiée. L'énoncé d'un tout nouveau problème de conception ne pouvant pas alors être circonscrit, nous considérons que nous n'avons alors pas encore prise sur le raisonnement exploratoire de conception pour innover, ce qu'illustre la Figure 3-4.

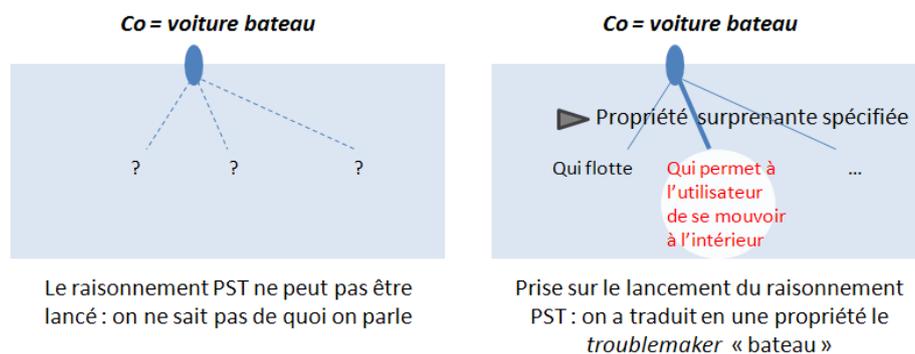


Figure 3-4 : Vers une première prise sur le raisonnement PST.

Pour pouvoir lancer un raisonnement PST, effectuer un travail d'exploration des définitions possibles d'un concept initial, la première étape consiste donc à circonscire un « nouveau » problème de conception à satisfaire en ajoutant une propriété surprenante au système de base. Or, circonscire ce nouveau problème de conception à satisfaire ne s'avère pas forcément immédiat pour l'ensemble des concepts initiaux. La question qui se pose est donc de savoir comment on procède pour prendre prise sur le raisonnement dans l'ensemble des cas où ce n'est pas initialement acquis.

Avant d'exposer les actions à effectuer pour ce faire, que nous situons toutes au sein de la dimension S (question « (c'est) Quoi ? »), nous distinguons quatre types différents de propositions initiales inédites :

- 1 - les concepts où une situation problématique a été identifiée mais pour laquelle il n'existe pas *a priori* de système de base y répondant, système qui reste justement à

définir, tels qu'un « système permettant de transporter un scooter à l'aide d'un véhicule » ou un « système permettant de clouer en toute sécurité »,

2 - les concepts où à la fois le système de base et le nouveau problème de conception à considérer sont déjà spécifiés tels que « des clés qui ne se perdent pas » ou une « combinaison de surf chauffante »,

3 - les concepts où le système de base existe mais où le problème de conception doit être précisé, tels qu'une « voiture-bateau » ou un « caddie intelligent »,

4 - et ceux pour lesquels le système de base et le nouveau problème sont spécifiés mais où l'ensemble s'avère sur-contraint, tels qu'une « climatisation ultra compacte » ou un « sandwich *low-cost* ».

Nous allons voir pour chacun de ces points de départ la manière d'obtenir l'énoncé d'un nouveau problème de conception à satisfaire.

Tout d'abord, pour les propositions initiales où le système de base n'existe pas (type 1), la nouvelle intention traduisant la volonté de satisfaire un problème, une situation problématique suffisamment précise dans ses contours mais non assouvie jusqu'alors, l'énoncé du nouveau problème de conception à satisfaire semble acquis par nature. Dans ce cas, les objectifs fonctionnels à satisfaire traduisant la situation problématique à laquelle on veut répondre sont assez bien identifiés mais par contre il convient de préciser le « rôle » du système à concevoir qui reste à définir.

En fait, une situation problématique met en jeu différents éléments, dont fait parti le système de base qui n'existe pas et qui est à concevoir, et par conséquent la répartition des « rôles » (et de certaines interactions) entre les différents constituants du « monde du problème » sont à définir. Alors la prise sur le raisonnement de conception ne s'obtient plus par l'ajout d'une propriété marquant l'impact d'une nouvelle intention sur un système de base existant, mais par la restriction « suffisante » du problème, par nature « nouveau » (tout du moins non assouvi, puisque dans le cas contraire, un système le satisferait) auquel on envisage de répondre par la conception d'un système inédit.

Pour cela, on définit un nouveau type de propriété spécifique à ces cas où il est nécessaire de préciser le rôle du système à concevoir vis-à-vis de la situation problématique à satisfaire : des propriétés attribuant la réalisation d'un objectif fonctionnel à un élément organique, soit répondant à la question du type « avec quoi (élément de la situation problématique) qui fait quoi (fonction) ? » et que l'on nomme propriété de type « lien entre élément organique et fonction ».

Ainsi, si l'on considère l'exemple du « système permettant de clouer en toute sécurité »⁷³, les premiers ajouts de propriétés concernent la présence de l'élément « marteau » (avec un marteau ?) ou le rôle de la main gauche (tient-elle le clou ou pas ?), comme l'illustre la Figure 3-5. Ces premières partitions définissent plusieurs configurations de la situation problématique, chacune assignant un rôle différent à satisfaire au système à concevoir. Une fois la configuration choisie, nous considérons que l'on a prise sur un raisonnement de conception PST, un problème de conception « nouveau » étant alors spécifié.

⁷³ Exemple tiré de travaux d'Hatchuel et Weil [Hatchuel et Weil, 2002].

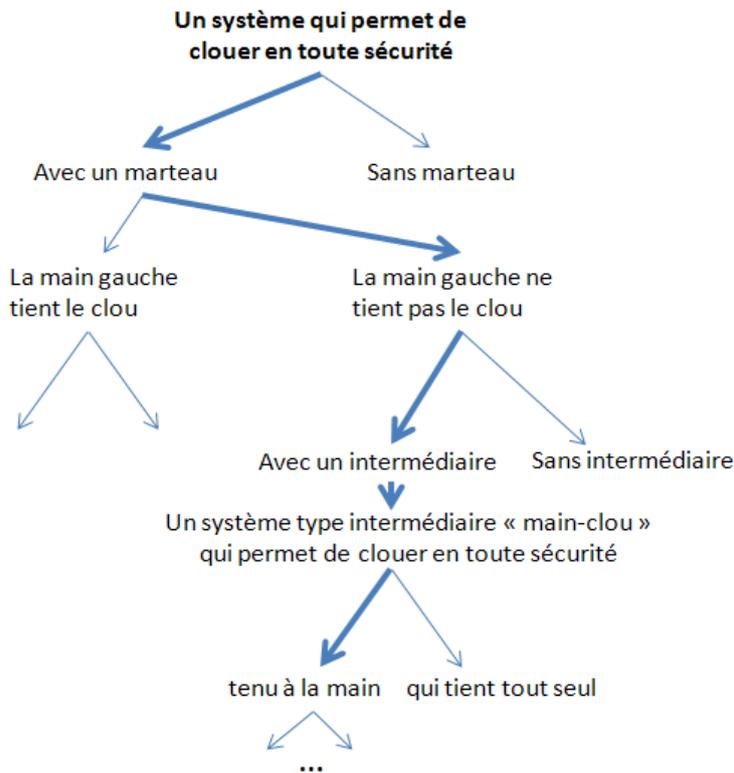


Figure 3-5 : Prise sur le raisonnement PST à partir d'une proposition de type 1⁷⁴.

Remarquons que pour que l'on puisse converger vers une configuration précise de ce problème non assouvi permettant d'envisager la conception d'un système y répondant, nous comprenons qu'il est alors nécessaire de bien le connaître et le comprendre. Nous vérifions là la condition que nous avons posée pour l'énoncé de ce type de nouvelle proposition inédite initiale au chapitre précédent : le problème que l'on envisage de satisfaire, lorsqu'aucun système n'y répond, doit être suffisamment connu.

Ensuite, dans les cas où le système de base existe, on peut observer des énoncés de propositions initiales donnant directement prise sur le raisonnement (propositions de type 2), un objectif fonctionnel inédit y étant déjà défini. Ils correspondent plutôt à de nouvelles intentions relatives à la volonté de satisfaire un problème (les clés qui ne se perdent pas), un changement (lorsqu'il est traduit comme un nouveau problème à résoudre), issues d'une analogie (radiateur avec surface d'échange thermique modulable) ou incorporant une nouvelle technologie reformulée sous la forme d'une fonction à satisfaire (écran d'ordinateur Wifi > écran communiquant) : le concept initial se caractérise par l'ajout d'une nouvelle fonction de service à satisfaire déjà présente.

Enfin, dans tous les autres cas (propositions de type 3 et 4), et notamment lorsque les nouvelles intentions sont relatives à l'incorporation d'une nouvelle tendance (sandwich *low-cost*), destinée à une cible de population précise (scooter pour les femmes) ou à une association « innocente » d'entités (voiture-bateau), l'identification du nouveau problème de conception à satisfaire nécessite d'effectuer un travail préliminaire comme nous allons le voir maintenant.

⁷⁴ Notons lors de la troisième partition une reformulation du concept (« un système type intermédiaire « main-clou » qui permet de clouer en toute sécurité ») intégrant les partitions déjà effectuées, relatives au choix de configuration de la situation problématique.

D'une part, il existe de nombreux cas où l'énoncé du nouveau problème de conception recherché pour innover, relatif à l'impact de la nouvelle intention sur la définition du système de conception, n'est pas circonscrit (propositions de type 3) : tant qu'aucune propriété « surprenante » traduisant la nouvelle intention n'est ajoutée à la définition de l'objet de conception, nous n'avons pas prise sur le raisonnement de conception PST. Pour ce type de concept en particulier, au regard des nombreuses variantes de cas et la nécessité de préciser certains aspects, nous présenterons la manière d'obtenir le nouveau problème de conception permettant d'avoir prise sur le raisonnement PST dans la prochaine sous-partie 3.1.2.2.

D'autre part, nous relevons certaines propositions initiales novatrices (celles de type 4) où le « nouveau » problème de conception à satisfaire se traduit par l'ajout ou l'accroissement d'une contrainte qui débouche sur un énoncé précis mais que nous qualifions d'« hyper-contraint ». Or si le but du raisonnement PST est d'explorer l'ensemble des alternatives possibles, il nous faut libérer des contraintes : la prise sur le raisonnement nécessite de modifier, « casser » ou remettre en cause la structure du système de base existant ou d'ajouter un objectif fonctionnel surprenant contribuant à satisfaire la nouvelle contrainte énoncée.

En fait, dans ces cas précis, le *troublemaker* n'est pas porteur de propriétés à proprement dit, mais apporte de nouvelles contraintes contribuant à générer l'énoncé d'un problème de conception hyper-contraint. La sur-contrainte relative à l'ajout de la nouvelle intention perturbe bien le système de base existant auquel elle est associée dans ce sens que l'on ne peut en donner d'exemple, que l'on ne sait pas ce que cela peut être et que la conception d'un tout nouvel objet s'impose. Pour prendre prise sur le raisonnement, il s'agit alors de procéder à une analyse fine du problème de conception relativement à la composition du système de base existant, à rechercher les causes de manière à pouvoir effectuer une relecture, une introspection, une rediscussion des propriétés constituant la définition de l'objet.

Devant le jeu de contraintes trop important, la prise peut premièrement naître en cassant la structure existante, en libérant donc une ou plusieurs de ces contraintes. Ainsi par exemple, dans le cas d'une « climatisation ultra-compacte », le *troublemaker* « ultra-compacte », via la contrainte supplémentaire qu'il apporte, désigne un problème de conception à satisfaire qu'il modifie en même temps qu'il le sur-contraint. Il invite à mesurer le volume des différents constituants du système mais aussi plus globalement à s'interroger sur le pourquoi du dimensionnement du système. La prise sur le raisonnement PST sera effective lorsque la structure aura été cassée (une climatisation sans chambre de mélange⁷⁵) libérant ainsi certaines contraintes (et amenant indirectement l'énoncé d'un autre nouveau problème de conception à traiter, celui de la résolution de la fonction de « mélange »).

Deuxièmement, il est possible dans certains cas de « cibler » un objectif fonctionnel surprenant contribuant à « désamorcer » les sur-contraintes et donc permettant de prendre prise sur le raisonnement PST relatif à la proposition inédite initiale énoncée. Ainsi, dans notre exemple de la « climatisation ultra-compacte », l'ajout d'une nouvelle fonction de service visant à diminuer précisément le volume du système est possible : une climatisation qui pré-conditionne l'habitable⁷⁶.

⁷⁵ La chambre de mélange étant une des parties les plus encombrantes dans un système de climatisation.

⁷⁶ Le dimensionnement d'une climatisation dépend grandement des phases « transitoires » extrêmes, c'est-à-dire lorsque l'habitable est très chaud et que l'utilisateur désire de la fraîcheur et inversement : le volume d'air débité par la climatisation influe sur le temps nécessaire pour obtenir un confort thermique acceptable. En dehors de ces phases extrêmes, la climatisation a pour but de maintenir certaines conditions thermiques et ne requiert donc qu'une part de son débit maximal. L'idée de pré-conditionnement est de limiter voire annuler ces phases transitoires extrêmes en faisant fonctionner la climatisation avant que l'utilisateur ne rentre dans son véhicule, limitant alors l'effort à fournir (échange de masses d'air) et donc le volume de la climatisation elle-même.

Nous venons de voir les quatre types de propositions inédites initiales et la manière d’initier des prises sur le raisonnement PST pour les trois cas où le premier problème de conception est assez aisément explicitable. Cependant, il nous reste un dernier cas (proposition de type 3), celui précisément où les concepts intègrent une nouvelle intention dont l’impact sur l’énoncé d’un premier problème de conception à satisfaire n’est pas défini. Comment alors procéder pour traduire un nouveau concept en une proposition à laquelle est associé un problème de conception à la fois nouveau et non ultra-contraint ? C’est l’objet des prochains paragraphes.

3.1.2.2. Pour les cas particuliers où l’impact du troublemaker est à définir

Les cas qui nous intéressent là sont les concepts où l’énoncé du premier problème de conception à résoudre porteur de l’impact de la nouvelle intention sur le système auquel elle est associée n’est pas aisément explicitable : c’est par exemple une « voiture-bateau », un « scooter pour les femmes », des « *Mountain rollers* » ou encore un « caddie intelligent ». Le *troublemaker* nécessite d’être traduit en une propriété surprenante pour que l’on puisse avoir prise sur le raisonnement PST.

Comment procéder pour ce faire ? Il existe en fait deux approches différentes : une première consiste, devant l’énoncé d’une telle proposition novatrice initiale, à générer des traductions « directes », d’émettre des idées de solution, en s’appuyant ou pas sur des méthodes de créativité, le but étant par la suite d’en extraire des attributs novateurs ; et une deuxième, plus rationnelle, qui vise à identifier les propriétés P_i portées par le *troublemaker* et à laquelle nous nous intéressons en premier lieu.

En effet, si on analyse les termes (système de base + *troublemaker*) qui composent un concept initial, nous constatons qu’ils sont intrinsèquement eux-mêmes porteurs de propriétés P_i . C’est clairement celles de l’élément perturbateur, le *troublemaker*, qui nous intéresse là pour intégrer l’impact de la nouvelle intention sur la définition du système de base.

Dans notre optique de traduire le *troublemaker* en propriétés, par des attributs, il faut bien comprendre que ce n’est pas parce que son sens est relativement précis ou a été précisé⁷⁷ qu’il ne peut pas recouvrir différentes modélisations, qu’il ne peut pas être traduit suivant plusieurs points de vue : ce n’est pas parce que deux personnes parleront de la même chose en termes de sens (« Pierre » désigne le prénom d’un être humain, et non un synonyme de cailloux) qu’ils l’exprimeront de la même manière, qu’ils la modéliseront par les mêmes attributs (« un mammifère bipède » ou « un être vivant avec une conscience »). Afin d’obtenir une exhaustivité des traductions possibles de l’impact de la nouvelle intention sur la définition du système de base existant, il y a alors un vif intérêt à cerner les différentes manières de comment il peut être exprimé.

Comment donc modéliser, caractériser, traduire via des propriétés P_i un *troublemaker* ? Pour ce faire, nous proposons une démarche consistant à construire un tableau en cherchant à extraire les propriétés P_i distinguant les attributs spécifiques portés par un *troublemaker* vis à vis de l’opposé de ce même *troublemaker*, par comparaison de ces deux entités, les propriétés identifiées comme distinctives apparaissant dans les différentes lignes. La Figure 3-6 propose un exemple de travail effectué sur la proposition « voiture-bateau »⁷⁸, où ont été recherchées

⁷⁷ Nous avons vu au précédent Chapitre (2.3.2.2.) les conditions d’une bonne disjonction sémantique du concept initial et notamment comment s’assurer du sens précis de ses termes, le système de base et donc le *troublemaker*.

⁷⁸ Le sens du terme « bateau » a été préalablement précisé : le *troublemaker* désigne un bateau à moteur et non un voilier ou tout autre type d’embarcations nautiques.

les propriétés distinguant le *troublemaker* « bateau » de « non bateau » (que nous avons restreint au véhicule terrestre « voiture »).

	Attributs spécifiques au bateau / voiture
P _{i1}	Qui flotte
P _{i2}	Sans portes
P _{i3}	Où l'on peut se mouvoir à l'intérieur
P _{i4}	Avec un gouvernail à l'arrière
P _{i5}	...

Figure 3-6 : Recherche des attributs spécifiques au *troublemaker* « bateau ».

Mais il est à noter que l'énoncé de certains *troublemaker* vis-à-vis de leur opposé ne permet pas d'en dégager aisément des propriétés caractéristiques : c'est le cas par exemple de « pour les femmes » (dans « scooter pour les femmes ») ou « *mountain* » (dans « *Mountain* rollers »). Aussi plus pratiquement, nous préconisons donc une variante de ce micro-outil consistant à répertorier et à utiliser à la place quelques exemples significatifs du *troublemaker* et de son opposé, plusieurs colonnes pouvant être alors mobilisées. Ainsi, pour le cas de « *Mountain* rollers », nous avons pu caractériser la notion de « tout terrain » sous forme de propriétés P_i en listant les différences entre plusieurs produits tout terrain (VTT, moto de cross ...) et d'autres qui ne l'étaient pas (vélo urbain, scooter ...), comme l'illustre la Figure 3-7.

	Attributs spécifiques au VTT / vélo urbain	Attributs spécifiques à la Moto cross / scooter	...
P _{i1}	Avec une fourche amortisseur	Avec une fourche de grand amplitude	
P _{i2}	Avec des pneus larges et crantés	Avec des pneus larges et crantés	
P _{i3}	Avec des grandes roues	Avec des roues de grand diamètre	
P _{i4}	...	Avec des roues à rayons	
P _{i5}		avec une garde au sol importante	
P _{i6}		...	

Figure 3-7 : Recherche des attributs spécifiques au *troublemaker* « *Mountain* ».

En deuxième lieu, nous notons que les acteurs de la conception ont, en travaillant sur des propositions novatrices, même sans organiser de séances de créativité à proprement dit, une propension naturelle à émettre des idées, à citer des exemples, plus généralement à en imaginer des traductions plus précises. Cette génération d'idées a déjà pour intérêt d'aider les acteurs à se projeter vers un champ de possibles découlant du concept initial, ce qui n'est pas anodin car l'énoncé d'une proposition initiale peut au départ apparaître assez « désarmante » et laisser dubitatif quant aux déclinaisons qu'elle recouvre. Parce qu'il est en outre possible de les exploiter, de s'en servir pour identifier des propriétés P_i, cela constitue une deuxième approche possible, comme énoncé précédemment.

Des idées peuvent en effet servir à identifier des propriétés P_i , celles qui les caractérisent en fait, une idée n'étant intrinsèquement qu'un dérivé du concept initial auquel a été adjointe une combinaison de propriétés. Pour se faire, nous proposons un procédé permettant de « déshabiller » ces idées émises des propriétés P_i qu'elles portent : pour chaque idée émise, le travail consiste à identifier la ou les propriétés P_i qui la caractérise en comparant l'idée en question avec le système de base, par différenciation de ces deux entités. Ce travail peut être synthétisé par un tableau où à chaque colonne correspond une idée émise, les propriétés extraites apparaissant dans les lignes. La Figure 3-8 donne un exemple de ce travail d'extraction des attributs spécifiques d'idées émises pour l'exemple de la proposition inédite « voiture-bateau ».

	Voiture avec un poste de pilotage surélevé / voiture	Voiture amphibie / voiture	...
P_{i1}	avec un poste de pilotage surélevé		
P_{i2}		Qui va sur l'eau	
P_{i3}		Qui flotte	
P_{i4}			

Figure 3-8 : Extraction des attributs spécifiques d'idées émises.

Ce dispositif s'apparente finalement à un moyen d'identifier des propriétés suivant un processus « remontant » visant à les extraire d'une idée déjà émise, en écho à l'approche de modélisation des attributs spécifiques portés par le terme *troublemaker* de la proposition novatrice initiale que l'on peut qualifier elle de « descendante ». Ces deux approches complémentaires permettent donc de relever des propriétés qui vont nous permettre d'engager une démarche d'exploration du champ des possibles traductions de l'impact de la nouvelle intention sur un système de base, exploration se matérialisant par la construction méthodique d'une arborescence, par ajout progressif et conscient des propriétés identifiées, dans l'optique d'atteindre une certaine exhaustivité.

Par contre, il nous faut bien souligner qu'une « simple » démarche de génération d'idées, sans extraction des propriétés qu'elles portent, constituerait une restriction de l'exploration : au-delà de ne pas permettre de circonscrire un nouveau problème de conception, ce qui est notre optique pour initier un raisonnement PST, la non possibilité de construire alors méthodiquement, progressivement et consciemment l'arborescence du champ des possibles déclinaisons d'un concept initial nous éloignerait de l'exploration exhaustive visée.

Quelque soit l'approche permettant d'extraire des propriétés « surprenantes » pouvant potentiellement être ajoutées au concept initial, il convient maintenant de s'intéresser justement à la construction de cette arborescence du champ des possibles déclinaisons d'un concept initial qu'elles permettent. A ce stade, dans les dispositifs « d'extraction » proposés, les propriétés recueillies sont autant de type « objectif fonctionnel » qu'« organique ». Or parce que toute propriété de type organique répond intrinsèquement à un objectif fonctionnel,

mais qu'elle en est en même temps qu'une des alternatives de solution possibles, une seule partition, il nous paraît judicieux de traduire tout attribut organique sous la forme de la fonction de service qu'il satisfait.

Ainsi, dans les exemples présentés ci-avant, de grandes roues dans notre cas des « *Mountain rollers* » s'exprimeront par une « capacité de franchissement » ou bien encore, plutôt que de considérer une voiture « avec un poste de pilotage surélevé », on préférera reformuler et envisager un véhicule « qui se conduit comme un bateau ». Nous remarquons d'ailleurs que cette reformulation recouvre une autre propriété de type organique énoncé, celle intitulée « avec un gouvernail à l'arrière ». Mais elle englobe aussi des interrogations sur la manière de conduire un bateau : est-ce une voiture qui se conduit en position debout ? ou bien une voiture dont l'accélérateur se manipule à la main ? Ces questions et les diverses possibilités d'affiner l'objectif fonctionnel énoncé et donc de circonscrire précisément un nouveau problème de conception est l'objet des actions menées sur la dimension S.

Notons cependant qu'une propriété relative à la suppression d'un organe ou à la modification de l'architecture, ne peut pas elle se « convertir » en une fonction non assouvie par le système dont elle serait une alternative de solution possible. En effet, si l'on considère notre exemple de « voiture bateau », la modélisation du *troublemaker* « bateau » par l'attribut « sans portes » ne répond à aucun énoncé d'objectif fonctionnel amont : c'est simplement la traduction « première » d'une caractéristique d'un bateau. Par contre, comme nous l'avons précédemment vu pour les propositions « hyper-contraintes », le fait de « casser » la structure est suffisant pour initier l'énoncé d'un premier problème de conception inédit à résoudre. Dans la dimension S, nous verrons alors comment spécifier, faire varier et affiner la définition d'un objectif fonctionnel inédit, pour réinventer l'identité du système.

Une fois répertoriées les différentes propriétés pouvant être associées à un concept initial via les dispositifs d'extraction proposés, la démarche ne consiste pas à statuer ou faire un choix sur l'ajout de l'une d'entre elles mais à envisager un travail de combinaison, d'association consciente de ces attributs au travers de la construction d'une arborescence des traductions possibles de l'impact de la nouvelle intention sur la définition du système de base auquel elle est associée. Pour ce faire, il convient d'abord de hiérarchiser les propriétés identifiées suivant leur degré de généralité. La Figure 3-9 fait apparaître le résultat des précédentes opérations de reformulation et de hiérarchisation pour le cas du concept « voiture-bateau ».

Synthèse des Propriétés
extraites (quelque soit le
dispositif d'extraction utilisé)

Hiérarchisation des
Propriétés extraites

	Attributs spécifiques au <i>troublemaker</i> « bateau »	Reformulation en objectif	
P _{i1}	Qui va sur l'eau		1
P _{i2}	Qui flotte		2
P _{i3}	Sans portes		3
P _{i4}	Où l'on peut se mouvoir à l'intérieur		4
P _{i5}	Avec un gouvernail à l'arrière	Qui se conduit comme un bateau	5
P _{i6}	Avec un poste de pilotage surélevé	Qui se conduit comme un bateau	
P _{i7}

Figure 3-9 : Reformulation et hiérarchisation des attributs spécifiques du concept « voiture-bateau ».

Nous disposons alors des ingrédients pour construire l'arborescence des premières déclinaisons de définition du concept initial en visant une certaine exhaustivité : la première partition est relative à l'ajout de la propriété la plus générique sur une branche et à sa négation pour la deuxième branche. La négation de la propriété (deuxième branche) signifie que l'on pas encore traduit le *troublemaker* en une propriété (puisque la première énoncée a été « refusée ») et la démarche consiste alors ensuite à partitionner cette deuxième branche via l'ajout de la deuxième propriété en termes de généralité et ainsi de suite jusqu'à que toutes les propriétés apparaissent dans l'arborescence. On obtient *in fine* l'arbre du champ des orientations de définitions possibles.

La Figure 3-10 représente le type de résultat obtenu pour notre cas de la « voiture-bateau ». Les branches relatives à une propriété « surprenante » (celles de gauche, sous-lignées sur la Figure) définissent une caractérisation différente du nouveau problème de conception à satisfaire et représentent donc une possible prise sur le raisonnement PST, chacune orientée dans une direction fois spécifique en termes de traduction du concept initial.

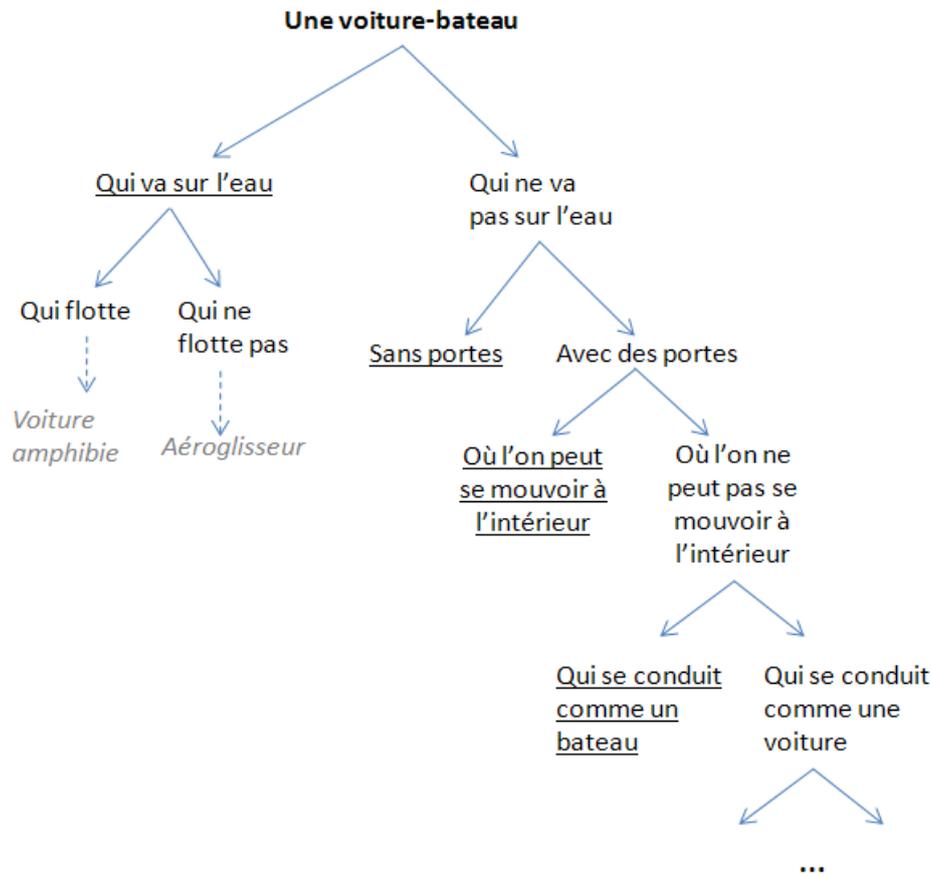


Figure 3-10 : Arborescence des possibles traductions du concept initial

Une fois qu'un premier problème de conception intégrant l'impact de la nouvelle intention sur la définition sur un système de base a été circonscrit, nous considérons que le travail de conception a été orienté, que l'on a pris sur le raisonnement PST qui peut alors débiter. Nous allons voir comment progressivement explorer les espaces de définition de l'artefact de conception, en gérant une dynamique de questions-réponses « Objectifs-moyens-objectifs-moyens-objectifs ... » au travers des dimensions P, S et T. Commençons par présenter les actions menées sur la dimension S et comment sont activées les dimensions P et T.

3.1.3. Actions sur la Dimension S

3.1.3.1. Vers l'affinement du premier problème de conception à résoudre

Nous venons de voir comment obtenir le matériel nécessaire pour débiter le raisonnement de conception sur la dimension S, une proposition où l'ambiguïté générée par l'association d'une nouvelle intention à un système de base a été traduite par l'apport d'une propriété relative à un objectif fonctionnel surprenant et/ou à la modification de la structure ou la suppression d'un organe. Grâce à l'ajout de cette propriété, nous disposons à ce stade d'un premier problème de conception « nouveau ». Dans l'optique de le résoudre, il nous faut en affiner la définition de manière à pouvoir activer la dimension T via la fourniture d'une question précise.

En effet, la condition pour pouvoir actionner la dimension T est la définition d'un problème de conception précis, soit l'énoncé d'un objectif fonctionnel à satisfaire et des contraintes de conception à prendre en compte : ce n'est qu'une fois que l'on pourra formuler une question du type « quels sont les moyens pour résoudre ce problème précis de conception ? » (la question « Comment ? »), que l'on pourra s'attacher à identifier sur la dimension T des alternatives de solutions valides permettant de les assouvir.

Plus généralement, nous verrons que cette problématique d'affiner le problème de conception n'est pas l'apanage du seul premier circonscrit, mais qu'elle est récurrente dans un raisonnement de conception en innovation. Entre le point de départ (ajout d'une propriété qui circonscrit un nouveau problème de conception à résoudre) et le stade du questionnement à la dimension T s'intercale en fait toute une phase de compréhension, de modélisation du problème de conception circonscrit afin d'affiner la définition de ce dernier, pour laquelle la dimension S nous invite à se poser la question « (c'est) Quoi ? ». Intéressons nous sans plus tarder à comment définir avec précision le premier problème de conception à soumettre à la dimension T, consécutivement à la prise sur le raisonnement PST.

Lorsque la prise sur le raisonnement PST se matérialise par l'ajout d'une propriété surprenante de type objectif fonctionnel (propositions de type 2 et certaines de type 3 et 4), qui assure un caractère nouveau au premier problème de conception circonscrit, ce dernier apparaît en même temps « mal défini ». Cela s'explique par le fait que si on a prise sur l'impact de la nouvelle intention en la traduisant par une propriété inédite, il n'en demeure pas moins que l'ambiguïté de la disjonction sémantique n'a pas été à ce stade totalement levée. En d'autres termes, ce n'est pas parce que l'on a orienté le sens que nous donnions à la proposition novatrice initiale que la définition fine de son identité est complètement acquise.

Ainsi, l'ajout d'une propriété de type objectif fonctionnel surprenante semble mériter que l'on vérifie si elle ne revêt pas différentes variantes de signification, ce qui nécessiterait alors d'en restreindre le sens tout en le précisant. Or quelles sont les actions à mener pour converger vers un affinement de la définition de ces objectifs fonctionnels mal définis ?

L'énoncé d'un objectif fonctionnel à satisfaire prend en fait la forme d'une fonction et peut donc s'exprimer par « un verbe et un complément ». La démarche consiste à s'intéresser d'abord aux différentes possibilités de signification que porte le verbe en se posant la question « (c'est) Quoi ? ». Cette idée de discriminer différentes visions de définition d'un objectif fonctionnel, donc d'un problème de conception, nous amène au mécanisme de partition. En effet, en ajoutant une propriété à la définition de l'artefact, on sélectionne un monde, on précise les contours du problème de conception à résoudre : préciser la définition d'un objectif fonctionnel se traduit donc par de nouvelles partitions.

Ainsi, dans le cas d'une « combinaison de surf chauffante », si l'on s'intéresse à la signification précise de « chauffer » de l'objectif fonctionnel « chauffer le surfeur », il est possible d'en faire apparaître différentes alternatives, comme l'illustre la Figure 3-11 : « donner une sensation de chaud », « ne pas refroidir » ou « maintenir une certaine température (chauffer) ». Soulignons le fait que ces partitions s'obtiennent par un travail de modélisation des différentes significations possibles de l'objectif fonctionnel, travail qu'il convient maintenant de préciser.

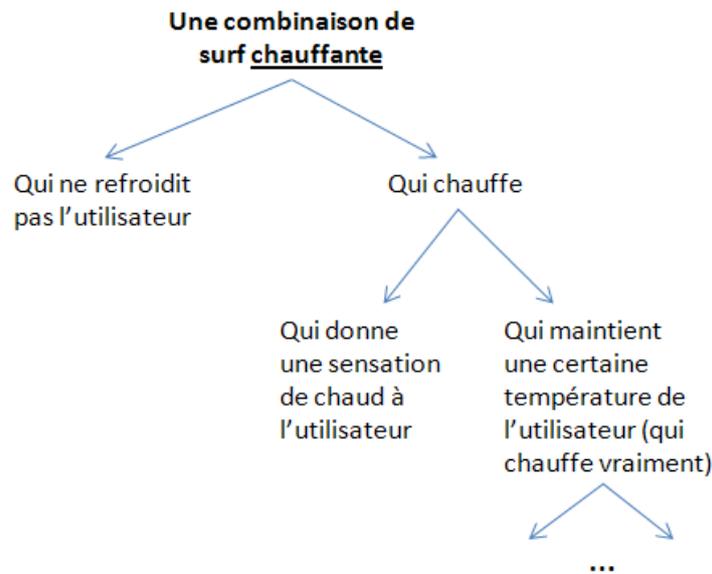


Figure 3-11 : Vers un problème de conception plus précis par un travail d'affinement de l'énoncé de la fonction de l'objectif fonctionnel sur l'exemple du concept de « combinaison chauffante ».

Une première manière de partitionner⁷⁹ consiste à considérer, en échos à l'objectif fonctionnel formulé, la négation de la fonction opposée. Ainsi, dans le cas de la combinaison de surf chauffante, l'opposé de la fonction « chauffer » est refroidir, et l'on obtient l'alternative « ne pas refroidir » qui rejoint la notion d'isolation par exemple.

Concernant l'alternative « donner une sensation de chaud », c'est en s'intéressant à la modélisation des mécanismes de perception de la chaleur par l'être humain qu'il a pu être identifié que les zones de déperdition de chaleur ne correspondent pas au positionnement des thermorécepteurs sensibles au froid de l'homme, dégageant alors deux visions du monde du problème distinctes : « une combinaison annihilant la sensation de froid du surfeur » ou « une combinaison qui chauffe l'utilisateur ».

Mais un objectif fonctionnel ne se réduit pas à l'énoncé d'une fonction dont on vient de voir comment en préciser le sens. Il s'accompagne « théoriquement » d'un objectif chiffré vis-à-vis d'un ou plusieurs critères de conception. Si dans un raisonnement PST, statuer sur un objectif chiffré aurait pour conséquence de restreindre le champ d'exploration des déclinaisons d'un concept, exploration que l'on veut la plus large possible, considérer différents niveaux de chiffrage peut permettre en revanche de catégoriser différentes visions possibles, et donc de partitionner.

Ainsi, si l'on considère par exemple le cas des « Mountain rollers » et qu'on leur associe une capacité de franchissement, il existe une potentielle partition en faisant « varier » la hauteur des obstacles : si la hauteur franchissable est de l'ordre du centimètre, le roller s'apparente davantage à un roller « tout chemin » alors que si la hauteur de franchissement permise est de l'ordre du décimètre, nous pouvons davantage évoquer un roller « tout terrain ».

Derrière l'ajustement de la hauteur de franchissement, on distingue bien deux énoncés de fonction précise, chacune relative à une vision du monde du problème, qui potentiellement offrent des « capacités d'usage » différentes, s'adressant à des utilisateurs distincts. Nous voyons là des liens avec les aspects appartenant à la dimension P, garante de la valeur de la

⁷⁹ Notons que ce procédé ne s'applique pas à tous les cas rencontrés.

proposition, définie relativement aux besoins potentiellement assouvis. Nous pouvons d’ores et déjà insister ici sur le fait que le rôle de la dimension P ne se résume pas à une simple caractérisation de la valeur de la formulation d’un objectif fonctionnel mais qu’il s’agit bien plus d’une exploration « active » des potentiels besoins auxquels pourrait répondre le système en cours de définition.

En l’occurrence, elle participe à ce stade à délimiter différentes visions possibles de l’objet, soit à partitionner. Ce type de partition ne se caractérise pas par l’énoncé d’une fonction distinctive mais par la spécification de « conditions de conception » qui lui sont associées. Nous entendons par condition de conception, un ou des critères distinctifs d’une partition, qui amèneront à s’intéresser à des problèmes de conception différents suivant le choix de la partition effectuée. La Figure 3-12 illustre le cas de nos *Mountain rollers*, pour lesquels nous verrons par la suite que le choix d’une hauteur d’obstacles conséquente amène des problèmes de conception importants et spécifiques à cette partition.

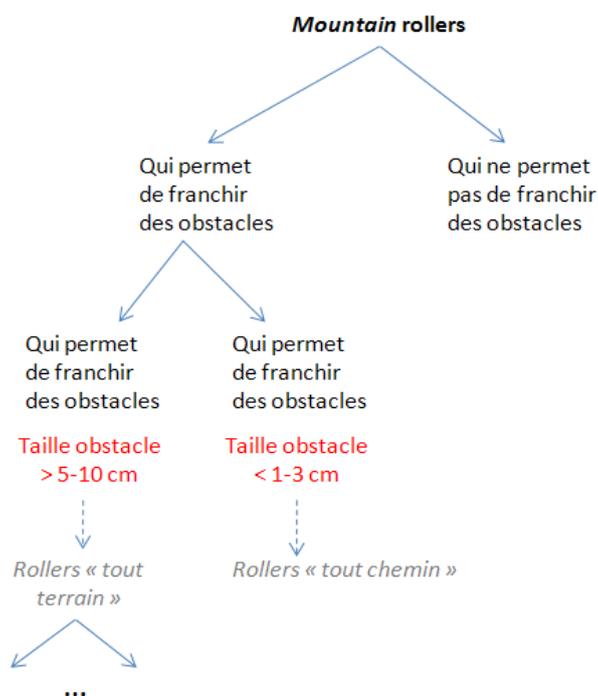


Figure 3-12 : Vers un problème de conception plus précis par un travail d’affinement du niveau de satisfaction de l’objectif fonctionnel sur l’exemple du concept de « Mountain rollers ».

Enfin, le travail d’affinement de l’énoncé d’une fonction inédite peut amener à ajouter des contraintes spécifiques qui traduisent justement l’aspect surprenant du premier problème de conception circonscrit. En effet, un problème de conception se compose de deux éléments, un objectif fonctionnel à satisfaire et des contraintes à prendre en compte. Si lors de la prise sur le raisonnement PST par l’ajout d’une propriété originale de type objectif fonctionnel, c’est souvent l’affinement de la signification et du niveau de satisfaction de cette fonction qui permet de partitionner, de dégager différentes alternatives de la définition du problème de conception à considérer, il est aussi possible de spécifier un problème de conception inédit par l’énoncé d’un objectif fonctionnel très « classique » mais accompagné de contraintes surprenantes.

Ainsi, dans notre exemple de la « voiture-bateau », si l’on considère que la prise sur le raisonnement PST s’effectue à partir de la propriété « qui se conduit comme un bateau », et

comme le montre la Figure 3-13, l'énoncé de la fonction et de son niveau de satisfaction ne semblent pas mériter de précisions (contrôler la trajectoire du véhicule pour rester sur la route) mais par contre le travail d'affinement va se traduire par des contraintes spécifiques : c'est par l'énoncé et le choix des contraintes inédites que l'on affine le problème de conception à partir de l'énoncé d'un objectif fonctionnel.

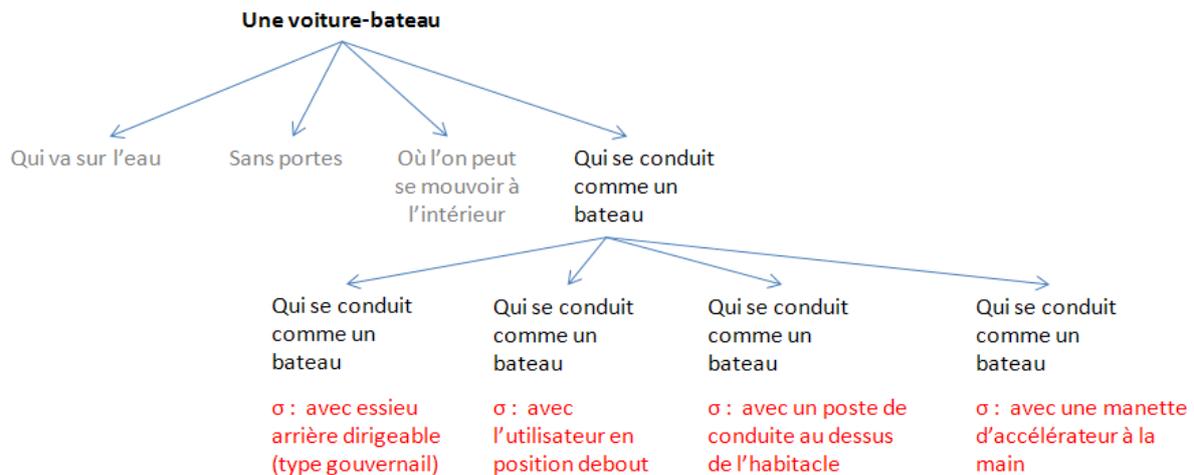


Figure 3-13 : Vers la détermination d'un nouveau problème de conception via l'association d'une contrainte inédite à l'énoncé d'un objectif fonctionnel « classique ».

La deuxième manière de prendre prise sur un raisonnement PST consiste, comme on l'a vu, à « casser », à remettre en cause la « structure organique » d'un système de base existant (suppression d'un composant, modification architecture ...). Ces cas là amènent à s'interroger sur la définition précise d'un nouveau problème de conception, ou plus exactement à se réinterroger sur une ou des fonctions mises à mal par l'ajout de la propriété surprenante qui modifie le champ des contraintes. En effet, la présence d'un organe (composant, module, dimension ...) ayant pour but de satisfaire une ou plusieurs fonctions, une remise en cause de la « structure organique » d'un produit fait par conséquent apparaître de nouvelles questions sur la satisfaction de certaines fonctions.

En fait, la signification et le niveau de satisfaction souhaité d'un objectif fonctionnel ne sont pas impactés à proprement dit. On n'est plus dans la situation d'un énoncé d'une fonction plus ou moins « mal définie ». Par contre, l'apparition de contraintes nouvelles et spécifiques redéfinit elle les contours du problème de conception, assurant son aspect inédit. Ainsi, suite à ce type de première prise sur le raisonnement PST, il convient de se poser la question suivante : quelles sont la ou les fonctions du système de base impactées et donc à reconsidérer ? L'ajout de la propriété surprenante se traduit lui en une contrainte inédite qui amènera les acteurs de la conception à envisager des alternatives de solution « forcément » nouvelles.

Ainsi, dans notre exemple de la « voiture-bateau », si la prise sur le raisonnement PST s'effectue via l'ajout de la propriété « sans portes latérales », nous comprenons que la fonction « s'installer à bord du véhicule » doit être reconsidérée, en tenant compte de cet attribut inédit (« sans portes latérales »), comme le montre la Figure 3-14. Un cas tout aussi probant est celui de la chaise révolutionnaire à laquelle a été ajoutée la propriété « sans pieds » qui amène à poser la question suivante à la dimension T : comment permettre d'être en équilibre en position assise (avec la contrainte d'une chaise sans pieds) ? Quelles sont les architectures possibles ?

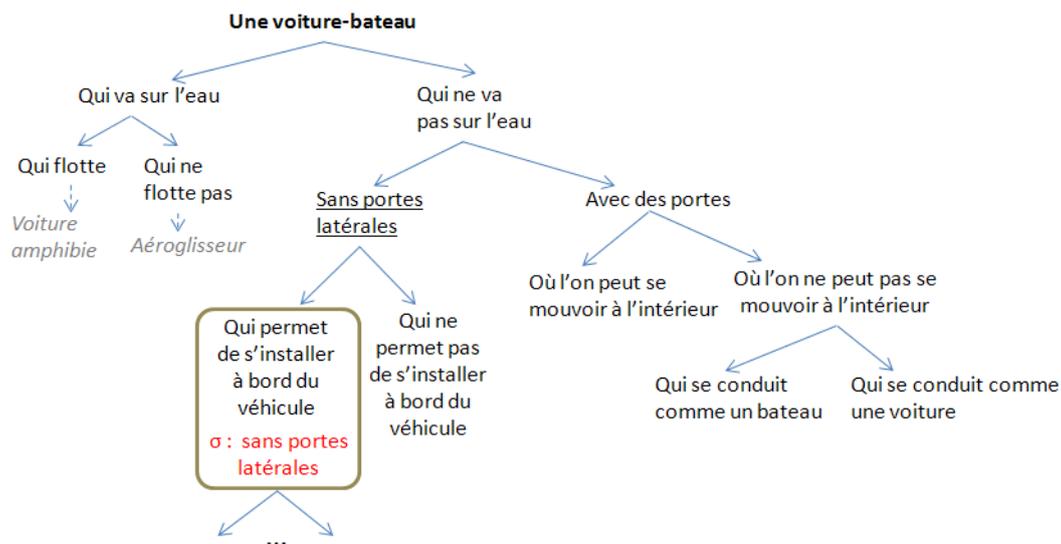


Figure 3-14 : Enoncé d'un nouveau problème de conception associant un objectif fonctionnel mis à mal par la suppression d'un organe, cette dernière constituant aussi une contrainte inédite

Nous allons voir maintenant que cette démarche visant à préciser un problème de conception est en fait récurrente dans un raisonnement PST.

3.1.3.2. Spécification des autres problèmes de conception au cours d'un raisonnement PST

La conception exploratoire suivant une dynamique de questions-réponses « Objectifs-moyens-objectifs-moyens-objectifs ... », nous comprenons qu'une fois qu'un premier problème de conception a été défini avec précision, consécutivement à l'ajout de toute propriété de type organique issu de la dimension T, le travail sur la dimension S consiste à définir l'énoncé d'un nouveau problème de conception : l'ajout d'une propriété P_i de type organique, en même temps qu'il modifie la définition d'un système en cours d'élaboration, impacte directement la définition du prochain problème de conception à résoudre. En d'autres termes, bien souvent, la résolution d'un problème de conception amont, du fait des effets « périphériques » des choix de conception effectués, influe sur la définition du problème de conception aval, et peut même générer toute une chaîne de problèmes de conception, en cascade.

Plus précisément, certains choix précédemment effectués sur la définition de l'objet de la conception vont amener des contraintes spécifiques. Ainsi, dans le cas des « Mountain rollers », si l'on ajoute un attribut stipulant que le système est équipé de roues de grand diamètre pour satisfaire l'objectif de service « franchissement », ce choix n'est pas anodin en ce sens qu'il apporte de nouvelles interrogations sur l'équilibre du pratiquant ou sur la maniabilité de l'engin. Ces nouvelles problématiques identifiées sur la dynamique des « Mountain rollers » sont à la base de la définition du ou des prochains problèmes de conception à résoudre, en même temps qu'elles découlent de la satisfaction de l'objectif fonctionnel amont « franchissement ».

Ainsi, au cours du raisonnement PST, suite à l'ajout d'une propriété de type organique, il convient de se poser d'abord la question suivante : quelles sont les fonctions à considérer au regard des partitions préalablement effectuées ? Cette interrogation nécessite un travail de modélisation du ou des problèmes engendrés. Ces fonctions peuvent appartenir au système de

base que l'on « déforme », ont été mises à mal et sont donc à reconsidérer à cause de contraintes inédites qui ont émergées. Mais lors de l'ajout d'une fonction inédite au système de base, telle que la fonction « chauffante » associée à la combinaison de surf, de certaines propriétés de type organique originale ou *a fortiori* lorsque le système de base n'existe pas, ce sont bien des problèmes de conception inédits auxquels on se confronte, avec des objectifs fonctionnels à satisfaire nouveaux, au-delà de contraintes spécifiques.

Plusieurs fonctions peuvent être à considérer ou reconsidérer. Dans le but de solliciter la dimension T avec l'énoncé d'un problème de conception « précis » à satisfaire, il convient donc ensuite de hiérarchiser leur degré de priorité pour ne traiter qu'un objectif fonctionnel à la fois. Cependant, ce n'est pas toujours possible. En effet, il existe deux cas possibles : soit les fonctions à satisfaire sont découplées, auquel cas le problème de conception contiendra un seul objectif fonctionnel, celui qui semble le plus générique étant prioritaire, soit toutes ou seulement certaines sont couplées. Nous définissons par fonctions couplées des fonctions qui ont en commun un paramètre de conception. La résolution de chacune semble dépendante des autres, ce qui sous-entend de nécessaires compromis pour les satisfaire toutes à la fois mais aussi que l'on doit les considérer ensemble, dans un même problème de conception. Dans la dimension T, il s'agira de chercher des solutions répondant à toutes les fonctions à la fois.

Ainsi, dans notre cas des *Mountain rollers*, suite à l'ajout de la propriété « roue de grand diamètre supérieur à 20 cm » émerge un problème de conception relatif à la dynamique lors de sa pratique et qui intègre trois fonctions (« permettre l'équilibre avant-arrière », « permettre l'équilibre latéral » et « permettre de suivre une trajectoire ») couplées car dépendantes toutes trois de la position des roues vis-à-vis de la platine⁸⁰.

Remarquons que lorsqu'une fonction appartenant au système de base doit être reconsidérée à cause de contraintes inédites provenant de partitions effectuées, il nous semble judicieux dans un souci d'exhaustivité de se poser la question de sa nécessité. En effet, par exemple sur un système fonctionnant sur batterie, s'il s'avère que l'architecture imaginée jusqu'alors semble la rendre inaccessible, on peut légitimement s'interroger sur la nécessité de satisfaire la fonction « pouvoir changer la batterie ». Si l'on travaille sur un produit « *low-cost* », cette problématique devient encore plus prégnante car créer une rupture sur le prix et donc *a priori* sur les coûts semble nécessiter de remettre en cause la satisfaction de certaines fonctions. Pour répondre à cette question, il s'agit en fait d'interroger la dimension P sur la valeur pour l'utilisateur des différents choix de partition possibles.

Mais une fois le ou les objectifs fonctionnels identifiés, comme nous l'avons précédemment spécifié, c'est bien souvent les contraintes spécifiques qui sont associées qui assurent un aspect inédit à la définition du nouveau problème de conception que l'on cherchera à résoudre ensuite au sein de la dimension T. Là, ces contraintes permettront de valider ou non les alternatives de solutions générées, restreignant certes le champ des possibles mais obligeant en même temps les acteurs de la conception à imaginer les solutions spécifiques dont on a besoin.

Ces contraintes sont principalement les propriétés de type organique qui ont déjà été associées à la définition du concept novateur et qui découlent des interrogations relatives à la nouvelle intention et à ses impacts. Ainsi, dans le cas de nos *rollers* « franchiseurs », l'une de ces contraintes « déduites » est relative à l'attribut stipulant que le système est équipé de roues de grand diamètre (la capacité de franchissement étant liée au quart du diamètre d'une roue) : si cette dimension inédite amène à formuler de nouveaux problèmes à considérer (sur l'équilibre

⁸⁰ La platine d'un *roller* est le châssis qui soutient le chausson et sur lequel sont fixées les roues.

du pratiquant ou sur la maniabilité de l'engin), elle impacte aussi irrémédiablement le champ des possibles au niveau de la structure de l'objet à concevoir et constitue donc une contrainte dont il faudra tenir compte tout au long de la suite du raisonnement PST.

Sinon, il peut être relevé des contraintes de conception plus « insidieuses », relatives aux éléments spécifiques du nouveau monde du problème (nouveau contexte d'usage, nouvelles normes à considérer ...) et aux lois de la physique. Ainsi par exemple, dans notre cas des *Mountain rollers*, s'intéresser à la problématique de l'équilibre, qu'il soit avant-arrière ou latéral, fait apparaître une nouvelle contrainte de conception relative aux lois de la physique : la hauteur de la platine ne peut excéder une certaine hauteur (de l'ordre de quinze centimètres) si l'on veut éviter une instabilité importante de l'objet. Cette contrainte de conception, qui n'avait pas lieu d'être sur des rollers « classiques » au vu du faible diamètre des roues, prend dans notre cas une importance certaine lorsque les dimensions de la roue s'accroissent mais aussi vis-à-vis du profil topographique de montagne. La Figure 3-15 illustre pour le cas des *Mountain rollers*, la spécification précise du problème de conception qui intègre à la fois les trois fonctions couplées définies précédemment, la contrainte déduite de la roue de grand diamètre et cette contrainte relative aux lois de la physique que nous venons d'identifier.

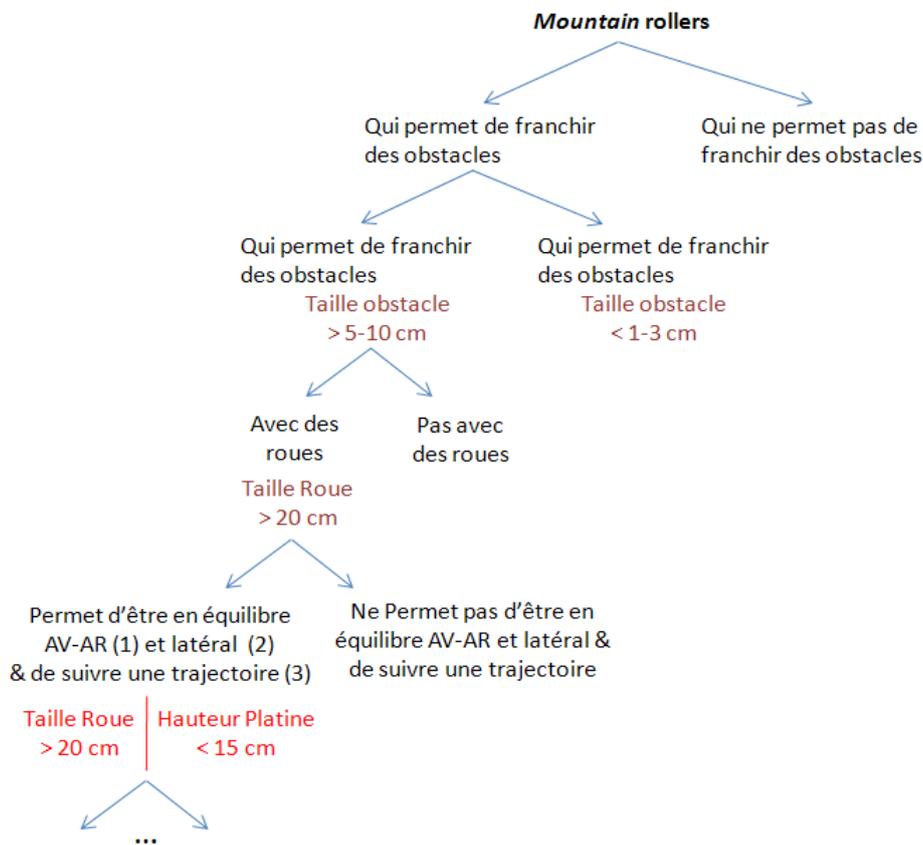


Figure 3-15 : Enoncé d'un problème de conception comportant trois objectifs fonctionnels couplés, une contrainte déduite et une contrainte « construite ».

Dans les actions à mener au sein de la dimension S pour déterminer à la fois un objectif fonctionnel clairement défini et les critères de conception associés, nous pouvons remarquer qu'il est nécessaire de comprendre et de se représenter les problèmes de conception qui émergent. La modélisation à proprement dit de ses différents aspects peut être plus ou moins aisée et est relative aux spécificités du monde « sélectionné » et surtout aux connaissances que l'on en a. Si l'on a les connaissances, ou que celles-ci sont « accessibles », la

modélisation peut être *quasi* immédiate, mais elle peut aussi nécessiter la compréhension de phénomènes plus ou moins complexes (par exemple les lois d'équilibre avec des rollers au pied), qui peuvent s'imbriquer en « cascade ». Cette activité de modélisation, qui apparaît d'ores et déjà essentielle au raisonnement PST, sera étudiée plus en détails ultérieurement (Partie 3.2.).

Si la dimension P peut être sollicitée pour explorer différents potentiels d'usage pour affiner davantage l'énoncé d'une fonction et donc un problème de conception à résoudre, la dimension S, sous l'égide de la question « (c'est) Quoi ? » et des actions qu'elle chapote visant à comprendre, caractériser, restreindre et affiner des problèmes de conception, a pour but d'activer la dimension T, celle où l'on peut alors envisager les différentes alternatives de solutions répondant à la question « Comment ? ». Intéressons nous justement maintenant aux actions à mener au sein de cette dimension T.

3.1.4. Actions sur la Dimension T

3.1.4.1. Exploration du champ des possibles alternatives de solution

Une fois formulé un problème de conception précis, il convient dès lors d'explorer l'ensemble des alternatives permettant d'y répondre, soit de générer tous les moyens permettant de répondre à la question « Comment ? ». Comme nous l'avons vu lorsque nous avons décrit une propriété de type organique, les alternatives de solution recherchées peuvent suivant l'avancement du raisonnement de conception prendre la forme d'une architecture, de composants ou d'un attribut caractérisant leur nature, leur type, leur technologie, leurs caractéristiques ...

Lorsqu'une question sur la réalisation d'une fonction est posée à la dimension T, le travail consiste à répertorier les alternatives de solution adéquates : par défaut, cette recherche repose sur les connaissances, l'expérience ou l'imagination des acteurs de la conception. Pour lister ces différents moyens, ils peuvent aussi s'aider de bases de données, d'abaques, de bibliothèques de solutions, telle que par exemple le module « *Invention machine problem manager* »⁸¹ dans le logiciel CATIA⁸², ou encore activer un réseau de personnes plus ou moins formel (communauté) ou de relations privilégiées avec certains partenaires et fournisseurs. Enfin, notons que certains outils de créativité, nous pensons plus particulièrement à ceux de la méthode ASIT, peuvent permettre de générer davantage d'idées de solution.

Dans la perspective d'explorer le plus large éventail d'alternatives de solutions possibles, nous proposons là aussi de construire une arborescence. Pour sa construction, la démarche consiste d'abord, une fois répertorié un ensemble d'alternatives possibles via les pratiques évoquées précédemment, à chercher leurs points communs et les points les différenciant pour pouvoir ensuite les catégoriser. Ce peut être par exemple le type de source d'énergie qu'elles requièrent, la ou les fonctions techniques auxquelles elles répondent, la famille de technologie auxquelles elles appartiennent, le principe conceptuel qui les régit ... Bref, les critères pour catégoriser sont multiples. Par contre, ils doivent être de nature objective et « dénombrable », et ne peuvent donc pas être fondés sur des appréciations subjectives.

⁸¹ Ce module est en fait l'intégration de certaines fonctionnalités, dont la bibliothèque de solutions, d'un logiciel pour la pratique de la méthode TRIZ : Techoptimizer.

⁸² CATIA : un des logiciels de CAO référence.

Ensuite, à partir de ces attributs caractérisant chaque alternative, il est possible de progressivement construire l'arborescence, en séparant des ensembles d'alternatives. Par l'ajout d'une propriété qui apparaît générique vis-à-vis de certaines alternatives mais qui les distingue d'autres, il est ainsi possible de partitionner. En procédant ainsi vis-à-vis de plusieurs critères de partitionnement, l'arborescence s'élabore peu à peu, ce jeu de construction se continuant jusqu'à ce que toutes les alternatives de solution apparaissent positionnées. La Figure 3-15 fournit un exemple sur un cas abstrait : face à trois alternatives de solution satisfaisant une fonction X, des critères de partitionnement sont d'abord relevés puis exploités, après leur hiérarchisation (« forme » est un critère de partitionnement plus générique que « couleur »), pour reconstruire l'arborescence des alternatives.

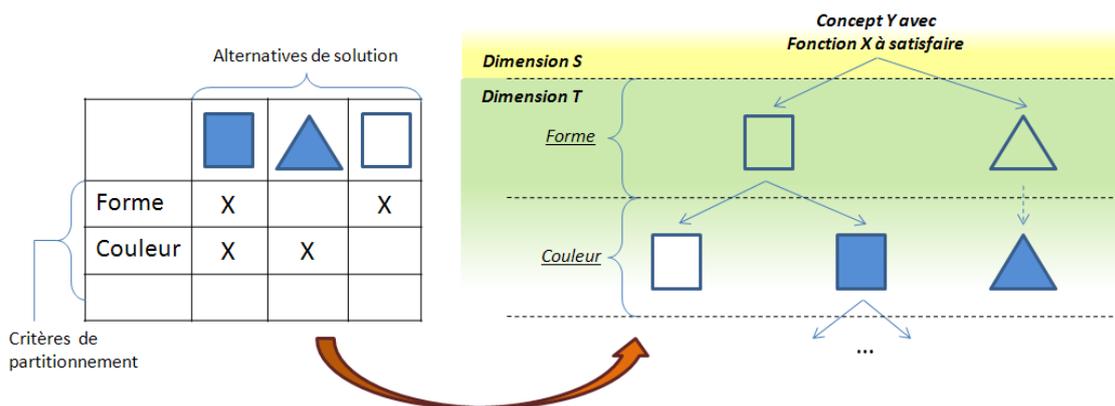


Figure 3-15 : Reconstruction de l'arborescence d'alternatives de solution émises à partir de leur comparaison.

Cependant, nous comprenons aisément que ce jeu de construction devient assez vite complexe lorsque le nombre d'alternatives de solution augmente. Ainsi, déjà à partir de 5 ou 6 alternatives à positionner dans une arborescence, il peut apparaître quelques difficultés à effectuer ce travail sans s'y reprendre en plusieurs itérations. Là, parce que quelque soit le nombre d'alternatives de solution identifiées, elle semble permettre potentiellement la reconstruction d'une arborescence, la théorie des graphes⁸³ fut donc un temps envisagé. Mais la détermination de critères de classification satisfaisants (en nombre suffisant, non redondants, suffisamment distinctifs et non complémentaires deux à deux ...) s'avère en fait difficile (tout du moins pour les non initiés).

Aussi, il nous semble plus judicieux de proposer une approche basée sur la coévolution entre la génération d'alternatives de solution et la construction de l'arborescence. En effet, plutôt que d'attendre d'avoir un nombre conséquent de solutions pour chercher ensuite à les catégoriser et les ranger au sein d'une arborescence, nous proposons de construire cette dernière pas à pas, en ne considérant que quelques alternatives à la fois. En procédant ainsi, de nouvelles alternatives émergentes peuvent d'une part plus facilement être positionnées dans l'arborescence. D'autre part, l'identification de premiers critères de partitions participe à l'exploration d'alternatives de solution possibles mais non encore énoncées, dans ce sens que

⁸³ Utilisée notamment en informatique, la théorie des graphes a pour but de structurer des données sous forme de graphe. Un arbre est un cas particulier de graphe. Face à un ensemble d'éléments, la démarche consiste à définir des classes auxquelles les données appartiennent (valeur 1) ou pas (valeur 0). Une fois chaque élément caractérisé, chaque élément représentant un nœud (une branche qui se sépare) de l'arbre à construire, on détermine sa position en calculant le vecteur distance le séparant de chacun des autres nœuds. En fait, si cette approche peut paraître longue et fastidieuse, ce qui nous intéresse est qu'il est possible d'envisager une micro-application logicielle permettant, une fois les éléments caractérisés, de construire directement la structure de données en forme d'arbre.

de nouvelles interrogations localisées et spécifiques à une partition pourront être posées ou plus simplement encore en balayant toutes les solutions que chapote un critère de partitionnement.

Ainsi, dans le cas des *Mountain rollers*, deux types d'alternatives peuvent être rapidement envisagées : soit les roues sont positionnées dessous la platine, soit elles sont positionnées devant et derrière. Le travail de comparaison permet aussi d'identifier un deuxième critère de différenciation, le nombre de roues qui peut être variable dans le premier type identifié.

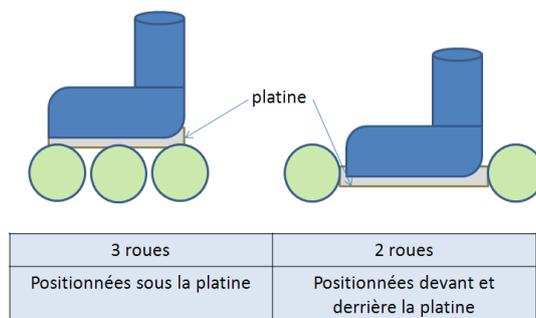


Figure 3-16 : Caractérisation des attributs différenciant deux alternatives de solution.

Cependant, parce que ce dernier type ne permet pas a priori de respecter le critère de hauteur de la platine, qui doit être inférieur à 15 cm, il apparaît une question plus localisée au sein même de la dimension T : comment réaliser des rollers avec des roues positionnées dessous la platine sans que la hauteur n'excède les 15 cm ? Ce problème qui apparaît sur-contraint amène à libérer une contrainte existante. En l'occurrence, on s'aperçoit que les roues n'ont été envisagées que dans une position perpendiculaire à la base du chausson. Ce travail de modélisation amène alors à considérer des roues positionnées en biais, ce qui ouvre tout un nouveau champ de solutions possibles (relatif aux critères de partitionnement « nombre de roues » et « orientation des roues ») comme le montre la Figure 3-17 : les roues en biais, sont-elles au nombre de 2, de 3 ou plus ? Sont-elles orientées vers l'intérieur, vers l'extérieur ou de manière alternée ?

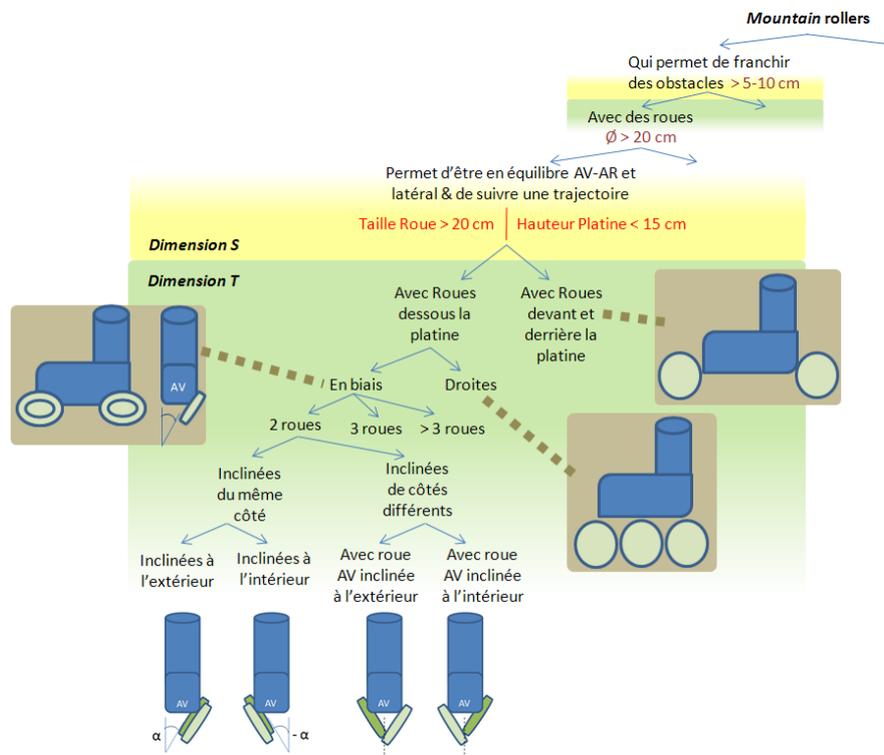


Figure 3-17 : Arborescence des différentes alternatives de solution de *Mountain rollers* notamment relatives aux critères de partitionnement « nombre de roues » et « orientation des roues ».

Le cas de la combinaison de surf à laquelle on associe la fonction chauffante fournit un autre exemple de cette coévolution entre la génération d'alternatives de solution et la construction de l'arborescence. Parmi les premières alternatives de solutions techniques qui émergent, nous en considérons trois : une batterie associée à une résistance chauffante, des cellules à effets Peltier et des accumulateurs thermiques à changement de phase. Une première analyse fait apparaître que les cellules à effet Peltier nécessitent elles aussi (comme la résistance chauffante) une source d'énergie pour constituer une alternative à part entière. Mais elle permet surtout une modélisation via une décomposition fonctionnelle des différentes solutions, telle que le montre la Figure 3-18 : les deux premières se traduisent par une « stratégie » où il y a d'abord apport d'énergie et ensuite transformation en chaleur alors que la dernière s'apparente à un apport de chaleur direct.

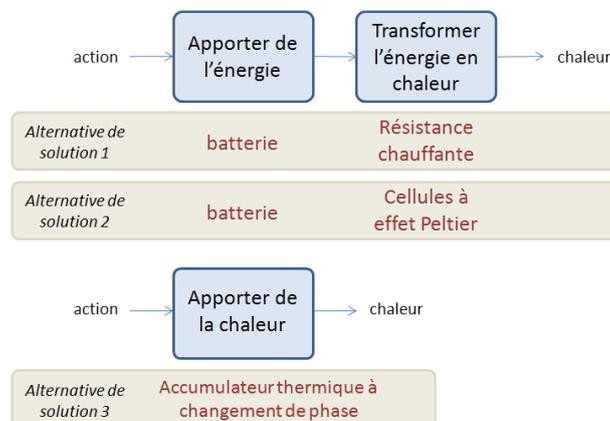
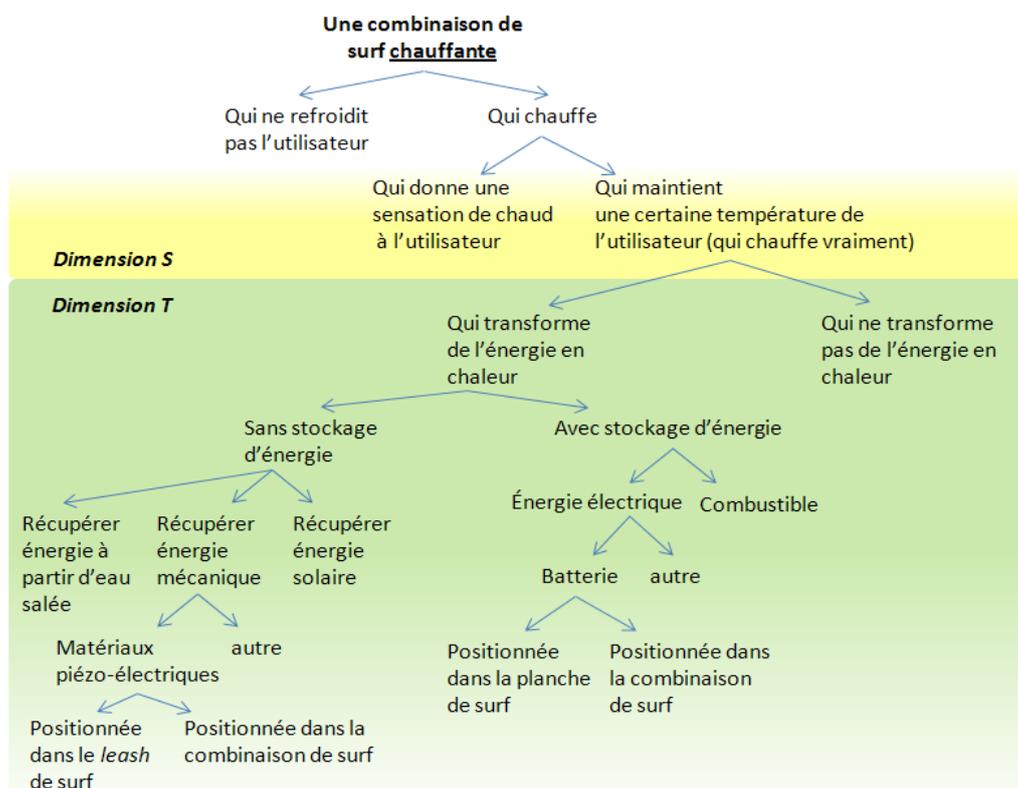


Figure 3-18 : Décomposition fonctionnelle des 3 alternatives de solution considérées.

Cette première modélisation va contribuer à la construction de l'arborescence. D'abord, en recherchant tous les moyens pour apporter de l'énergie (alternative 1 et 2) dans le contexte d'usage de la pratique du surf, émerge rapidement la distinction de solutions avec stockage d'énergie et sans stockage. Ces dernières nous amènent alors à nous interroger sur les énergies disponibles « naturellement », tels que le soleil ou le vent.

Là, pour élargir le champ d'investigation d'alternatives de solutions, nous proposons l'approche consistant à identifier les différents constituants du monde du problème⁸⁴, et une fois répertoriés, d'envisager pour chacun d'eux la possibilité qu'ils permettent de réaliser la fonction voulue⁸⁵. Dans notre cas de la combinaison de surf chauffante, cela revient à considérer le soleil, l'air, la planche de surf, le *leash*⁸⁶ de surf, le surfeur ou encore l'eau salée comme de possibles éléments permettant d'apporter de l'énergie. Ainsi la salinité l'eau de mer environnante n'offre t'elle pas par exemple quelques opportunités via des réactions chimiques ? Les mouvements du surfeur peuvent eux permettre de récupérer de l'énergie via des matériaux piézo-électriques. Cette technologie, si elle semble devoir être positionnée de prime abord sur la combinaison de surf en elle-même, on peut aussi considérer l'utiliser sur le *leash*. En cela, cet objet contribue alors lui-même à l'apport d'énergie. La Figure 3-19 illustre les premières partitions de l'arborescence des alternatives de solution qui peuvent être esquissées suite à ces interrogations.



⁸⁴ Il est important de spécifier que les éléments peuvent être extrinsèques ou intrinsèques au système à concevoir. En fait, dans les premières « strates » d'un raisonnement, les éléments du monde du problème peuvent être externes à l'objet de conception car on s'intéresse aux fonctions de service qui peuvent être en lien avec le contexte d'usage, l'environnement du produit. Mais plus en aval, lorsque la définition de l'objet de conception a convergé et concerne alors davantage des fonctions techniques, les constituants du monde du problème prennent plutôt la forme de composants ou de groupes fonctionnels, internes à l'objet que l'on conçoit.

⁸⁵ Cette démarche est inspirée du premier outil de la méthode ASIT qui lui-même intègre la notion d'analyse des ressources de TRIZ : l'idée est de tenir compte des ressources et champs disponibles et inexploités.

⁸⁶ Le *leash* de surf est l'accessoire reliant le surfeur à sa planche afin qu'il récupère cette dernière plus facilement après une chute.

Figure 3-19 : Premières partitions dérivant de la décomposition fonctionnelle d'alternatives de solution pour satisfaire la fonction chauffer sur une combinaison de surf.

Ensuite, toujours vis-à-vis de la décomposition fonctionnelle des alternatives 1 et 2, l'interrogation porte sur les moyens permettant de transformer de l'énergie en chaleur. En cherchant à caractériser davantage les deux solutions envisagées, on s'aperçoit que toute deux s'inscrivent dans un principe de chauffe « électro-physique ». Plusieurs questions émergent alors : n'y t-il pas d'autres principes possibles, tels que « électromécanique » ou « électrochimique » ? N'existe-t-il pas d'autres solutions s'inscrivant dans le même principe que les deux alternatives déjà identifiées ?

En échos à ces interrogations apparaît notamment l'idée de générer de la « friction » pour stimuler la circulation sanguine du surfeur. Cette alternative de solution est alors intéressante car elle montre qu'une autre voie à celle s'inscrivant dans la logique de diffuser de la chaleur est possible : on peut réchauffer le surfeur sans apport de chaleur. En parallèle à ce travail, les réflexions sur les moyens de chauffer via des systèmes stockant de la chaleur (alternative 3 des accumulateurs thermiques à changement de phase) font apparaître l'idée d'un « gel à mémoire thermique », qui elle fait survenir une nouvelle sous-fonction non considérée jusque là et pourtant nécessaire, la répartition de la chaleur sur le corps du surfeur. Nous comprenons aisément que l'émergence de ces nouvelles alternatives de solution et des questions qui les accompagnent amène à reconsidérer la décomposition fonctionnelle faite initialement. La Figure 3-20 montre justement l'évolution de l'arborescence et la nouvelle décomposition fonctionnelle envisagée alors.

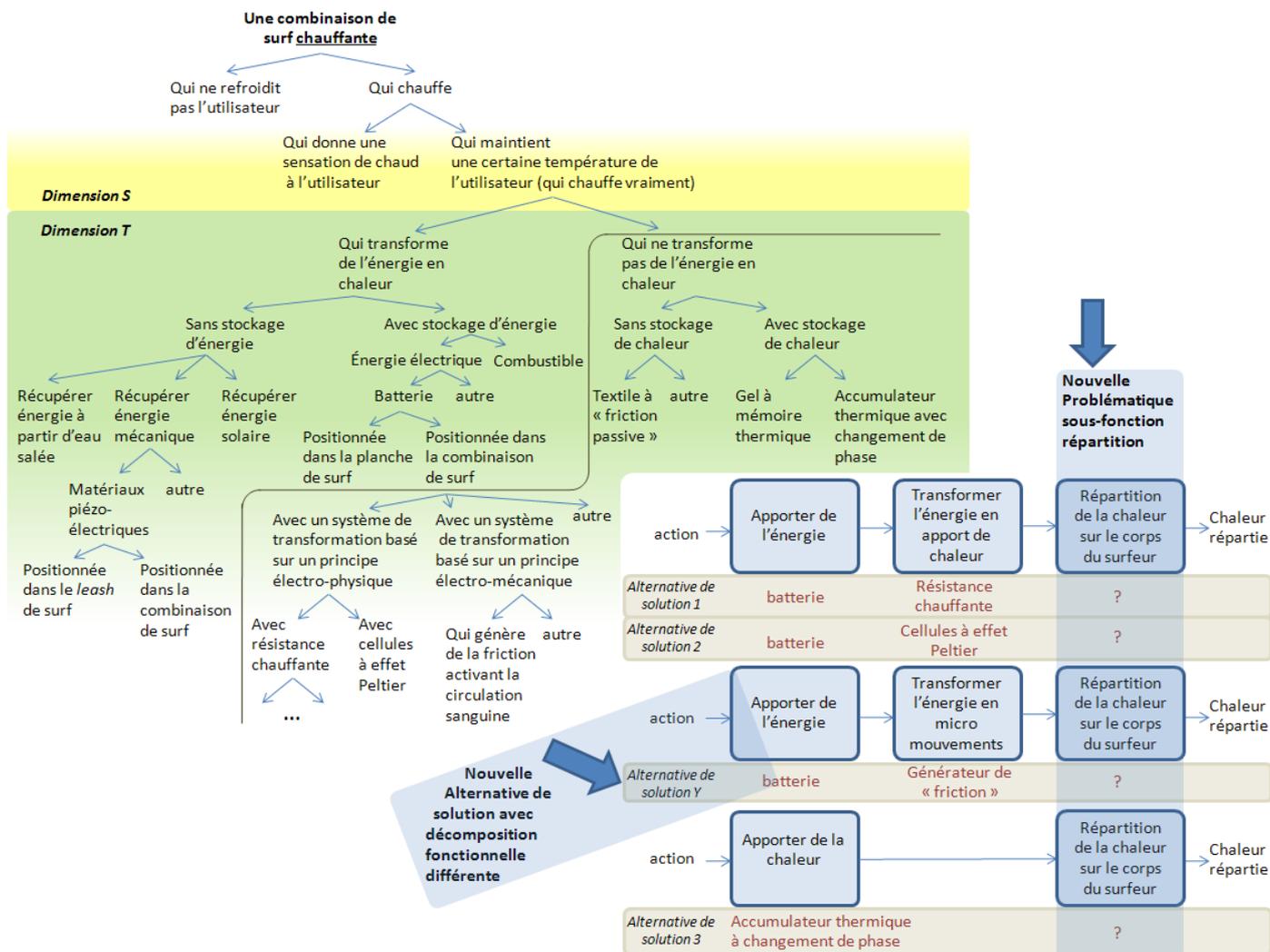


Figure 3-20 : Evolution de l'arborescence et nouvelle décomposition fonctionnelle des moyens pour satisfaire la fonction chauffer sur une combinaison de surf.

Dans cette coévolution entre la génération d'alternatives de solution et la construction de l'arborescence, il nous faut remarquer le rôle déterminant de la modélisation. En effet, sans ce travail de décomposition fonctionnelle, de caractérisation d'attributs spécifiques à chacune des alternatives de solution, de questionnement, de compréhension et d'effort de représentation de certains phénomènes ou de certaines différences observées, il semble peu aisé d'identifier les critères de partitionnement, critères qui lorsqu'on les fait varier permettent de construire une arborescence en visant l'exploration d'une certaine exhaustivité des voies de solution possibles. En même temps, sans quelques premières alternatives de solution à considérer, la modélisation de leurs spécificités semble aussi difficile. Par conséquent, sur la dimension T, la coévolution entre génération de solutions et construction de l'arborescence nécessite d'avoir énoncé initialement quelques premières alternatives de solution et de mobiliser de manière récurrente l'activité de modélisation.

Maintenant que nous avons vu comment construire une arborescence du champ des alternatives de solution possibles, il nous faut les évaluer, tout du moins statuer sur leur validité.

3.1.4.2. Evaluation des alternatives de solution valides

En échos aux alternatives de solution générées, il nous faut chercher à les évaluer, tout du moins à distinguer celles qui sont valides. Du fait qu'en innovation les spécifications de conception n'ont pas été définies *ex ante*, comme nous l'avons vu, les contraintes de conception associées à l'énoncé d'un problème de conception sont très peu nombreuses voire nulle et donc se prononcer sur une alternative suivant les critères d'évaluation peut se résumer à statuer si la fonction voulue est satisfaite ou non. Par conséquent, nous ne pouvons considérer à ce stade que la validation de chaque alternative de solution : on aboutit ainsi à un ensemble de solutions valides et non au choix de l'une d'entre elles, ceci par manque de critères d'évaluation.

Cette idée de « simple » validation convient en fait parfaitement à la volonté d'explorer une certaine exhaustivité des produits dérivant de la nouvelle intention initiale et porteurs d'un potentiel d'innovation prometteur : ne pas pouvoir faire de choix définitifs (car on manque de critères d'évaluation) sur une solution permet de laisser la porte ouverte à l'expansion de la valeur qui peut survenir à tout moment et sur n'importe quelle branche explorée, et signifie donc de ne pas condamner certaines opportunités. Comme nous l'avons vu, un raisonnement exploratoire comme le raisonnement PST peut d'ailleurs aboutir à plusieurs livrables à l'identité différente. Cependant, nous verrons que cette logique a aussi ses limites.

Nous nous intéressons donc à la validation des alternatives de solutions émises pour laquelle nous considérons là deux critères de validation distincts. Premièrement, il faut s'assurer que toutes les alternatives de solution puissent être vraies, c'est à dire avoir un statut logique vis-à-vis des connaissances des principes physiques. Ainsi, la proposition d'un « véhicule avançant grâce à l'énergie d'une éolienne fonctionnant elle lors des déplacements (du même véhicule) » est fondamentalement fautive vis-à-vis du premier principe de la thermodynamique (impossibilité de création d'énergie dans un système). Au sein de la théorie C-K, cette phase se nomme la « K-validation » [Hatchuel et Weil, 2002]. Une deuxième validation consiste à vérifier que les alternatives de solution respectent l'ensemble des critères de conception, c'est-à-dire à la fois l'objectif fonctionnel formulé au niveau minimal souhaité, qui a été éventuellement précisé par l'énoncé d'une condition de conception (issue d'une exploration dans la dimension P) et les contraintes de conception. Ce sont là les critères de validation à proprement dit des alternatives de solution.

Si l'idée de simple validation paraît judicieuse lors des toutes premières partitions pour explorer une certaine exhaustivité des identités possibles d'un système de base impacté par une nouvelle intention, il apparaît cependant assez rapidement le besoin de spécifier plus précisément les voies les plus prometteuses à suivre car les ressources d'une entreprise ne sont pas illimitées. Dans cette optique, nous définissons deux autres types de critères « d'évaluation », les premiers relatifs à la qualité de la conception et les seconds relatifs aux indicateurs de résultat que nous avons défini (le potentiel de nouvelle proposition de valeur et la faisabilité technologique).

Pour ce qui concerne la mesure de la qualité de la conception, un premier critère peut être le nombre de fonctions techniques nécessaires à solutionner pour satisfaire l'objectif

fonctionnel. En effet, en analyse fonctionnelle, « une bonne conception de produit se mesure à la proportion de fonctions techniques par rapport aux fonctions de service » [Tassinari, 2003]. Le deuxième critère qui peut être observé est le nombre de contraintes de conception « transmises » pour l'aval de la conception : pour répondre à un problème de conception, il ne s'agit pas de choisir une alternative de conception générant de multiples contraintes à prendre en compte par la suite. Un troisième critère, qui s'applique lorsque l'objectif fonctionnel du problème de conception à résoudre se compose de fonctions couplées, est précisément le « découplage » de ces fonctions. Ce critère s'inscrit clairement dans le principe énoncé par Suh [Suh, 1999] : un objet est bien conçu s'il est découplé, autrement dit si tout FR (« *Functional Requirement* ») peut être commandé par un DP (« *Design Parameter* ») et tout DP commande un seul FR⁸⁷.

Nous nous proposons d'exposer ces trois critères au travers du cas de conception de *MountainRollers*, où consécutivement à l'ajout de l'attribut « avec des roues de grand diamètre (> 20 cm) » émergeait un nouveau problème de conception comportant plusieurs objectifs fonctionnels couplés. Comme le montre la Figure 3-21, parmi les premières alternatives de solution identifiées, du point de vue du découplage des fonctions à satisfaire, celle où les roues sont positionnées sous la platine apparaît bien plus satisfaisante que celle où les roues sont placées de part et d'autre de la platine⁸⁸. Cependant, si cette alternative est satisfaisante du point de vue du critère de découplage, elle n'est pas valide car elle ne respecte pas la contrainte voulant que la hauteur de la platine n'excède pas 15 cm.

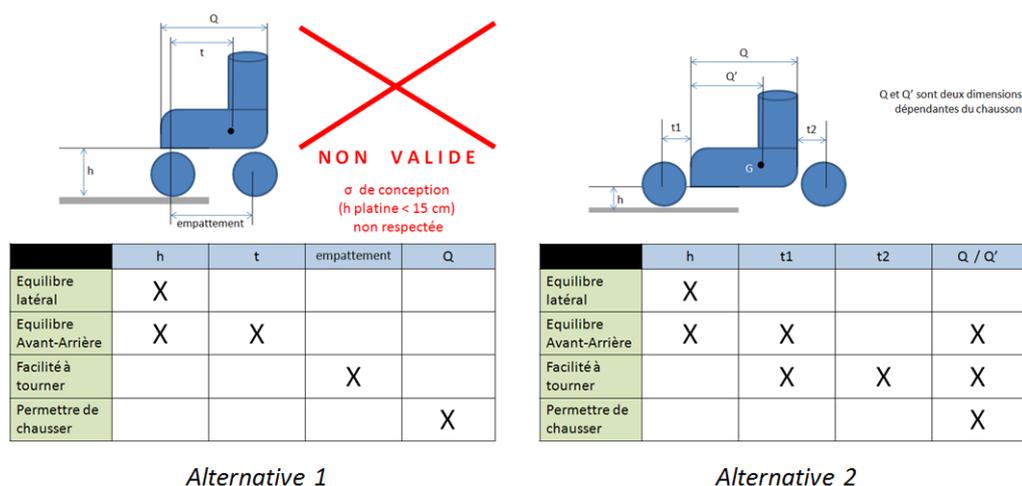


Figure 3-21 : Comparaison de deux alternatives vis-à-vis du critère de « découplage » de fonctions.

D'autres alternatives ont alors été imaginées, et notamment une avec un système dédié à la fonction « tourner ». En effet, sur un roller « classique », la capacité à tourner, à suivre la trajectoire voulue, dépend grandement de l'empattement entre les deux roues aux extrémités. Or avec des roues de grand diamètre, placées en outre devant et derrière l'encombrement du chausson, l'empattement devient important. Un système dédié (une forme d'articulation), comme le montre la Figure 3-22, permet de découpler la fonction « tourner » : au lieu de dépendre de 3 paramètres (t1, t2 et Q), elle ne dépend plus que d'un seul (θ), qui lui est

⁸⁷ « Une conception acceptable doit éviter que l'amélioration d'une fonction ne puisse se faire sans la dégradation d'une autre. Atteindre simultanément l'optimum de plusieurs fonctions est plus aisé lorsqu'on peut jouer indépendamment sur le réglage des paramètres structurels (les DP) » [Yannou, 2001].

⁸⁸ Puisqu'une bonne conception s'observe lorsqu'un DP (*Design Parameter*) commande un seul FR (*Functional Requirement*), que l'on cherche à « diagonaliser une matrice », le nombre de DP et de FR doit être identique. C'est ainsi que l'on a ajouté la fonction « permettre de chausser » relativement au paramètre relatif à la taille du chausson (Q ou Q' sur la Figure 3-21).

spécifique. Cependant, l'ajout de ce système dédié ajoute une fonction technique, ce qui constitue un point plutôt négatif suivant le premier critère énoncé de « qualité de conception ».

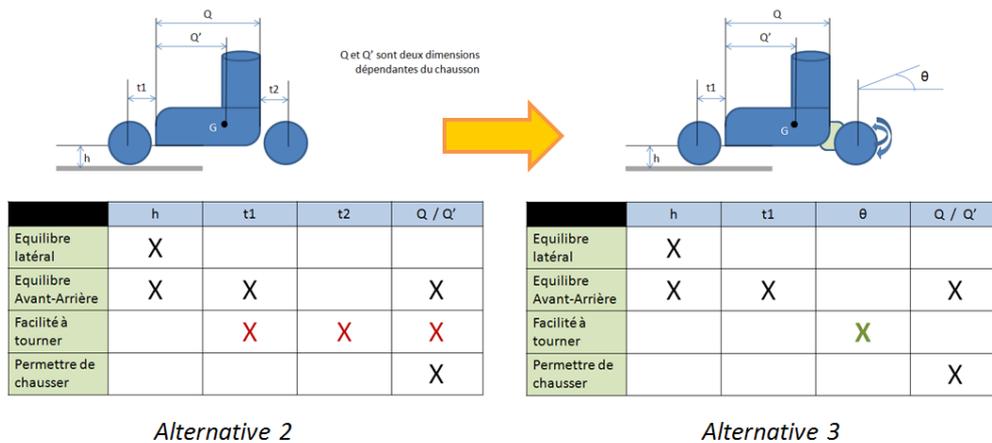


Figure 3-22 : Vers une solution où la fonction « tourner » est découplée.

Ensuite, comme nous l'avons déjà évoqué précédemment, a été imaginées des alternatives de solution avec des roues positionnées en biais. Comme l'illustre la Figure 3-23, ces solutions permettent de découpler les différentes fonctions, à chacune correspondant un paramètre de conception. Notons que la hauteur intervenant dans les lois de l'équilibre, qu'il soit avant-arrière ou latéral, il ne semble pas possible de découpler davantage les deux fonctions relatives à l'équilibre du pratiquant. Cependant, si ces alternatives (avec les roues inclinées) semblent les plus séduisantes, car elles évitent de devoir faire des compromis et laissent une latitude plus large pour la suite de la conception concernant le positionnement des roues sous la platine, elle revêt aussi une nouvelle contrainte de conception dont il faudra tenir compte en aval de la conception, l'angle d'inclinaison des roues (noté α).

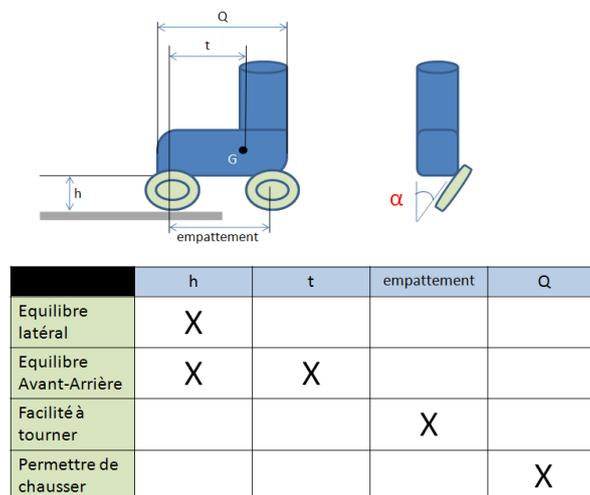


Figure 3-23 : Découplage des fonctions grâce aux roues inclinées.

Pour orienter le choix vers une ou plusieurs alternatives de solution, il s'agit enfin de considérer les indicateurs de résultat du livrable d'une conception innovante, à savoir le potentiel de nouvelle proposition de valeur et la faisabilité technologique. En effet jusque là, l'impact qu'implique le choix d'une solution sur les capacités d'usages permis ou les contraintes d'usage du futur objet, ou sa propension à permettre l'obtention d'un produit

fiable et industrialisable n'ont pas été caractérisés. Or, c'est aussi et surtout relativement à ces indicateurs de résultat que se mesure l'intérêt d'un choix de conception.

Ainsi, vis-à-vis de chaque alternative de solution, il convient d'annoter, de renseigner certains critères vis-à-vis de questions relatives à la fiabilité, à la maturité de la technologie, à la robustesse d'une technique, à la facilité d'industrialisation, aux coûts de production ... autant d'éléments qui permettent d'avoir une appréciation de la faisabilité technologique des solutions.

Concernant le potentiel de nouvelle proposition de valeur, il convient là d'activer la dimension P (qui, comme nous le verrons, a précisément pour rôle de mesurer cet indicateur du potentiel de nouvelle proposition de valeur) pour évaluer si les plages de performance accessibles par une solution ou ses aspects dimensionnels contribuent à ce que le système s'utilise, relativement à des besoins, soit à ce qu'il ait de la valeur. L'ajout d'une propriété de type organique permet en outre de se rendre compte des potentielles contraintes d'usage qu'elle confère à l'objet mais aussi du coût qu'elle engendre. Au final, c'est véritablement la proposition de valeur qui est jaugée au sein de la dimension P lorsque l'on considère l'ajout d'un attribut de type solution.

Fort de tous ces critères d'évaluation, il se peut malgré tout que les évaluations puissent ne pas être suffisamment précises et complètes (notamment parce que la définition des différentes alternatives est encore imprécise) ou ne pas permettre de distinguer réellement la ou les voies à suivre. Il nous semble qu'il est alors possible d'orienter la conception suivant des motivations qui peuvent par exemple concerner le potentiel d'exploration (volonté d'apprentissages sur un aspect donné ...), une capacité d'expansion prometteuse qu'un type d'alternatives recouvre (technologie naissante) ou encore un aspect stratégique (la volonté d'une mise sur le marché rapide nous interdit sur le moment le choix d'une alternative technique ou technologique qui semble peu mature).

Avant de préciser les actions à mener au sein de la dimension P pour mesurer le potentiel de nouvelle proposition de valeur que confère ou modifie tout ajout de propriété à l'artefact de conception, nous allons voir qu'il est possible d'expandre davantage le champ des alternatives de solution sur la dimension T.

3.1.4.3. Expansion du champ des alternatives de solution

L'exploration des alternatives de solution à un problème de conception au sein de la dimension T se fait vis-à-vis de systèmes connus et plus largement des connaissances existantes autour d'un problème de conception dans les termes où il est posé habituellement. Or la spécificité des problèmes de conception à résoudre dans un raisonnement PST invite à considérer des expansions de ce champ des solutions. Nous fournissons là quelques pistes pour ce faire.

Premièrement, l'entreprise peut solliciter les connaissances et les propositions de ses fournisseurs, en les amenant à « optimiser » ou même à concevoir de manière dédiée un composant ou un sous-système pour satisfaire un problème de conception inédit initié par la perturbation générée par la nouvelle intention. C'est ainsi que pour l'iPod, Apple a confié à IBM le soin de concevoir un disque dur spécifique, à la fois compact, léger et de grande capacité. Cette orientation des travaux de fournisseurs vers des performances inédites peut se traduire, chez chaque sous traitant, par une approche intégrant un nouveau raisonnement PST,

mais aussi par une démarche commune de l'entreprise et de son fournisseur. S'insérant dans l'idée de l'entreprise étendue, cette dernière approche rejoint alors les aspects de partenariat d'exploration [Segrestin, 2003].

Deuxièmement, l'exploration d'alternatives de solution peut soulever de nouvelles questions dont la réponse nécessite de repousser le champ de connaissances. Ce sont alors les services de Recherche interne à l'entreprise ou des laboratoires de recherche externes qui vont être sollicités. Si les solutions technologiques découlant de l'expansion de certaines connaissances peuvent être très novatrices, elles ne sont pas toujours très matures et peuvent nécessiter d'assez long développements. Pour notre cas de la combinaison de surf chauffante, les deux questions suivantes pourraient par exemple être posées : comment faire de l'énergie à partir d'eau salée ? Existe-t-il une alternative de matériau au néoprène (qui permettrait moins de déperdition de chaleur) ?

Troisièmement, de manière plus proche du raisonnement PST en lui-même, nous notons qu'au cours de l'exploration et de la caractérisation des alternatives de solution, une contradiction d'ordre physique ou technique peut émerger, soit la confrontation de deux entités diamétralement opposées qui se traduit en termes de conception par des compromis. L'identification d'une telle contradiction est le point d'entrée d'un travail de créativité, avec certains outils d'analyse et de résolution TRIZ, pouvant déboucher sur des solutions inédites, sans compromis.

Enfin, quatrièmement, notamment si aucune alternative de solution ne satisfait les critères de validité, il est possible de mener une analyse des forces et faiblesses de chaque alternative pour ensuite envisager de les coupler, de les croiser, pour aboutir à des alternatives « hybrides ». Ainsi, toujours pour le cas de la combinaison chauffante, si une technologie permet de chauffer très rapidement mais est énergivore alors qu'une autre est très peu consommatrice en énergie et a par contre une forte inertie à chauffer, l'hybridation peut être une piste pour générer une nouvelle alternative plus satisfaisante. Cependant, notons que le couplage de technologies ou de composants peut se matérialiser par la résolution de fonctions techniques supplémentaires, soit ce qui traduit une complexification de la conception.

Nous avons vu que la dimension P était sollicitée au sein des deux dimensions S et T, plus précisément comment elle était mobilisée pour affiner la définition d'un nouveau problème de conception au sein de la dimension S mais aussi qu'elle permettait de faire un choix, en tous cas d'orienter certaines pistes prioritaires, une fois les alternatives de solution identifiées au sein de la dimension T. Il convient maintenant de préciser toutes les actions à mener sur cette dimension P, garante du potentiel de nouvelle proposition de valeur. Car il faut bien être conscient que ce n'est pas tant l'expansion de l'identité du produit nouveau que l'on recherche que l'expansion du potentiel de nouvelle proposition de valeur.

3.1.5. Actions sur la Dimension P

3.1.5.1. Des stratégies et des visées différentes

La définition au sein de la dimension S d'un objectif fonctionnel précis sur lequel travailler ou l'évaluation d'alternatives de solutions au sein de la dimension T interrogent la dimension P : l'enjeu est de mesurer le potentiel de nouvelle proposition de valeur afin de pouvoir orienter le raisonnement PST. En cela, nous comprenons que la dimension P est le lieu où se mesure

l'indicateur de résultat du potentiel de nouvelle proposition de valeur et que l'exploration de cette dimension influe sur les choix de partitions.

Soulignons que sur cette dimension P, il ne s'agit pas à proprement dit d'une exploration de nouvelles propriétés vis-à-vis desquelles il est possible de partitionner comme c'est le cas sur les dimensions S et T. L'exploration prend en fait la forme d'une recherche et d'une caractérisation des potentiels de nouvelle proposition de valeur relativement à la définition de l'objet de conception. Cependant, nous verrons que la dimension P recouvre tout de même une capacité d'expansion de l'arborescence de définition de l'objet de conception.

Avant d'évoquer la manière de procéder pour explorer et caractériser les potentiels de nouvelle proposition de valeur et donc l'impact de la déformation initiée par une nouvelle intention sur un système de base, il nous faut distinguer différents cas de figure relatifs à l'orientation que l'on donne à la proposition de valeur. En effet, comme nous l'avons vu, si la valeur d'un système (valeur d'usage) est relative aux besoins de son acquéreur, la notion de proposition de valeur elle inclue aussi le rapport au prix (valeur d'échange). Si pour qu'un objet de conception soit désirable, la valeur d'usage doit être supérieure à la valeur d'échange, il existe deux axes de priorisation, deux stratégies : soit augmenter la valeur d'usage, soit minimiser la valeur d'échange.

La première stratégie visant à augmenter la valeur d'usage implique en fait de répondre à de nouveaux besoins non assouvis ou de satisfaire de bien meilleure manière des besoins mal assouvis : on vise à orienter la définition de l'objet de conception vers un degré de satisfaction maximal des besoins porteurs de valeur. Nous la nommerons stratégie d'ajout de valeur.

La seconde se caractérise par une réponse à un ensemble de besoins via un tout nouveau système visant une rupture sur l'accessibilité en termes de prix. C'est la stratégie de « démocratisation ». Outre le fait que ce type d'objet nouveau se différencie de l'offre des produits concurrents existants par une rupture au niveau du prix, il se manifeste par une évolution du panier des besoins assouvis, bien souvent par une restriction de ce panier ou par un niveau de satisfaction plus faible de certains besoins. Mais notons que cet ensemble peut malgré tout intégrer des besoins non assouvis ou y répondre avec un meilleur niveau de satisfaction car il faut bien être conscient que l'on ne vend jamais uniquement un prix et qu'un « produit de masse » peut également être désirable. Cette stratégie d'orientation du raisonnement de conception s'initie avec un *troublemaker* porteur de terme du type « *low-cost* », « gratuit » ou encore « bon marché ».

Du point de vue de l'entreprise, la distinction de ces deux axes stratégiques pour orienter un raisonnement PST interpelle également deux méthodes pour se rétribuer : pour la stratégie d'ajout de valeur d'usage, l'entreprise se rétribuera en augmentant la marge brute, entre la valeur d'échange et le coût, sur une cible de clients précise dont la taille peut être faible mais aussi plus importante ; et pour celle visant à « démocratiser » un système, elle cherchera à minimiser les coûts, pour pouvoir proposer un système avec un prix faible au vue de ses prestations, les gains étant acquis via une marge brute certes faible mais en s'adressant à une population bien plus importante. Insistons sur le fait que du point de vue de l'entreprise, la condition indispensable à la mise sur le marché d'une offre à un prix bas est de minimiser son coût. Par conséquent, pour la conception, c'est bien du coût dont nous parlerons. La Figure 3-24 synthétise ces deux approches stratégiques de la conception innovante.

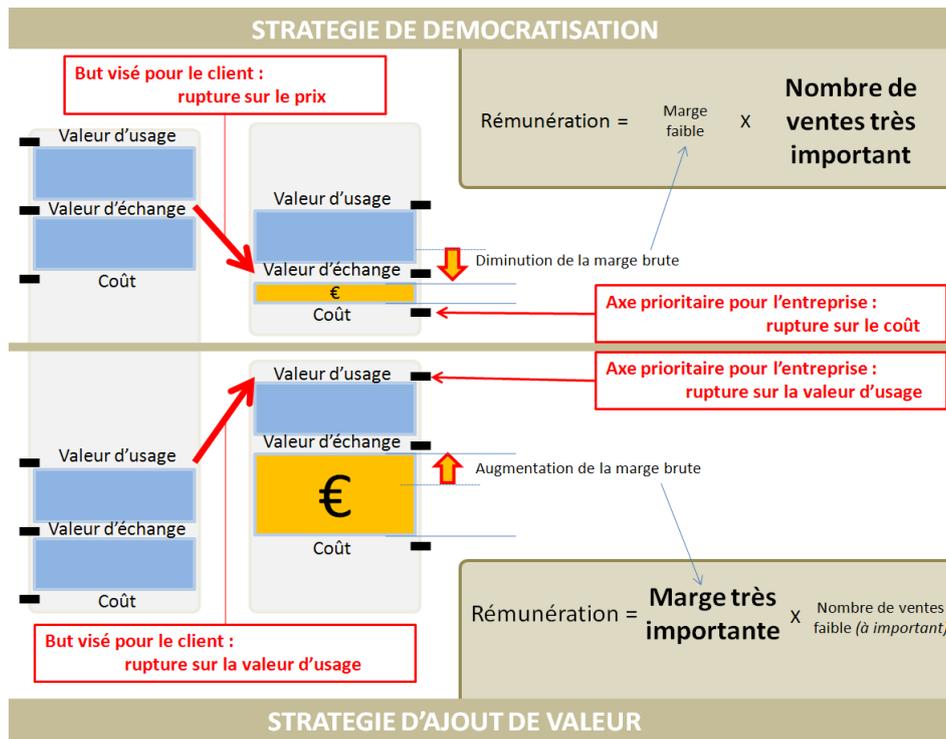


Figure 3-24 : Synthèse des deux approches stratégiques pour mener un raisonnement PST.

Si dans la stratégie d'ajout de valeur, la caractérisation concerne de prime abord la valeur d'usage alors qu'il s'agit du coût dans la stratégie de démocratisation, il ne faut cependant pas oublier que la proposition de valeur se définit comme le rapport entre la valeur d'usage et le coût. Aussi, il faudrait éviter dans le premier cas que le coût du système soit plus important que la valeur ajoutée et inversement dans le second que par souci d'un coût moindre, le système ne satisfasse que trop peu de besoins, notamment ceux « essentiels » qui justifient l'existence même du système. Dans ce but, il paraît ainsi utile d'apprécier la « menace » portée par le deuxième membre de ce rapport. Dans une stratégie d'ajout de valeur, l'idée sera donc de jauger la menace d'un coût trop important (vis-à-vis de la valeur d'usage), et dans une stratégie de démocratisation, il faudra se méfier que la valeur d'usage soit bien suffisante, que l'on ne vend pas qu'un prix, sans prestations.

Quel que soit la stratégie visée pour la conception du système à concevoir (soit l'augmentation de la valeur d'usage, soit la minimisation du coût), il convient donc d'explorer et de caractériser à la fois la valeur d'usage et le coût. Mais si la notion de coût est clairement compréhensible, il convient maintenant de préciser ce que nous entendons par valeur d'usage et comment elle peut s'appréhender.

3.1.5.2. Définition d'entités permettant d'explorer la valeur d'usage d'un nouvel objet

La valeur d'usage d'un produit est relative à la satisfaction de besoins d'utilisateurs, relativement à des offres existantes plus ou moins directement concurrentes. Ces besoins peuvent se traduire en termes d'attendus du système à concevoir, plus précisément par l'énoncé de fonctions de service primaires ou secondaires qui traduisent sous forme d'objectifs l'aptitude de l'objet à satisfaire un ou plusieurs besoins. Ainsi, dans un mode de conception routinière, au regard d'une segmentation fine de la population visée, ces fonctions,

accompagnées de critères d'acceptation précis, sont spécifiées *ex ante* et conditionnent la définition des caractéristiques organiques de l'objet conçu.

En innovation, au sein d'un raisonnement PST, les propriétés de type objectif fonctionnel et organique « émergent » progressivement au fur et à mesure de la construction de l'arborescence de définition d'une proposition initialement impactée par une nouvelle intention. Ce nouveau concept initial matérialisant le seul et unique point de départ de la conception dans un raisonnement PST, nous nous retrouvons donc dans une logique inverse où il nous faut devant chaque nouvelle propriété associée à la définition de l'objet de conception explorer les besoins pouvant potentiellement être satisfaits et la ou les cibles de population potentiellement concernées. La Figure 3-25 montre ce changement dans l'approche de la conception.

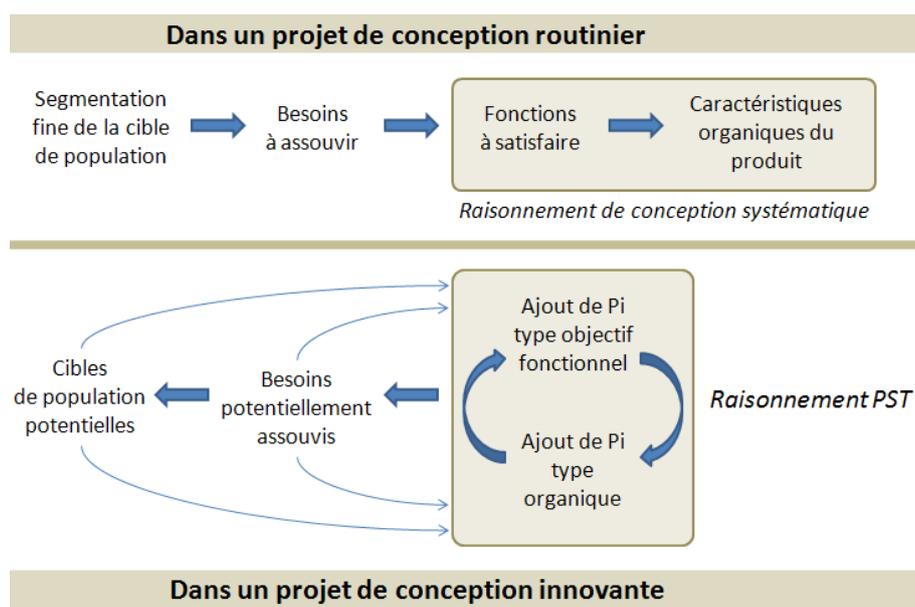


Figure 3-25 : Deux logiques de conception s'opposant sur le moment où sont considérés les besoins assouvis par un produit.

Dans ce but, nous proposons de considérer ce que nous nommerons une « Situation d'Usage » (notée SU). Parce que doter la définition de l'objet d'une nouvelle fonctionnalité (effective) offre la capacité à un utilisateur (pour Qui ?) de vivre des situations, chacune dans un lieu précis (Où ?) et à un moment donné (Quand ?), notre idée est d'explorer précisément les situations que les nouveaux attributs de définition associés à un produit permettent à ce dernier de couvrir différemment, soit ce que le produit permet de faire en plus, en moins, en mieux, en moins bien ou dans de nouveaux lieux et/ou à de nouveaux moments. Si l'on se réfère au vocable de l'analyse fonctionnelle, une SU correspond à une subdivision précise d'une des phases du cycle de vie d'un système, la situation de vie « usage »⁸⁹. Avant d'explicitier comment on les identifie et « évalue », nous pouvons déjà en caractériser différentes sortes.

D'une part, une situation d'usage peut déjà être couverte, assouvie par le système de base ou être nouvelle, inédite. Ainsi, dans le cas d'une « combinaison de surf chauffante », le caractère chauffant peut permettre d'accentuer le confort de la pratique courante du surf dans

⁸⁹ Dans la méthode d'analyse fonctionnelle (externe), il est proposé d'identifier les différentes phases du cycle de vie pour avoir une vision la plus exhaustive possible des besoins du futur objet de la conception. Sont distinguées par exemple les phases fabrication, logistique, usage, recyclage ...

des eaux tempérées (SU existantes) mais peut aussi offrir la possibilité de faire ce sport dans un environnement bien plus extrême (SU nouvelles), impossible jusqu'alors.

D'autre part, il nous faut distinguer deux types de SU du point de vue du service rendu par le produit. L'adjonction à l'artefact de conception de nouvelles « capacités » va se traduire dans la dimension P par la satisfaction potentielle, d'une ou plusieurs situations d'usage où le système rend « service » à l'utilisateur. C'est par exemple le caractère « chauffant » dans le cas de la combinaison de surf qui permet notamment d'accentuer le confort thermique de la pratique dans des eaux tempérées. Mais nous comprenons que la définition d'un nouvel objet de conception peut aussi se traduire par l'introduction ou l'accentuation de situations non voulues et contraignantes. Dans notre cas de la combinaison de surf chauffante, on relèvera par exemple une nouvelle SU « contraignante » liée au rechargement énergétique de ce système. Par conséquent nous distinguerons les situations d'usage où le système rend service à l'utilisateur, que nous nommerons « SU de service » et noterons « SU+ », de celles où il impose des contraintes à l'utilisateur, les « SU de contrainte », notées « SU σ ». La Figure 3-26 présente un exemple de chaque type de SU pour le cas de la combinaison chauffante.

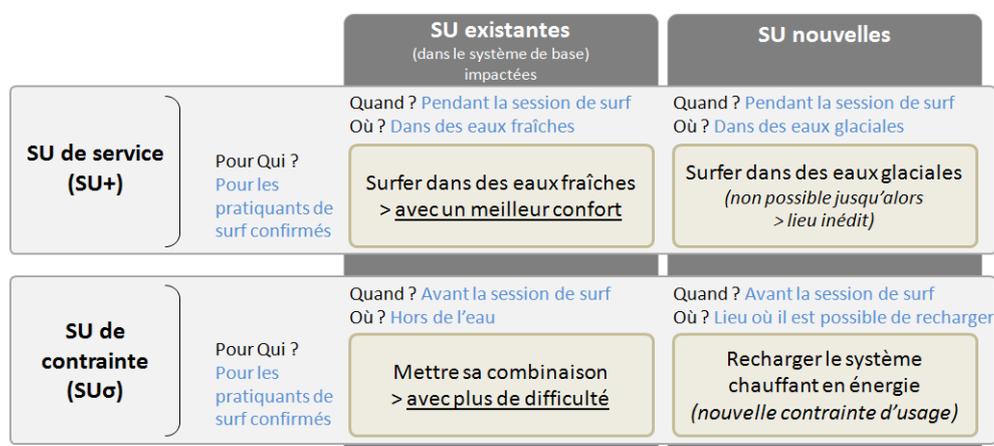


Figure 3-26 : Illustration des différents types de SU dans le cas de la combinaison de surf chauffante.

Nous pensons en fait que la valeur d'usage d'un objet de conception, ce que nous cherchons notamment à caractériser sur la dimension P, est donc relative au nombre de SU de service (SU+) qui peuvent être assouvies, à leur degré de satisfaction, mais aussi à la prise en compte des SU de contrainte (SU σ) : c'est la somme de l'ensemble de toutes ces situations d'usage que revêt la valeur d'usage d'un système, une sorte de somme de plus (SU+) et de moins (SU σ) relatifs à ses possibilités d'usage. Il nous faut insister là sur le fait que ce que nous mesurons au sein de la dimension P au cours du raisonnement PST, ce n'est pas la valeur d'usage « globale » du système (ce qui paraît bien difficile puisqu'il est en cours de définition), mais le gain « potentiel » de valeur d'usage apporté vis-à-vis d'un système de base existant. En d'autres termes, il ne s'agit pas d'évaluer dans son ensemble un objet de conception, mais l'impact de la déformation initiée sur lui par une nouvelle intention en termes de valeur. Nous verrons que l'on peut en outre caractériser un gain en termes d'utilité, et un autre en termes d'utilisabilité.

Mais si la valeur d'usage vue au travers de la satisfaction de SU est valable lorsque l'on considère les besoins d'un utilisateur, qu'en est-il lorsque le système à concevoir est un sous-système (composant, module ...) d'un système plus global ? En effet, il nous faut à nouveau distinguer les cas de figure relatifs au type de relation D to D. Si dans une relation D to U, la valeur d'usage s'exprime donc en termes de « situation d'usage », dans une relation D to D,

comme nous l'avons vu, le destinataire de la conception n'est plus le consommateur mais une entreprise elle-même « *Designer* » qui intègre l'objet conçu au sein d'un autre système plus global. Mais puisque précisément le livrable conçu s'insère alors dans le fonctionnement d'un système de plus haut niveau et non plus directement dans l'usage d'un consommateur, la valeur d'usage ne s'exprime plus par la satisfaction de SU.

En fait, l'adjonction de nouvelles propriétés P_i à la définition d'un sous-système impacte certaines phases de fonctionnement précises du système plus global du destinataire de type D, que nous appellerons « Situations de Fonctionnement » (SF). Mais si les questions afférentes à une situation d'usage sont au nombre de trois (« pour Qui ? », « Où ? » et « Quand ? »), pour une Situation de Fonctionnement SF, les questions « Où ? » et « pour Qui ? » semblent devoir se confondre en une seule et même interrogation qui peut s'intituler « pour Quel système ? », puisque le sous-système se situe dans un système plus global et que ce dernier en est l'« utilisateur » à part entière. Par contre, la question « Quand ? » structure la définition des différentes phases de fonctionnement où le système peut intervenir.

Comme pour les SU, d'une part de nouveaux attributs de définition peuvent impacter des SF existantes comme elle peut en faire apparaître de nouvelles, inédites, et d'autre part, on peut distinguer des « SF de service » (notées SF+) et des « SF de contrainte » (notées SF σ) : les premières correspondent à toutes les phases de fonctionnement du système plus global qu'il est possible de satisfaire, et les secondes sont relatives à toutes les phases de fonctionnement « imposées » par l'intégration du sous-système.

En plus de considérer les SF nouvellement permises, améliorées ou dégradées par la définition du nouveau sous-système, il est nécessaire de s'intéresser aussi aux impacts qu'il génère en termes de contraintes d'intégration sur la conception du système plus global. Au travers de ces Contraintes d'Intégration que nous noterons « CI », l'enjeu est la facilité de conception du système plus global. Là aussi, vis-à-vis de la définition du nouvel objet de la conception, il est possible d'observer des évolutions de CI existantes⁹⁰ comme l'apparition d'inédites, l'ajout de nouvelles CI et la majoration des CI contribuant à contraindre l'intégration du composant au sein du système plus global, alors que la suppression de CI et la minoration des CI la facilitent. La Figure 3-27 illustre l'exemple de SF+, SF σ et CI impactés par l'ajout du FAP⁹¹ sur un pot d'échappement d'automobile.

⁹⁰ Parce que dans sa relation avec ses fournisseurs, l'entreprise cliente énonce relativement à ses besoins de conception, les fonctions contraintes qu'un sous-système doit satisfaire, les caractéristiques à respecter pour l'intégration du sous-système et les latitudes possibles sont le plus souvent connues de l'entreprise fournisseuse.

⁹¹ Le filtre à particules (FAP) est un système de filtration utilisé pour éliminer les fines particules, réputées cancérigènes, contenues dans les gaz d'échappement des moteurs Diesel. Lancée en 2000 par Peugeot, cette innovation nécessite de régénérer le filtre (oxyder les suies piégées dans le filtre) et une solution pour cela est d'envoyer lors d'une phase d'injection une grande quantité de gazole imbrûlé dans le catalyseur où il va s'enflammer, afin d'élever de façon significative la température des gaz d'échappement pour activer l'oxydation recherchée.

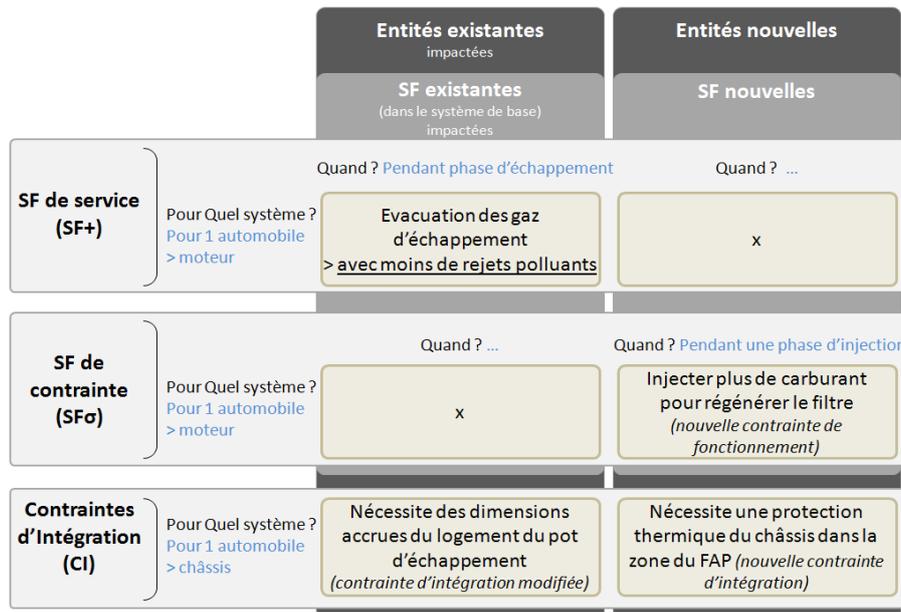


Figure 3-27 : Illustration des différents types de SF et CI dans le cas d'un pot d'échappement avec un FAP.

Remarquons que dans une relation D to U, les CI n'existent pas. Cela s'explique par le fait qu'une dimension plus ou moins importante de certaines caractéristiques d'un objet se traduit du point de vue de l'utilisateur par une incidence sur ses usages, donc sur les SU : par exemple, si un portable a un gabarit plus petit, il sera plus aisément transportable par un utilisateur. Par contre, lorsqu'il s'agit d'un composant (D to D), une « largesse » sur une dimension peut compliquer son intégration dans un système plus global, mais pas la manière d'envisager le fonctionnement de ce dernier. En fait, dans une relation D to U, il n'est considéré que la phase du cycle de vie « usage » et tout est vu de ce point de vue là, au travers de SU, alors que dans une relation D to D, le fait que l'on conçoive un sous système s'insérant dans un système plus global, nécessite de prendre en compte les phases du cycle de vie « conception » (CI) et « usage » (SF) du système plus global.

Cependant, comme nous l'avons vu et l'illustre la Figure 3-28, pour un système à concevoir telle que la climatisation, « à cheval » entre les deux types de relation, c'est-à-dire qu'il s'adresse intrinsèquement à la fois à une entreprise « Designer » et à l'utilisateur final, la valeur d'usage est représentée à la fois au travers de SF et CI (trait rouge), lorsque le destinataire de cette valeur demeure l'entreprise « Designer », et au travers de SU (trait bleu) lorsque précisément une part de la valeur d'usage est destinée à l'utilisateur final : du fait qu'il s'agisse d'une partie d'un véhicule automobile en interaction avec l'utilisateur, la proposition de valeur d'une climatisation automobile dépend tout à la fois du service rendu aux passagers du véhicule (relation D to U) que des conditions de fonctionnement et des contraintes d'encombrement, de poids ... pour le constructeur (relation D to D) qui implantera le sous-ensemble « climatisation » dans son véhicule.

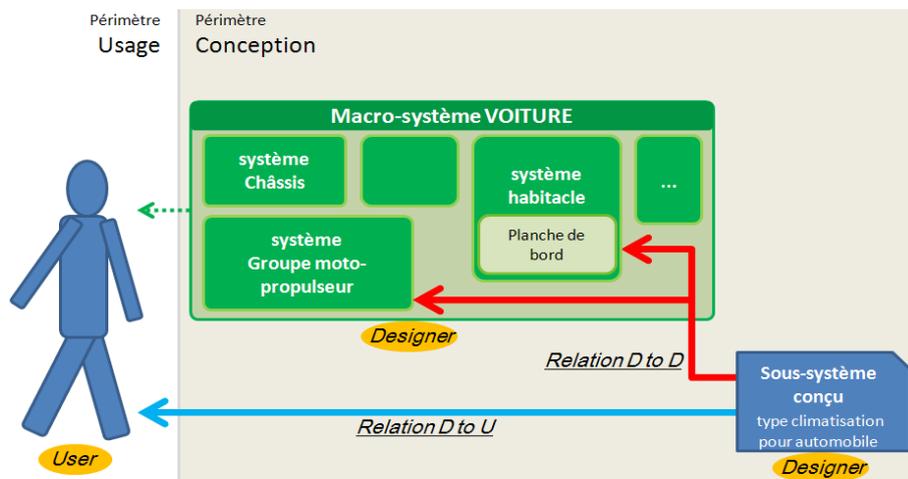


Figure 3-28 : Possibilité pour un sous système d’avoir deux destinataires de la conception différents.

Ajoutons qu’une velléité d’innover sur un sous-système peut faire apparaître une nouvelle fonctionnalité dont précisément le destinataire est l’utilisateur final, comme par exemple un fournisseur de pot d’échappement automobile qui proposerait un produit offrant, en plus des performances demandées par un constructeur, une fonction permettant à l’utilisateur de choisir la sonorité de son véhicule en fonction de son humeur.

Nous venons de définir la manière de caractériser la valeur d’usage de tout artefact de conception en cours de définition au sein d’un raisonnement PST, au moyen de SU (relation D to U) ou de SF et CI (relation D to D). Il convient maintenant de préciser comment explorer, identifier ces paramètres pour pouvoir jauger de la valeur d’usage du nouvel objet, mais il nous faut aussi s’intéresser à la mesure de son coût, la caractérisation du potentiel de nouvelle proposition de valeur étant fonction à la fois de la valeur d’usage et du coût.

3.1.5.3. Exploration du potentiel de nouvelle proposition de valeur d’un nouvel objet

Vis-à-vis des autres dimensions S et T, la dimension P a ceci de particulier de pouvoir être sollicitée pour se prononcer sur chaque partition, pour l’ajout de tout type de propriété P_i (de type objectif ou organique). Par contre, si la considération de tout ajout de propriété P_i à la définition du système inédit peut amener un travail de caractérisation de la proposition de valeur sur la dimension P, nous allons voir qu’il prend des formes assez diverses suivant que la propriété ajoutée est de type objectif fonctionnel ou organique.

Lorsque l’on doit se prononcer sur le choix d’un ajout d’une propriété de type objectif fonctionnel, formulée au sein de la dimension S, du fait qu’un tel ajout explicite « uniquement » la définition plus ou moins précise d’un objectif à satisfaire, on ne peut donc se prononcer sur le coût ou sur les contraintes (SU_σ , SF_σ et IC) qu’impliquent les solutions qui seront définis ultérieurement dans la dimension T. Aussi, la caractérisation du potentiel de nouvelle proposition de valeur concerne uniquement la valeur d’usage que l’on peut jauger à l’énoncé d’un nouvel objectif fonctionnel : elle s’explore et s’« extrapole » au travers de $SU+$

(dans une relation D to U) ou de SF+ (relation D to D) pouvant alors être potentiellement « recouvertes » par l'objet.

Lorsque l'on s'intéresse au choix de l'ajout d'une propriété de type organique, cela signifie d'opter pour une alternative de solution formulée au sein de la dimension T plutôt qu'une autre, en écho à un objectif à satisfaire énoncé via la dimension S. Vis-à-vis de l'ajout de ce type de propriété organique, l'exploration de nouvelles SU+ ou SF+ permises par la définition du nouvel objet ainsi que l'évolution du degré de satisfaction de SU+ ou SF+ déjà existantes sur le système de base, peut déjà être considérée ou reconsidérée. Mais parce que ce type de propriété organique traduit une alternative de solution, il devient alors possible de se prononcer sur le coût de l'objet doté de ce nouvel attribut de définition et sur les contraintes qu'il engendre, que ce soit en termes de situations contraignantes d'usage ($SU\sigma$) ou de fonctionnement ($SF\sigma$) ou en vue de son intégration dans un système plus global (CI, exclusivement dans une relation de type D to D).

Intéressons nous d'abord aux cas où l'on cherche à explorer et caractériser en termes de SU+ ou de SF+ l'impact du choix d'un ajout de nouvelle propriété de type objectif. Se pose alors la question de la manière de procéder pour effectuer cette exploration. A ce sujet, plutôt que de faire l'inventaire des SU+ ou SF+ couvertes par le système de base existant, puis celui relatif au nouvel objet, pour pouvoir enfin les comparer et dégager les SU+ ou SF+ « impactées », ce qui peut s'avérer fastidieux, nous préconisons davantage de se poser une série de questions visant à identifier directement et uniquement ces SU+ ou SF+ « impactées ». Avant d'en expliciter la teneur, précisons que l'ensemble des SU+ ou SF+ « impactées » englobent tout autant l'apparition de nouvelles SU+ ou SF+ vis-à-vis de celles couvertes par le système de base existant, l'évolution positive ou négative du degré de satisfaction de ces dernières, que la disparition de certaines d'entre elles (plutôt dans une stratégie de démocratisation).

La première question invite à s'interroger sur ce que l'utilisateur peut faire en plus. La réponse à cette première question prend la forme d'une identification de nouvelles SU+ ou SF+. Derrière ces nouvelles SU+ ou SF+ couvertes par le nouveau produit se cachent en fait la satisfaction de besoins non assouvis jusqu'alors par le système de base existant. Il nous faut bien comprendre là que puisque la définition de l'objet de conception que l'on veut inédit est en cours d'élaboration, les nouvelles SU+ ou SF+ identifiées sont le résultat d'acteurs de la conception qui se projettent dans un usage potentiel du nouveau produit ou dans un fonctionnement potentiel du système plus global, *a priori* : pour les SU+, on ne peut pas à proprement parler d'usages effectifs, que l'on peut observer sur des objets existants, puisque la définition du nouvel objet n'est même pas encore finalisée, et pour les SF+ on ne peut s'assurer du mode de fonctionnement du système global pour lequel seule l'entreprise « *Designer* » à laquelle on destine le nouveau sous-système détient toutes les connaissances sur les contraintes à prendre en compte. Par contre, si ces nouvelles SU+ ou SF+ correspondent à certains besoins du destinataire de la conception (utilisateur ou entreprise « *Designer* »), alors elles confèrent un ajout de valeur potentiel au nouveau produit.

Comme le montre la Figure 3-29, si on modélise une SU+ ou SF+ par une case, l'ensemble des SU+ ou SF+ recouvertes par un système de base prend la forme d'un ensemble de cases (repérées en blanc sur la figure) et de nouvelles SU+ ou SF+ potentiellement recouvertes au regard de la définition du nouvel objet se matérialisent par l'apparition de nouvelles cases (repérées en jaune sur la figure).

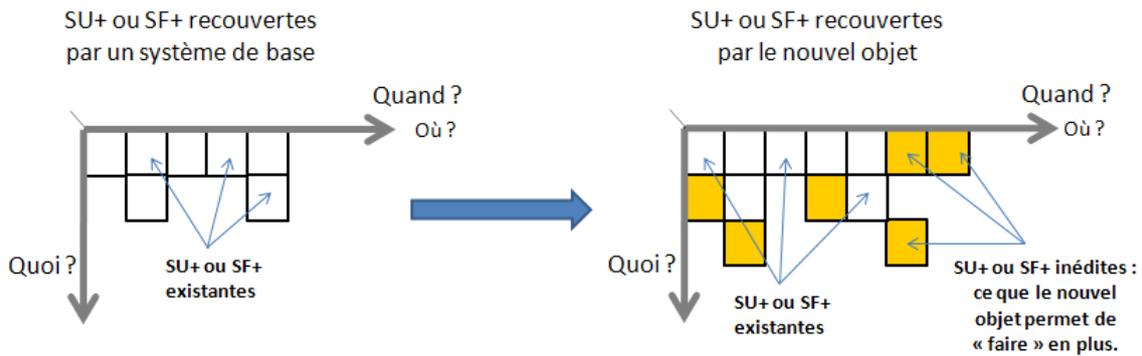


Figure 3-29 : Apparition de nouvelles SU+ ou SF+ potentiellement recouvertes par le nouvel objet.

En fait, plus précisément ces nouvelles SU+ ou SF+ apparaissent avec la « déformation » de la définition du nouvel objet de conception qui permet, comme l'illustre la Figure 3-30, une capacité d'usage ou une capacité de fonctionnement supplémentaire (cases rouges), des conditions d'usage ou de fonctionnement accrues (cases vertes) ou les deux à la fois (cases bleues).

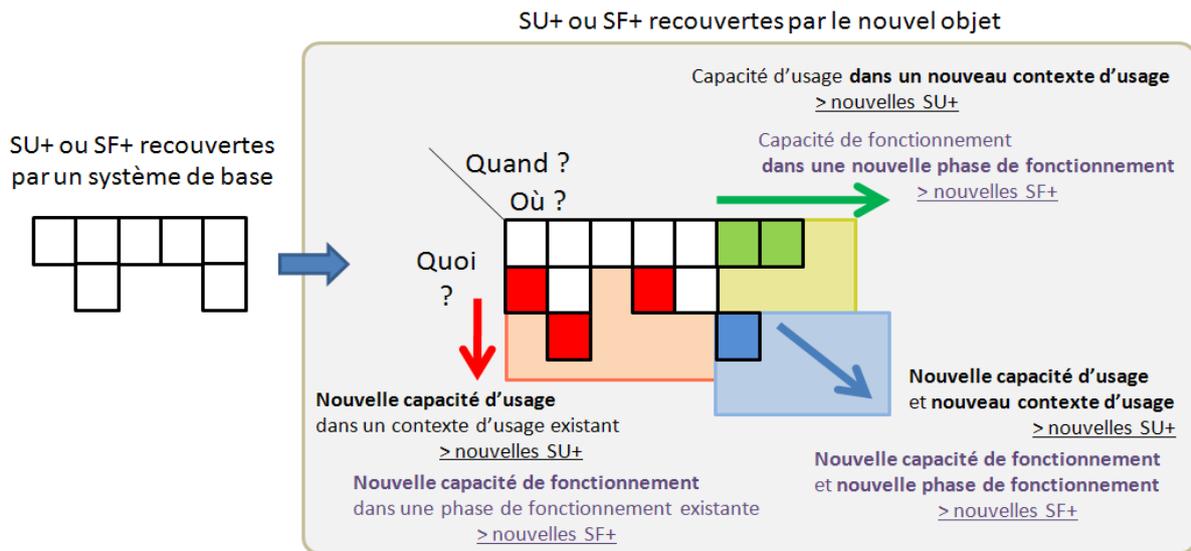


Figure 3-30 : Différentes origines des nouvelles SU+ ou SF+ recouvertes par le nouvel objet.

Ensuite, l'idée est de s'interroger sur ce que le nouvel objet permet de faire en mieux. Là, on cherche les SU+ ou SF+ déjà couvertes par le système de base mais dont le degré de satisfaction évolue, soit augmente ou régresse. En d'autres termes, le nouvel objet ne permet pas de satisfaire plus de besoins, mais permet de mieux ou moins bien les satisfaire : lors de ces SU+, le produit nouveau est plus facile ou moins aisé à utiliser que le système de base, et/ou offre plus d'agrément, ou moins ; ou pour les SF+, le nouveau sous-système permet un meilleur ou moins bon fonctionnement du système plus global. Comme le montre la Figure 3-31, le niveau de satisfaction est caractérisé sur une échelle allant de 1 (SU+ ou SF+ très peu satisfaite mais potentiellement recouverte par l'objet) à 5 (SU+ ou SF+ pleinement satisfaite), et est matérialisé par un code couleur. Ce qui nous intéresse et que l'on fait apparaître par une

indication chiffrée, c'est le gain (positif ou négatif⁹²), la différence de niveau de satisfaction des SU+ ou SF+ que permet le nouvel objet par rapport au système de base.

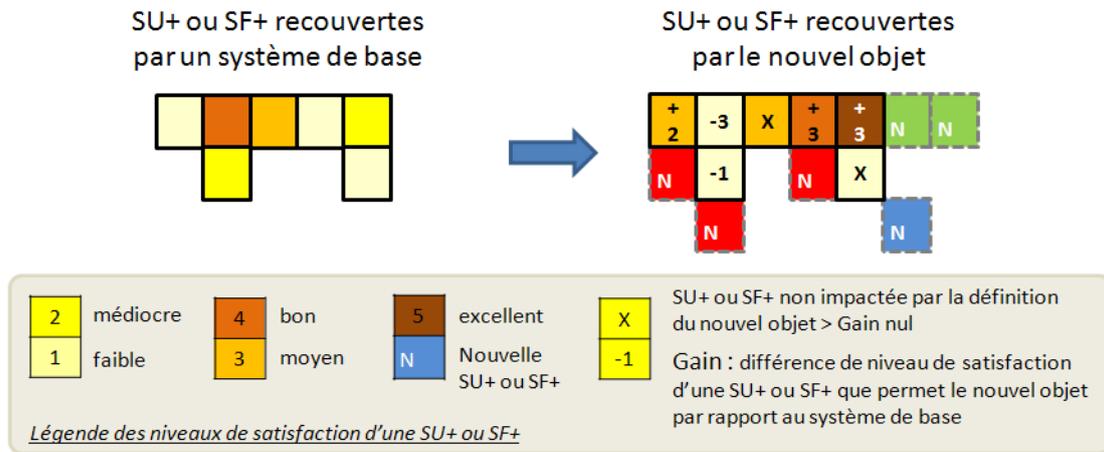


Figure 3-31 : Mesure du gain de satisfaction des SU+ ou SF+ que permet le nouvel objet par rapport au système de base

Sur cette même Figure 3-31, un gain nul est matérialisé par une croix. Mais parce qu'au regard des questions que l'on se pose, on ne s'intéresse qu'aux SU+ et SF+ existantes qui ont été impactées et à celles inédites, ces SU+ ou SF+ où le gain est nul n'apparaissent pas dans l'ensemble des SU+ ou SF+ impacté que l'on cherche à explorer. Toujours sur cette Figure 3-31, on note la présence des SU+ ou SF+ inédites, celles que le nouvel objet permet de couvrir en plus, qui sont repérées par un « N ». Parce que permettre un nouvel usage ou un nouveau fonctionnement n'indique en rien de son niveau de satisfaction, il convient alors de le mesurer et de l'indiquer, suivant le même code couleur et la même échelle que présentée précédemment. La Figure 3-32 illustre ces derniers aspects (suppression des SU+ ou SF+ où le gain est nul et mesure du niveau de satisfaction des nouvelles SU+ ou SF+).

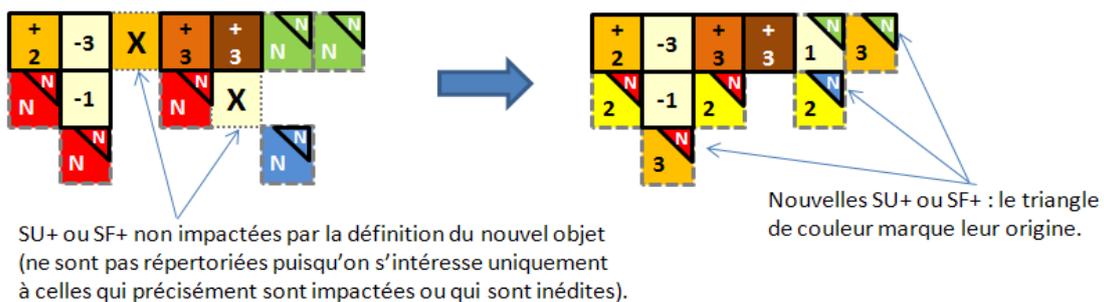


Figure 3-32 : Vers la caractérisation de l'ensemble des SU+ ou SF+ impactées.

Pour être complet, il convient aussi de vérifier si certaines SU+ ou SF+ couvertes jusqu'alors par le système de base ne disparaissent pas avec l'évolution de la définition de l'artefact de conception, notamment lorsque l'on travaille dans une stratégie de démocratisation. Notons aussi que dans les cas où le système de base n'existe pas (proposition initiale de type 1), quelque soit le type de relation considérée (« D to U » ou « D to D »), répertorier l'ensemble

⁹² Lorsque le degré de satisfaction de certaines SU+ ou SF+ diminue, cela se traduit par un gain avec un signe « moins », comme on peut le remarquer dans certaines cases de la Figure 3-31.

des SU+ ou SF+ impactées signifie en fait de relever « tout simplement » les SU+ ou SF+ potentiellement recouvertes par l'objet, aucune référence n'existant.

A ce stade, il nous faut remarquer que chaque exploration, au travers des questionnements proposés, de l'ensemble des SU+ ou SF+ impactées concerne en fait une cible de « population » précise (d'utilisateurs dans une relation « D to U » et de systèmes plus globaux dans une relation « D to D »). En effet, il faut bien être conscient que l'ajout d'une fonctionnalité « surprenante » fournit des possibilités d'usage ou de fonctionnement qui peuvent être très différentes d'une population à une autre. Aussi, suivant la cible visée, l'évolution des SU+ ou SF+ impactées peut prendre des formes bien différentes. Ainsi, parce que la forme du panier des besoins assouvis *a priori* par le nouvel objet en cours de définition diffère suivant à qui ou à quel système on le destine, il convient donc d'explorer le champ de valeur d'une nouvelle proposition en considérant un par un tous les segments de « population » potentiellement concernés, qui auront été identifiés au préalable.

Pour chaque type d'utilisateur, il semble nécessaire de se poser les questions, de manière spécifique. Il peut être alors intéressant de croiser dans un Tableau, comme illustré par la Figure 3-33, les différentes segmentations de contexte d'usage (questions « Quand ? » et « Où ? ») ou des phases de fonctionnement (question « Quand ? ») encadrant respectivement les SU+ et SF+ potentiellement recouvertes par le nouvel objet, avec les différents types de population concernés (notés « Pop 1 » et « Pop 2 » sur la figure). A propos des segmentations opérées sur les différentes questions (« pour Qui ? », « Où ? » et « Quand ? » pour les SU+ et « pour Quel système ? » et « Quand ? » pour les SF+), notons qu'elles sont libres, peuvent être plus ou moins fines mais que par contre elles doivent être précisément définies. En d'autres termes, la taille des segments importe peu mais leur définition doit être spécifiée de telle manière que deux segments de même niveau ne se chevauchent pas.

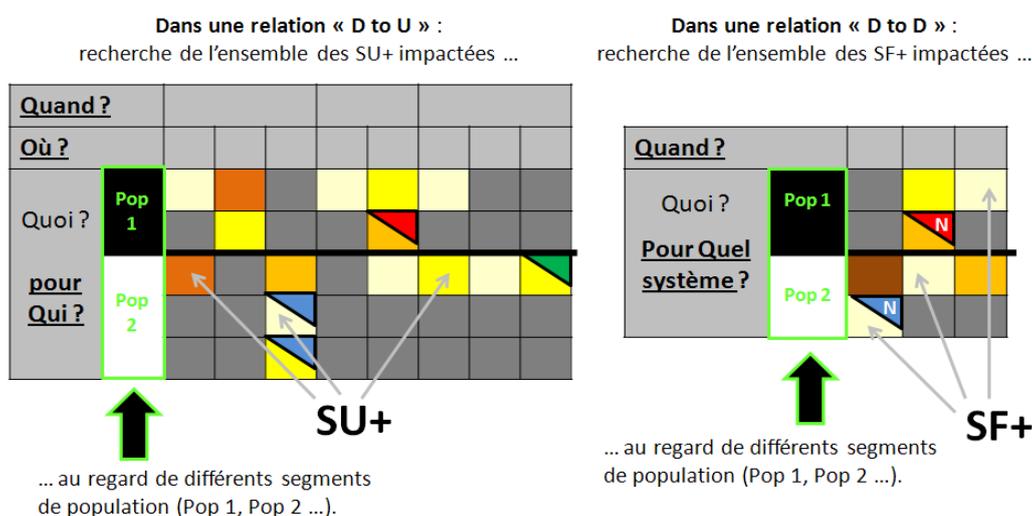


Figure 3-33 : Exploration de l'ensemble des SU+ ou SF+ impactées par la définition du nouvel objet au regard de différents segments de population.

Intéressons nous maintenant au cas où l'on cherche à explorer et caractériser l'impact d'un choix d'ajout d'une propriété de type organique à la définition du nouvel objet, propriété qui traduit une alternative de solution formulée au sein de la dimension T, en échos à un objectif à satisfaire.

Il convient d'abord de se poser les mêmes questions que précédemment relatives à l'apparition, la disparition ou l'évolution du degré de satisfaction des SU+ ou SF+ couvertes

par le nouvel objet doté de la propriété de type organique. En effet, si l'on considère par exemple le choix des dimensions d'un véhicule, une voiture haute permettra d'améliorer la vision du conducteur et donc certaines SU+ relatives à la conduite (amélioration de SU+ existantes) alors qu'une automobile avec un gabarit très court, tel que la Smart, permet elle de nouvelles SU+ inaccessibles jusqu'alors, comme pouvoir se garer perpendiculairement sur une place de parking située le long d'un trottoir ou pouvoir être transportée sur certains camping-cars. Plus généralement, avec l'ajout dans la définition de l'objet d'une propriété de type organique, relative à la spécification d'un composant, d'un matériau ..., certaines plages de performances précises peuvent alors être accessibles permettant alors d'affiner la caractérisation préalablement effectuée (lors de choix de partitions précédents) de l'ensemble des SU+ ou SF+ impactées par la définition du nouvel objet.

Ensuite, considérer un ajout d'une propriété de type organique à la définition du nouvel objet permet de se prononcer sur son coût ou sur les contraintes qu'il engendre, que ce soit en termes de situations contraignantes (SU σ ou SF σ) ou de contraintes « dimensionnelles » en vue d'une intégration dans un système plus global (CI, exclusivement dans une relation de type D to D). Comme le montre la Figure 3-34, la caractérisation de l'impact de la définition du nouvel objet vis-à-vis d'un système de base devient plus complète : elle intègre non seulement l'ensemble des SU+ ou SF+ impactées mais aussi l'ensemble des SU σ ou SF σ et CI qui ont évoluées ou sont apparues et une appréciation de l'évolution du coût.

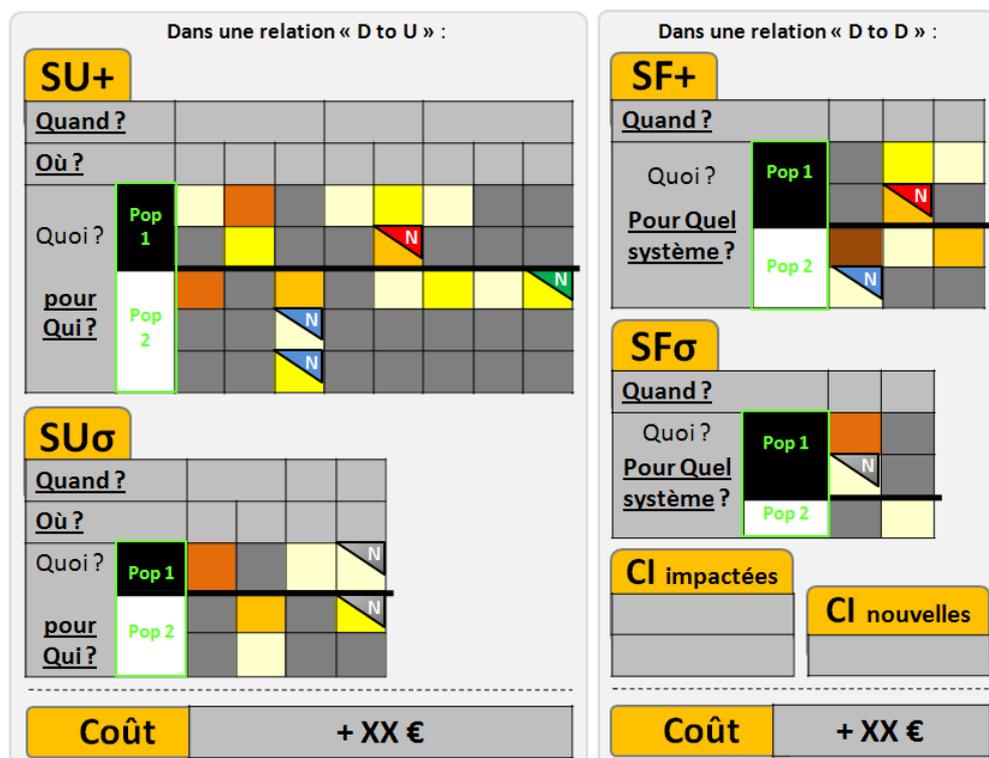


Figure 3-34 : Caractérisation de l'impact de la définition du nouvel objet lorsque l'on envisage lui associer une propriété de type organique.

Ainsi par exemple, si l'on considère le cas du pot d'échappement doté d'un FAP (Filtre à particules) après avoir précisé le procédé technique utilisé pour filtrer les rejets polluants, le tableau des SF+, SF σ et CI impactées et de l'évolution du coût vis-à-vis d'un pot d'échappement « classique » peut prendre la forme illustrée par la Figure 3-35. Notons qu'il se caractérise par l'absence de nouvelles SF+, le composant innovant proposé ne faisant que modifier le niveau de satisfaction de SF+ existantes. Par contre, il apparaît une SF σ inédite et

relative au fonctionnement du moteur de la voiture, qui est d'injecter de temps en temps (tous les X cycles d'échappement) plus de carburant pour permettre de régénérer le filtre.

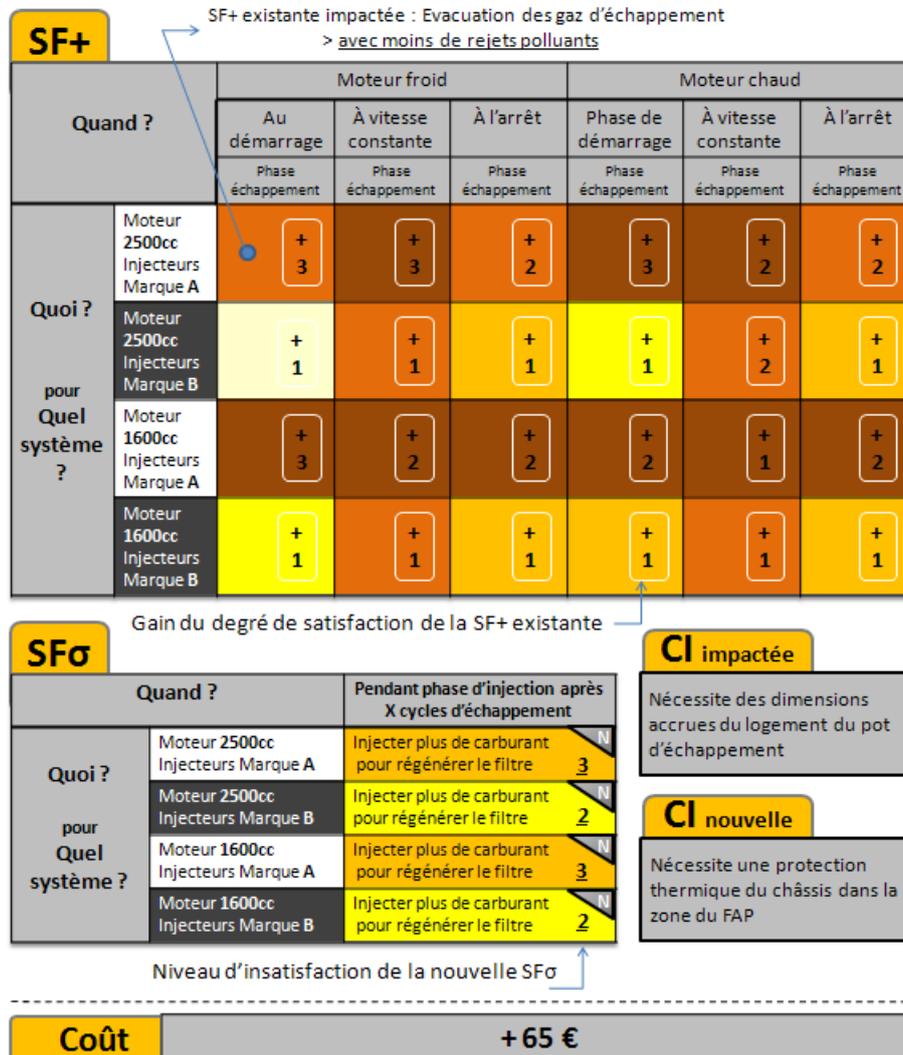


Figure 3-35 : Caractérisation de l'impact de la définition du nouvel objet (pot d'échappement avec FAP) vis-à-vis d'un pot d'échappement « classique ».

Nous venons de voir comment caractériser sur la dimension P, via différentes entités, l'impact de la définition du nouvel objet vis-à-vis d'un système de base lorsque l'on considère lui associer une propriété soit de type objectif fonctionnel, soit de type organique. Il s'avère en fait que cette mesure ne s'effectue que très rarement sur l'ajout d'une propriété de type objectif car une fois que l'on a énoncé un premier problème de conception précis, après la prise sur le raisonnement PST, et que l'on a défini une ou des alternatives de solution y répondant (propriété de type organique), la définition de nouveaux problèmes de conception, donc celle de nouveaux objectifs fonctionnels à satisfaire, dérive « en cascade » des contraintes spécifiques et relatives aux partitions préalablement effectuées, comme nous l'avons vu dans notre description des actions à mener dans la dimension S : le choix de la fonction à considérer est alors guidé par son degré de généralité.

Là, le seul choix de partition d'objectif sur lequel il faut en fait se prononcer porte sur la partition complémentaire, celle où l'on envisage de ne pas satisfaire la fonction en question :

cette interrogation porte sur la nécessité de satisfaire la fonction considérée, et on mesure alors au sein de la dimension P l'impact qu'aurait sa suppression en termes de SU+ ou SF+ non recouvertes par l'objet inédit. C'est donc une démarche qui a surtout un sens lorsque l'on travaille dans une stratégie de démocratisation.

Le constat est donc que c'est seulement au départ, lorsque l'on vient de prendre prise sur le raisonnement PST et que l'objectif fonctionnel à satisfaire est mal défini ou que l'on doit choisir un énoncé précis parmi différentes alternatives, que l'on mobilise la dimension P pour se prononcer sur le choix d'un ajout de propriété de type objectif fonctionnel. Ceci dit, c'est précisément une phase cruciale dans la définition de l'identité inédite du futur objet. En effet, il faut bien comprendre que ce sont les toutes premières partitions consécutives à la prise sur le raisonnement PST qui définissent les contours de ce que l'objet va permettre de faire en plus, en mieux et éventuellement en moins ou en moins bien, soit son identité. La suite d'un raisonnement PST s'apparente davantage à un travail où l'on cherchera à « consolider » cette nouvelle identité en lui donnant les moyens de devenir réalité, ce en satisfaisant l'ensemble des problèmes de conception émergeant en cascade à la suite des premiers ajouts de propriétés plus ou moins inédites.

Par conséquent et de manière plus générale, l'exploration de l'ensemble des SU+ ou SF+ impactées devra être réalisée avec attention au tout début du raisonnement PST, quelque soit le type de proposition initiale et la manière de prendre prise sur le raisonnement, et ensuite le travail de définition du nouvel objet en aval mobilise la dimension P pour se prononcer sur les choix possibles d'alternatives de solution identifiées sur la dimension T en échos à des objectifs fonctionnels à satisfaire : si l'évolution du coût peut toujours être conséquente, la caractérisation de l'impact de la définition du nouvel objet sur les usages (via les SU+ et SU σ) ou le fonctionnement (via les SF+, SF σ et CI) vis-à-vis d'un système de base s'apparente davantage à des ajustements des différentes entités relevées pour la plupart dès le début du raisonnement.

Si nous avons montré de manière générale comment s'effectue l'exploration des entités relatives à la valeur d'usage (SU+ et SU σ dans une relation D to U ; SF+, SF σ et CI dans une relation D to D) et au coût pour se prononcer potentiellement sur tout ajout de propriété, intéressons nous maintenant aux toutes premières partitions, lorsque l'on sollicite la dimension P pour la première fois après la prise sur le raisonnement PST.

3.1.5.4. Le rôle de la dimension P après avoir prise sur le raisonnement PST

Comme nous l'avons vu, pour avoir prise sur le raisonnement PST est ajouté soit un objectif fonctionnel inédit, soit une propriété remettant en cause la « structure organique » d'un système de base existant (suppression d'un composant, modification architecture ...). Le rôle de la dimension P est alors de caractériser une première fois les changements apportés en termes d'usage (relation D to U) ou de fonctionnement d'un objet plus global (relation D to D). Mais dans les deux cas, l'identité de la nouvelle proposition est à ce stade mal définie.

Lorsque l'on prend prise sur le raisonnement PST par l'ajout d'un objectif fonctionnel inédit, un travail sur la dimension S peut permettre de dégager différentes alternatives plus précises de cet objectif. Dans ce cas, la dimension P est mobilisée pour mesurer la valeur d'usage de chacune des partitions possibles et donc se prononcer sur celle ou celles qui semblent les plus prometteuses. Comme nous l'avons vu, lorsque la définition de l'objectif fonctionnel est précisée, considérer la dimension P peut en outre permettre de dégager différentes

déclinaisons du concept en spécifiant des conditions de conception : l'ajout d'un même objectif fonctionnel, suivant le niveau de « performance » qu'on lui associe, peut permettre de distinguer différentes orientations de l'objet innovant, chacune étant porteuse d'une valeur d'usage spécifique et s'adressant à une certaine partie de la population.

Dans notre cas des *Mountain Rollers*, suivant la taille des obstacles spécifiée (de l'ordre de 2 cm ou de 10 cm) relativement à l'objectif fonctionnel de capacité de franchissement qu'on attribue à sa définition, il est possible de distinguer respectivement des rollers « tout chemin » d'autres réellement « tout terrain ». Aussi, vis-à-vis de l'ajout d'un attribut de définition de type objectif fonctionnel, en s'interrogeant sur les usages possibles et sur la valeur d'usage qui en résulte pour les segments de consommateurs, l'exploration de la dimension P permet d'énoncer différentes partitions, chacune étant associée à des conditions de conception précises : si tel niveau de cet objectif est satisfait, alors l'objet à concevoir revêt potentiellement telle valeur d'usage pour ce segment de population.

L'ajout de la fonction « photo numérique » sur les téléphones mobiles fournit un autre exemple de ce lien entre conditions d'usage et SU+ satisfaites : si l'appareil dispose d'un mauvais capteur (inférieur à 1,3 millions de pixels), très peu de SU+ seront satisfaites ; à 2 millions de pixels, il est possible de prendre quelques photos « souvenirs » et la fonctionnalité dessert un usage d'appoint, alors que si le capteur est encore de meilleure facture (vers 5 millions de pixels, autofocus performant ...), le téléphone mobile peut alors remplacer à part entière un appareil photo numérique, dans toutes les SU+ que cela implique.

Au-delà de ces aspects visant à affiner un objectif fonctionnel inédit, la dimension P peut en outre révéler différentes « visions » possibles de l'objet inédit en considérant diverses cibles de population. En fait, en cherchant à caractériser la valeur d'usage pour chaque segment de population (utilisateurs dans une relation D to U et systèmes dans une relation D to D) pour lequel le nouvel attribut de définition de l'objet innovant apporte de la valeur, il convient de vérifier si la manière d'user au mieux de cet avantage spécifique, relativement aux usages de chaque type de client (D to U) ou au fonctionnement de chaque type de système (D to D), ne permet pas de distinguer différentes visions de la définition de l'objet, soit de partitionner.

Notre cas de la combinaison de surf chauffante fournit précisément un exemple où l'exploration des SU+ impactées prend des formes très différentes pour chaque cible de population visée lorsque l'on vise pour chacune d'elle à exploiter au mieux l'apport de la nouvelle propriété objectif, comme le montre la Figure 3-36 : la caractéristique « chauffante » permet pour des utilisateurs confirmés de continuer à surfer quelque soit la température de l'eau, permettant alors d'accéder à des zones de surf inaccessibles jusqu'alors du fait des conditions « extrêmes » relatives à ces contextes d'usage spécifiques. Aux antipodes de cet usage extrême, pour des débutants, la propriété « chauffante » pourra être utilisée pour proposer des combinaisons moins épaisses facilitant alors l'effort physique à fournir lors de cette pratique.

Quand ?		Avant	Pendant la session de surf			Après
Où ?		Hors de l'eau	Eaux à T° > 15°C	Eaux froides 15°C > T° > 5°C	Eaux gelées 5°C > T°	Hors de l'eau
Quoi ?	Pros	Chauffer muscles N 2	X	Rester plus longtemps dans l'eau + 2	Aller dans des zones de surf « extrêmes » N 2	Sécher combinaison N 1
	Débutants	X	Moins de fatigue car moins de néoprène + 3	X	X	Sécher combinaison N 1
pour Qui ?	Féminin	...				

Figure 3-36 : Des résultats très différents entre deux catégories d'utilisateurs potentiels d'une combinaison de surf chauffante.

Cette distinction de différentes « visions » de ce que pourrait être l'association du système de base et du nouvel objectif fonctionnel pousse à considérer différentes partitions en amont du concept initial, chacune de ces partitions étant relative à une définition différente du système de base. Dans notre cas de la combinaison de surf chauffante, les utilisateurs confirmés ayant un besoin de continuer à surfer quelque soit la température de l'eau, ou d'accéder à des zones de surf inaccessibles jusqu'alors, dans des conditions « extrêmes », la caractéristique « chauffante » est envisagée comme s'associant à une combinaison épaisse alors que pour faciliter l'effort physique de débutants, elle serait utilisée sur des combinaisons moins épaisses.

Les deux visions dégagées de ce que pourrait être une combinaison chauffante va se traduire alors dans l'arborescence des concepts par une partition, en amont, entre une « combinaison facile » et une « combinaison extrême », chacune étant donc associée à une population et un usage différent. Le fait que ces deux visions traduisent finalement des intentions plus amont que celle initiale (chauffante) va amener à considérer l'arborescence construite jusqu'alors comme une branche commune appartenant à deux arborescences plus en amont, comme l'illustre la Figure 3-37.

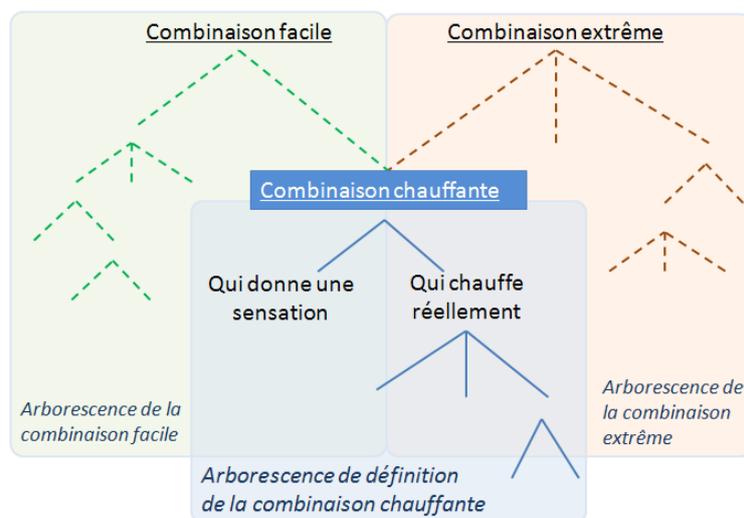


Figure 3-37 : Partition en amont de l'arborescence au regard des deux visions possibles identifiées de la combinaison de surf chauffante.

Lorsque l'on prend prise sur le raisonnement PST par l'ajout d'une propriété remettant en cause la « structure organique » d'un système de base existant, comme nous l'avons vu au sein de la dimension S, le nouveau problème de conception qui en découle est formulé comme un objectif fonctionnel mis à mal et qui doit être reconsidéré (dans l'exemple de la « voiture-bateau », la fonction « s'installer à bord du véhicule » associé à cet attribut inédit (« sans portes latérales »). Or à ce stade, il semble bien difficile de caractériser sur la dimension P le gain en termes d'usage pour les consommateurs (ou de fonctionnement du système dans une relation D to D) car on ne sait pas ce que peut évoquer alors le concept. En fait, le premier ajout de propriété s'est traduit par la remise en cause d'un élément du système de base qui s'ajoute à l'ambiguïté apportée par la nouvelle intention.

Aussi, il semble qu'il faille attendre l'ajout d'une propriété de type organique pour pouvoir se prononcer. A ce moment là, l'ensemble des SU+ ou SF+ impactées pourra et devra être exploré avec une certaine attention, car c'est la première caractérisation du potentiel de nouvelle proposition d'un objet dont l'identité a déjà fortement évoluée. Notons que les SU σ ou SF σ et CI pourront également être caractérisés (car c'est un ajout de propriété de type organique qui est considéré).

Nous venons de définir différentes entités (SU+, SU σ , SF+, SF σ et CI) et quelques principes, des questions à se poser, pour explorer sur la dimension P des nouveaux potentiels d'usage ou de fonctionnement liés à l'ajout d'une propriété Pi (qu'elle soit de type objectif fonctionnel ou organique) à la définition du nouvel objet, suivant les différentes cibles de population. Il nous faut maintenant préciser la manière de caractériser et d'évaluer la valeur d'usage aux yeux des clients de la conception (utilisateurs ou entreprise « *Designer* »), et plus généralement le potentiel de nouvelle proposition de valeur.

3.1.5.5. Appréciation du potentiel de nouvelle proposition de valeur

Comme nous l'avons vu, le potentiel de nouvelle proposition de valeur d'un nouvel objet que l'on explore sur la dimension P correspond au rapport entre la valeur d'usage et la valeur d'échange (prix), l'entreprise s'intéressant en conception au coût plutôt qu'au prix de vente. Si les industriels ont une connaissance pratique du chiffrage du coût, via des formules de calcul ou d'approximation, d'un objet en cours de conception, même si là l'aspect inédit ne permettra vraisemblablement pas d'être aussi précis qu'à l'accoutumée, il semble par contre qu'ils soient plus démunis pour ce qui est de l'appréciation de la valeur d'usage d'un système innovant dont la définition n'est pas encore acquise.

Nous avons vu que cette valeur d'usage d'un nouvel objet s'exprimait au travers d'entités, les SU+ et les SU σ dans une relation de type « D to U » et les SF+, SF σ et IC dans une relation de type « D to D ». Afin de pouvoir se prononcer sur la valeur d'usage de l'artefact de conception, il convient maintenant de préciser leur caractérisation à proprement dit. Chacune des entités se jauge suivant la même forme, via deux termes : un niveau de satisfaction (SU+ ou SF+), d'insatisfaction (SU σ ou SF σ) ou de « présence » (CI) couplé à un paramètre (Noté « Kf ») représentant l'importance et la fréquence d'apparition de l'entité. Ces deux termes varient de 1 à 5 (niveaux de satisfaction d'une SU présenté dans la Figure 3-31) et peuvent être variables suivant la population considérée (notée « *pop user* » pour la relation D to U et « *pop syst* » pour la relation D to D).

Plus précisément, pour ce qui concerne la caractérisation des SU+ ou des SF+, il s'agit d'abord de mesurer le niveau de satisfaction de l'entité. Là deux cas se présentent : soit la

SU+ ou SF+ couverte par le nouvel objet en cours de définition l'était déjà et il s'agit alors de mesurer l'évolution du degré de satisfaction de l'entité, ce gain (noté « G ») pouvant être positif ou négatif et atteindre au maximum 4 (différence entre note maximale 5 et note minimale 1), soit la SU+ ou SF+ considérée est inédite et il s'agit alors d'une simple mesure du niveau de satisfaction (noté « N »).

Le deuxième terme concerne la corrélation entre la SU+ ou SF+ couverte par le nouvel objet et un besoin. Plus précisément, il traduit à la fois l'importance de l'entité sa fréquence d'apparition au cours de l'usage ou du fonctionnement d'un système. Quand il ne s'agit pas SU+ ou SF+ inédite, il est alors possible de caractériser assez précisément sa fréquence d'apparition ainsi que son importance. Lorsque l'entité est inédite, il n'est plus possible de caractériser aussi précisément le paramètre Kf. Nous sommes en effet plutôt au stade des suppositions. Pour exemple, sur le marché de la téléphonie mobile, il n'avait pas été prédit une utilisation aussi répandue des SMS. La Figure 3-38 présente la manière d'exprimer la valeur de telles entités.

$$\begin{aligned}
 & \text{- Valeur SU+} = G_{\text{pop user}} \times Kf_{\text{SU+pop user}} & \text{- Valeur SF+} = G_{\text{pop syst}} \times Kf_{\text{SF+pop syst}} \\
 & \text{- Valeur new SU+} = N_{\text{pop user}} \times Kf_{\text{SU+pop user}} & \text{- Valeur new SF+} = N_{\text{pop syst}} \times Kf_{\text{SF+pop syst}}
 \end{aligned}$$

Figure 3-38 : Expression de la valeur des SU+ ou SF+.

Lorsque l'entité est de type « contrainte », $SU\sigma$ ou $SF\sigma$, qu'elle soit inédite ou pas, la caractérisation se traduit par le niveau d'insatisfaction généré et un deuxième terme (noté à nouveau « Kf ») relatif à l'importance et la fréquence d'apparition de la situation de nuisance, dont l'appréciation peut être variable suivant les segments de « population » considérés. Pour exemple, on ne peut oublier l'échec de la voiture électrique dans les années 1990, qui rendait peu ou prou exactement le même service que son homologue thermique, mais qui se caractérisait par une nuisance importante apportée par le temps « excessif » nécessaire à la recharge des batteries, accentuant la situation contraignante d'alimentation en énergie du véhicule qui de plus là se répétait de manière plus fréquente du fait de leurs faibles autonomies. Pour tout type de $SU\sigma$ ou $SF\sigma$ inédite, quel que soit leur degré d'exclusivité, nous proposons d'augmenter l'appréciation du niveau d'insatisfaction d'une unité. La Figure 3-39 présente la manière d'exprimer la valeur de ces entités.

$$\begin{aligned}
 & \text{- Valeur } SU\sigma = G_{\text{pop user}} \times Kf_{SU\sigma\text{pop user}} & \text{- Valeur } SF\sigma = G_{\text{pop syst}} \times Kf_{SF\sigma\text{pop syst}} \\
 & \text{- Valeur new } SU\sigma = N_{\text{pop user}} \times Kf_{SU\sigma\text{pop user}} & \text{- Valeur new } SF\sigma = N_{\text{pop syst}} \times Kf_{SF\sigma\text{pop syst}}
 \end{aligned}$$

Figure 3-39 : Expression de la valeur des $SU\sigma$ ou $SF\sigma$.

Enfin, pour ce qui est de la caractérisation des CI, qui traduisent dans le cas d'une relation de type « D to D » les contraintes d'intégration d'un sous-système au sein d'un système plus global, nous retrouvons à nouveau deux termes suivant la même forme : le premier correspond au degré de « présence », d'acuité de la contrainte d'intégration et le second (toujours nommé « Kf ») traduit l'importance et éventuellement la fréquence d'apparition de cette contrainte portée par un sous système sur la conception d'un objet. La Figure 3-40 présente la manière d'exprimer la valeur de cette entité spécifique à une relation D to D.

- Valeur CI = $G_{\text{pop syst}} \times Kf_{CI\text{pop syst}}$

- Valeur new CI = $N_{\text{pop syst}} \times Kf_{\text{CIpop syst}}$

Figure 3-40 : Expression de la valeur des CI.

Après avoir caractérisé ces entités représentatives de la valeur d'usage du nouvel objet en cours de définition, il est alors possible de préciser notamment les gains en utilité et en utilisabilité. Le gain en utilité traduit ce que l'on peut faire en plus grâce au nouvel objet, soit l'assouvissement de nouveaux besoins. Le gain en utilisabilité traduit lui ce que l'on peut faire en mieux, soit des besoins mieux assouvis.

Le premier est relatif à la somme des SU+ et SF+ inédites recouvertes par le nouvel objet auquel sont retranchées les éventuelles entités habituellement couvertes par le système de base et qui ne sont plus accessibles avec l'objet innovant. Dans une stratégie de valeur ajoutée, il se doit d'être positif alors que dans une stratégie de démocratisation, il sera vraisemblablement négatif. Quant à une appréciation plus précise sur ce gain en utilité, il semble que c'est au fil des projets portant sur un même type de produit, en mettant en perspective leurs gains respectifs, que l'on pourra réellement juger. La Figure 3-41 propose la manière d'obtenir ce gain.

- . Gain en utilité (relation D to U) = $\Sigma (\text{Value new SU+}) - \Sigma (\text{Value SU+ « enlevées »})$
- . Gain en utilité (relation D to D) = $\Sigma (\text{Value new SF+}) - \Sigma (\text{Value SF+ « enlevées »})$

Figure 3-41 : Expression du gain en utilité du nouvel objet.

Outre ce gain en utilité, il convient de s'intéresser au nombre et au degré d'exclusivité de ces SU+ ou SF+ : si vis-à-vis de toutes les alternatives concurrentes existantes (quel que soit le niveau de gamme, les spécificités technologiques ...), la SU+ ou SF+ est exclusive mais qu'il existe quand même d'autres moyens de la satisfaire faisant appel à des systèmes totalement différents, nous sommes alors en situation d'« exclusivité relative » (entité exclusive du point de vue du type d'objets considérés) et nous proposons d'augmenter l'appréciation du niveau de satisfaction d'une unité, alors que s'il n'existe aucune alternative concurrente directe ou indirecte, l'entité peut être qualifiée d'exclusive de manière absolue. Il faut bien comprendre que ce sont ces SU+ ou SF+ inédites, à condition qu'elles correspondent à un réel besoin du destinataire, qui sont porteuses d'une grande part de la valeur ajoutée d'un objet innovant, en lui conférant l'exclusivité d'être véritablement le seul à pouvoir satisfaire un besoin non assouvi jusqu'alors.

Pour ce qui concerne les SU+ et SF+ inédites relevées, au-delà de caractériser leur degré d'exclusivité, il paraît judicieux de s'interroger sur la validité et la pérennité de leur valeur, ou en d'autres termes la validité et la durée de validité du ou des besoins qu'elles traduisent. Pour ce qui est de la validité, une confrontation avec de potentiels futurs utilisateurs ou destinataires « *Designer* », type « *focus group* », peut permettre d'affiner la caractérisation de ces entités inédites. Cette approche nous semble particulièrement conseillée dans les cas où le système de base n'existe pas, et que donc on ne relève que de nouvelles entités (new SU+ ou new SF+), pour vérifier l'utilité du nouvel objet et déceler celles qui sont le plus porteuses de valeur. Pour ce qui est de la pérennité de leur valeur, on peut notamment se poser les questions suivantes : qu'est-ce qui peut modifier le besoin ? Qu'est-ce qui peut le reporter ou l'annuler ? Dans combien de temps ? Via quel type de concurrence ? Ces réflexions pourront ensuite influencer sur une politique de protection industrielle.

Le deuxième gain, relatif à l'utilisabilité, prend des formes différentes suivant le type de relation « D to U » ou « D to D ». Pour les premiers cas, on cherche en fait le gain en utilisabilité et agrément. Il se caractérise par la somme des SU+ impactées, déjà recouvertes par le système de base mais pour lesquelles on note un gain positif ou négatif, à laquelle est retranché l'ensemble des SU σ , qu'elles soient inédites ou qu'elles aient été impactées (avec un gain positif ou négatif). Un gain positif sera significatif d'une valeur ajoutée mais là aussi une appréciation plus précise semble nécessiter de recouper ce résultat avec de précédents projets portant sur le même type de produit. Ce gain en utilisabilité dans une relation D to U s'obtient de la manière suivante :

$$\text{Gain en utilisabilité (relation D to U)} = \Sigma (\text{Val. SU+}) - [\Sigma (\text{Val. SU}\sigma) + \Sigma (\text{Val. new SU}\sigma)]$$

En ce qui concerne une relation de type « D to D », l'utilisabilité est relative à la facilité à concevoir un « bon » fonctionnement du point de vue du destinataire de type « Designer », par rapport à ses besoins. On distingue là un premier gain en « qualité de fonctionnement » du sous-système, noté « G1 », qui est la somme des SF+ impactées (déjà recouvertes par le système de base mais pour lesquelles on note un gain positif ou négatif) à laquelle est retranchée l'ensemble des SF σ , qu'elles soient inédites ou qu'elles aient été impactées (avec un gain positif ou négatif). Un résultat positif signifie un sous-système plus performant. Ce gain en qualité de fonctionnement (noté « G1 ») s'obtient de la manière suivante :

$$\begin{aligned} G1 &= \text{Gain en qualité de fonctionnement (relation D to D)} \\ &= \Sigma (\text{Value SF+}) - [\Sigma (\text{Value SF}\sigma) + \Sigma (\text{Value new SF}\sigma)] \end{aligned}$$

Il faut ensuite considérer un deuxième gain de « difficulté d'intégration » du sous-système dans le système du destinataire « Designer », noté « G2 », qui est la somme de tous les CI, inédites ou seulement impactées. Un gain positif signifie là un sous-système s'intégrant plus difficilement (car davantage de contraintes) dans le système plus global du client « Designer ». Ce gain en difficulté d'intégration (noté « G2 ») s'obtient de la manière suivante :

$$\begin{aligned} G2 &= \text{Gain en difficulté d'intégration (relation D to D)} \\ &= [\Sigma (\text{Value CI}) + \Sigma (\text{Value new CI})] \end{aligned}$$

Le gain en utilisabilité dans une relation de type « D to D » s'obtient alors par la soustraction du gain G2 à G1 :

$$\text{Gain en utilisabilité (relation D to D)} = G1 - G2$$

Nous sommes alors en mesure de caractériser le gain de valeur d'usage du nouvel objet, en faisant la somme du gain en utilité et du gain en utilisabilité :

$$\text{Gain de Valeur d'usage} = \text{Gain en utilité} + \text{Gain en utilisabilité}$$

Fort de ces éléments, il est alors possible de jauger le potentiel de nouvelle proposition de valeur du nouvel objet en cours de définition, en comparant notamment le gain de Valeur d'usage avec l'évolution du coût estimée (surcoût du nouvel objet ou baisse du coût). Comme nous l'avons vu, dans une stratégie de valeur ajoutée, on vise un gain de Valeur d'usage important et il faut s'assurer que le surcoût (si surcoût il y a) ne soit pas trop important alors que dans une stratégie de démocratisation, c'est la baisse du coût de l'objet qui guide la

conception mais le gain de Valeur d'usage (le plus souvent négatif) ne doit pas être négligé si l'on ne veut pas vendre qu'un prix.

Nous venons de voir comment caractériser le potentiel de nouvelle proposition de valeur. Il convient maintenant de s'intéresser à la capacité d'expansion que recèle la dimension P, lorsque la valeur d'usage du nouvel objet semble trop faible mais plus généralement pour « maximiser » les possibilités de variations de l'identité d'un produit et de débouchés en termes de marché.

3.1.5.6. Une capacité d'expansion

Les entités de type « Situations » (SU^+ , $SU\sigma$, SF^+ et $SF\sigma$) définies pour explorer la valeur d'usage se caractérise par une action (question « Quoi ? »), un contexte d'usage (questions « Où ? » et « Quand ? ») ou de fonctionnement (question « Quand ? » dans une relation D to D) et une cible de population (utilisateurs ou système plus global). Lorsque l'on effectue l'exploration de l'ensemble des « Situations » impactées par le potentiel ajout d'une propriété, l'idée est de mesurer ce que le nouvel attribut permet de faire en plus, en moins ou différemment en termes d'action (question « Quoi ? »), relativement aux segmentations du contexte d'usage ou de fonctionnement et de cibles de population s'inscrivant dans une utilisation, une « mission » conventionnelle, ou tout du moins très proche de l'utilisation classique du système de base (pour la combinaison de surf chauffante a été identifié la possibilité d'investir de nouveaux contextes d'usage, les zones de surf « extrêmes » où la température de l'eau est glaciale, mais reste proche du contexte d'usage « classique » dans ce sens qu'il se situe toujours dans un océan, dans un lieu où il y a des vagues).

Si l'exploration de la dimension P s'effectue donc autour d'une utilisation peu ou prou conventionnelle de l'objet inédit, alors il existe des capacités d'expansion en considérant des contextes d'usage ou de fonctionnement « non conventionnels », des cibles de population « non conventionnelles » ou bien encore les deux à la fois.

Pour ce faire, nous proposons une fois que l'ensemble des SU^+ ou SF^+ impactées a été identifié de se poser un certain nombre de questions. Dans une relation D to U, trois questions peuvent se poser :

- Vis-à-vis des mêmes segments de population que ceux considérés lors de l'exploration, à quoi pourrait servir le nouvel objet lorsque l'on considère des contextes d'usage non conventionnels ?
- Sans changer les contextes d'usage considérés lors de l'exploration, à qui pourrait servir le nouvel objet lorsque l'on considère des segments de population non conventionnels ?
- En considérant à la fois des contextes d'usage non conventionnels et des segments de population non conventionnels, à quoi et à qui pourrait servir le nouvel objet ?

Ainsi, dans le cas de la combinaison de surf chauffante, comme l'illustre la Figure 3-42, si la première question ne semble pas permettre d'élargir les usages de la combinaison par des pratiquants de surf en dehors de l'océan, en écho à la deuxième question (même lieu, population différente) apparaît un usage potentiel d'une combinaison chauffante pour des nageurs ou pour des plongeurs et vis-à-vis de la troisième question, on peut imaginer qu'un

dérivé de cette combinaison soit utilisé par les marins-pêcheurs ou par des skieurs hors-piste confrontés au froid et à l'humidité de la poudreuse. On peut même voir au travers de la combinaison chauffante un premier pas stratégique vers des textiles chauffants.

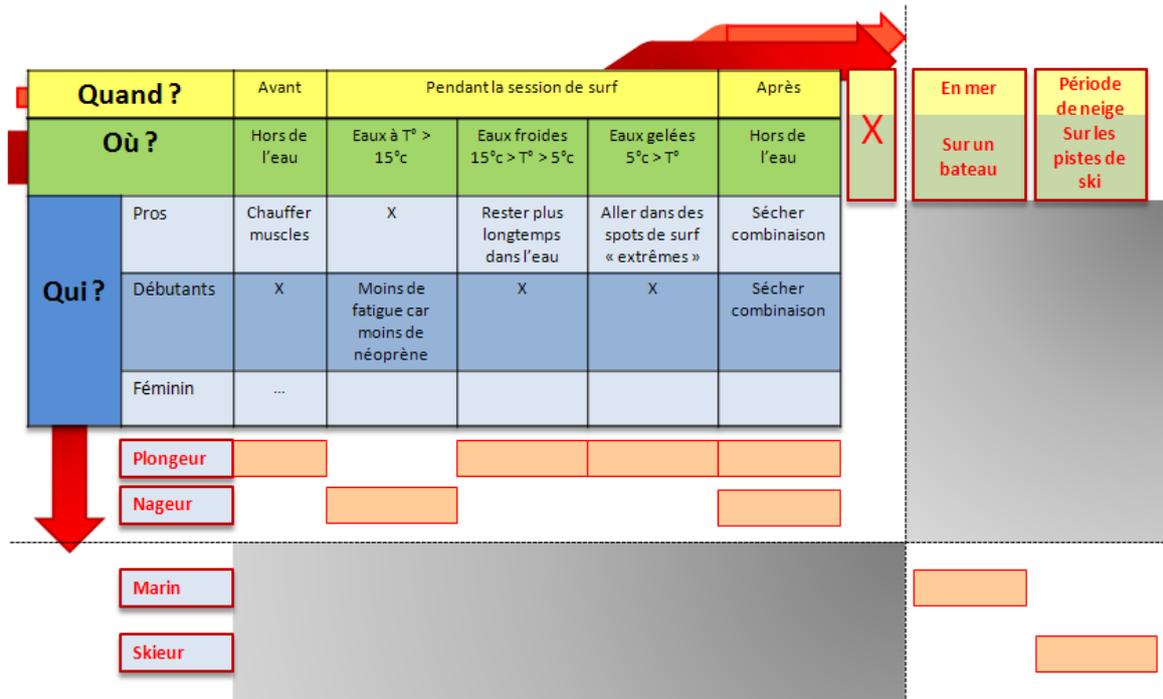


Figure 3-42 : Expansions possibles des potentiels d'application pour la combinaison de surf chauffante.

Dans une relation D to D, nous l'avons déjà évoqué, les questions « Où ? » et « pour Quel système ? » semblent se confondre et l'interrogation semble se porter finalement sur une seule question : à quel système non conventionnel pourrait servir le nouveau sous-système inédit que l'on conçoit ? Dans le cas du pot d'échappement doté d'un filtre à particules par exemple, il est possible d'envisager des applications non conventionnelles comme utiliser le système de catalyse sur une climatisation pour que celle-ci diffuse de l'air « pur », non pollué, ou sur des systèmes de chauffage au bois⁹³

Au delà de pouvoir identifier de nouvelles SU+ ou SF+ couvertes par le nouvel objet, cette exploration des expansions possibles des usages présente deux intérêts de nature différente. Premièrement, elle permet d'identifier de nouveaux débouchés en termes de cibles de population (utilisateurs ou systèmes) de l'objet inédit ou d'un dérivé. Ces nouveaux débouchés influent directement sur le nombre potentiel de ventes, sur la taille du marché du nouvel objet, et conditionne donc la rémunération possible de l'entreprise.

Deuxièmement, cette exploration des expansions possibles peut déboucher sur des partitions, par la spécification d'un objectif fonctionnel. Si l'on considère par exemple un « caddie intelligent », et qu'on lui attribue une capacité à communiquer, les responsables d'un magasin de distribution deviennent potentiellement « utilisateurs » du chariot de course en pouvant la consommation de ses clients en *live*. Cette expansion peut se traduire alors par le potentiel ajout de l'objectif fonctionnel « permettre un suivi de la consommation des clients ». Toujours vis-à-vis de ce même cas, considérer un usage du chariot (ou tout du moins une de ces parties) par les consommateurs en dehors du contexte d'usage conventionnel (contexte du

⁹³ En France, le chauffage au bois émet plus de fines particules et certains autres polluants que l'ensemble des véhicules Diesel.

magasin) peut amener à formuler d'autres fonctions à satisfaire comme « communiquer avec le frigo des consommateurs » ou « permettre de désolidariser une partie du système intelligent du chariot ».

Enfin, si l'on considère maintenant les entités de type CI (spécifiques à une relation D to D), l'expansion de la valeur d'usage est possible si l'on s'intéresse aux CI qui ont été accrues ou qui sont apparues, qui rendent donc plus difficile l'intégration d'un sous-système dans un produit, et que l'on cherche à les voir comme des opportunités en termes de capacité d'usage pour le client de type « *Designer* ». Ainsi, dans notre cas du pot d'échappement avec FAP, nous avons identifié une nouvelle contrainte relative au fait que le filtre lorsqu'il se régénère dégage une intense chaleur et qu'il semble alors nécessaire de prévoir une protection thermique du châssis dans la zone du FAP. Mais cette contrainte peut aussi être vue comme une source de chaleur pouvant être utilisée par exemple pour chauffer l'habitacle en hiver. On expand alors la valeur d'usage de l'objet inédit.

La dimension P fournit donc à la fois une caractérisation de la valeur d'usage et du coût, permettant d'orienter l'évolution de l'arborescence des définitions possibles d'un artefact en cours de conception. Cette dimension P peut également amener à partitionner, lorsque l'on cherche à préciser l'objectif fonctionnel mal défini suite à la prise sur le raisonnement PST, lorsque l'on dégage différentes visions de l'objet inédit au regard d'usages potentiels très différents entre deux cibles de population ou lorsque l'on utilise ses capacités d'expansion.

Maintenant que nous avons précisé les actions à mener sur chaque dimension pour développer le raisonnement PST, il convient d'étudier les atouts et limites de ce type de raisonnement.

3.1.6. Apports et limites du raisonnement PST

3.1.6.1. Prises méthodologiques offertes par les aspects structurant et souple du raisonnement PST

Le raisonnement PST est un raisonnement exploratoire où le cheminement se traduit par une suite logique de type « objectif-moyen-objectif-moyen ... » s'appuyant sur la distinction de deux types de propriétés (types objectif fonctionnel et organique) que l'on ajoute à la définition d'un nouvel objet. En échos à la spécification d'un attribut organique est identifié un nouveau problème à résoudre, un nouvel objectif fonctionnel à satisfaire qui tient compte des propriétés déjà associées à la définition du nouvel objet, qui invite à considérer le choix d'un élément organique supplémentaire et ainsi de suite. Au regard du modèle « multi-questions » PST, ce cheminement est guidé par un jeu de questions au travers des trois dimensions P, S et T dont nous avons montré leur rôle et pour chacune d'elle des éléments méthodologiques permettant à la fois l'exploration, la caractérisation et l'expansion des possibles déclinaisons de définitions d'un concept original.

Tous ces éléments fournissent des prises méthodologiques pour qui a l'intention d'innover dans le sens qu'à tout moment de la construction de l'arborescence des concepts existent une voire plusieurs questions que l'on peut se poser pour faire avancer le raisonnement de manière progressive, consciente et rationnelle. Ce jeu de questions qui caractérise un raisonnement PST représente donc un pas vers l'« opérationnalisation » du raisonnement exploratoire de la conception innovante esquissé par la théorie C-K.

Mais si le raisonnement PST offre une approche structurée au travers des actions à mener au sein des trois dimensions, il n'en demeure pas moins qu'il se caractérise aussi par sa souplesse, et ce à plusieurs niveaux.

En effet, premièrement, dans un raisonnement PST, les allers-retours peuvent être nombreux. Ainsi par exemple, un travail au sein de la dimension T peut faire apparaître des lacunes dans l'énoncé du problème de conception à résoudre (dimension S) ou une caractérisation plus fine de la valeur d'usage sur la dimension P peut amener à reconsidérer un choix de partition. Plus généralement, toute nouvelle idée, nouvelle modélisation, nouvelle compréhension ou utilisation de capacité d'expansion que recouvrent les dimensions P et T amènent à rediscuter les avancées effectuées en tenant compte des nouveaux éléments.

Le corolaire à ces mouvements est que le cheminement d'un raisonnement PST, la construction de l'arborescence, ne s'effectue pas suivant un processus prédictible, descendant et linéaire : les propriétés P_i ajoutées *in fine* au concept initial ne sont vraisemblablement pas toutes enchaînées les unes à la suite des autres, et nous pensons que la construction de l'arborescence va être construite, déconstruite, réorganisée plus ou moins partiellement, plus ou moins souvent.

Un deuxième point concernant la souplesse d'un raisonnement PST est qu'il peut impliquer toutes sortes de métiers, qui peuvent intervenir de manière plus ou moins régulière, à un moment du raisonnement ou tout au long de celui-ci. La structure arborescente permet de comprendre la généalogie du projet en cours alors que la structure comme un jeu de trois dimensions de nature très différente permet à chacun d'avoir prise, de pouvoir contribuer suivant son pôle de compétence. Globalement, il s'agit tout de même de faire coopérer des compétences couvrant l'ensemble des trois dimensions, notamment en ce qui concerne les dimensions P et T qui nécessite des connaissances spécifiques pour caractériser les deux indicateurs, celui du potentiel de nouvelle proposition de valeur et celui relatif à la faisabilité technologique.

Troisièmement, concernant le management des équipes, si le raisonnement PST permet de par sa construction structurée la possibilité de suivre assez aisément le processus de conception exploratoire, donnant prise au manager, il se caractérise aussi par un mode de gestion qui pourra évoluer en fonction des ressources allouées au projet d'innovation. La logique exploratoire du raisonnement PST permet effectivement de « cultiver » tout un ensemble d'alternatives en guettant toutes les expansions possibles de leurs définitions, ce qui peut, nous l'avons vu, déboucher sur des résultats pluriels, mais qui sont aussi chronophages. Tenant compte de ces caractéristiques, il est possible, à ressources égales, d'orienter l'exploration soit dans un mode divergent (exploration large donc lente), soit dans un mode plus convergent (exploration plus réduite et donc plus rapide). En fait, si l'on considère que l'on explore des « grappes » de concepts, au premier mode correspond un nombre de grappes plus important.

Mais il est aussi possible, et nous pensons souhaitable, d'envisager une exploration à géométrie variable : au cours d'un raisonnement PST, au regard des deux phases qu'il est possible de distinguer, l'une plutôt relative à l'identité de l'objet (balayage des possibles déclinaisons d'un concept initial, doté d'un attribut de définition « surprenant ») et l'autre plutôt relative à sa faisabilité (étude des problèmes de conception impactés en cascade, ayant pour but de « consolider » la définition du nouvel objet), il semble judicieux de considérer d'abord un mode divergent auquel lui succède progressivement un mode convergent. Quoi

qu'il en soit, nous notons que le raisonnement PST autorise de nombreux modes de management.

Si le raisonnement PST se caractérise par un cheminement à la fois structuré et souple donnant prise aux acteurs de la conception innovante, nous allons voir maintenant qu'il existe un besoin à préciser l'activité de modélisation qui y est fréquemment mobilisée.

3.1.6.2. Vers le besoin d'approfondir l'activité de modélisation

Comme nous l'avons évoqué à de maintes reprises au cours de la description des actions à mener au sein des trois dimensions, le « cheminement » innovant se distingue par une pratique récurrente de l'activité de modélisation. En fait, dans un raisonnement PST, dès que l'on se confronte au terme de la nouvelle intention (*troublemaker*), à un phénomène physique inédit, qu'émerge une idée, une voie de solution, que l'on se projette dans un usage potentiel du nouvel objet ... bref à tout type de sujet, on ne peut se contenter de leur identification. Il convient de chercher de manière active à les caractériser, les décortiquer, les modéliser.

Sinon, comment extraire des propriétés de définition d'un *troublemaker* (dimension S), affiner un objectif fonctionnel mal défini (dimension S), déterminer le nouveau problème à considérer en priorité au regard de l'évolution de la définition du nouvel objet que l'on vient de doter d'un attribut organique (dimension S), catégoriser les typologies ou caractériser la décomposition fonctionnelle d'alternatives de solution pour pouvoir explorer tout le champ des possibles (dimension T), appréhender un nouveau phénomène physique (dimension S et T), caractériser les contours de SU ou SF (segmentation du contexte d'usage ou de fonctionnement, des cibles de population visées) une fois identifié un usage potentiel du nouvel objet (dimension P) ou encore identifier un critère de conception spécifique à une nouvelle situation problématique (dimension S) ?

Nous voyons donc que les besoins de modélisation pour mener à bien ce processus exploratoire de conception sont importants, que ce raisonnement PST, en « distribuant » un grand nombre de questions autour des attributs de définition du système à concevoir, requiert un usage intensif de l'activité de modélisation.

Au sein de chaque dimension, nous avons certes proposé quelques « petites » questions à se poser ou de micro-outils pour se faire aider, mais il demeure des cas où l'activité de modélisation peut difficilement être « guidée » et s'avérer moins aisée. Nous pensons notamment aux modélisations qui concernent la compréhension de situations problématiques inédites, situations qui apparaissent consécutivement à l'ajout d'une propriété organique originale : l'évolution de la définition du nouvel objet plonge les acteurs dans un cadre inédit, les amène à se confronter à quelque chose qu'ils connaissent peu ou pas. Dans notre cas des *Mountain rollers* par exemple, l'ajout de roues de grand diamètre semble profondément changer les conditions d'équilibre, changements qui s'ajoutent aux interrogations portant sur la pratique de ce sport en montagne : comment alors définir le problème à traiter en priorité ou des critères de conception permettant de valider des alternatives de solution ? En d'autres termes et plus largement, peut-on modéliser quelque chose dont on n'a pas ou que peu de connaissances ?

Or, en échos à cette interrogation, nous remarquons en fait que cette activité de modélisation s'apparente à une boîte noire du point de vue du cheminement de la pensée. Mais alors, comment modélise t-on ? Parce que toute la dynamique d'un raisonnement PST est

conditionnée à cette capacité de modéliser et qu'elle peut ne pas être aisée, il convient selon nous d'ouvrir cette boîte noire pour prendre davantage prise sur le raisonnement PST.

En outre, nous remarquons que cette activité de modélisation au sein d'un raisonnement PST s'utilise en grande partie pour définir les propriétés à ajouter à la définition du nouvel objet. Or, au regard de la présentation de la conception suivant la théorie C-K comme la coévolution entre un espace de concepts C et un espace de connaissances K, où les propriétés P_i sont identifiées au sein de l'espace K et permettent de construire l'arborescence des concepts dans l'espace C, nous comprenons que l'activité de modélisation est initiée par une question de C vers K et que son livrable s'apparente à la réponse de K vers C. L'activité de modélisation représente donc le travail réalisé au sein de l'espace K et si l'on considère le fait que l'identification de propriétés peut provenir de toutes nouvelles connaissances, alors nous pouvons légitimement nous interroger sur le rôle de l'activité de modélisation dans la création de nouvelles connaissances. En d'autres termes, le besoin d'apprentissages ou d'acquisition de nouvelles connaissances pour innover identifié dans notre état de l'art et que l'on constate aisément lorsque l'on présente des travaux de conception innovante suivant une arborescence C-K, ne serait-il pas lié à cette capacité de modélisation ?

Devant les enjeux à mieux comprendre l'activité de modélisation, nous proposons donc de nous attacher dans cette fin de chapitre à caractériser plus précisément son processus et les manières de procéder. Nous verrons aussi que cette activité amène effectivement à la création de connaissances et qu'associée à une approche PST, elle favorise les capacités d'innovation.

3.2. Caractérisation et rôle de l'activité de modélisation pour le raisonnement PST et plus largement l'innovation

3.2.1. L'activité de modélisation comme moyen de création de connaissances nourrissant le raisonnement PST

3.2.1.1. Vers la proposition d'un modèle de l'activité de modélisation

Nous avons mis en exergue l'importance de l'activité de modélisation au cœur d'un raisonnement PST. Au regard des différentes définitions de cette activité dans la littérature, définitions que nous exposons dans l'annexe 3, nous proposons de voir la modélisation au sens large par le fait de se faire une représentation intelligible d'un sujet dans un but donné. Le sujet représente en fait ce à quoi on s'intéresse : ce peut être un terme, un objet, un phénomène, une situation problématique ... Nous pouvons remarquer que cette définition « élargie » permet d'appréhender l'ensemble des modélisations effectuées dans le cadre d'un raisonnement PST.

Puisqu'elle est stratégique, on se propose de caractériser plus précisément cette activité de modélisation. Son point de départ, tout du moins dans un raisonnement PST, est une nouvelle question émergeant au cours de ce raisonnement et amenant une nouvelle intention de se représenter de manière intelligible un sujet (objet, phénomène, situation problématique ...) dans un but donné (caractériser des attributs de définition, identifier des paramètres influents, définir le problème à traiter en priorité ...) : la Figure 3-43 expose une manière de la formuler.

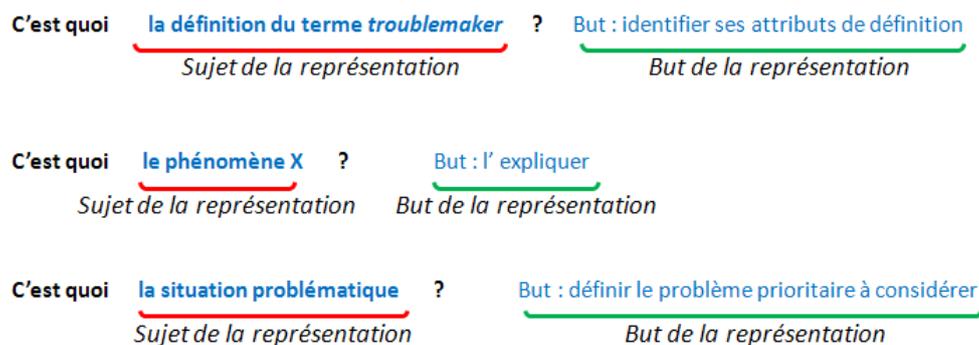


Figure 3-43 : Type de question formalisant une nouvelle intention de se représenter quelque chose.

En termes de résultat, la modélisation analytique aboutit à un modèle fini, à ce que l'on nomme communément une connaissance explicite et la modélisation systémique, processus de construction intentionnelle de représentations intelligibles sur lequel se fonde l'épistémologie⁹⁴ constructiviste, aboutit elle à ce que Le Moigne nomme « *connaissance actionnable* » [Le Moigne, 2003].

Parce que notre définition de la modélisation dérive de la modélisation systémique, il nous faut préciser ce que revêtent ces connaissances « actionnables ». Elles traduisent l'obtention de représentations intelligibles offrant une compréhension d'un sujet à des fins d'action, d'où le vocable « actionnables ». Cependant, comme nous l'avons vu (en annexe 3), en étant le fruit d'une modélisation de type systémique, elles ne peuvent pas s'apparenter à un modèle fini. Ainsi, à la validation se substitue la légitimation [Le Moigne, 1995], notamment par une mise à l'épreuve de la représentation vis-à-vis d'autres expériences sur le même sujet.

Suite à cette caractérisation d'une connaissance actionnable, nous notons que le résultat de toute activité de modélisation peut donc s'apparenter à de la connaissance. Ensuite, nous relevons aussi que modéliser ne semble pas pouvoir non plus se faire sans aucune base de connaissances préalables. En fait, la question initiale relative à une intention de se représenter quelque chose semble interroger nos savoirs existants sur cette chose qui permettent alors de formuler une première proposition de représentation dont on ne sait pas *a priori* si elle vraie ou fautive, légitime ou pas. Cette première proposition s'apparente donc davantage à un concept de représentation qu'à une connaissance à proprement dit. Si l'on peut distinguer des concepts et des connaissances s'insérant dans un même processus d'élaboration, il semble alors que nous soyons proches de la représentation de la conception proposée par la théorie C-K.

Aussi, fort de ces observations, nous proposons de considérer tout acte de modélisation comme un véritable processus de conception de représentations intelligibles, aboutissant *a minima* sur des connaissances actionnables, à partir de connaissances de base existantes. Comme le montre la Figure 3-44, le point de départ est constitué par une intention de représentation intelligible d'un sujet dans un but donné (noté I₀) : bien que positionnée comme un concept initial C₀, cette intention ne s'apparente pas à une proposition inédite, à un concept, mais plus à une question à laquelle répondre. Par contre, on y répond par la formulation d'une proposition, dont la définition va progressivement évoluer et s'affiner vis-à-vis de l'espace des connaissances noté « K » où l'on retrouve des bases de connaissances existantes sur des thèmes proches du sujet traité.

⁹⁴ L'épistémologie se traduit ici comme la théorie de la connaissance.

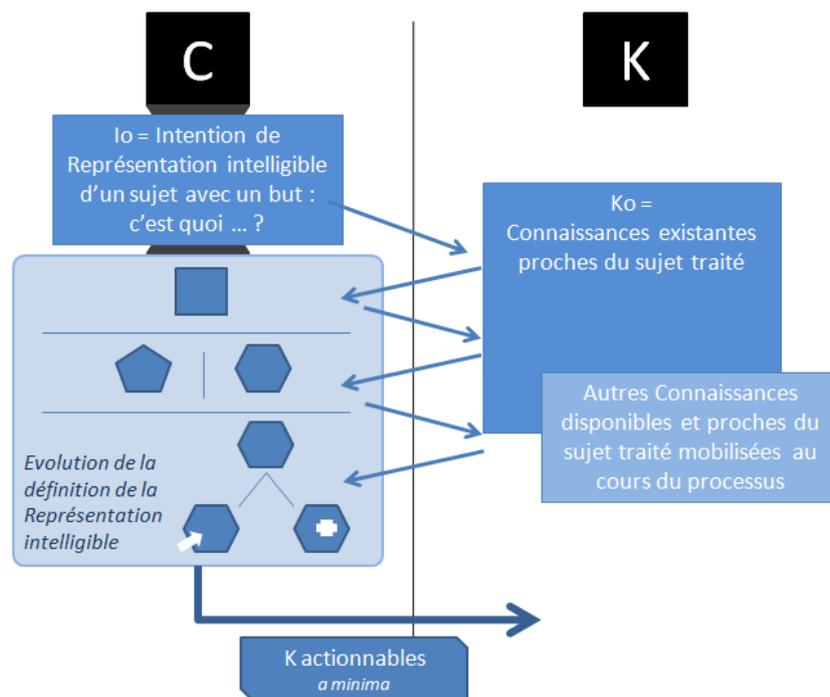


Figure 3-44 : Représentation du processus de l'activité de modélisation au regard des deux espaces C et K.

Sur cette même Figure 3-44, nous voyons que l'espace C ne se traduit pas par une seule arborescence mais par des adaptations successives de concepts de représentation. En fait, si l'évolution et l'affinement de la proposition peuvent se faire par l'ajout de nouvelles propriétés, nous pensons que c'est davantage sur la définition de ces propriétés que ça se joue, en fonction de leur légitimité vis-à-vis des connaissances. Ce travail vis-à-vis de la légitimité des représentations dépend notamment du niveau de définition du sujet : si ce dernier est mal défini, beaucoup de représentations pourront être légitimées (c'est le cas lorsque l'on cherche les attributs de définition d'un terme de type *troublemaker* : c'est d'ailleurs ce qui est recherché que d'identifier différentes alternatives, car elles sont autant d'opportunités de faire varier l'identité d'un objet). *A contrario*, si le sujet et le but de la représentation sont précis, le livrable de la modélisation se centre alors sur la représentation intelligible la plus légitimée. Ce dernier cas sous-tend notamment davantage d'itérations entre les espaces C et K.

Pour clore la description de notre proposition de modèle de l'activité de modélisation, notons que son livrable, qui s'apparente à une connaissance actionnable, proposition non complètement définie (continuellement remaniable) et que l'on ne peut pas valider à proprement dit (c'est-à-dire se prononcer si elle est vraie, si elle a un statut logique), ne permet pas de vérifier rigoureusement les axiomes de la Théorie C-K.

A ce stade, notre proposition de modèle de l'activité de modélisation esquisse un processus amenant à se construire des représentations intelligibles, permettant d'être davantage conscient de ce cheminement « mental ». Ceci s'inscrit dans notre but premier de pouvoir montrer comment répondre à une question inédite issue d'un raisonnement PST. Mais parce que le livrable d'une telle démarche mentale s'apparente à de la connaissance « intelligible », alors nous comprenons d'ores et déjà que l'enjeu de l'activité de modélisation est aussi la création de nouvelles connaissances.

En tout cas, ce processus est assujéti à la présence de quelques bases de connaissances préalables, et ce qui nous intéresse maintenant est de déterminer comment procéder lorsque

précisément elles sont insuffisantes, ce qui est le cas de manière récurrente en innovation. Nous allons voir que modéliser requière alors bien souvent de concevoir des expérimentations.

3.2.1.2. Vers la nécessité de se confronter au réel en innovation

Si toute modélisation s'appuie sur des connaissances existantes, encore faut-il que la présence de ces connaissances préalables en lien avec le sujet traité soit acquise. Or en innovation, au sein d'un raisonnement PST, cette remarque prend une acuité certaine au regard des nombreuses nouvelles questions qui découlent de la nouvelle intention ou de partitions expansives et qui font appel à des bases de connaissances qui peuvent être manquantes. Si ces connaissances n'existent pas au sein de l'entreprise, on peut certes envisager de les acquérir « directement », par exemple via un partenariat, en se documentant ou bien via l'intégration d'un nouveau métier. Mais même lorsqu'est identifiée une potentielle « intégration » d'une nouvelle base de connaissance dans l'organisation, il nous semble que toutes les questions qui émergent au cours du raisonnement innovant ne peuvent pas correspondre précisément à des connaissances existantes.

Ainsi, dans notre cas de la conception de « *MountainRollers* » (rollers auxquels on associe l'intention d'une pratique en montagne), pour peu que l'on s'intéresse à la problématique d'équilibre de l'utilisateur sur un tel nouvel objet dans son contexte spécifique d'usage, nous pouvons légitimement nous interroger si l'appel à un concepteur expert des vélos tous terrains et/ou un pratiquant professionnel pourra permettre une compréhension suffisante ? Dans le cas, où ces deux « collaborateurs » présentent des visions différentes, laquelle est la plus légitime ? Et pour autant que leurs modélisations s'inscrivent dans la même lignée, ne doit-on pas les « vérifier » sur le terrain ?

Aussi, considérant la propension des questions posées au cours d'un raisonnement PST à être inédites, il nous semble donc que nous soyons condamnés en innovation à se confronter de manière récurrente à la réalité d'expériences à vivre *in vivo*.

Allant dans le sens de cette idée, nous avons pu observer en tant que membre de l'organisation d'un évènement rassemblant des élèves ingénieurs devant travailler en groupe sur un sujet de projet innovant pendant 24 heures en continu, les « 24 heures de l'innovation⁹⁵ », au travers des multiples travaux d'étudiants l'importance d'expérimenter dans la perspective d'innover. Nous avons pu ensuite confirmer ces impressions en analysant les données d'un outil de suivi créé pour cette manifestation et qui permet de tracer les activités des différents groupes, heure par heure⁹⁶ : il ressort assez nettement que les projets primés sont associés aux équipes qui se sont le plus rapidement et le plus abondamment

⁹⁵ Concours primant la meilleure équipe innovante sur 24 heures sur différents projets industriels, organisé à l'ESTIA les 19-20 Octobre 2007 (de 14 h à 14 h) à Biarritz/Bidart.

⁹⁶ Cet outil a été imaginé par l'organisation de cet évènement dans l'optique principale de motiver les groupes d'étudiants en cultivant l'ambiance de concours en rappelant le temps qui passe et l'importance de le gérer. Il avait également pour but de suivre l'évolution des projets des étudiants, permettant notamment de repérer les groupes ayant des difficultés et alors de les conseiller et les relancer. Dans sa conception, aucune volonté d'observation précise relative à nos travaux de recherche n'a été intégrée, l'outil ayant été développé par des tierces personnes, que cet évènement était une première et que chaque groupe pouvait choisir un sujet différent parmi ceux divers et variés proposés.

confrontées au réel, via des expérimentations⁹⁷. Ces équipes ont en effet travaillé assez tôt sur des maquettes et des situations concrètes alors que nous observons dans les autres équipes une tendance forte à rester sur les concepts sous leur forme abstraite, comme l'illustre la Figure 3-45. Nous interprétons ces faits de la manière suivante : les équipes primées, en se confrontant plus rapidement à la réalité de leur projet d'innovation, fort des connaissances spécifiques acquises, liées à leur cas précis, ont pu ainsi orienter judicieusement la suite de leurs travaux.

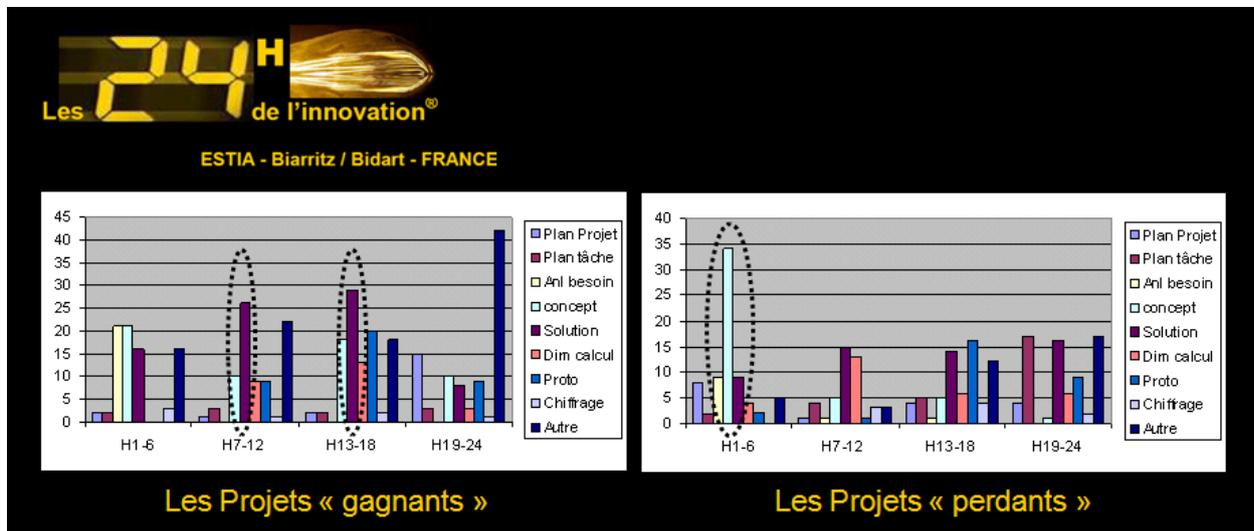


Figure 3-45 : Relevé des diverses activités de conception mobilisées sur différents projets au cours des 24 h de l'innovation.

Dans la littérature, Leonard-Barton, en s'intéressant aux compétences cœurs (*core competences*) gérées par l'entreprise et aux activités influant sur leur croissance, notamment à des fins d'innovation, identifie l'expérimentation comme l'activité critique, celle qui permet l'émergence de nouveaux savoirs, des nouveaux canaux d'information, des nouvelles méthodes [Leonard-Barton, 1995]. Ensuite, si dans une approche de modélisation systémique, les « choses » sont considérées comme inconnaissables telles qu'elles sont en elles-mêmes, c'est en-dehors de l'expérience sensible ou cognitive car il existe un réel connaissable, celui en activité qu'expérimente la personne [Le Moigne, 1995], ce qui va à nouveau dans le sens d'expérimenter. Enfin, en son temps déjà, l'inventeur de génie que fut De Vinci mettait justement en exergue et même au centre de son œuvre l'expérience, cette confrontation au réel, se définissant d'ailleurs comme « l'élève de l'expérience »⁹⁸.

Les acteurs de l'innovation, en échos à la volonté de comprendre certaines réalités pour répondre à de nouvelles questions inédites issues d'un raisonnement de conception en innovation, car ils n'ont pas les connaissances requises pour ce faire, vont donc devoir expérimenter. Grâce aux expérimentations, ils entrent alors dans une phase d'expérience.

Nous rejoignons là la théorie de l'apprentissage de Kolb [Kolb, 1984] qui se veut une synthèse de différents travaux (Dewey, Lewin et Piaget), et qui se modélise par le cycle d'apprentissage expérientiel illustré par la Figure 3-46, passant par quatre phases successives

⁹⁷ Précisons vis-à-vis de la légende des activités que celle intitulée « solution » était associée à toute action allant en direction du développement d'alternatives de solution alors que celle intitulée « proto » était destinée à traduire la construction d'un démonstrateur de la solution retenue.

⁹⁸ Nous présentons en annexe quelques hypothèses permettant d'expliquer l'étendue de l'œuvre de De Vinci. Cette annexe est introduite ultérieurement, à la fin de ce sous-chapitre 3.2.

et ordonnées⁹⁹ : à partir d'une expérience concrète du monde sensible, la personne va se livrer à une observation réflexive de cette expérience, ce qui la conduira à une conceptualisation abstraite (que l'on peut voir comme une réorganisation de ses représentations), génératrice de nouvelles hypothèses qui pourront être testées au cours d'une phase d'expérimentation active, source d'une nouvelle expérience concrète qui boucle ainsi le cycle.

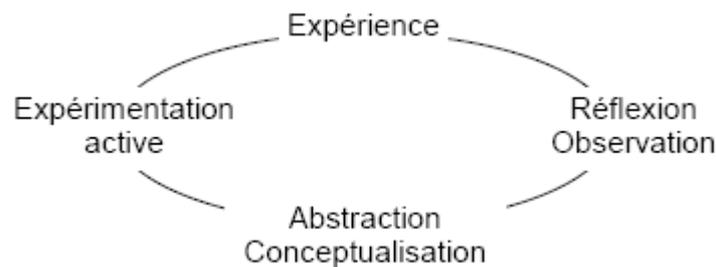


Figure 3-46 : Le cycle d'apprentissage expérientiel d'après Kolb [Kolb, 1984].

Dans ce cycle, la phase de conceptualisation traduit une évolution de la représentation intelligible que l'on se fait d'un sujet, évolution qui englobe l'interprétation des éléments perçus. Justement, le résultat des observations peut être vu, avant qu'il ne soit conceptualisé, comme une forme de connaissance : dans la littérature, la connaissance relative au vécu d'expériences est caractérisée par le terme tacite. Aussi, comme le montre la Figure 3-47, le processus de conception de représentations intelligibles peut se modéliser comme se construisant à partir de connaissances de base existantes, complétées si besoin est, tel que c'est souvent le cas avec les nouvelles questions issues d'un raisonnement PST, par des observations d'une ou plusieurs expériences vécues *in vivo*. Cette même Figure 3-47 représente en fait sous une autre forme le cycle de Kolb, pour lequel l'abstraction des observations d'une expérience invite à concevoir une nouvelle expérimentation.

Notons là que le fait que l'expérimentation menée vis-à-vis d'une question inédite d'un raisonnement PST puisse être vécue communément par l'ensemble d'une équipe multidisciplinaire concoure à ce que ces personnes s'approprient plus aisément les représentations intelligibles obtenues par abstraction, soit à ce que ces dernières soient réellement des connaissances avec un caractère « actionnable ».

⁹⁹ Dans ses travaux, Kolb s'attache à distinguer différents styles d'apprentissages, relatifs à la préférence que l'apprenant donne à l'une des quatre phases du cycle d'apprentissage, mais semble occulter précisément la manière de réaliser la phase d'abstraction, de conceptualisation des éléments observés.

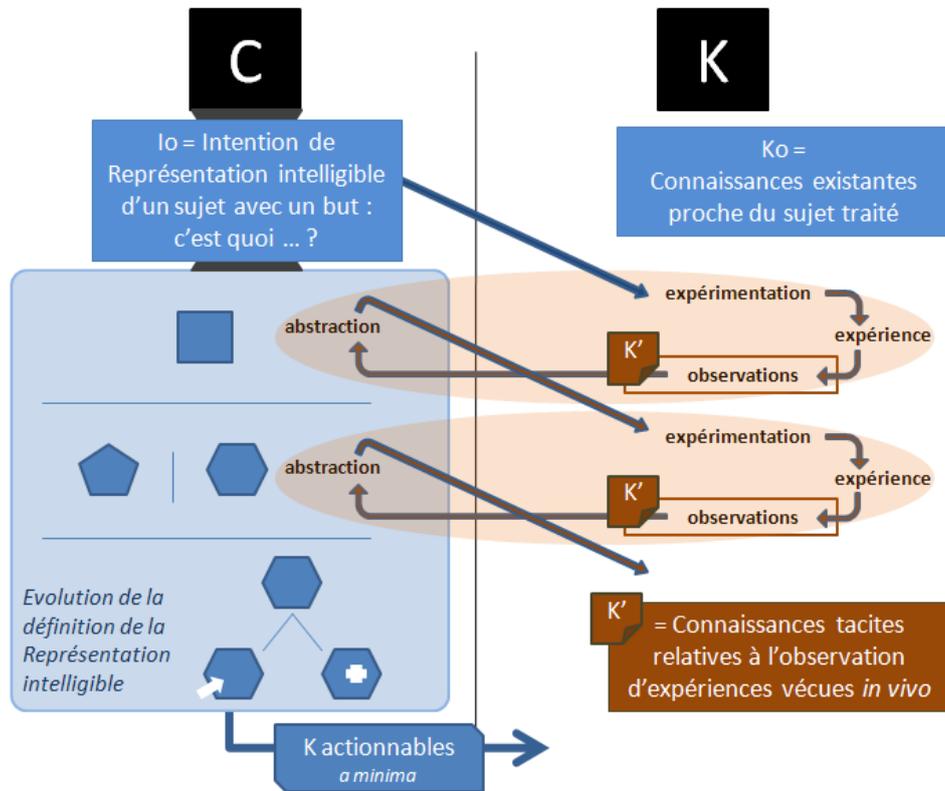


Figure 3-47 : Evolution de la définition d'une représentation intelligente au prorata des apprentissages expérimentiels.

A ce stade, nous avons montré la nécessité en innovation de se confronter à la réalité afin de compléter par l'observation d'expériences les bases de connaissances, permettant de se construire des représentations intelligentes sur les sujets relatifs aux questions inédites d'un raisonnement PST. Se pose maintenant la question de la définition d'un cadre à ses expérimentations.

3.2.1.3. Proposition des contextualisations et mise en exergue des spécificités de leur objet expérimental

Une « simple » approche d'observation, d'analyse et de compréhension, si elle permet par exemple de caractériser un usage présent, d'apprendre des contraintes d'un environnement ou de la perception d'un objet existant, nécessite que ce que l'on veut observer existe et qu'il suffit de s'y intéresser pour s'y confronter. Or, un raisonnement PST implique lui de toutes nouvelles questions auxquelles il n'est pas toujours possible d'associer l'observation de « choses » existantes. Ainsi, loin de cette première attitude « passive » visant à s'immerger dans un contexte pour se faire une expérience en lien avec le sujet traité, le raisonnement innovant invite davantage les acteurs, relativement à l'énoncé de questions inédites, à « concevoir » des expérimentations spécifiques, comprenant *a minima* l'élaboration d'un dispositif (ou objet) expérimental pour pouvoir se faire l'expérience du sujet traité.

Ce dispositif expérimental, objet que l'on va concevoir puis utilisé telle une sorte de « cheval de Troie » pour vivre des expériences *in vivo*, pour appréhender certaines réalités en s'y

confrontant, peut ou pas avoir de liens avec l'artefact de conception à concevoir. Ainsi, dans le cas de la combinaison de surf chauffante, si l'on s'intéresse précisément à la déformation de la peau d'un être humain, pour pouvoir définir judicieusement les zones d'élasticité de la future combinaison incorporant des organes rigides relatifs au système pour chauffer, l'objet expérimental prendra la forme d'un système de mesure des déformations et donc n'aura aucun lien à proprement dit avec la combinaison. Par contre, la perception de la sensation de chaleur de cette même combinaison chauffante nécessite elle bien évidemment un objet expérimental très proche de cette combinaison, soit directement en lien avec les attributs de cet artefact de conception.

Nous comprenons aisément que ce dernier type de cas est le plus récurrent dans un raisonnement PST dont le but est précisément d'explorer le champ des déclinaisons possibles d'un concept, via l'ajout d'attributs de définition de produit, les propriétés Pi. Mais plus précisément encore, les sujets d'observation concernent en fait les interactions entre certains attributs de définition du système en cours d'élaboration et un environnement précis, impliquant ou non un utilisateur. Une expérimentation du comportement physique d'un système dans un environnement spécifique, l'étude de l'équilibre des utilisateurs sur des rollers inédits ou encore l'appréciation « affective » de la forme d'un produit en sont des exemples.

Aussi, afin d'expérimenter un sujet concernant le système à concevoir, nous pensons que les acteurs de l'innovation doivent concevoir une expérimentation originale mettant en scène un objet expérimental ayant au minimum certains attributs de définition de l'artefact de conception innovant dans une configuration proche de la réalité, c'est à dire dans un contexte d'usage ou de fonctionnement précis et suivant les cas en interaction avec un ou des utilisateurs. Précisons que dans une stricte relation D to D, où l'on conçoit un sous-système s'insérant dans la conception d'un système plus global, les interactions à considérer sont relatives au seul contexte de fonctionnement, bien souvent au cœur même de ce produit, la dimension de l'utilisateur n'existant pas. Notons aussi cette idée directrice au sujet d'un usage, suivant laquelle le système que forment l'utilisateur, l'objet et l'environnement est un tout que nous ne pouvons dissocier sans « mutiler » les liens entre les logiques opératoires et les contextes d'usage effectifs [Fanchini, 1999], qui montre l'importance de se confronter au réel de manière « franche ». Enfin, remarquons que cette forme d'expérimentation, que nous nommerons « contextualisation », rejoint la notion des « *Design Spaces* » définie par certains auteurs [Le Masson et al., 2006].

Ce qui nous intéresse en fait plus particulièrement est la caractérisation de l'objet expérimental d'une contextualisation et ses spécificités. Esquissons-en d'abord les contours.

L'objet expérimental de contextualisation est un objet à part entière, se concrétisant par une forme physique et qui a un lien avec la définition en cours du produit innovant que l'on conçoit. Ce lien peut se matérialiser seulement par une similitude sur un aspect précis (une propriété Pi qu'ils ont en commun) jusqu'à une configuration spécifique de cet artefact de conception (une grande part de propriétés identiques et quelques unes les distinguant). Cet objet est le centre névralgique de la contextualisation qui a pour but de permettre d'accroître les connaissances sur un sujet précis (connaissances tacites suite à la phase d'observation et plus intelligibles après la phase d'abstraction). Aussi, afin de permettre d'« exciter » un plus grand nombre d'éléments à observer et donc susciter un plus large spectre d'apprentissages, il semble judicieux d'imaginer un objet expérimental de contextualisation qui soit « évolutif ».

Ainsi, comme le montre la Figure 3-48 relative au cas des *Mountain Rollers*, afin de mieux comprendre les problématiques relatives à la pratique de rollers dans l'environnement spécifique des chemins de montagne et d'acquérir davantage de connaissances sur ce sujet, l'idée est d'élaborer une contextualisation permettant de vivre *in vivo* des expériences « multiples » : plutôt que de réaliser un objet expérimental de « contextualisation « statique » (image 1)¹⁰⁰, concevoir un objet modulable, ayant la forme de rollers plus simples (image 2) mais dont le positionnement des roues et du chausson sont réglables vis-à-vis de la platine (profilés plat en fer parallèles), permet de pouvoir viser un maximum de tests et d'expériences (illustration des différentes configurations de l'objet expérimental notée 3). Pour notre cas, en immergeant cet objet expérimental de contextualisation « multiforme » dans différents terrains plus ou moins accidentés, il est alors été possible d'apprendre sur les problèmes de stabilité, de maniabilité et de franchissement. Nous attestons bien là l'idée d'un objet expérimental à part entière, dédié à l'acquisition de nouvelles connaissances.

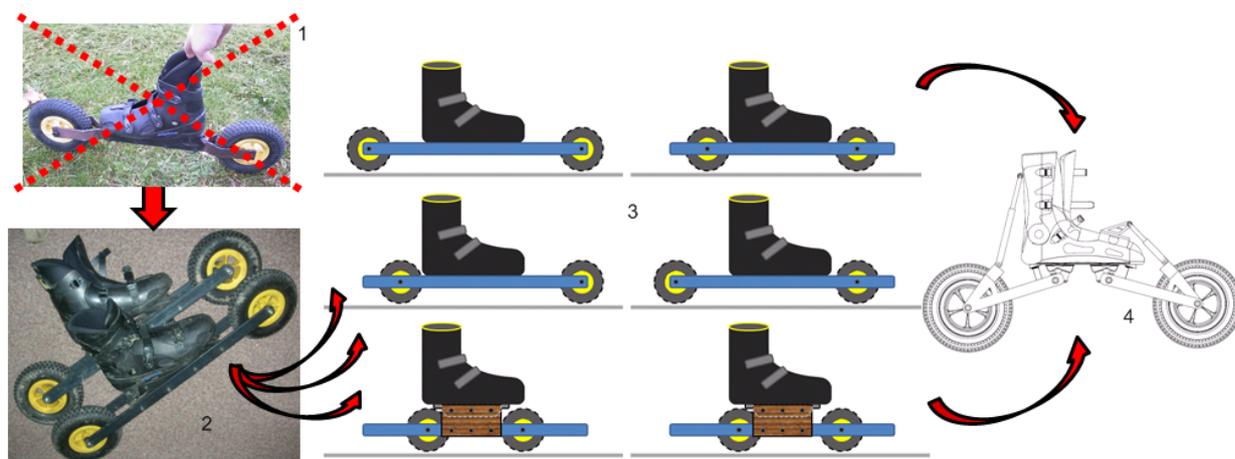


Figure 3-48 : Développement d'un objet expérimental de contextualisation évolutif pour le cas des *Mountain rollers*.

Le dispositif expérimental proposé semble finalement assez peu original en apparence. Il convient donc maintenant de mettre en exergue quelques une de ses spécificités, notamment en le comparant avec d'autres objets utilisés en conception.

En fait, lorsque l'on considère une maquette en conception, elle est vue le plus souvent au travers de son utilisation « classique », soit sous l'angle d'un objet intermédiaire d'un projet de conception de type routinier¹⁰¹. En partant de la définition *ex ante* des spécifications de l'objet de la conception et eu égard aux connaissances disponibles au travers des différents métiers impliqués, la maquette joue alors le rôle de « média » de la coopération entre acteurs de la conception ayant pour but d'aboutir au meilleur compromis de conception intégrant connaissances, critères et contraintes spécifiques à chaque métier. Cette coopération s'articule autour d'un instrument commun. Cet instrument de l'action (objet « expérimental ») se confond là avec l'état d'avancement de l'artefact de conception (objet de la conception).

¹⁰⁰ Erreur qui a été commise au cours du projet, d'où la photo.

¹⁰¹ Issue de travaux de sociologie, la notion d'objet intermédiaire est souple et ne se restreint pas à la conception routinière. Ceci dit, pour les besoins de notre présentation qui vise à distinguer les spécificités d'un objet expérimental de contextualisation, nous considérons uniquement et précisément les objets intermédiaires usités dans un projet de conception routinière.

Ainsi, nous considérons que les objets « intermédiaires »¹⁰² de conception routinière le sont à double titre : transversalement parce qu'ils sont un média faisant l'intermédiaire entre les différentes disciplines à un moment donné, et verticalement parce qu'ils matérialisent l'état d'avancement de l'artefact de conception entre le concept initial et le livrable de la conception.

Cette caractérisation des objets intermédiaires de conception routinière fait apparaître une première différence les distinguant des objets expérimentaux de contextualisation : la forme de l'objet de l'action. Pour l'objet intermédiaire de conception routinière, du fait que cet objet traduise un artefact de conception dont les spécifications à satisfaire sont connues (figées *ex ante*) et que les connaissances métiers pour la solution sont en grande majorité disponibles, il est alors possible de négliger les composantes « utilisateur » et « environnement » et de considérer simplement des représentations (croquis, CAO ...). La confrontation au réel n'est pas indispensable et même plutôt limitée car c'est au travers du cadre « ouvert » de la représentation intermédiaire que la médiation et la traduction puisent leur potentiel. Les objets expérimentaux de contextualisation ne peuvent s'apparenter eux à une traduction d'objectifs de conception qui précisément ne sont pas définis. Le lien entre l'objet de l'action et la définition en cours de l'artefact de conception se limite comme nous l'avons vu à quelques attributs de définition communs.

Ensuite, un objet intermédiaire de conception routinière, en donnant dans l'expérience prise à chacun et via la confrontation multidisciplinaire, permet certes à chacun des acteurs de « compiler » ses connaissances, à partir des échanges de connaissances avec d'autres métiers d'une part, s'inscrivant là dans l'idée d'apprentissages croisés [Hatchuel, 1996a], et en considérant les nouvelles problématiques « interstitielles » apparues autour de l'objet intermédiaire et/ou dans les interactions avec les autres métiers d'autre part. Mais précisément, parce que les questions qui se posent dans un projet de conception routinière sont proches de précédentes, même si tout objet intermédiaire peut être considéré en même temps comme vecteur de création de connaissances et constituant des traces des apprentissages antérieurs [Jeantet, 1998], la question de la création de connaissances pour les objets intermédiaires usités en conception routinière semble tout de même s'apparenter davantage à des « ajustements » nécessaires à la conception d'un artefact en groupe, ou induits par cette dernière.

Ce constat nous amène en fait à la deuxième différence distinguant un objet expérimental de contextualisation d'un objet intermédiaire de conception routinière, et qui est fondamentale : c'est le but visé par chacun de ces outils. En effet, même si tous deux peuvent se matérialiser par l'usage d'une maquette, le premier a pour projet de se faire des représentations intelligibles, d'accroître les connaissances vis-à-vis d'une toute nouvelle question issue d'un raisonnement de conception explorant le champ des déclinaisons possibles d'un concept, ce en se confrontant au réel, alors que le second a clairement pour but la conception d'un objet que l'on veut le meilleur possible vis-à-vis de spécifications définies *ex-ante* et de connaissances sur la problématique de conception disponibles.

¹⁰² Les Objets Intermédiaires se caractérisent par trois fonctions : la traduction, la médiation et la représentation [Jeantet et Boujut, 1998] : au travers d'une représentation intermédiaire de l'objet de conception suffisamment « ouverte », laissant ainsi la place à des modifications, et compréhensible de tous les acteurs de la conception, une médiation et une traduction sont possibles et s'illustrent dans la capacité d'un groupe à rendre visible et à mettre en commun des savoirs et des contraintes attachés aux différents contributeurs, et à négocier et à s'arrêter sur des solutions communes.

Nous venons de montrer l'importance de se confronter au réel via des contextualisations pour pouvoir modéliser, se faire des représentations intelligibles d'un sujet relatif à une question inédite lorsque les connaissances initiales ne sont pas complètes. Nous allons voir maintenant que notre modèle de cette activité permettant de se créer des représentations intelligibles peut être davantage généralisé, et finalement qu'à travers la modélisation c'est la création de connaissances nouvelles qui est traitée.

3.2.1.4. L'activité de modélisation comme moyen de création de connaissances nouvelles

Face à une nouvelle question issue d'un raisonnement PST, lorsque les connaissances préalables ne sont pas disponibles, l'exercice de modélisation est donc possible grâce à une confrontation au réel via une contextualisation. Mais parce que lorsque des connaissances n'existent pas au sein de l'entreprise, on peut aussi envisager de les acquérir « directement », par exemple via un partenariat, en se documentant ou bien via l'intégration d'un nouveau métier, nous comprenons que le cheminement de construction d'une représentation intelligible légitimée (aboutissant à des connaissances actionnables) peut prendre davantage de formes encore. La Figure 3-49 en illustre deux exemples.

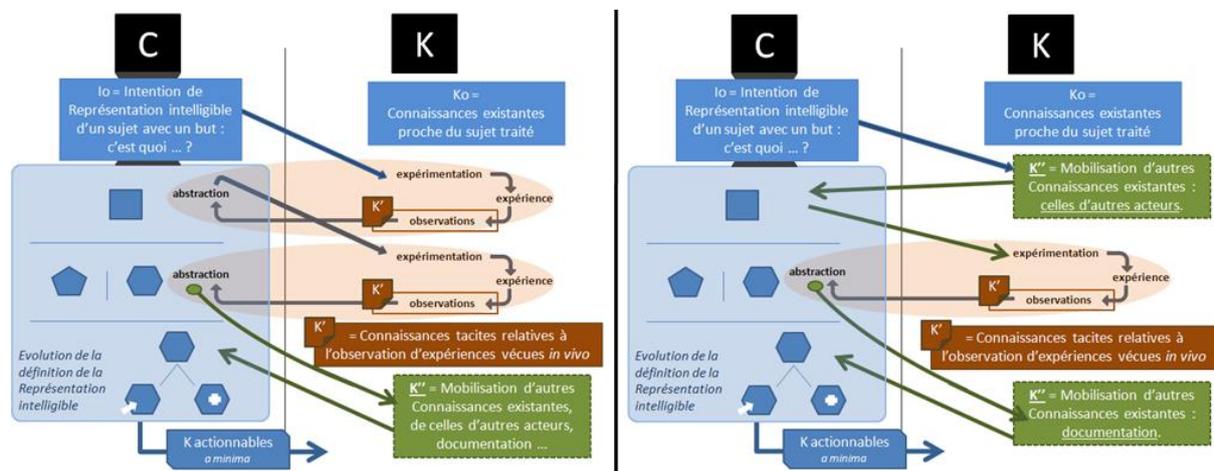


Figure 3-49 : Deux exemples de cheminements différents de modélisation.

Parce que quelque soit la question posée au sein d'un raisonnement PST, il est possible de modéliser, cette activité visant à générer des représentations intelligibles d'un sujet semble pouvoir lever tout point bloquant, théoriquement du moins, et donc permettre de continuer ce raisonnement exploratoire. Désormais plus compréhensible, les acteurs semblent en pratique pouvoir user de cette activité plus aisément.

Au-delà de ce constat d'une opérationnalité accrue du raisonnement PST, nous remarquons que l'activité de modélisation débouche *in fine* sur *a minima* des connaissances actionnables. Au travers de l'activité de modélisation, c'est donc la possibilité de créer de nouvelles connaissances qui en jeu. Or le besoin de créer de nouvelles connaissances est précisément un aspect qui est relevé de manière récurrente dans la littérature sur l'innovation, comme nous l'avons vu dans notre état de l'art, que ce soit dans le modèle Kline et Rosenberg [Kline et Rosenberg, 1986], dans l'approche de gestion de projets [Midler, 2006] ou dans la Théorie C-K [Hatchuel et Weil, 2002].

Cependant, si à chaque fois, il est constaté le besoin de générer de nouvelles connaissances ou qu'un cadre pour ces apprentissages (les « *Design Spaces* ») a été défini par certains auteurs [Hatchuel et al., 2004], ce processus caractérisant l'activité de modélisation ne semble finalement pas explicite. Les travaux sur le « *Knowledge Management* » s'intéressent eux davantage à l'extraction et la formalisation de connaissances « mal extériorisées » et plus globalement à la gestion des savoirs d'une organisation qu'à la genèse à proprement dit de toutes nouvelles connaissances. Aussi, notre proposition de modèle de l'activité de modélisation nous semble constituer une voie originale sur cette problématique de la création de nouvelles connaissances.

Ce qui semble être en fait le centre névralgique de la proposition pour créer de nouvelles connaissances via notre modèle de l'activité de modélisation, c'est son point de départ sous forme de question inédite. En effet, il faut bien être conscient que cette nouvelle question représente une nouvelle intention de représentation intelligible sur un sujet. Or, nous pensons que sans cette nouvelle intention, ce nouveau projet de se représenter de manière intelligible un sujet inédit ou un sujet plus commun dans un but original, il n'y a pas de création de connaissances possible à proprement dite. Tout au plus, des connaissances seront combinées, comme c'est le cas dans un exercice de conception routinier où différents métiers interagissent autour d'objets intermédiaires. Faute de nouvelle question à traiter, la création de connaissances s'apparente en fait à des « ajustements », des apprentissages croisés naissant aux interfaces de ces savoirs.

La Figure 3-50 permet précisément de bien distinguer cette combinaison à proprement dit de connaissances, qui peut se modéliser par un mélange de deux entités non miscibles, de la « véritable » création de connaissances qui s'apparente elle à la génération d'une nouvelle entité, fruit de la synthèse des deux entités mélangées, et qui n'est selon nous possible qu'en échos à une nouvelle intention de modélisation.

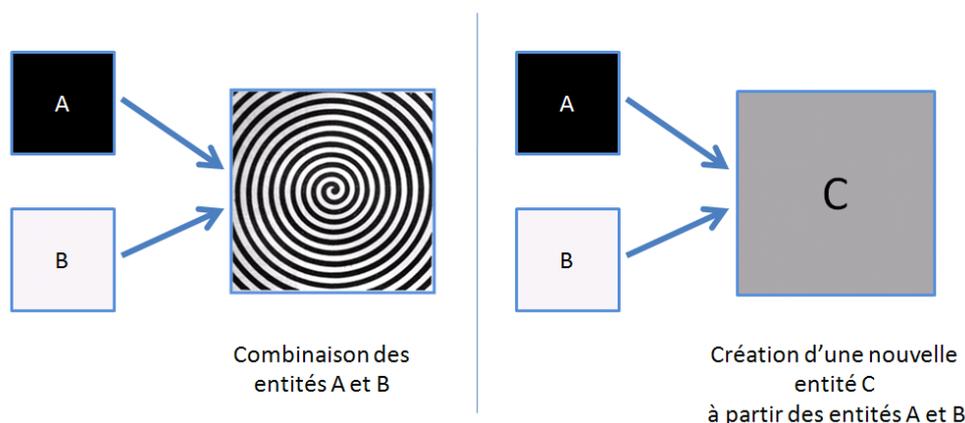


Figure 3-50 : Distinction entre combinaison de connaissances et création d'une connaissance nouvelle.

Mettons en exergue notre proposition vis-à-vis des travaux sur la création de connaissances de Nonaka et Takeuchi [Nonaka et Takeuchi, 1995]. En distinguant deux formes de connaissances, celles explicites (abstraite, orientée vers une théorie libre de contexte, codifiée, « *discrète (au sens mathématique)* », transmissible, a-personnelle et a-contextuelle [Barbier, 2004], la connaissance explicite traduit « *ce qui est connu de manière tangible* » [Polanyi, 1966]) et celles tacites (profondément ancrée dans l'action, « *continue* », impliquant personnellement son détenteur dans un contexte spécifique [Barbier, 2004], la connaissance tacite « *est hautement spécifique à un contexte donné et (elle) a une dimension personnelle qui la rend difficile à formaliser et à communiquer* » [Inkpen et Dinur, 1998] : c'est « *ce que*

l'on sait sans pouvoir l'énoncer » [Polanyi, 1966]), ces auteurs ont identifié 4 modes de création de connaissances intervenant au travers des interactions sociales au sein d'une organisation, dont deux aboutissent à des connaissances « intelligibles »¹⁰³, l'extériorisation (processus de conversion d'une connaissance tacite en connaissance explicite) et la combinaison (processus de création de connaissances explicites à partir de connaissances explicites préexistantes).

Pour l'extériorisation, les auteurs identifient la nécessité de s'immerger dans une expérience. Ainsi, dans le cas de la boulangerie domestique qu'ils proposent [Nonaka et Takeuchi, 1995], c'est par l'observation *in vivo* des talents d'un maître boulanger qu'il a été possible de modéliser le pétrissage de la pâte comme un mouvement « d'assouplissement en tordant ». Cependant, s'ils constatent le résultat d'une conversion d'une connaissance tacite en connaissance explicite, le processus qui la soutient s'apparente à une boîte noire. Notre modèle de l'activité de modélisation fournit justement une esquisse de ce processus, du comment s'est construite la représentation intelligible que les acteurs de la conception de l'industriel Matsushita se sont fait du pétrissage.

En ce qui concerne le deuxième mode qui nous intéresse, ils présentent différents cas (Kraft, et Asahi) où la combinaison de bases de connaissances non « habituellement » mobilisées et conjuguées ensemble, permet d'obtenir un système inédit et insistent sur ce degré d'innovation conféré par la combinaison novatrice. Ils mettent aussi en exergue les conditions permettant de susciter ces combinaisons de connaissances, l'énoncé de concepts « généraux » novateurs (cas Canon, Nec, Mazda). Cependant, en ne rentrant pas dans les arcanes de la conception, ils ne peuvent pas expliciter comment s'opère cette combinaison originale de connaissances une fois le concept énoncé, ce que fournit la théorie C-K, et *a fortiori* par quel processus se créent réellement de nouvelles connaissances à partir de la combinaison inédite de connaissances, par l'énoncé d'une question inédite amenant à « fusionner » les connaissances combinées, ce que décrit notre modèle de l'activité de modélisation.

En fait, une fois identifiée la nouvelle catégorie de connaissances tacites, leurs travaux se sont orientés vers la création de connaissances suivant le paradigme du transfert, de la circulation, de l'échange entre acteurs d'une organisation bien plus que vers la production de savoirs à proprement dit. C'est pourquoi nous pensons que notre proposition de modélisation de la modélisation complète leurs travaux.

A ce stade, nous venons de proposer un modèle de l'activité de modélisation, qui joue un rôle central au sein d'un raisonnement PST, qui peut aider selon nous à la pratiquer, notamment en mobilisant des contextualisations lorsque les connaissances préalables requises sont insuffisantes. Nous allons voir maintenant que cette activité, qui se traduit donc par la création de connaissances nouvelles, peut aussi se pratiquer en dehors du cadre d'un raisonnement PST, et que de ce fait elle offre davantage de perspectives pour innover.

3.2.2. L'approche PST couplée à l'activité de modélisation comme véritable moteur de l'innovation

3.2.2.1. La modélisation en dehors du raisonnement PST

¹⁰³ Dans leurs travaux, Nonaka et Takeuchi définissent comme connaissances explicites l'ensemble des connaissances « devenues conscientes » [Nonaka et Takeuchi, 1995], parmi lesquelles se rangent donc les connaissances actionnables. Ces connaissances se traduisent par des représentations intelligibles, contrairement aux connaissances tacites.

Dans un raisonnement PST, l'activité de modélisation est sollicitée lorsqu'apparaissent de nouvelles questions (relatives aux attributs de définition d'un terme, à l'identification du problème à traiter dans une situation problématique ...), au fur et à mesure de l'exploration des déclinaisons de possibles définitions d'un concept. La nouvelle intention de se faire une représentation intelligible d'un sujet est alors en lien direct avec la question qui émerge. Mais ce processus de conception de représentations intelligibles n'intervient-il pas dans d'autres circonstances ? Dans ce cas, quand et comment sont initiées ces modélisations « opportunes » ?

Ce peut être déjà dans une volonté de mieux comprendre un sujet parce que le besoin s'en fait sentir. Comme nous l'avons vu au Chapitre 2, la perspective de générer une nouvelle intention d'un objet à concevoir, sésame pour initier un nouveau raisonnement PST, peut nous inciter à se représenter de manière plus intelligible certains sujets (modélisation du contexte futur du transport aérien mondial), ou à voir sous un nouvel angle d'autres plus connus (analogie entre le moteur d'une voiture et un cheval). Nous reviendrons d'ailleurs par la suite sur ces modélisations en amont d'un raisonnement PST.

Mais plus généralement, nous pensons que la curiosité constitue un levier amenant à modéliser. En effet, cette attitude de disponibilité ou d'intérêt à l'égard d'un sujet donné (objet, phénomène ...) amène à se poser des questions : « c'est quoi ? », « pourquoi ? », « comment cela fonctionne ? » ... qui, nous l'aurons compris, sont autant d'incitations à modéliser, à se faire une représentation intelligible du sujet considéré.

Là, nous formulons l'hypothèse que cette attitude de curiosité, plus ou moins présente suivant les individus, dérive notamment du mode d'observation de l'individu. Nous pensons en effet que la manière de regarder des individus permet de distinguer plus ou moins d'entités, sous plus ou moins d'angles. Or, cette faculté à distinguer différentes entités, à différents niveaux systémiques, invite selon nous à se poser des questions sur leur relation, leur importance, à mesurer et peser leur rôle, l'influence de certaines « localisées » vis-à-vis d'une impression globale du sujet, à les différencier, à les comparer à d'autres entités connues dans d'autres contextes, à les caractériser vis-à-vis de ces dernières. Nous retrouvons là, nous semble-t-il, tous les ingrédients à la formulation d'analogies, de métaphores et à l'énoncé de nombreuses « petites » questions inédites que l'on peut alors se poser et qui peuvent amener à modéliser.

A propos de ce mode d'observation visant à distinguer, la remarque de De Vinci, auteur sur lequel nous reviendrons, n'est pas anodine et semble corroborer notre point de vue. Sur l'observation, il écrivait en effet que « *toutes nos connaissances découlent de ce que l'on ressent. La vue est une des opérations les plus rapides qui soit ; en un instant, elle accueille une infinité de formes pourtant elle ne saisie qu'un objet à la fois. Si tu veux avoir la connaissance des choses, commence par leurs détails, et ne passe d'un détail à l'autre, qu'après avoir bien fixé le premier dans ta mémoire* » [Letze, 2002].

La formulation d'une nouvelle représentation intelligible sur un sujet amène bien souvent de nouvelles questions qui peuvent amener à de nouvelles modélisations. Mais un usage fréquent et large de la modélisation amène aussi à se constituer de nombreux modèles, *a minima* des connaissances actionnables qui, en enrichissant l'espace des connaissances (noté « K » dans notre modèle de l'activité de modélisation), peuvent alors servir de matériel, de « ressources » aidant à modéliser sur d'autres sujets : on peut relier une représentation que l'on s'est fait par le passé sur un sujet à de nouvelles questions que l'on se pose.

C'est ainsi par exemple que « *La bionique*¹⁰⁴ semble avoir été pour Leonardo da Vinci une démarche créatrice évidente. Avec l'œil du technicien, il analysait, observait et disséquait des structures naturelles, il en faisait d'innombrables dessins anatomiques, et aboutissait à une transposition des principes à travers des réalisations à une autre échelle et dans d'autres matériaux » [Coineau et Kresling, 1995]. Nous présentons justement en annexe 4 comment la modélisation, s'exerçant au travers d'observations et du média du dessin, permet de comprendre plus aisément l'étendue de l'œuvre de De Vinci, qui n'avait pourtant pas eu accès aux savoirs de son époque. C'est cette activité de modélisation qui semble lui avoir permis de créer de nouvelles connaissances dont il a su se saisir pour imaginer de nouveaux systèmes techniques.

Au final, nous venons de voir qu'un individu curieux a une propension à modéliser et que cette pratique recouvre même un état d'esprit : la modélisation invite à la modélisation. Soulignons que si cette démarche de modélisation peut sembler finalement assez naturelle, notamment la logique à court-terme qui enferme certaines entreprises dans l'illusion du bien fondé de choix et à faire toujours plus de la même chose amène bien souvent les acteurs de la conception à davantage mobiliser et appliquer des modèles existants qu'à modéliser, qu'à se représenter par eux-mêmes les choses.

Pourtant, même en dehors du cadre d'un raisonnement PST, l'activité de modélisation est souhaitable : elle permet de se constituer des « grappes » de représentations intelligibles sur de nombreux sujets, des connaissances en fait, qui sont autant de ressources pour innover, au sein même du raisonnement PST en échos à certaines questions potentiellement en lien avec ces savoirs, mais aussi et surtout en amont.

En effet, en amont d'un raisonnement PST, le fait de modéliser différentes problématiques gravitant autour d'un même objet, permet de se le représenter suivant divers partis pris, et semble accroître significativement la propension à émettre de nouvelles intentions à son égard. Ainsi, comme nous l'avons vu au Chapitre 3, sur les dimensions P et S, la modélisation apparaît respectivement comme un moyen de rendre plus intelligible certains problèmes et changements et d'avoir un regard nouveau sur un type d'offre, sur des objets existants, notamment via des analogies. En étant plus conscient de certains phénomènes, en regardant les choses avec un « œil nouveau », il n'y a alors qu'un pas pour envisager formuler une ou plusieurs nouvelles intentions pour « déformer » un objet de conception existant et donc accroître les capacités d'innovation.

Mais au-delà d'être un moyen à la formulation de nouvelles intentions, modéliser peut aussi nourrir d'autres desseins comme par exemple influencer la vision stratégique de produits d'une entreprise. Ainsi, bien avant de mettre sur le marché iPod, iTunes et iTunes store, Apple avait eu une réflexion amont et systémique sur le numérique débouchant en interne sur une obstination stratégique guidant aujourd'hui la conception des objets et offres de la marque : l'ordinateur est considéré comme le centre de la vie numérique. Ce qui se traduit par un accent mis sur la conception d'interconnexions entre appareils ou de logiciels s'intégrant dans l'offre de ses produits numériques [Apple, 2004].

Cette faculté de se créer des représentations intelligibles qu'est modéliser, suscite donc l'énoncé de nouvelles intentions de produit en amont du raisonnement PST et permet la création de connaissances nouvelles en dehors et au cours de ce même raisonnement,

¹⁰⁴ La bionique est une démarche qui porte à interroger la nature sur ses propres inventions et à considérer les êtres vivants comme de véritables modèles dont l'organisation hautement perfectionnée doit inspirer l'homme [Gérardin, 1968].

« nourrissant » alors ce dernier. Nous allons voir maintenant que le couple formé par le raisonnement PST et cette activité semble être la pierre de voûte des capacités d'innovation d'une entreprise.

3.2.2.2. Influence de l'approche PST et de l'activité de modélisation sur les capacités d'innovation

En fait, jusqu'à ce stade, nos travaux avaient pour but de définir les moyens visant à faire varier l'identité d'un objet. Dans cette optique, nous avons assez rapidement montré que les méthodes de créativité, en n'étant que des méthodes de conception, ne permettaient pas de gérer un processus de conception à part entière (voir Chapitre 1 et Annexe 2).

Cependant, nous avons vu que ces méthodes de créativité peuvent être sollicitées à différents moments d'un processus de conception innovante. Ainsi, dans notre raisonnement PST, les méthodes de créativité de type TRIZ et ASIT, qui nécessitent l'énoncé d'un problème précis, s'insèrent au cœur de la dimension T alors que les méthodes de créativité de groupe, pouvant s'accommoder de problématiques mal définies, peuvent être utilisées plus librement : en amont d'un raisonnement PST, elles peuvent être usitées pour la formulation de nouvelles intentions (sur la dimension S), et en son sein, par les idées et les traductions de propositions ambiguës qu'elles permettent de générer, elles aident les acteurs de la conception à considérer qu'un autre monde est possible et peuvent donc contribuer à l'émergence de nouveaux attributs de définition recherchés dont se nourrit le raisonnement PST.

Mais toutes ces méthodes de créativité ont en fait pour but de répondre à l'énoncé d'un seul et unique problème et les solutions que l'on obtient y sont relatives. Cet unique cycle d'énonciation du problème est précisément et profondément la limite de ces techniques en vue d'obtenir un livrable de conception à la fois innovant et « robuste » du point de vue de sa faisabilité. Le raisonnement PST apparaît lui bien au contraire un « distributeur » de nouvelles questions, de nouveaux problèmes à résoudre au fur et à mesure que l'arborescence des possibles déclinaisons de définition d'un concept initial évolue, ce point de départ ambigu initié par l'apport d'une nouvelle intention à un système de base étant précisément à l'origine de l'aspect inédit des questions formulées.

Si cet aspect était sous-entendu au travers d'une présentation proposant de voir la conception comme des échanges entre les espaces C et K, nous l'avons mis en exergue en présentant son cheminement comme une suite « logique » d'objectifs et de moyens. Chaque objectif énoncé représente un problème à résoudre, et chacun d'eux est une occasion d'expandre le champ des possibles en termes d'alternatives de solutions s'insérant dans la nouvelle intention initiale. Mais que ce soit pour spécifier les problèmes à considérer ou l'ensemble des alternatives de solution, le raisonnement PST nécessite de manière très récurrente l'activité de modélisation. Sans modélisation, l'identification de nouvelles propriétés (de type objectif ou organique) à ajouter à l'arborescence de définition de manière consciente et progressive semble inaccessible. Comme nous l'avons vu, cette activité représente véritablement le moteur nourrissant ce type de raisonnement exploratoire.

Le raisonnement exploratoire de conception dessiné par la théorie C-K fournissait déjà un cadre théorique prometteur pour faire varier l'identité des objets. En le dotant de ce jeu de questions-réponses entre problèmes et solutions, alternant ajout de propriétés de type objectifs et d'autres de type organiques au travers de notre modèle « multi-questions » PST, et d'une explicitation de l'activité de modélisation, ce qu'illustre la Figure 3-51, nous le rendons plus opérationnel : la construction de l'arborescence des définitions d'un concept original se

confond alors davantage avec le travail des acteurs de la conception, elle s'élabore progressivement et « en direct ». Cet aspect semblait difficilement accessible lorsque l'on se contentait de décrire l'échange entre concepts et connaissances (théorie C-K), le constat d'apprentissage notamment ne pouvant guère que se faire *a posteriori*.

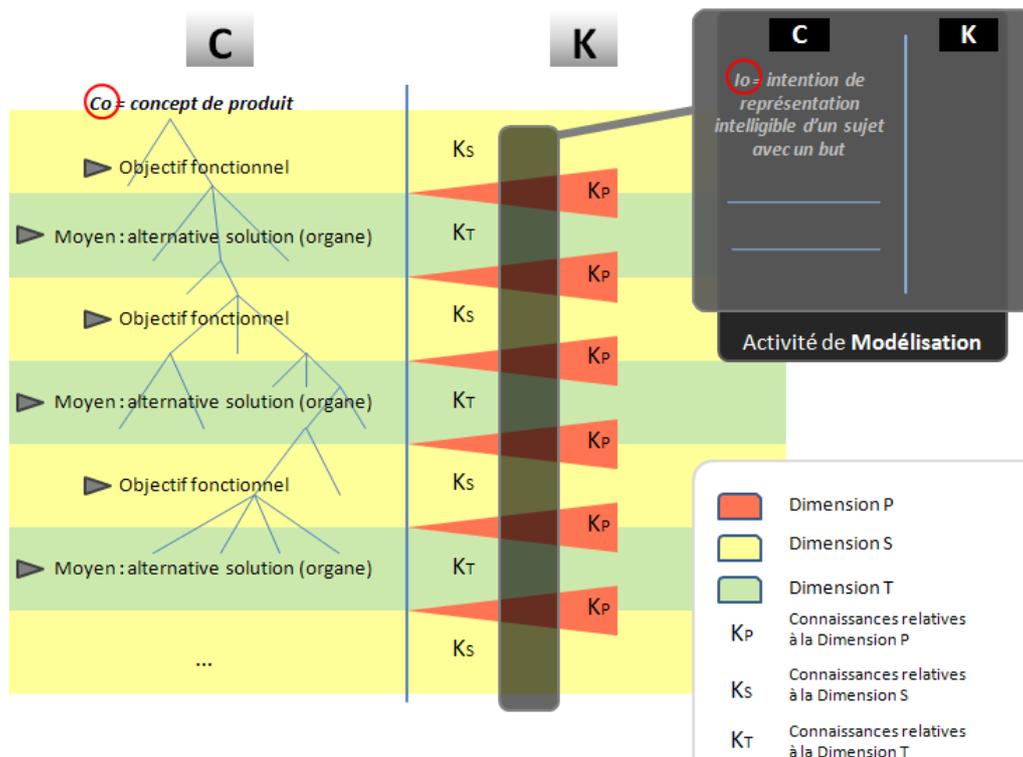


Figure 3-51 : Le jeu « multi-questions » entre les trois dimensions P, S et T et l'activité de modélisation comme éléments d'opérationnalisation d'un raisonnement exploratoire de conception.

En outre, en amont du raisonnement exploratoire en lui-même, pour l'initier, nous fournissons au travers de notre modèle « multi-entrées » PST un maillage des voies à explorer pour formuler de nouvelles intentions déformant un système de base. Là, l'activité de modélisation apparaît comme l'un des moyens pour les générer.

Au final, nos deux modèles PST (« multi-entrées » et « multi-questions ») structurent le processus, respectivement de formulation d'une nouvelle intention et d'exploration des différentes déclinaisons de définition d'un concept initial, au travers de trois dimensions distinctes P, S et T. L'activité de modélisation, en étant au cours de ces deux processus d'abord un moyen pour formuler de nouvelles intentions, ensuite pour identifier les propriétés ajoutées dans l'arborescence de définition, y joue un rôle majeur qui peut s'élargir à la création de connaissances inédites, potentiel pour de futures innovations, comme nous l'avons vu dans l'œuvre de De Vinci. Nous pensons par conséquent qu'il existe un lien fort entre le couple formé par l'approche PST et l'activité de modélisation, et les capacités d'innovation.

Ce deuxième chapitre de contribution a permis de décrire les arcanes du raisonnement PST, proposition de raisonnement exploratoire de conception s'appuyant sur le modèle « multi-questions » PST, et de mettre en exergue le rôle de l'activité de modélisation en innovation. Ces éléments viennent préciser le cadre du processus de conception dans un projet d'innovation que nous avons esquissé au chapitre précédent, comme l'illustre la Figure 3-52.

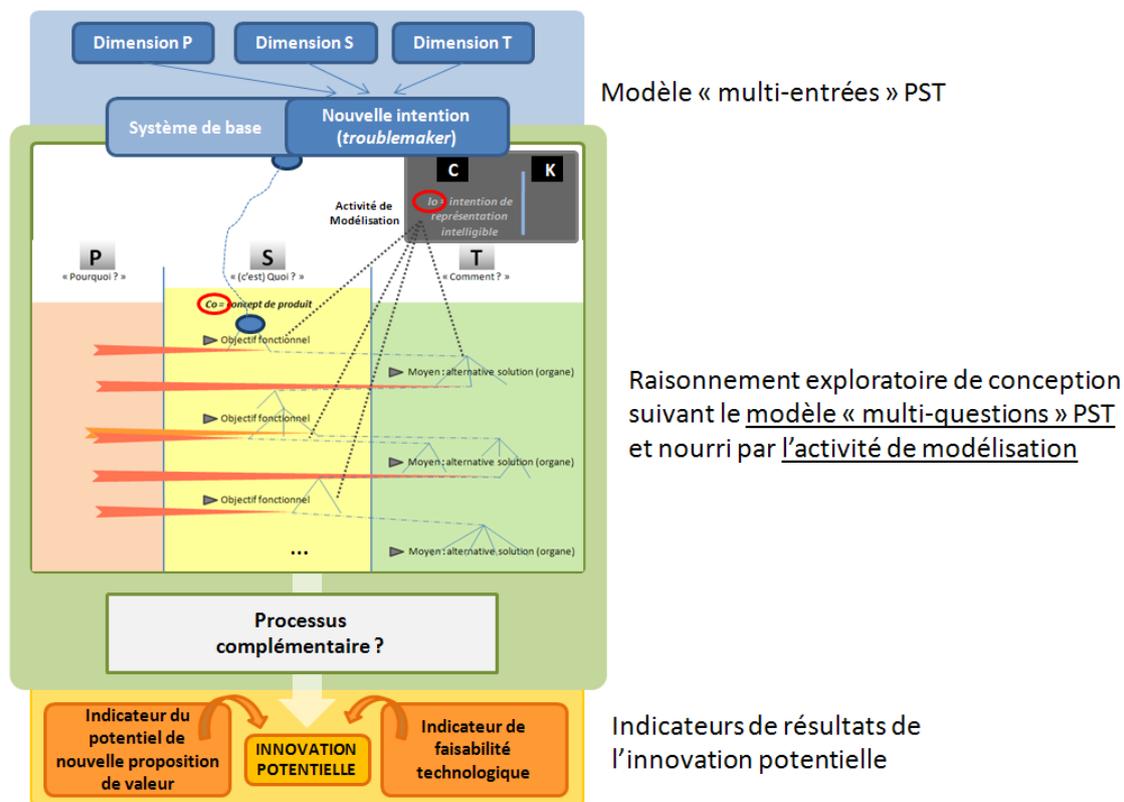


Figure 3-52 : Synthèse des caractéristiques d'un projet d'innovation au terme de ce Chapitre 3.

Cependant, ce n'est pas parce que l'on a déformé un objet de manière à en retirer de la valeur que sa définition complète est acquise, que l'on est mesure de l'industrialiser. Cette finalisation d'un projet de conception innovante fait précisément l'objet du prochain chapitre. Nous en profiterons pour défricher quelques voies permettant d'accroître le potentiel de nouvelle proposition de valeur du nouvel objet que l'on veut innover.

**DEMARCHE ET OUTILS POUR
DEVELOPPER ET MAXIMISER
L'INNOVATION POTENTIELLE**

4.1. Démarche et outils pour développer et maximiser l'innovation potentielle ...	174
4.1.1. Vers la définition d'un second processus de conception dans un projet d'innovation	174
4.1.1.1. Sur la nécessité d'une deuxième phase de conception avec définition de spécifications de conception.....	174
4.1.1.2. L'outil PILOT ou la progressive et interactive construction du cahier des charges.....	175
4.1.2. Moyens pour s'affranchir ou reconstruire des bases de connaissances initialement manquantes dans le processus de conception « convergent » du projet d'innovation	178
4.1.2.1. De l'ajustement des spécifications via la considération d'un cadre de référence	178
4.1.2.2. ... à une conception plus affinée via la mobilisation de l'outil TGI.	183

Après avoir montré que la forme du livrable d'un raisonnement PST ne permet pas d'envisager directement son industrialisation, nous nous intéressons dans ce chapitre justement à la démarche et aux outils permettant de développer et de maximiser l'innovation potentielle. Nous présentons notamment un dispositif permettant de gérer des évolutions de spécifications de conception et des moyens pour s'affranchir de certaines lacunes de connaissances.

4.1. Démarche et outils pour développer et maximiser l'innovation potentielle

4.1.1. Vers la définition d'un second processus de conception dans un projet d'innovation

4.1.1.1. Sur la nécessité d'une deuxième phase de conception avec définition de spécifications de conception

Au sortir d'un raisonnement exploratoire PST, le livrable de la conception prend la forme d'un ensemble d'attributs traduisant l'impact de la perturbation générée par une nouvelle intention sur un système de base. Ces propriétés, spécifiant soit un objectif fonctionnel à satisfaire, soit un moyen d'y répondre, sont ajoutées jusqu'à ce que l'on obtienne un artefact de conception où l'on a « dissipation » des problèmes de conception inédits (découlant de l'impact d'une nouvelle intention), c'est-à-dire au moment où l'on juge que l'on a une réponse pour chacun d'eux.

Mais précisément à ce stade, au travers des Pi ajoutées, on n'a finalement considéré que la déformation d'un système de base vis-à-vis d'une nouvelle intention avec l'idée de maximiser la valeur, laissant en suspens les autres aspects de sa définition, en ne se positionnant pas sur les autres spécifications qu'il satisfait « classiquement » et les contraintes s'exerçant sur lui. En d'autres termes, le livrable de la conception n'est pas « finalisé » dans ce sens que les Pi ajoutées ne traduisent que l'impact de la perturbation générée par l'apport d'une nouvelle intention : par exemple, ce n'est pas parce que le raisonnement PST a permis de définir un téléphone mobile permettant de prendre les plus belles photos, qu'on l'a doté de toutes les qualités indispensables à un téléphone, et encore moins que l'on est en mesure de l'industrialiser.

A ce stade, la perturbation sur un système de base, relative à la nouvelle intention, a été exploitée et au moins une alternative porteuse d'une forte valeur ajoutée a été identifiée. Là, l'approche de conception souhaitable ne consiste plus à « défricher » toutes les alternatives valides pour explorer les espaces de valeur, mais à amener l'artefact de conception vers une potentielle commercialisation, soit à terminer la conception, c'est-à-dire à obtenir un livrable concret, industrialisable, porteur d'une spécificité inédite et ayant de la valeur comme toute innovation qui se respecte, mais aussi prenant en compte les autres besoins de l'utilisateur. En d'autres termes, le but de la conception devient la convergence vers un livrable « définitif » répondant à un ensemble défini de fonctions, dont celles « surprenantes » identifiées lors du raisonnement exploratoire PST. Il semble donc se dessiner la nécessité d'un deuxième processus de conception, convergent celui-là, et pour lequel nous avons besoin d'une définition de spécifications.

Or en innovation, l'identité de l'objet de conception n'est pas figée *ex ante* : il n'existe pas d'objectif de conception spécifié, de cahier des charges. En fait, jusqu'à maintenant, au sein d'un raisonnement PST, des objectifs de conception étaient progressivement définis au fur et à mesure que l'on explorait les déclinaisons d'un concept initial, le champ des possibles traductions d'une proposition novatrice dans le but de trouver la plus intéressante en termes de valeur. Mais cette génération d'objectifs de conception, basée sur la prise en compte des perturbations découlant en cascade de l'ajout d'une nouvelle intention sur un système de base, s'est « essouffée » au fur et à mesure que les problèmes de conception, les questionnements trouvaient différentes alternatives de réponse, et n'est donc plus possible à la fin d'un raisonnement PST.

En fait, au sein du raisonnement PST, l'absence de spécifications initiales a laissé libre cours à toutes les modifications possibles d'un système de base suivant un parti pris précis, autorisant une exploration large du champ des possibles et permettant une conception sans compromis en s'affranchissant de critères « tueurs », notamment relatifs aux points de performance sur lesquels se battent les concurrents d'un marché, qui peuvent annihiler certaines voies de solution. Mais si cette absence de spécifications a donc été profitable au cours du processus exploratoire de la conception innovante, c'est précisément cette lacune qui nous fait défaut pour débiter le deuxième processus de conception qui doit permettre de converger vers un livrable de conception « définitif », industrialisable, commercialisable. Nous n'avons donc pas d'autres choix que de spécifier de nouveaux objectifs de conception.

Nous allons voir précisément comment définir ces spécifications et plus largement comment se structure ce deuxième processus de conception en innovation tout en présentant un outil permettant de le manager.

4.1.1.2. L'outil PILOT ou la progressive et interactive construction du cahier des charges

A ce stade, il nous faut donc définir un ensemble de spécifications. La question est de savoir lequel et comment s'y prendre. Au cours du raisonnement exploratoire PST, la définition du système impactée par une nouvelle intention a été enrichie d'attributs d'objectifs et organiques plus ou moins inédits, et il convient déjà de relever via une relecture de l'arborescence ces propriétés ajoutées.

La démarche consiste ensuite à traduire les propriétés P_i relevées en fonctions. Les attributs relatifs à un objectif novateur, significatifs de la traduction de l'impact d'une nouvelle intention sur un système de base, deviennent des fonctions de service « surprenantes ». Si une condition de conception avait été posée au cours du raisonnement, elle caractérise là un niveau souhaité vis-à-vis d'un critère de fonction. Enfin, certaines propriétés de nature organique, significatives d'un choix d'un type de solution, pourront elles se traduire par des fonctions « techniques ».

Cette déclinaison des propriétés de l'arborescence du raisonnement PST en fonctions doit alors être complétée. L'identification des champs de contraintes de l'environnement dans lequel le système évolue se traduit par l'énoncé de fonctions « contraintes », en utilisant par exemple un diagramme « pieuvre ». Pour ce qui concerne l'énoncé des fonctions de services

surtout secondaires¹⁰⁵ et du niveau des critères des fonctions, on note par contre des difficultés pour les formuler.

Ces difficultés sont liées à une spécificité d'un projet d'innovation, les lacunes de connaissances relatives à deux questions : « qu'est-ce qui plait au client ? » et « qu'est-ce qui est faisable ? ». Si l'on se réfère aux langages de la conception réglée, la méconnaissance sur la première question est relative au langage fonctionnel, c'est-à-dire à la définition des besoins précis des utilisateurs alors que les lacunes de connaissances portant sur la faisabilité d'une proposition fiable tout en offrant le niveau de performances souhaité dépend des langages de *conceptual design* et *embodiment*.

L'impact de ces lacunes de connaissances n'est pas sans conséquence : il signifie qu'initialement les spécifications de conception sont relativement mal définies et que donc, loin d'être énoncées de manière « statique », elles sont amenées à évoluer. En fait nous envisageons là une coévolution entre l'énoncé des spécifications de conception et les résultats de travaux de conception. En effet, parce que ces développements techniques (relatifs à la question « qu'est-ce qui est faisable ? ») et les tests utilisateurs des premières propositions (relatifs à la question « qu'est-ce qui plait ? ») incorporent des apprentissages sur les différents langages, ils permettent de réviser, ajuster, corriger les critères et niveaux de critères des fonctions spécifiées. Cette évolution des spécifications de conception semble devoir s'effectuer par séquence pour que pendant un cycle de développements de conception, l'ensemble des objectifs à satisfaire ne varie pas.

Nous comprenons que c'est au fur et à mesure de ces cycles de révision des objectifs de conception en fonction des résultats de conception incorporant apprentissages, négociations et confrontations de points de vue entre des acteurs de différents domaines d'expertise, que vont progressivement se construire les bases d'un futur cahier des charges. Au fil des cycles de développements, en même temps que s'affine l'énoncé des spécifications, les connaissances nécessaires à une « bonne » conception se complètent. Progressivement, il est aussi possible de se prononcer avec plus grande précision sur les deux indicateurs de résultat de la conception (indicateurs de potentiel de nouvelle proposition de valeur et de faisabilité technologique).

Ce travail cyclique et interactif permet même d'envisager à terme de se rapprocher des conditions d'une conception réglée, c'est-à-dire d'avoir « reconstruit » les connaissances sur les trois premières strates (design fonctionnel, design conceptuel, *embodiment*) de manière à pouvoir assurer une conception et une industrialisation (*detail design*) respectant le triptyque « Coût-délai-qualité ». La Figure 4-1 illustre ce cheminement progressif du livrable du raisonnement PST à une configuration où il est possible d'envisager une conception plus détaillée, via une coévolution par séquence entre spécifications et résultats de conception.

¹⁰⁵ Les fonctions de service définissent le service rendu : ce sont celles qu'achète l'utilisateur pour satisfaire un besoin et traduisent sa motivation d'achat. Les fonctions secondaires (ou complémentaires) représentent la satisfaction d'un besoin complémentaire, améliorant le service principal rendu [Tassinari, 2003].

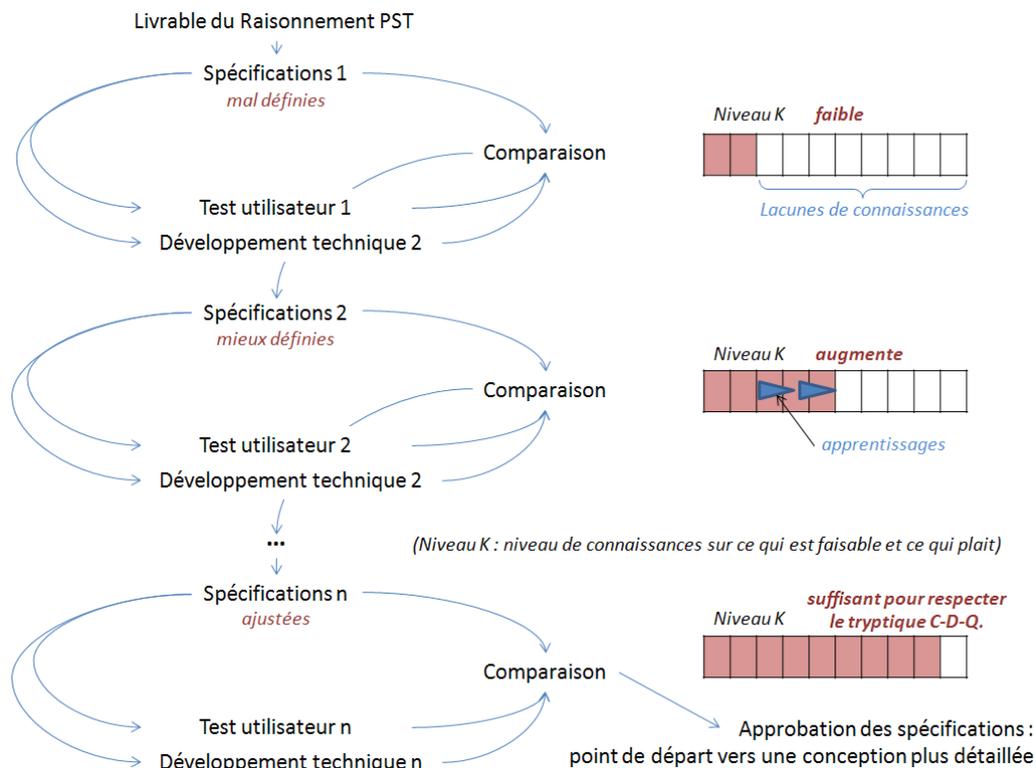


Figure 4-1 : Le processus de conception convergente en innovation ou la coévolution par séquence entre spécifications et résultats de conception.

Cependant, on peut penser que par exemple la notion de « *timing* » de mise sur le marché de l'objet de la conception qui peut être cruciale en innovation amènera à un moment donné l'entreprise à geler son cahier des charges, avant d'en arriver à ce stade. Plus généralement, lorsque l'entreprise jugera suffisamment satisfaisant le potentiel de nouvelle proposition de valeur et le niveau de connaissances permettant d'assurer une « bonne » conception (indicateur de faisabilité technologique), le projet pourra être lancé « officiellement » vers une commercialisation, même si l'efficacité de certains processus en termes de « Coût-délai-qualité » pourra être plus ou moins altérée, en fonction du nombre, du degré de maturité et de la « profondeur » des pré-développements effectués en amont.

Parce que selon nous l'ensemble des spécifications évolue en même temps que les concepts de solution, par séquence, nous envisageons de les formaliser au sein d'un outil « évolutif », permettant de supporter et même de gérer toutes ces évolutions. Plus précisément, nous proposons de construire un tableau en positionnant dans les lignes l'énoncé des spécifications de conception à satisfaire et en précisant dans la première et deuxième colonne la description du critère de fonction et du niveau à atteindre pour chacune d'entre elles. La ou les colonnes adjacentes correspond(ent) à la ou les alternatives de solution développée(s), comme l'illustre la Figure 4-2. Pour chaque colonne adjacente, une fois reportés les résultats obtenus lors des développements techniques (relatifs à la question « qu'est-ce qui est faisable ? ») et autres « tests utilisateurs » devant des premières propositions (relatifs à la question « qu'est-ce qui plait ? »), vis-à-vis de chaque objectif fonctionnel, il est alors possible de comparer les écarts, les différences, les points de blocage existants par rapport aux objectifs fixés.

Définition des fonctions à satisfaire à partir du livrable d'un raisonnement PST

Outil PILOT

Fonctions	Critère de fonction	Niveau souhaité Séquence 1	Alternative Développée 1	Alternative Développée 2	Niveau souhaité Séquence 2	Alt. Dév. 3	Alt. Dév. 4	Alt. Dév. 5	Niveau souhaité Séquence 3	Alt. Dév. 6
F1 = Franchir obstacles	C1 = Hauteur à franchir	N1 > 30 cm	5 cm	7 cm	N1 > 15 cm	10 cm	18 cm	9 cm	N1 > 15 cm	12 cm
Fonction 2	C2	N2 = 70	65	89	N2 = 78	75	38	80	N2 = 78	76
Fonction 3	C3	N3 = 4	4	4	N3 = 4	4	5	4	N3 = 5	5
Fonction 4	C4	N4	...		N4	...			N4	...
Fonction 5	C5	N5			N5				N5	
...										

Séquence de conception 1
Séquence de conception 2
Séquence de conception 3

Figure 4-2 : L'outil PILOT ou la progressive définition des fonctions à satisfaire.

La prise en compte des résultats de ces travaux se matérialise alors par une redéfinition, un réajustement des spécifications, de manière à ce que le livrable de la conception soit plus séduisant pour les clients et/ou plus réalisable. Ces modifications des objectifs de conception à atteindre influent directement sur l'indicateur de potentiel de nouvelle proposition de valeur tout en permettant d'envisager une satisfaction accrue de l'indicateur de faisabilité technologique. Mais surtout, elles impulsent un nouveau cycle de travaux de conception (noté séquence 2 sur la Figure 4-2) : à nouveaux objectifs de conception, nouveaux développements et autres tests utilisateurs. Ainsi s'affinent progressivement, par séquence, au fur et à mesure des apprentissages issus des développements de conception, les spécifications.

Parce qu'il permet de supporter ces réajustements par séquence, qui traduisent par là même la construction progressive du futur Cahier des charges, nous pouvons considérer que cet outil support que nous nommons PILOT, joue le rôle de « tour de contrôle » du deuxième processus de conception d'un projet d'innovation, celui qui permet de converger vers un livrable « industrialisable ».

Puisque la révision des spécifications de conception par séquence dépend de l'acquisition de diverses connaissances, nous allons voir comment progressivement les « reconstruire », qu'elles concernent la première question (« qu'est ce qui plait ? ») ou la seconde (« qu'est ce qui est faisable ? »).

4.1.2. Moyens pour s'affranchir ou reconstruire des bases de connaissances initialement manquantes dans le processus de conception « convergent » du projet d'innovation

4.1.2.1. De l'ajustement des spécifications via la considération d'un cadre de référence ...

Il est important de noter que l'outil PILOT, lorsqu'on le mobilise pour la première fois (en cherchant à définir la première série de spécifications juste au sortir d'un raisonnement PST), se trouve à l'interface entre deux logiques de conception, celle du processus d'exploration des espaces de valeur en jouant sur l'identité de l'objet de la conception (raisonnement PST) et celle du processus visant à converger vers son industrialisation. Entre la fin d'un

raisonnement PST, où l'on a évalué les « bienfaits » apportés sur un système de base par une déformation impulsée par une nouvelle intention, et la définition de premières spécifications de conception (donc avant même le premier cycle de développement du processus de conception convergent d'un projet d'innovation), se joue en fait le potentiel de succès du nouvel objet innovant. En effet, c'est la phase où va être complété l'ensemble des spécifications et où se cristallise donc la proposition de valeur que l'on veut la plus séduisante possible. Avoir défini les spécifications de conception « complètes » signifie aussi la possibilité d'évaluer pour la première fois la valeur « globale » de la nouvelle proposition de conception¹⁰⁶.

Par contre, parce que le nouvel objet est inédit, c'est une phase où le manque de connaissances sur les besoins des consommateurs est prégnant. Pour remédier à cette lacune de connaissances et accompagner le plus judicieusement possible ce travail « crucial » de spécifications, nous proposons de considérer la notion de cadre de référence d'une catégorie de produits. Au-delà d'un ensemble commun de fonctions de service primaires et quelques autres secondaires, nous définissons au travers du « cadre de référence » l'ensemble des exigences minimales offertes par les offres concurrentes existantes de cette catégorie, vis-à-vis desquelles le consommateur se réfère pour juger de la légitimité et de la crédibilité d'un nouveau produit en termes d'utilité notamment. Ainsi, ne respecter aucun cadre de référence revient à ne pas appartenir à une catégorie avec le risque de non légitimité que cela implique : par exemple, on risque effectivement de ne pas considérer comme une banque digne de ce nom un établissement qui ne proposerait pas de compte chèque, de compte épargne, de coffres personnels, de chèques de voyage ... si innovante soit-elle.

La brève et solitaire existence de l'atypique « *Envoy* », assistant personnel numérique lancé par Motorola en 1994, doté de fonctionnalités inédites (réception de messages par voie hertzienne, envoi de courriers électroniques et fax), apporte à ce sujet un exemple très illustrateur. En effet, malgré le fait qu'il contienne un agenda et un répertoire de contacts, son niveau de prix et son mode de saisie compliqué en faisaient un candidat improbable pour appartenir à la catégorie des organisateurs personnels. *A fortiori*, personne ne le considérait comme un *beeper*¹⁰⁷ parce qu'il était trop grand (de la taille d'une cassette VHS) et trop cher (1500 dollars) ou comme un ordinateur de bureau car il n'avait pas de clavier, ni suffisamment d'espace de stockage. Il manquait à *Envoy* d'avoir suffisamment de points de « parité » pour appartenir à une catégorie, quelle qu'elle soit. Faute d'un cadre de référence clair, les consommateurs ne savaient pas pour quelle raison ils pourraient acheter ce produit. Celui-ci fut retiré du marché dès 1996.

A l'inverse, peu avant ce retrait eut lieu le lancement du Palm Pilot 1000, qui ne possédait qu'une toute petite partie des capacités d'*Envoy* mais qui connut un succès commercial car il remplissait toutes les fonctions et certaines caractéristiques, comme le format compact ou un prix modéré, d'un organisateur électronique, catégorie qu'il pouvait revendiquer comme cadre de référence. Si son concepteur, Hawkins, avait intentionnellement limité les fonctions de l'appareil à celles associées aux organisateurs, le produit se distinguait des autres offres notamment par sa simplicité de synchronisation avec les PC, à l'aide d'une simple touche. En d'autres termes, le Palm Pilot, en plus de répondre pleinement au cadre de référence des

¹⁰⁶ Au cours d'un raisonnement PST, sur l'indicateur de potentiel de nouvelle proposition de valeur n'était mesuré que le gain existant entre le nouvel objet et le système de base. Il ne pouvait en être autrement puisque les spécifications complètes de l'objet n'étaient alors pas définies.

¹⁰⁷ Les *beepers* étaient des produits électroniques qui permettaient dans les années 90 de transmettre des messages de « type SMS » ou des messages codés sous forme d'une combinaison chiffrée, messages accompagnés du numéro de téléphone de l'envoyeur. En France, le marché comptait notamment le *Tatoo* (Motorola), le *Tam Tam* et le *Kobby*.

organiseurs électroniques, apportait un ajout de valeur notamment sur la situation d'usage « synchronisation à un ordinateur ».

Cependant, toutes les innovations potentielles ne respectent pas un cadre de référence. Lorsque le système de base a été « trop déformé » lors du raisonnement PST ou lorsque le système de base n'existait pas initialement, la notion de cadre de référence n'a même que peu de sens, car le jeu des fonctions de service du livrable du processus de conception exploratoire est trop éloigné de celui d'une catégorie existante.

Mais précisément, le livrable de conception « innovant » est alors au moins en partie incomparable dans ce sens qu'il permet d'assouvir des SU+ ou SF+ complètement inédites ou satisfaites à un point encore jamais atteint, et inaccessibles par d'autres moyens : ces produits nouveaux définissent une nouvelle catégorie (le magnétoscope répond à des besoins inassouvis jusqu'alors en permettant d'enregistrer des émissions, de louer des films, de visualiser des enregistrements de caméscope ...), ou plus modestement déplacent un critère de performance à un niveau encore jamais atteint, en réinventant par exemple les *standards* de qualité (le lecteur DVD, qui fut un succès, permettait une bien meilleure qualité d'image, une meilleure fiabilité et une navigation plus aisée pour accéder aux contenus alors qu'il ne couvrait pas toutes les fonctionnalités d'un magnétoscope « enregistreur »), ou répondent à des besoins inassouvis même si ces derniers peuvent être plus spécialisés, limitant ainsi la taille de la cible de population visée (les *Mountain Rollers* : s'ils permettent de descendre des chemins de montagne, leur encombrement par exemple leur empêchera de satisfaire le cadre de référence du Roller « classique », ce qui limite leur usage aux « baroudeurs »). Manifestement, *Envoy* ne correspond pas non plus à ces critères puisque les fonctionnalités qui lui avaient été ajoutées étaient facilement « accessibles » au travers de l'usage d'autres moyens.

Remarquons tout de même remarquer là que satisfaire des SU+ ou SF+ totalement inédites ou à un point encore jamais atteint ne signifie pas pour autant ne pas pouvoir appartenir à un cadre de référence. Nous pensons d'ailleurs que c'est précisément derrière ce type de produits que regorge la promesse la plus probante d'obtenir *in fine* d'une réelle innovation, dans ce sens qu'ils sont dotés d'un atout incomparable, qu'ils n'ont pas de lacunes notables vis-à-vis d'une catégorie de produits existants et que précisément ce cadre de référence assure de l'existence d'un marché, d'une demande ... enlevant ainsi une certaine part des incertitudes liées à l'introduction d'un produit nouveau et à son acceptation. C'est le cas par exemple de l'iPhone qui non seulement a été le seul téléphone mobile à sa sortie à permettre la lecture de sites Internet de manière acceptable et avec une facilité de navigation, mais qui couvre l'ensemble des exigences du cadre de référence de la téléphonie mobile, marché qui s'est développé tout au long de ces dernières années.

Lorsque le jeu des fonctions de service d'un livrable au raisonnement PST est proche de celui d'un cadre de référence d'une catégorie, la démarche consiste à répertorier plus précisément les fonctions, critères et niveaux d'objectifs qui caractérisent ce cadre, en d'autres termes à réfléchir aux points de « parité » qui devront être assurés pour que le produit nouveau appartienne à la dite catégorie. Une fois définis ces points de parité, l'idée est de les confronter au jeu de fonctions du livrable du raisonnement PST, tel qu'il a été traduit dans PILOT, de manière à pouvoir ensuite compléter et préciser le cahier des charges à satisfaire.

Pour ce faire, nous proposons de positionner au sein de notre outil PILOT, précisément dans les colonnes adjacentes à celles des fonctions extraites du livrable d'un raisonnement PST, les fonctions classiques des produits qui constituent le cadre de référence. Comme le montre la

Figure 4-3, il est alors possible de tenir compte des spécifications complètes du nouvel objet, celles qui seront considérées dans une première séquence de conception.

Outil PILOT

Fonctions à satisfaire dérivant du livrable d'un raisonnement PST			Fonctions à satisfaire dérivant d'un cadre de référence							
Fonctions	Critère de fonction	Niveau souhaité	Fonctions	Critère de fonction	Niveau souhaité	Fonctions	Critère de fonction	Niveau souhaité Séquence 1	Alt. Dév. 1	Alt. Dév. 2
Fonction principale	C0	N0	Fonction principale	C0'	N0'	Fonction principale	C0	N0		
F1 = Franchir obstacles	C1 = Hauteur à franchir	N1 > 30 cm				F1 = Franchir obstacles	C1 = Hauteur à franchir	N1 > 30 cm	5 cm	7 cm
Fonction 2	C2	?				Fonction 2	C2	N2 = 70	65	89
Fonction 3	?	?				Fonction 3	C3	N3 = 4	4	4
Fonction 4	C4	N4	Fonction 4	C4'	N4'	Fonction 4	C4	N4''	...	
			Fonction 5	C5	N5	Fonction 5	C5	N5		
			Fonction 6	C6	N6	Fonction 6	C6	N6'		

Points de parité

Séquence de conception 1

Figure 4-3 : Obtention du jeu complet des spécifications de la séquence de conception 1 en adjoignant les points de parité d'un cadre de référence aux fonctions dérivant du livrable d'un raisonnement PST.

Parce que c'est la définition fine de l'identité de l'objet qui est en jeu, il est important de bien choisir ses points de comparaison. Justement à ce sujet, parce que le consommateur constitue plus ou moins consciemment son « panier » de besoins vis-à-vis des alternatives existantes qu'il voit, rencontre, teste ... en d'autres termes relativement à ses connaissances d'un corpus de systèmes existants, il peut être judicieux de présenter les points de parité recherchés non pas de manière « générale » (une synthèse des prestations de la concurrence appartenant à ce même cadre) mais en y adjoignant ou uniquement par différentes alternatives précises (le ou les concurrents les plus « directs » et menaçants appartenant à ce cadre). On peut aussi imaginer confronter le produit innovant à des concurrents représentant la « fourchette » haute et basse en termes de performances et de *standing* du positionnement visé.

Plus généralement, en voulant affiner un cadre de référence, il est possible d'en distinguer plusieurs variantes, notamment en fonction des performances et du niveau qualitatif recherchés. Nous comprenons en effet qu'au sortir d'un raisonnement PST, lorsque l'on est dans une optique stratégique de démocratisation et que l'on a cherché à « casser » les coûts, le cadre de référence considéré et/ou les concurrents vis-à-vis desquels l'on veut se mesurer seront bien différents que si le livrable est porteur d'un fort ajout de valeur.

Rappelons ici que dans une stratégie de démocratisation, bien que le processus d'exploration vise à minimiser le coût, le consommateur n'achète pas qu'un prix dans ce sens qu'il y a très peu d'intérêt de payer pour un système de conception ne satisfaisant pas ou que partiellement des besoins recherchés. Ainsi, il semble nécessaire d'ajuster les spécifications de l'artefact de conception vis-à-vis du cadre de référence de la catégorie de produits que l'on cherche précisément à « démocratiser », de manière à ce que le rapport valeur d'usage sur prix soit maximum.

Notons que dans la perspective où se densifie les offres concurrentes d'une catégorie prises en compte pour ajuster les spécifications, la démarche de comparaison se complexifie et il semble alors nécessaire de structurer avec soin dans PILOT l'ordre d'énonciation dans les lignes des fonctions à satisfaire, en distinguant par exemple les fonctions de service primaires, de celles secondaires et des fonctions contraintes et/ou en regroupant les fonctions en fonction des phases du cycle de vie auxquelles elles se rapportent.

Remarquons également qu'un livrable d'un raisonnement PST peut potentiellement recouvrir le jeu de fonctions de plusieurs cadres de référence à la fois et que l'on peut être alors tenté de les satisfaire tous. Cependant, partant de l'adage énonçant qu'« à vouloir satisfaire tout le monde, on ne satisfait personne », nous pensons qu'il est judicieux de ne pas chercher à tous les satisfaire. Il faut effectivement être bien conscient que limiter le nombre de spécifications à satisfaire permet de s'affranchir de certains compromis, de libérer le champ des contraintes de la conception pour la centrer vers la satisfaction optimale des fonctions relatives aux axes d'innovation.

A ce propos, nous pouvons citer en exemple l'iPod d'Apple, un des tous premiers baladeurs audio numériques¹⁰⁸ à disque dur, dont le succès repose bien entendu sur une compréhension que le numérique va révolutionner la musique qui se consommera alors de manière radicalement différente, des envies des consommateurs vis-à-vis de la musique que les acteurs de la conception avaient modélisées par « Découvrir, Composer, Partager tout le temps et partout » mais aussi et surtout sur le choix de ne se concentrer que sur la musique. C'est en effet ce qui a permis de faire un produit avec une image « forte » et sans compromis. Archos, un concurrent qui avait eu la même idée au même moment avait misé lui sur un lecteur avec une dimension plus multimédia. Les compromis qui découlent de ce positionnement, de cette volonté de satisfaire davantage de fonctions que celles recouvertes par la catégorie des baladeurs audio, ont eu pour conséquence des lacunes en termes d'ergonomie, de lenteur et de surpoids, les formats, les technologies autant *hard* que *soft* et les habitudes d'usage des consommateurs n'étant pas à l'époque aussi matures qu'aujourd'hui.

Dans la même optique d'optimiser le potentiel de nouvelle proposition de valeur à ce stade de la caractérisation des spécifications, il semble assez évident de distinguer et privilégier les fonctions inédites, celles qui permettent de se différencier, celles qui sont porteuses de l'innovation. En effet, une fois posées les alternatives concurrentes au livrable d'un raisonnement PST et identifiées les fonctions et niveaux de performance minimum requis pour chacune d'elle pour appartenir à la catégorie visée, il faut bien distinguer les fonctions relatives à la satisfaction de SU+ ou SF+ inédites et porteuses de valeur, déjà en leur donnant un niveau hiérarchique de fonction élevé mais aussi en spécifiant un objectif de résultat précis et « exigeant », des fonctions « servant de caution » à l'appartenance au cadre de référence de la catégorie de produits visée, pour lesquelles le juste minimum sera requis.

Pour exemple, nous pouvons citer les dirigeants d'Apple qui pour leur iPhone, produit se voulant à la pointe de la technologie, ont délibérément fait le choix de limiter le capteur photo au strict minimum de ce qui se faisait dans la catégorie (2 millions de pixels par rapport à 5) ou de ne pas l'équiper des fonctions vidéo et MMS, jugées non indispensables car la valeur apportée par ces fonctions ne justifiait pas l'augmentation du prix ou des contraintes de conception qui en auraient découlé.

¹⁰⁸ Précisément, il est apparu quelques semaines après le produit d'Archos, mais qui était lui un baladeur numérique audio et vidéo.

Finalement, l'identification d'un cadre de référence, au-delà du fait que son respect peut avoir une part déterminante dans le potentiel de nouvelle proposition de valeur de l'innovation potentielle, nous semble importante dans le sens où il représente les besoins des clients mais aussi le positionnement avec les produits du marché et de certains concurrents. En d'autres termes, la comparaison à un cadre de référence nous permet de récupérer une part des connaissances relatives à la phase de design fonctionnel d'un projet de conception routinier.

Les cadres de référence évoluent au fur et à mesure que des produits nouveaux apparaissent et que les points de performance d'une catégorie se recristallisent, et comme nous l'avons évoqué il est aussi possible d'envisager confronter le livrable d'un raisonnement PST aux concurrents les plus « directs » et agressifs.

Cependant, au sortir d'un raisonnement PST, il se peut aussi comme nous l'avons évoqué que le jeu des fonctions de service du livrable de conception soit trop éloigné de celui d'une catégorie existante. Plus il est innovant, et plus cela semble devoir se vérifier. Or il semble alors difficile de pouvoir affiner la définition de ses spécifications en s'appuyant sur l'expérience d'un cadre de référence. Lorsque précisément le système de base a été « trop déformé » lors du raisonnement PST ou lorsque le système de base n'existait pas initialement, il est tout de même possible de comparer le livrable du processus d'exploration vis-à-vis d'alternatives « indirectes » relatives aux fonctions de service primaires (les *Mountain Rollers* peuvent par exemple être comparés au VTT qui permet également de dévaler des chemins de montagne), et d'acquérir davantage de connaissances sur les attentes des clients en faisant des tests consommateurs (connaissances incomplètes du fait justement qu'il n'existe pas de cadre de référence vis-à-vis duquel se confronter).

Si nous venons de voir comment s'affranchir de lacunes de connaissances relatives au design fonctionnel, à la question de ce qui plait, en confrontant le livrable d'un raisonnement PST à un cadre de référence ou à des alternatives « indirectes », il convient de s'intéresser maintenant aux moyens de s'accommoder des lacunes de connaissances relatives au design conceptuel et à l'*embodiment*.

4.1.2.2. ... à une conception plus affinée via la mobilisation de l'outil TGI.

Fort de l'énoncé de spécifications de conception au sein de PILOT, nous pouvons basculer dans un cycle de conception où on cherche à converger vers le meilleur livrable possible les satisfaisant. Ce travail semble impliquer dans un premier temps une relecture du raisonnement PST effectué, et notamment des attributs de définition de type organique de son livrable, pour identifier si certains sont remis en cause par la définition de l'ensemble des fonctions à satisfaire intégrant celles visant à appartenir à un cadre de référence.

En fait, nous pensons que la considération d'un cadre de référence amène davantage des ajustements, notamment sur les fonctions de service secondaires et le niveau des critères de fonction, qu'une redéfinition de l'identité du livrable d'un raisonnement PST : si au cours d'un raisonnement PST, on se préoccupe uniquement de l'impact en termes d'attributs de définition d'une nouvelle intention sur un système de base, et qu'on laisse en suspens certains aspects de la définition de ce dernier, considérer le cadre de référence (ou la comparaison à des alternatives indirectes et des tests consommateurs lorsqu'on ne peut identifier de cadre de référence) a alors justement pour rôle de repréciser ce qui ne l'avait pas été, permettant ainsi de compléter et d'ajuster dans une certaine mesure les spécifications de conception. Aussi, le point de départ de ce deuxième processus de conception, convergent, ne se caractérise pas par

un bouleversement de l'identité du livrable d'un raisonnement PST lors de la phase de spécification dans PILOT et il semble donc que les éléments de type organique, les solutions retenues en échos aux problèmes identifiés au sein d'un raisonnement PST peuvent fournir une première base au travail de conception du premier « cycle » du processus de conception visant à converger vers un résultat concret.

Cependant, avant d'obtenir le livrable définitif de conception, plusieurs cycles de conception seront nécessaires, les spécifications évoluant par « séquence » précisément à cause du fait qu'il existe initialement des lacunes de connaissances dues à l'aspect inédit du nouveau système à concevoir. Celles-ci concernent tout aussi bien les concepts de base, le choix des solutions techniques, le dimensionnement des composants ou la définition du bon matériau, soit les langages correspondant aux niveaux design conceptuel et *embodiment* de la conception systématique. Ainsi, lorsque par exemple une entreprise de sport de glisse travaille sur une combinaison chauffante, elle n'a *a priori* que peu de connaissances sur les principes pour chauffer et d'autant plus sur les composants nécessaires et leur dimensionnement. Cette connaissance, cette compétence peut être acquise, par exemple via l'embauche d'un expert ou un partenariat avec un fournisseur.

Mais parce que le contexte d'usage d'une combinaison de surf est spécifique, il semble que des contextualisations, dispositifs que nous avons proposés visant précisément à acquérir de nouvelles connaissances par l'observation *in vivo* et l'abstraction d'une expérience construite spécifiquement en échos à une question inédite que l'on se pose, soient parfois nécessaires. Ce peut être par exemple un dispositif pour tester le comportement d'un matériau dans certaines conditions ou un test d'ergonomie d'une forme inédite imposée par une spécificité de l'objet innovant.

A ce sujet, précisons que si au cours d'un raisonnement PST, les spécifications n'étant pas définies, il y avait impossibilité de confondre l'objet expérimental d'une contextualisation avec un objet intermédiaire de conception routinière, la distinction à ce stade semble un peu plus floue : en aval d'une première détermination de spécifications dans PILOT, du fait que les objectifs de conception sont fixés par séquence, l'objet « expérimental » peut alors être doté de nombreux attributs de l'objet à concevoir et donc se rapprocher dans la forme d'un objet intermédiaire de conception routinière. Cependant, le but de création de connaissances nouvelles et la nécessité de se confronter au réel différencie toujours l'objet expérimental de contextualisation de l'objet intermédiaire de conception routinière, représentation intermédiaire (de toute nature, concrète ou pas) de l'artefact de conception (permettant de supporter et d'améliorer la coopération entre les différents métiers) avec pour but *in fine* d'aboutir au meilleur compromis de conception.

Justement, du fait que le processus de conception de l'innovation vise à ce stade la satisfaction de spécifications bien définies (par séquence certes, mais définies), la mobilisation d'objets intermédiaires de conception routinière devient possible. L'usage de ce média entre les acteurs, les différents métiers, pour confronter leurs points de vue et caractériser une représentation de la proposition de conception imaginée, ou seulement d'une partie, d'un sous-système, semble même vivement conseillé. En effet, c'est précisément autour de l'usage de ces objets qu'émerge et se traite une deuxième forme de lacunes de connaissance : celles liées à l'évaluation à proprement dit.

En fait, dans tout projet de conception, toute proposition de conception est caractérisée, évaluée, validée ou non, en utilisant des critères de conception au travers de dispositifs d'évaluation, permettant aux différents acteurs métiers d'apporter leur jugement vis-à-vis de

leurs connaissances. Lorsque l'on converge vers un résultat devant satisfaire un ensemble de spécifications, l'évaluation devient donc multicritères : on n'est plus dans la « simple » validation d'alternatives de solution vue dans la dimension T au cours du raisonnement PST.

Ces critères de conception sont relatifs à la fois aux objectifs fonctionnels de service et aux contraintes de conception définis dans un cahier des charges mais pas seulement. En effet, en allant vers la définition et le dimensionnement des composants constitutifs du système à concevoir, en sus de *contraintes prescrites* (celles provenant d'un cahier des charges), qui de leur définition à un niveau global vont devoir être déclinées à des niveaux plus locaux, s'ajoutent des *contraintes déduites*, notamment consécutives à certains choix de conception déjà effectués, et des *contraintes construites* relatives aux moyens de satisfaire certains critères développés par le concepteur vis-à-vis de son expérience acquise au fur et à mesure de projets précédents [Perrin, 1999].

Si dans un projet de conception « routinier », la cartographie des acteurs impliqués dans l'évaluation ainsi que les principaux critères mobilisés sont relativement vite établis et stabilisés, ce ne peut être le cas des projets de conception en innovation, du fait de lacunes de connaissances, correspondant aux niveaux du design conceptuel et *embodiment* en conception systématique, et de l'inexpérience de conception de ce type de produit, inédit par définition : il sera plus difficile déjà de décliner des objectifs de conception globaux, spécifiés au niveau de l'objet de la conception, en critères « locaux » au niveau du type d'alternatives comparées (architecture, composant ...) mais aussi et surtout de répertorier les critères relatifs à certaines contraintes déduites et à celles construites. En outre, on peut également considéré que la hiérarchisation des critères à prendre en compte, si elle est plus ou moins acquise dans un projet de conception routinier, doit être discuté, partagé, argumenté dans le cas d'un système à concevoir innovant.

Notons que toutes ces difficultés nous semblent plus particulièrement prégnantes pour ce qui concerne les « zones » inédites, celles où la nouvelle intention a générée une déformation telle que le degré de nouveauté associé à la conception de cette partie est plus ou moins marqué, jusqu'à total. Dans ces cas là, comment alors procéder pour identifier les critères d'évaluation ?

En conception routinière, des critères pouvaient assez exceptionnellement émerger sur proposition d'un acteur ou lors des confrontations de différents points de vue sur le développement en cours. En innovation, cette pratique semble en fait devoir se généraliser. En d'autres termes, nous ne pouvons pas envisager faire des choix de conception par une grille d'évaluation prédéfinie, avec des critères « rigides », et nous cherchons donc un dispositif d'évaluation de propositions de conception, « souple » et dont l'idée est tout autant d'identifier les critères, leur hiérarchie. En quelque sorte, tout comme il existe les Objets Intermédiaires (OI), représentations intermédiaires d'une solution relative à tout ou partie (sous-système) du système à concevoir permettant aux acteurs métiers de confronter leur point de vue, nous envisageons une « Grille d'évaluation Intermédiaire » (GI), représentation intermédiaire et évolutive des critères d'évaluation de la partie du système à concevoir considérée.

Pour construire cette GI, il semble à nouveau judicieux d'user du stratagème de la comparaison. En effet, une fois identifiées, les alternatives de solution seront discutées, confrontées et négociées, permettant une formalisation plus aisée des critères d'évaluation à prendre en compte, et de leur hiérarchie. Cette comparaison pourra en outre permettre d'apprendre des avantages et inconvénients respectifs de chacune d'elles, autant d'éléments

pouvant aider à converger vers une meilleure concrétisation de l'objet innovant, ou tout du moins plus rapide.

Notons que les différentes alternatives de solution que l'on compare doivent concerner le même niveau systémique (on ne compare que ce qui est comparable). En effet, si l'on compare des alternatives de solution portant sur le système « porte d'automobile » ou sur celui de la « poignée », nous comprenons que les critères d'ergonomie par exemple seront distincts pour chaque système considéré : on s'intéressera aux critères de facilité d'accessibilité à bord du véhicule au niveau du système « porte » alors que ceux du sous-système « poignée » seront centrés sur la préhension de la poignée. Remarquons également qu'il semble également préférable d'avoir un niveau de représentation des alternatives comparées assez voisins, d'être à un stade de développement assez proche pour pouvoir affiner la comparaison.

Dans la lignée de travaux de Legardeur [Legardeur, 2001]¹⁰⁹, nous proposons pour supporter notre « Grille d'évaluation Intermédiaire » de construire progressivement un tableau, une matrice croisant des alternatives de solutions (colonnes) avec des critères (lignes) comme l'illustre la Figure 4-4, offrant la capacité aux acteurs de la conception de formuler librement leurs propres critères en fonction du contexte sans imposer un formalisme et une structure prescriptive [Legardeur, 2001], en complément de la déclinaison « localisée » des spécifications du produit définies dans PILOT. Nous nommons notre outil « Tableau de Grille d'évaluation Intermédiaire » (noté TGI).

Critères	Alternative de solution 1	Alternative de solution 2	Alternative de solution 3
Nombre de pièces	5	1	2
Fiabilité	++++++	+++	+++++
Poids	15-17	10	4
Protection	-	+++	++
Réparabilité	OK	KO	KO
...			

Figure 4-4 : Exemple de TGI.

En accord avec Legardeur, le terme « critère » définit, de manière très générique, les entités disposées en ligne dans notre tableau, laissant volontairement aux acteurs métiers une certaine autonomie quant à leur désignation, leur utilisation et leur classification, et s'extrait donc de la définition stricte des « critères » issue des normes sur l'analyse de la valeur qui les associe aux *critères d'acceptation*¹¹⁰ [Legardeur, 2001]. Ce type de tableau permet ainsi de souligner les avantages et les inconvénients de chaque proposition de manière plus souple.

¹⁰⁹ S'inspirant et assouplissant l'évaluation de solutions suivant le principe du « *concept screening* » [Ulrich et Eppinger, 1995], l'auteur définit un outil de type « Tableau Concepts-Critères » (TCC) permettant de comparer un nouveau concept vis-à-vis d'autres alternatives, mais aussi de le légitimer et d'en imaginer de nouvelles adaptations [Legardeur, 2001]. Nous pouvons ajouter que la structure et les mécanismes de comparaison de l'outil PILOT, que nous avons préalablement présenté, s'inscrivent également dans la même logique.

¹¹⁰ Un critère est une caractéristique utilisée pour évaluer la performance attendue d'un produit.

Dans cette même optique de « souplesse » de la caractérisation des alternatives de solution, s'il n'est pas possible de chiffrer l'évaluation d'un critère, une simple caractérisation avec des « plus » (+) et des « moins » (-) permet alors de matérialiser les différences. En effet, évaluer ne signifie pas seulement chiffrer mais porter un jugement sur la valeur de quelque chose, si sommaire soit-elle. Cette précision, qui pourrait paraître anecdotique, prend tout son sens dans un contexte d'incertitude.

Nous nous proposons maintenant de présenter plus précisément certains traits caractéristiques et certains mécanismes « cognitifs » associés à l'outil TGI qui a pour but de faire des choix sur différentes propositions, chaque fois que cela est nécessaire, en les comparant les unes par rapport aux autres, et les intérêts qui en découlent.

Simple et facile d'accès parce qu'il se remplit progressivement, sans formalisme précis, l'outil proposé fournit des prises à l'ensemble des acteurs permettant à chacun de suggérer un ou plusieurs critères en relation avec son expertise métier et sa propre hiérarchie de critères. Le corolaire à cette capacité à intégrer de nombreux acteurs en leur proposant d'apporter leur point de vue, leurs contraintes, leurs rationalités ou encore les logiques de leur métier respectif est de contribuer à une analyse multicritères des alternatives en jeu.

En permettant à chaque acteur de mobiliser ses propres critères et de les confronter aux autres métiers, le TGI fournit la possibilité d'enrichir progressivement l'ensemble des critères d'évaluation et de les affiner. En fait l'énonciation d'un nouveau critère peut constituer une prise pour les autres métiers : en échos à un premier critère formulé, un ou plusieurs autres peuvent être identifiés ou parce qu'un critère n'est pas forcément « compris » de manière identique par les différents acteurs de la conception, il peut être largement débattu. C'est en croisant les connaissances de chacun, en discutant et renégociant les critères mobilisés, qu'on en affine la définition.

Ensuite le fait de comparer, suivant différents regards, différentes alternatives de solutions permet de relever de nouveaux critères de comparaison et surtout d'en préciser le niveau attendu. En fait, plus précisément, chaque acteur par comparaison de plusieurs alternatives de solution peut relever les différences, distinguer et mieux comprendre les avantages et inconvénients de chacune et donc « recompiler » les attentes du point de vue de son métier quant à la partie considérée de l'objet inédit à concevoir. Ensuite, comme énoncé par des études dans le domaine de l'ergonomie cognitive sur les confrontations des points de vue d'acteur en conception [Darses, 1997] [Martin et al., 2000], le processus d'argumentation, dans des modes d'évaluation comparative ou par analogie, fait appel aux connaissances de chacun, relatives à chaque alternative, et favorise donc l'affinement du niveau attendu des critères.

Ainsi, comparer entre acteurs métier, que ce soit les critères à prendre en compte ou les différentes voies de solution envisagées, permet d'obtenir une grille d'évaluation affinée de la partie de l'objet inédit que l'on cherche à concevoir localement. Mais au fur et à mesure que les critères de conception se complètent et se précisent, nous comprenons que ce sont les exigences de conception qui sont redéfinies et que cela conduit donc à de nouveaux développements visant soit à modifier, améliorer, affiner une ou plusieurs alternatives de solution déjà envisagées, soit à en imaginer une nouvelle, plus ou moins hybride jusqu'à totalement inédite.

Nous voyons là se dessiner localement une coévolution de la formulation des critères de conception et leur niveau attendu avec la définition des alternatives de solution. Le choix des attributs de la partie à concevoir résulte, progressivement, des réactions, des négociations, des

redéfinitions, des adaptations et des compromis sociotechniques entre acteurs de la conception, jusqu'à créer une configuration où son industrialisation devienne envisageable.

Précisons que localement, en plus de participer à la mise à l'épreuve du concept, le TGI, qui supporte la confrontation entre différents acteurs dont certains métiers de l'aval (industrialisation, production ...) en offrant la possibilité de renseigner, documenter chaque alternative assez librement, permet de relever un certain nombre de problèmes, réels ou potentiels, notamment en aval de la conception, de prendre conscience de menaces ou d'opportunités que ce soit au niveau d'un composant, d'une partie ou de la globalité de l'objet à concevoir. Nous voyons là la possibilité de faire remonter des problèmes non envisagés jusqu'alors et de modifier, d'ajuster certaines spécifications dans PILOT, modifications qui seront prises en compte et même fourniront la base d'une nouvelle séquence de conception.

Nous pouvons donc conclure que localement, au niveau d'une partie à concevoir, critères d'évaluation et alternatives de solutions s'affinent au fur et à mesure des confrontations de métiers, et peuvent éventuellement permettre d'identifier des problèmes et amener à ajuster quelques spécifications dans PILOT. Mais il est un autre intérêt majeur à la genèse et à l'utilisation de notre TGI, les apprentissages des acteurs de la conception. En effet, au-delà de permettre des choix de conception, acquérir les connaissances « interstitielles », celles correspondant aux langages conceptuel et « *embodiment* » en conception systématique, celles qui nous permettront justement plus tard, après les différentes séquences, d'être proche d'une conception plus réglée, celle qui permet de respecter le tryptique « Coût-délai-qualité ».

Mais pour chaque utilisation d'un TGI, comment se font ces apprentissages ? D'abord, au travers des confrontations des acteurs de la conception sur l'identification des critères, le choix de leur hiérarchie ou les niveaux attendus, nous pouvons remarquer des apprentissages croisés entre les différents métiers qui progressivement apprennent localement des contraintes des autres. Ensuite, lors de la comparaison des alternatives de solution, chaque métier apprend sur les différences, les avantages et inconvénients distinguant chaque alternative de solution par rapport aux objectifs fonctionnels de service à satisfaire plus ou moins inédits, tout du moins pour l'entreprise. Enfin, au fur et à mesure que l'on fait évoluer les alternatives de solution, pas à pas en fonction des critères retenus et considérés à un instant T, les connaissances métiers sur les possibilités techniques se constituent ou se complètent.

Enfin, dans l'idée de formaliser le TGI sous la forme d'un outil logiciel, précisons que Legardeur propose dans ses travaux une plateforme de collaboration, nommée ID², support aux échanges plus ou moins formels entre les différents acteurs métiers, leur permettant notamment d'interagir sur les critères déposés ou les évaluations proposées par d'autres, par des alarmes, des demandes d'information ou des commentaires [Legardeur, 2001]. Parce que la plateforme développée permet de retracer l'historique des étapes de construction du tableau, elle permet de capitaliser les confrontations entre acteurs, mais aussi de prendre en compte les évolutions de spécifications du produit « global » à concevoir, qui dans PILOT, comme nous l'avons vu, sont loin d'être définies de manière « statique » mais vont évoluer, par séquence. Cela évite de recréer une multitude de tableaux, à chaque séquence de conception. Par contre, il reste à développer les liens entre tableaux correspondant aux différents niveaux systémiques dans lesquels ils sont utilisés. Si les critères du sous-système « poignée » sont distincts de ceux du système « porte », ils ne sont pas indépendants pour autant : une mauvaise ergonomie de la poignée influe par exemple directement sur la facilité de manipulation de la porte ou d'accessibilité à bord du véhicule.

Si en innovation, le processus de conception convergent s'initie avec des lacunes de connaissances, nous avons montré qu'il est possible de les acquérir au fur et à mesure des développements, par cooptation, au travers de contextualisations et plus insidieusement en travaillant sur la coévolution entre critères d'évaluation et alternatives de solution, chaque fois que c'est nécessaire, l'outil TGI proposé supportant les confrontations des différents acteurs métiers autour d'objets intermédiaires.

Ce troisième chapitre de contribution a permis de décrire les contours d'un deuxième processus de conception, consécutif à un raisonnement PST et visant à aboutir à la définition d'un nouvel objet en mesure d'être industrialisé, mais aussi quelques moyens de satisfaire au mieux les indicateurs de potentiel de nouvelle proposition de valeur et de faisabilité technologique. Ainsi semble se compléter la démarche de conception d'un projet d'innovation, comme l'illustre la Figure 4-5.

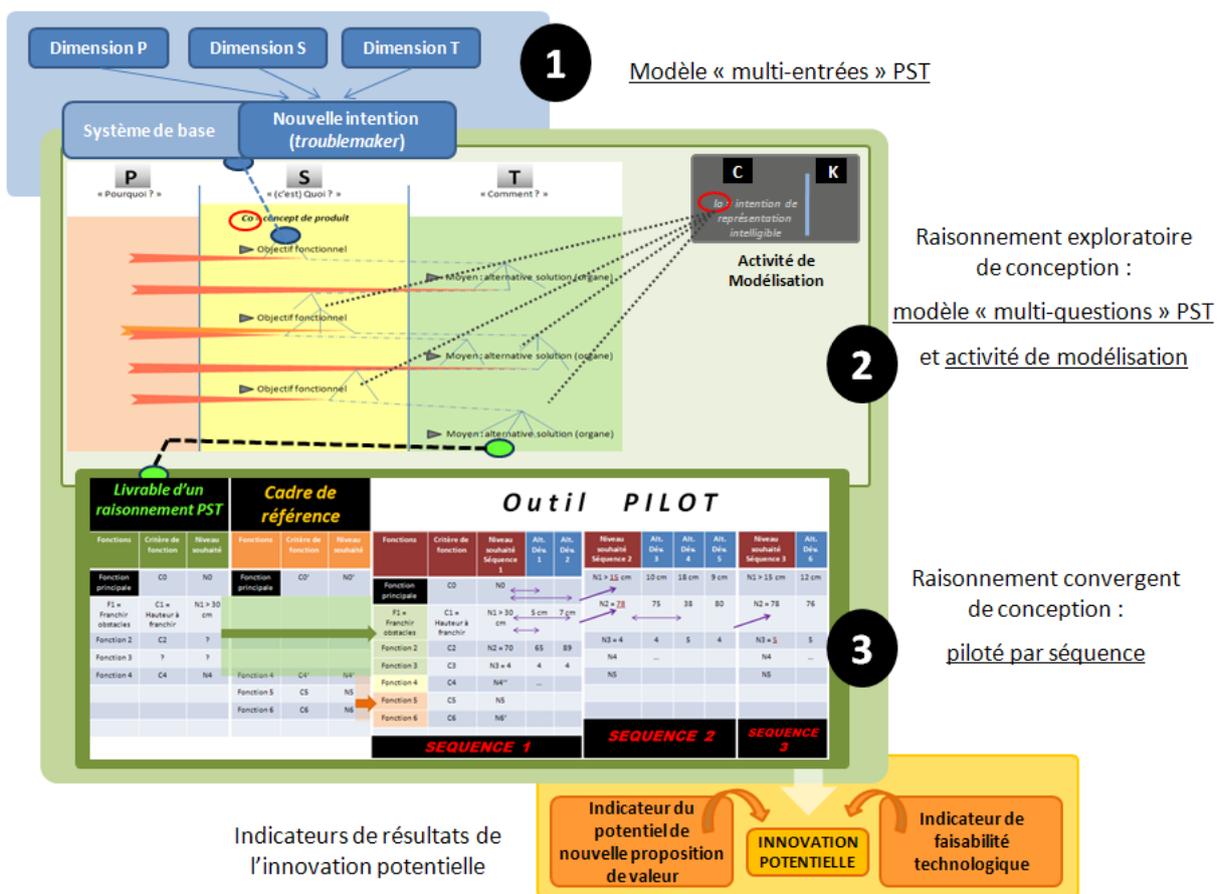
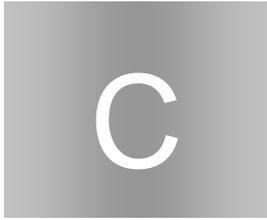


Figure 4-5 : Synthèse des caractéristiques d'un projet d'innovation au terme de ce Chapitre 4.



CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

UNE RELECTURE DES APPORTS DE LA THESE

S'appuyant sur des travaux de la littérature et des suivis de projets innovants, nous avons montré que l'innovation était une forme particulière de conception, et plus précisément nous avons développé la thèse sur l'importance de proposer des prises méthodologiques sur le raisonnement permettant de rationaliser un projet de conception en innovation.

Dans un premier temps, nous avons défini plus précisément la notion « d'innovation potentielle » pour s'affranchir des aléas et incertitudes pouvant influencer sur l'avènement d'une innovation jugée *ex post*. Cette définition, s'intéressant au livrable du processus de conception, nous permet de travailler sur un matériel sur lequel nous pouvons prendre prise en spécifiant des indicateurs de résultats singuliers.

En recoupant différents travaux sur les risques de l'innovation et les facteurs de succès, nous avons justement ensuite déterminé deux indicateurs de résultat du processus de conception en innovation : l'indicateur de potentiel de nouvelle proposition de valeur et celui relatif à la faisabilité technologique.

Une fois défini la forme du livrable recherché au terme d'un processus de conception innovante, nous nous sommes attachés à en identifier le point de départ le plus générique possible. Nous avons ainsi caractérisé et proposé le terme de « nouvelle intention » qui nous permet ainsi de couvrir la diversité des champs et des origines que l'on peut rencontrer au départ d'une innovation.

Cette explicitation accrue à la fois du point de départ et du livrable de la conception en innovation nous a permis alors de s'intéresser à la forme souhaitable du raisonnement de conception, ce qui nous a amené à une forme de conception que nous avons qualifiée d'exploratoire. Cette forme semble pouvoir permettre l'obtention de résultats au moins aussi « créatifs » que les méthodes dites de créativité mais en offrant un cheminement conscient et progressif qui ouvre des perspectives à une rationalisation du processus de conception en innovation.

L'ensemble de ces premiers éléments permet déjà de clarifier ce qui fait la spécificité de la conception en innovation. En outre, il ouvre alors à la possible définition de prises méthodologiques spécifiques.

Dans ce sens, après avoir précisé comment s'associe une nouvelle intention à un système de base, existant ou non, pour former un concept dont on cherchera à affiner la définition lors du

raisonnement de conception exploratoire, nous proposons le modèle « multi-entrées PST » pour pouvoir formuler de nouvelles intentions : leur énoncé peut venir des trois dimensions distinctes P (Potentiel de nouvelle proposition de valeur), S (Système) et T (Techno), suivant les trois modes d'action que sont la veille, la modélisation et la génération d'idées. Ces précisions sur la forme du point de départ et les moyens permettant de l'initier via notre modèle « multi-entrées » PST constituent une première prise méthodologique de la conception en innovation.

Dans un deuxième temps, nous nous sommes attachés au raisonnement de conception exploratoire à proprement dit, celui qui permet de faire varier les possibles définitions déclinant d'un concept initial. En distinguant deux types de propriétés ajoutées à l'arborescence de définition qui caractérise ce type de raisonnement, certaines traduisant un objectif de conception caractérisant un nouveau problème de conception et d'autres un moyen d'y répondre, appartenant donc à la sphère des solutions, apparaît alors une suite logique objectifs-moyens-objectifs-moyens ... Cette représentation du raisonnement exploratoire fournit le matériel pour pouvoir potentiellement explorer consciemment et progressivement de manière pratique.

Pour permettre l'identification de ces deux types de propriétés distincts, nous proposons alors de considérer un jeu de questions dont chacune est relative à une dimension spécifique : nous retrouvons là les trois dimensions P, S et T, le jeu de questions formant le modèle « multi-questions » PST. La dimension S a pour rôle de définir un objectif (en se posant la question « c'est Quoi ? », la dimension T définit elle les moyens d'y répondre (question « Comment ? ») alors que la dimension P (question « Pourquoi ? ») vise à orienter à la fois les choix des objectifs et des moyens relativement aux notions de valeur et de coût. Pour chacune de ces dimensions sont proposés des éléments méthodologiques permettant d'avoir encore davantage prise sur ce raisonnement exploratoire, que ce soit pour l'exploration, la caractérisation ou l'expansion.

Cette modélisation du raisonnement de conception exploratoire intégrant deux types de propriétés distinctes, le modèle « multi-questions » PST et l'ensemble des éléments méthodologiques proposés constituent l'apport structurant de nos travaux. Ainsi, grâce à nos contributions, nous pensons qu'il est possible de passer d'un raisonnement exploratoire basé sur une représentation d'un cheminement constaté *a posteriori* à un processus plus souhaitable pour l'innovation basé sur une exploration « opérationnelle » par l'instrumentation proposée.

La définition des actions à mener dans les différentes dimensions P, S et T a montré la sollicitation récurrente d'une activité qui semble essentielle et pourtant « mal définie » : celle de la modélisation. Après l'avoir définie comme la propension à se faire des représentations intelligibles d'un sujet dans un but donné, nous montrons qu'elle-même peut se représenter comme une coévolution entre les espaces de concepts (représentations intelligibles) et de connaissances. Cette « modélisation de la modélisation » semble à la base de la création de connaissances.

Lorsque les connaissances font défauts et ne permettent pas d'envisager une quelconque modélisation, nous avons vu la nécessité de se confronter au réel en vivant une expérience *in vivo*. Nous avons défini un cadre à ces expérimentations souvent utiles en innovation, les contextualisations, et montré toutes les spécificités de l'outil sur lequel elles s'appuient. La caractérisation de cet outil permettant aux acteurs de se l'approprier plus aisément.

Enfin, concernant cette activité de modélisation, nous avons mis en exergue son « indispensabilité » dans un projet de conception innovante, que ce soit pour la formulation de nouvelles intentions, au cours du raisonnement PST, au cœur des trois dimensions, mais plus largement pour l'innovation : Cet aspect de « moteur de l'innovation » a été notamment illustré par une relecture des travaux de Léonard De Vinci.

Forts de tous ces éléments caractérisant le raisonnement exploratoire de conception innovante, notamment basés sur notre modèle « multi-questions PST », nous nous sommes alors intéressés aux questions et moyens permettant de converger vers les phases de conception aval d'un objet que l'on veut innovant. Nous avons ainsi proposé un certain nombre d'outils afin d'exploiter et affiner les résultats d'un raisonnement PST pour obtenir un livrable de conception satisfaisant au mieux les indicateurs de résultat identifiés. Nous avons montré que si le raisonnement exploratoire PST permet de « déformer » la définition d'un objet en l'orientant vers les déclinaisons les plus prometteuses, son livrable ne prend pas pour autant la forme d'un système matérialisable physiquement dans ce sens que sa définition est incomplète, que les parties non impactées par la nouvelle intention initiale restent indéfinies.

Nos travaux se centrent alors sur la définition d'un deuxième raisonnement de conception basé sur une logique plus convergente et qui s'appuie sur une définition d'objectifs de conception à satisfaire, pour permettre aux acteurs d'aboutir à une innovation potentielle. Pour réaliser cette transition entre un livrable de raisonnement PST et la définition d'objectifs de la conception d'une innovation potentielle, nous avons proposé l'outil PILOT qui permet d'effectuer une comparaison des caractéristiques de l'objet déformé avec celles appartenant à un « cadre de référence », représentant la famille de produits la plus proche mais aussi la référence qu'ont les clients.

Cet outil donne prise sur la coévolution entre les objectifs ainsi définis et les alternatives de conception développées, coévolution qui s'effectue par séquences. Grâce à PILOT, au fur et à mesure que les nouvelles bases de connaissances relatives au tout nouvel objet s'acquièrent, il devient alors possible de consciemment et progressivement s'approcher du livrable souhaité.

Enfin, en ce qui concerne la reconstruction des connaissances relatives à une bonne conception, nous avons montré qu'elle peut s'effectuer via un processus de critérisation d'alternatives de conception et la confrontation de différents acteurs. Pour leur donner prise sur cette phase, nous avons défini des outils de comparaison permettant donc d'affiner les caractéristiques de solution.

Il convient maintenant de s'intéresser aux limites et perspectives de nos travaux. Une limite pouvant intrinsèquement apparaître comme une perspective de future recherche, nous les abordons conjointement.

LIMITES & PERSPECTIVES

Notre apport peut être vu comme un pas vers une rationalisation et une opérationnalisation accrue de la conception innovante. Si nous avons défriché quelques pistes méthodologiques, il n'en demeure pas moins que dans le but d'une appropriation effective des acteurs de l'innovation, il faut développer plus précisément les éléments méthodologiques présentés jusqu'à peut être en formaliser certains sous forme d'outils pratiques.

Pour ce faire, il nous semble que mener une expérimentation basée sur l'étude et l'analyse de cas industriels, instrumentés par nos apports, et cela en suivant le projet des premières intentions jusqu'à son industrialisation et même sa commercialisation, s'avère indispensable pour poursuivre nos contributions. En effet, même si nos travaux s'appuient sur diverses expériences industrielles et sur le suivi de projets innovants, soit sur la prise en compte de nombreux cas que l'on a recoupé, il n'en demeure pas moins qu'ils proposent une nouvelle représentation et instrumentation du projet de conception en innovation qui doivent être davantage légitimées et testées en continue au cœur de l'entreprise. Par ailleurs, nous pointons ici sur une des limites de notre contribution concernant le manque de génération d'indicateurs qui permettraient de mesurer les apports de notre démarche en terrain industriel ou qui permettrait de définir le protocole d'une telle expérimentation.

Dans cette même optique de mise en œuvre de nos propositions sur la conception innovante, deux perspectives nous apparaissent comme prioritaires dans le but de soutenir les démarches d'innovation des industriels : l'organisation à mettre en place visant à soutenir le processus proposé et le potentiel intérêt à développer un outil logiciel de l'innovation.

Si les éléments méthodologiques proposés permettent à chaque acteur de prendre prise, de multiples interrogations se posent : d'abord quels sont les acteurs ? vis-à-vis des services existants classiquement dans une entreprise et plus largement quelles connexions avec ces services ? Faut-il comme le propose Le Masson [Le Masson, 2001b] définir une nouvelle fonction I s'insérant au cœur de la R&D pour former la RID ? Les nombreuses connexions définies avec les autres fonctions R et D et le mode de gestion de la fonction I (rente d'apprentissage, généalogie de produits, hybridation des bases de connaissances) nous semblent prometteuses.

Ensuite, plus proche de la pratique des démarches proposées, se pose la question de leur management : comment les manager ? Avec des équipes en concurrence ? La gestion du temps semble aussi une question cruciale. Les aspects de décision stratégique des projets aussi. Ainsi, quand stoppe-t-on un raisonnement ? Il semble là qu'il faille redéfinir, de manière pragmatique, les modes de gestion d'un projet (GO / NO-GO) dans le cadre spécifique de l'innovation.

Toutes ces questions fournissent un terreau conséquent de points à éclaircir lorsque l'on envisage l'introduction d'un outil logiciel, celui-ci devant *a priori* être collaboratif... Ces questions influent indéniablement sur sa forme. Mais avant tout, concernant cette idée d'un outil logiciel, on peut légitimement s'interroger sur son intérêt. Il pourrait permettre certes au manager de suivre l'évolution de la conception innovante, servir de trace du cheminement de la conception, des connaissances mises en jeu, de média interactif aux interactions entre acteurs qui peuvent annoter, poser des questions ... comme en attestent les travaux de Legardeur sur la plateforme ID² [Legardeur, 2001].

Cependant, on peut tout de même s'interroger si la forme d'un logiciel ne peut pas freiner les ardeurs d'innovation, les interactions naturelles des acteurs. L'expérience de macro logiciel sur la capitalisation de connaissances dans les projets de conception (projet RNTL IPPOP [Roucoules et Merlo, 2006]) nous a en effet montré que la retranscription de résultats était un frein majeur à l'utilisation d'un logiciel même si, nous pouvons noter l'avènement des tables interactives « *multiTouch* » ou de tableaux interactifs qui semblent pouvoir permettre de reconsidérer ces observations. Enfin, pour ce qui est de la construction d'une arborescence, la souplesse d'outils type *Mind Map* ou Carte Heuristique nous semble être une opportunité.

Enfin, en ce qui concerne notre développement sur la modélisation, en vue d'une pratique plus aisée, il nous faut préciser qu'il résulte en fait d'une introspection de nos expériences de projets innovants, d'observations de certaines pratiques (notamment l'œuvre de De Vinci) et de la littérature sur les épistémologies, la gestion de connaissances et la conception. Cependant, l'idée de se faire des représentations invite à confronter notre proposition de modèle de la modélisation vis-à-vis d'autres champs de recherche, notamment celui sur les processus cognitifs.

Au-delà de ces perspectives de mise en œuvre des éléments méthodologiques présentés, il nous semble que notre travail suscite un champ de questionnement de perspectives à plus long terme, toujours dans l'optique de favoriser les processus d'innovation. Nous nous proposons là de développer quelques unes de ces pistes de réflexion visant notamment à améliorer la proposition de valeur.

Le raisonnement PST permet à partir de l'énoncé d'une nouvelle proposition inédite d'obtenir la définition d'un nouvel objet avec une identité forte marquée par la satisfaction d'une ou plusieurs SU+ ou SF+ plus ou moins originales, en lien avec la nouvelle intention initiale. La proposition de valeur est à ce stade déjà forte dans ce sens que les prestations offertes par le système de conception imaginé ne trouvent pas d'équivalence chez les concurrents, tout du moins sur certains points. N'est-il néanmoins pas possible d'accroître la valeur d'usage de la proposition inédite imaginée ?

Premièrement, nous pouvons remarquer que si le livrable du processus exploratoire de la conception en innovation permet de satisfaire des besoins encore inassouvis, il n'est certainement pas irréprochable et fait apparaître des situations contraignantes (SU σ ou SF σ) que nous pouvons considérer comme autant de barrières à l'usage, mais aussi comme autant d'opportunités d'améliorer la valeur d'usage de la proposition. Ces situations contraignantes sont par exemple la nécessité de recharger la source d'énergie, l'entretien de l'objet, son transport sur le lieu d'utilisation ... Face à un produit innovant, les barrières à l'usage les plus prégnantes sont celles auxquelles l'utilisateur n'est pas confrontées habituellement¹¹¹ :

Ainsi dans ce but de maximiser la valeur d'usage de la proposition inédite, nous pensons qu'il est important de penser de manière dynamique à la conception de produits annexes et également de services visant à corriger une ou plusieurs des barrières à l'usage. En considérant d'autres systèmes, sous la forme d'un produit ou d'un service, on ne surcharge

¹¹¹ La nature spécifique des musiques constituant la bibliothèque de l'iPod, des fichiers numériques (au bon format), en est un exemple. Après s'être attaché à en faire le « meilleur » lecteur musical numérique, aussi bien sur le fond (capacité de mémoire, qualité sonore, légèreté, encombrement ...) que sur la forme (rapidité et efficacité de la navigation, ergonomie des commandes, bouton sensible, design ...), Apple a accompagné dans son offre de l'iPod par la mise à disposition du logiciel iTunes, (permettant notamment de créer des fichiers de musique au format numérique à partir de CD et de gérer des « *playlists* » de ces fichiers), mais aussi d'un « magasin » de musique en ligne sur Internet (iTunes store) permettant d'acheter directement de musique au bon format, sous forme de fichiers numériques, par chanson ou par album. C'est un exemple illustrant la prise en compte et du traitement d'une barrière d'accès à l'usage relative à une spécificité du nouvel objet (relative au format de la musique numérique) par la conception de systèmes annexes (iTunes et iTunes store) pour rendre « facile » des situations d'usage contraintes par l'objet inédit (numérisation de CD, achat de musique directement au bon format). Nous pensons que ces deux dispositifs annexes ont contribué dans une grande part, par la touche de convivialité et de simplicité qu'ils apportent vis-à-vis des usages autour de la musique numérique, à la décomplexifier aux yeux des consommateurs et donc *in fine* à la démocratiser.

pas les spécifications de l'objet « principal » érigées dans PILOT, tout en contribuant à améliorer la valeur de la nouvelle proposition.

Deuxièmement, les consommateurs éprouvent des besoins autrement plus vastes que les simples besoins fonctionnels, et le succès d'un produit dépend de la prise en compte de l'ensemble des besoins des individus, des plus rationnels aux plus affectifs. Certains auteurs pensent d'ailleurs que « *le consommateur affectionne d'abord ce qui attire son attention, ensuite ce qui lui paraît essentiel* » [Pinheiro, 1995] [Hetzel, 2002]¹¹². La prise en compte des besoins anthro-po-centrés sous-tend en fait d'éliminer des désagréments physiologiques et cognitifs et de viser à ce que l'interaction entre l'utilisateur et le produit soit une source de plaisir. Notons que nous nous situons là dans une relation que nous avons pu caractérisée de type D to U.

En effet, si dans un projet de conception routinier, l'identité du système de conception est figée *ex ante*, que le consommateur a une idée précise de ce qu'il peut en attendre en termes de prestations et des usages qu'il peut en faire, et que donc la « communication » de l'objet peut se limiter à la prise en compte des préférences du consommateur, nous comprenons qu'en innovation la démarche doit être tout autre. En effet, parce que le recouvrement de SU+ inédites ou pleinement satisfaites confère au nouvel objet une identité novatrice, décalée et forte, le challenge consiste à rendre visible, à mettre en valeur et à rendre enthousiasmant les nouvelles possibilités, les nouveaux avantages, les nouveaux usages, la nouvelle identité ou le plus différenciateur tout en créant selon nous les conditions pour que l'utilisateur soit immergé dans une véritable expérience d'usage, inédite.

Cette notion d'expérience, considérée comme « *centrale à la vie du consommateur actuel en quête de sens* » [Vézina, 1999], est en effet l'un des axes forts de la littérature en marketing. Une bonne expérience correspond à « *une pratique plus intense, plus construite et façonnée* » [Abraham, 1986] que les « expériences ordinaires » relatives au vécu routinier de la vie quotidienne, qui se veut « *inoubliable* » [Pine et Gilmore, 1998], en permettant au consommateur de « *mettre en jeu tous ses sens* » [Schmitt, 1999].

Si l'on associe à ces situations d'usage inédites des attributs affectifs communiquant un message fort et valorisant tout en transmettant de plaisantes « vibrations », il est possible de provoquer une réaction affective qui transcende le sens de la consommation du système inédit conçu, parce qu'il permet de satisfaire pleinement, à la fois émotionnellement et rationnellement (besoins utilitaires et affectifs), des « tranches de vie ». En d'autres termes, à satisfaire des situations d'usage inédites, autant que la communication associée à ces produits et services innovants soient significatives, inoubliables voire créatives, en utilisant toutes les dimensions de l'être humain, pour susciter son adhésion : si pour un téléphone mobile classique, on se préoccupait par exemple de dessiner les touches en fonction des préférences des utilisateurs, pour les téléphones tactiles, la problématique a consisté à faire comprendre que l'objet était différent d'une part (aucune touche apparente), et d'autre part à rendre attrayante, enthousiasmante, cette différence (style épuré, granulosité de l'écran tactile).

Troisièmement, parce que le but d'une entreprise qui innove est de faire du profit, une fois que les pistes pour accroître la valeur d'usage de la proposition ont été considérées, se pose alors la question du modèle économique qui permet cette rétribution, et derrière le choix de

¹¹² Selon Hetzel [Hetzel, 2002], dans notre société « hyper-moderne », nous sommes même entrés dans une ère de consommation affective : nous sommes passés d'une logique de besoin dans notre rapport à la consommation, à une logique de séduction, de désir, donc d'un rapport rationnel au produit à un rapport émotionnel, affectif. Cela se caractérise par exemple par la perception subjective du produit ainsi que les valeurs qu'il véhicule qui prennent le pas sur les attributs utilitaires du produit.

clients et de l'architecture du *business model* envisagée se cache plus précisément l'idée de « *how make much money !* » [Jouison, 2005]. Parce que le livrable d'un raisonnement PST est dotée d'une identité et d'atouts forts, il invite précisément à ce que l'on exploite stratégiquement sa valeur, en termes de revenus.

En répertoriant les clients « cibles » et tous les clients « environnants » concernés tôt ou tard par la nouvelle proposition de valeur et son éventuel « panel » de systèmes annexes, il est possible d'envisager plusieurs conceptions de *business model* à travers l'étude des informations collectées par notre proposition de démarche PST. Ensuite, on peut alors chercher à maximiser stratégiquement les revenus, en identifiant sur une période les transactions sur lesquelles on se rémunère et celles pour lesquelles il est judicieux de réduire la marge (voire la gratuité¹¹³), ou même considérer des partenariats pour favoriser la diffusion et la pérennité sur le marché du système.

Nous venons de voir qu'au sortir d'un raisonnement PST, on peut d'abord améliorer la valeur d'usage de la proposition novatrice, vis-à-vis de l'utilisateur, en considérant l'adjonction de systèmes de conception annexes, pour annihiler ou tout du moins limiter ses points faibles, mais aussi en prenant en compte les besoins anthropo-centrés dans la conception de l'objet, et qu'ensuite, en anticipant la relation commerciale, vis-à-vis du client cible, sur une période et en prenant en compte les relations commerciales annexes avec les différents clients, il est possible d'ajuster la proposition de valeur de manière à ce qu'elle devienne « irrésistible ».

Il nous semble important d'aborder tous ces aspects de manière couplée¹¹⁴ car ils peuvent influencer sur la définition des spécifications de conception.

Plus globalement, dans l'optique de concevoir une « réelle » innovation, se traduisant par une large diffusion mais aussi par une rémunération satisfaisante de l'entreprise génitrice, rien n'est anodin et il semble nécessaire d'anticiper à la fois la conception d'un grand nombre d'attributs de manière globale et l'élaboration de stratégies, notamment de diffusion et de revenus. En innovation, puisque tout ce qui était acquis ne l'est plus forcément (du fait de la traduction d'une nouvelle intention en un livrable à l'identité novatrice), tout est lié et surtout l'approche doit être pragmatique, l'application « mécanique » de modèles existants ayant toutes les chances d'annihiler des opportunités offertes par l'identité inédite de la nouvelle proposition de valeur.

Au travers de ces perspectives relatives à l'expansion de la proposition de valeur et à son cheminement vers une commercialisation, nous voyons que la définition d'un livrable de conception innovante amène à considérer l'existence de services autour du nouvel objet. Ce

¹¹³ Par exemple dans le cas de l'iPod d'Apple, alors que l'entreprise fournit un baladeur numérique, un logiciel de lecture musicale et propose des supports sonores sous format numérique, il s'avère que ses revenus se concentrent sur des points très précis de son offre et au travers d'une approche globale de son commerce : Apple fait la grande part de son bénéfice sur la vente des baladeurs numériques, un peu sur la vente d'accessoires mais quasiment pas lorsqu'ils vendent une chanson et même pas du tout pour un film et pour le logiciel iTunes, à cause respectivement des droits d'auteurs et de *codecs*. Ce qui est à noter est que les bénéfices relatifs à la vente d'accessoires sont eux en grande part liés à la cession de licences sur l'usage du logo Apple, de l'interface iPod et la possibilité que les accessoires soient commercialisés dans les boutiques officielles Apple. Après analyse du champ des clients concernés par leur proposition de valeur, nous remarquons que l'entreprise a délibérément choisi certaines cibles de clientèle et formes de rétribution de manière à obtenir, globalement, des revenus maximums : nous pensons que c'est en ne se rétribuant pas sur tous les aspects de leur offre qu'Apple a créé les conditions pour lancer la dynamique des ventes sur un produit pourtant très novateur du point de vue des usages.

¹¹⁴ Ainsi par exemple, dans l'offre globale « iPod », nous comprenons que les trois entités iPod-iTunes-iTunes Store n'ont pu être conçues indépendamment les unes des autres.

constat met en lumière le fait que nos travaux s'inscrivent uniquement dans le cadre de la conception de produits. Or nous avons vu que l'idée d'innovation pouvait être associée à bien d'autres entités (processus, organisation, service, *business model*, démarche marketing ...).

Si on s'intéresse à ce que peut vendre une entreprise, il existe alors tout un champ que nous n'avons pas étudié de manière spécifique, celui de la conception de services. Or, pour faire face aux nouveaux défis, notamment ceux posés par le développement durable, de plus en plus, la conception de produits amène à considérer celle de services et inversement, comme en atteste le courant de la littérature des « Systèmes Produits-Services » (SPS) [Maussang, 2008]. Parce que nous avons envisagé uniquement la conception de services consécutivement à l'obtention du livrable d'un raisonnement PST, il semble là exister de nouvelles opportunités.

En se rétribuant sur davantage de services, en proposant l'usage de produits via un service, on s'aperçoit que c'est la notion de propriété d'un produit qui est en jeu, que la transaction avec un client ne signifie pas forcément une cession matérielle. Mais si le client achète du service et non plus la propriété d'un bien, celle-ci revient à l'entreprise. En demeurant propriétaire des objets qu'elle conçoit, cette entreprise bénéficie à la fin de la vie du produit de la valeur de ce dernier. Au-delà de son attitude responsable ou non vis-à-vis du recyclage, il semble qu'elle ait un vif intérêt à reconsidérer finalement le cycle de vie de ses produits et dès lors la manière de les concevoir.

En effet, au regard des enjeux écologiques à l'échelle planétaire, il semble que cette approche SPS pourrait aussi amener à reconsidérer un cycle de vie de produits/services plus long et plus complexe incorporant notamment plusieurs phases de conception et d'usages caractérisées par le recyclage (revalorisation et réutilisation) permettant à une entreprise de se rétribuer plusieurs fois à partir de la même « matière » mais réagencée et « remanufacturée » sous différentes formes, pour différents clients. Si cette perspective semble séduisante car l'utilisateur bénéficierait de produits et de services éco-innovants, le processus de conception à mettre en place semble lui bien plus complexe : il sous-entend notamment de considérer un certain nombre de problématiques locales et globales et posent ainsi la question de l'hybridation de notre démarche avec les outils et méthodes de mesure des impacts environnementaux.

Au final, au-delà d'une compréhension accrue du « phénomène innovation », nos travaux sur les prises méthodologiques nécessitent certes des approfondissements pour être réellement appropriées par les industriels, mais elles apparaissent selon nous comme la promesse d'un futur où les entreprises pourront innover de manière plus efficiente et plus consciente des enjeux de l'innovation responsable.

Fin.

B

BIBLIOGRAPHIE

- [**Abernathy et Utterback, 1978**] Abernathy W., Utterback J., *Patterns of Industrial Innovation*, Technology Review, 2, pp. 40-47, 1978.
- [**Abraham, 1986**] Abraham R.D., *Ordinary and Extraordinary Experience*, in Tuner V.W., Bruner E.M., eds., *The Anthropology of Experience*, Urbana, University of Illinois Press, 1986.
- [**Adler et al., 1999**] Adler P.S., Goldoftas B., Levine D.I., *Flexibility versus efficiency? A case study of model changeovers in the Toyota production system*, *Organizational Science*, 10, 1999.
- [**AFAV, 1998**] Association Française d'Analyse de la Valeur, *Exprimer le besoin, Contributions de la démarche fonctionnelle*, Paris : AFNOR Ed., ISBN 2-12-476921-9, 1998.
- [**AFNOR, 1988**] AFNOR, *Recommandations pour obtenir et assurer la qualité en conception*, norme X50-127, Paris, AFNOR, 1988.
- [**Agriculture.gouv, 2006**] www.panoramaiaa.agriculture.gouv.fr, *Dossier Panorama des Industries Agro-alimentaires Edition 2006*, Ministère de l'alimentation, de l'agriculture et de la pêche, 2006.
- [**Akrich et al., 1988**] Akrich, M., Callon, M., and Latour, B. (1988). *A quoi tient le succès des innovations, premier épisode : l'art de l'intéressement, deuxième épisode : l'art de choisir les bons porte-parole*, Gérer et Comprendre, Annales des Mines, juin et septembre 1988.
- [**Alberti, 2001**] Alberti P., *Entretien sur la créativité et l'innovation dans l'industrie*, UTC, 2001.
- [**Alter, 1995**] Alter, N., *Peut-on programmer l'innovation ?*, *Revue Française de Gestion*, n°103, Mars-Avril-Mai, pp. 78-86, 1995.
- [**Altshuller, 1988**] Altshuller G., *Creativity as an exact science*, Gordon & Breach, New York, 1988.
- [**Altshuller, 1999**] Altshuller G., *TRIZ The innovation algorithm ; systematic innovation and technical creativity*, Traduit par Lev Shulyak et Steven Rodman, Technical Innovation Center Inc., Worcester, MA, 1999.
- [**Amabile, 1996**] Amabile T.M., *Creativity in context*, Westview Press, Harvard, 1996.
- [**Ancona et Caldwell, 1990**] Ancona D.G., Caldwell D., *Beyond boundary spanning : managing external dependence in product development teams*, *The Journal of High Technology Management Research*, 1990.
- [**Aoki et Rosenberg, 1987**] Aoki M., Rosenberg N., *La firme japonaise comme institution innovante*, Round Table Institution in New Democracy Society, Search for New Frontier, Tokyo, Faculty of Economics, 1987.
- [**Aoussat, 1990**] Aoussat A., *La pertinence en innovation : nécessité d'une approche plurielle*, Thèse de Doctorat, ENSAM Paris, 1990.
- [**Aoussat et al., 2000**] Aoussat A., Christophol H., Le Coq M., *The new product design – A Transverse Approach*, *Journal of Engineering Design*, 11, 2000.
- [**Apple, 2004**] *Intervention de François Rondeau*, Directeur du Marketing Produits - Apple France, Conférence Meilleures pratiques en Marketing des Innovations, ESCP EAP, Paris, 2004.

- [Avenier, 2005] Avenier M.J., *Elaborer des Savoirs actionnables à partir de récits de pratiques c'est transformer de l'expérience en science avec conscience*, 2005.
- [Barbier, 2004] Barbier J.Y., *Situations de gestion, formes de complexité et explicitabilité des connaissances tacites*. Les dimensions de la connaissance tacite, 2004.
- [Barreyre, 1981] Barreyre P.Y., « *Typologie des innovations* », *Revue française de gestion*, janvier/février, pp. 9-15, 1981.
- [Basalla, 1988] Basalla G., *The Evolution of Technology*, Cambridge University Press, 1988.
- [Bascoul, 2005] Bascoul C., *L'esquisse virtuelle en conception mécanique*, 9^{ème} colloque National AIP PRIMECA, Avril 2005.
- [Bellon, 1994] Bellon B., *Innover ou disparaître*, Paris, Economica, 1994.
- [Bocquet, 2002] Bocquet J.C., *Maîtrise des processus et organisation*, Centrale Paris, *Revue des Arts et Métiers*, 2002.
- [Boly, 2004] Boly V., *Ingénierie de l'Innovation. Organisation et méthodologies des entreprises innovantes*, Hermès, Lavoisier Ed., 2004.
- [Bonnaure et Barre, 1995] Bonnaure P., Barre R., *Politique scientifique et technologique*, *Futuribles*, n°204, 1995.
- [Bonnaure, 1997] Bonnaure P., *Les politiques d'innovation*, *Revue Futuribles* n°225, 1997.
- [Boujut et Jeantet, 1998] Boujut J.F., Jeantet A., *Les entités de la coopération dans les nouvelles organisations de la conception*, *Revue Performances Humaines et Techniques*, Octares, N° 96, pp 38-44, Septembre Octobre 1998.
- [Boujut et al., 2000] Boujut J.F., Cavaille J.B., Jeantet A., *Instrumentation de la coopération*, *Prospers*, Journées de Toulouse, 7-8 juin 2000.
- [Bowen et al., 1994] Bowen H.K., Clark K.B., Hollowy C.A., *Regaining The Lead In Manufacturing*, *Harvard Business Review*, sept-oct 1994.
- [Burns et Stalker, 1961] Burns T., Stalker G.M., *The Management of Innovation*, Social Science Paperback, Tavistock Publications Limited, Londres, 1961.
- [Bush, 1945] Bush V., *Science: the Endless Frontier : A Report to the President on a Program for Postwar Scientific Research*, National Science Fondation, Washington, 1945.
- [Caelen et al., 2004] Caelen J., Darses F., Laurencin J.P., Mallein P., Michel B., Perrin J., Ruffieux B., Scardigli V., *Le consommateur au cœur de l'innovation*, CNRS Sociologie, CNRS Ed., 2004.
- [Callon et Latour, 1985] Callon M., Latour B., *Les paradoxes de la modernité : comment concevoir les innovations*, *Prospective et Santé*, 1985.
- [Callon, 1986] Callon M., *Eléments pour une sociologie de la traduction : la domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc*, *L'année sociologique*, pp. 169-207, Presses universitaires de France, 1986.
- [Callon, 1991] Callon M., *La science et ses réseaux. Genèse et circulation des faits scientifiques*, Paris, La Découverte, 1991.
- [Carrier, 2000] Carrier C., *L'Intrapreneuriat - À la recherche de complices innovants et entrepreneurs*, dans T. Verstraete (dir.) *Histoire d'entreprendre - Les réalités de l'entrepreneuriat*, Caen, Éditions EMS, 2000.
- [Caumeil, 1999] Caumeil J.G., *L'innovation en formation : de la définition à l'action*, Mission « Innovation et Recherche », INRP, 1999.

- [Choulier, 2000a] Choulier D., *TRIZ : un état d'esprit*, Rapport interne n°04, Mécatronique 3M, Thématique Conception Innovante et Distribuée, Université de Technologie de Belfort-Montbéliard, 2000.
- [Choulier, 2000b] Choulier D., *Synthèse sur les lois d'évolution*, Rapport interne n°05, Mécatronique 3M, Thématique Conception Innovante et Distribuée, Université de technologie de Belfort-Montbéliard, 2000.
- [Choulier et Draghici, 2000] Choulier D., Draghici G., *TRIZ : une approche de résolutions des problèmes d'innovation dans la conception de produits*, Modélisation de la connaissance pour la conception et la fabrication intégrées, Université d'automne, Timisoara, octobre, 2000.
- [Choulier, 2008] Choulier D., *Comprendre l'activité de conception*, Université de technologie de Belfort-Montbéliard, ISBN 978-2-914279-41-3, 2008.
- [Ciavaldini, 1996] Ciavaldini B., *Des projets à l'avant projet : l'incessante quête de réactivité, analyse du processus de rationalisation de la conception automobile liée à l'évolution du produit en termes de complexité et d'innovation au sein du Groupe PSA Peugeot Citroën*, Ecole des Mines, Paris, 1996.
- [Ciavaldini, 1998] Ciavaldini B., *Intégration généralisée : les évolutions d'organisation au sein du Groupe PSA Peugeot Citroën*, La politique du produit, Paris, 1998.
- [Clark et Fujimoto, 1991] Clark K.B., Fujimoto T., *Product Development Performance. Strategy, Organization and Management in the World Auto Industry*, Harvard Business School Press, Boston, MA, 1991.
- [Clark et Wheelwright, 1993] Clark K.B., Wheelwright S.C., *Managing New Product and Process Development: Text and Cases*, The Free Press, 1993.
- [Coineau et Kresling, 1995] Coineau Y., Kresling B., *Bionique et design : témoignage de l'évolution de cette approche*, Design Recherche, n°7, juin 1995.
- [Comar, 1993] Comar P., *Les Images du corps*, Gallimard, 1993.
- [Cooper, 1980] Cooper, R.G., *Project NewProd: Factors in new product success*, European Journal of Marketing, 14(5/6), 1980.
- [Cooper, 1983] Cooper, R.G., *New products do succeed*, Research management, 26, 1983.
- [Cooper, 1994] Cooper R.G., *Third Generation new Product Processes*, Journal of Product Innovation Management, 11, 1994.
- [Cros et Adamczewski, 1996] Cros F., Adamczewski G., *L'innovation en éducation et en formation*, De Boeck Université, INRP, collection Pédagogies en développement, Bruxelles, Paris, 1996.
- [Cross, 1994] Cross N., *Engineering Design Methods. Strategies for Product Design*, Broché, 1994.
- [Cross, 2002] Cross N., *Cognition et création. Explorations cognitives des processus de conception*, MARDAGA, Chapitre N°1, ISBN 2-87009-803-0, 2002.
- [Cunha et al., 1999] Cunha, M.P., Cunha J.V., Kamoche K., *Organizational improvisation: What, when, how and why*, International Journal of Management Reviews, 1999.
- [Cunha et Gomes, 2003] Cunha, M.P., Gomes J.F.S., *Order and Disorder in Product Innovation Models*, Creativity and Innovation Management, Vol. 12, September 2003.
- [Darses, 1992] Darses F., *Mécanismes cognitifs de gestion de contraintes dans la résolution de problèmes de conception*, ERGO-IA'92, Biarritz, 1992.
- [Darses, 1997] Darses F., *L'ingénierie concourante : un modèle en adéquation avec le processus cognitifs de conception*, dans « Ingénierie concourante : de la technique au social », P. Bossard, C. Chanchevrièr, P. Leclair, Economica, Paris, 1997.
- [David et Foray, 1995] David P. A., Foray D., *Dépendance du sentier et économie de l'innovation : un rapide tour d'horizon*, Revue d'Economie Industrielle, Hors-série, 1995.

- [David, 2000] David A., *La recherche-intervention, cadre général pour la recherche en management ?*, dans ouvrage collectif David A., Hatchuel A., Laufer R., Les nouvelles fondations des sciences de gestion. Éléments d'épistémologie pour les sciences du management, Editions Vuibert, Collection FNEGE, 2000.
- [De Brabandère, 2004] De Brabandère L., *Le management des idées, De la créativité à l'innovation*, Dunod, 2004.
- [De Certeau, 1990] De Certeau M., *L'invention du quotidien*, 1. Arts de Faire, Gallimard, 1990.
- [Degrange, 2000] Degrange M., *Théorie, technique et pratique de la créativité*, ENSAM, Paris, 2000.
- [Degrange, 2002] Degrange M., *Psychanalyse et créativité*, ENSAM, Paris, ISBN : 2-900781-49-3, 2002.
- [Demory, 1990] Demory B., *Créativité ? Créativité... Créativité !*, Montréal, Éditions Agence D'ARC, et Paris, Les Presses du management, 1990.
- [Dertrouzos et al., 1990] Dertrouzos M., Lester M., Solow R., *Made in America*, Paris, Interéditions, 1990.
- [De Vinci, 1987] De Vinci L., *Traité de la peinture de Léonard de Vinci*, ISBN : 2701306752 Editeur : Berger Levrault Publication, 1987.
- [Dosi, 1988] Dosi G., *Sources, procedures, and Microeconomic Effects of Innovation*, Journal of Economic Literature, vol. XXVI, 1988.
- [Drucker, 1995] Drucker P., *Innovation and Entrepreneurship, Practice and Principles*, reprint 2002, Butterworth-Heinemann, Oxford, 1985.
- [Drucker, 1998] Drucker P. F., *The Discipline of Innovation*, Harvard Business Review, nov.-déc., pp. 149-157, 1998.
- [Durand, 1998] Durand R., *Théories évolutionnistes et management stratégique*, in Laroche H., Nioche J.-P. éd., *Repenser la stratégie : fondements et perspectives*, Paris, Vuibert [Entreprendre], 1998.
- [Eisenhardt et Tabrizi, 1995] Eisenhardt K.M., Tabrizi B.N., *Accelerating adaptive Processes: Product innovation in the global computer industry*, Administrative Science Quarterly, 40, 1995.
- [Evbuomwan et al., 1996] Evbuomwan N.F., Sivaloganathan S., Jebb J., *A Survey of Design Philosophies, Models, Methods and Systems*, Journal of Engineering Manufacture, vol. 210, 1996.
- [Fanchini, 1999] Fanchini H., *L'Analyse Ergonomique des Besoins (AEB)*, In : Colloque IC'99, Polytechnique, Massy Palaiseau, juin 1999.
- [Freeman et al., 1972] Freeman, C., Robertson, A.B., Achilladelis, B.G., Jervis, P., *Success and failure in industrial innovation*, Report on Project SAPPHO by the Science Policy Research Unit. London: Center for the Study of Industrial Innovation, University of Sussex, 1972.
- [Freeman, 1982] Freeman C., *The Economics of Industrial Innovation*, Londres, F. Pinter, 1982.
- [Gaillard, 1997] Gaillard J.M., *Marketing et Gestion de La Recherche et Développement*, Editeur : Economica - Collection : Recherche En Gestion, 1997.
- [Gartiser, 1999] Gartiser N., *Analyse contingente du processus d'innovation – Application aux établissements industriels de la région Alsace*, Thèse de doctorat ès Sciences de Gestion de l'Université Louis Pasteur Strasbourg 1, 1999.
- [Garvin, 1998] Garvin D.A., *The processes of Organization and Management*, Sloan Management Review, 1998.
- [Gérardin, 1968] Gérardin L., *La bionique*, Editions Hachette, Paris, 1968.
- [Gervais, 1995] Gervais M., 1995, *Stratégies de l'entreprise*, Economica, Paris, 1995.

- [Girin, 2000] Girin J., *Management et complexité : comment importer en gestion un concept polysémique ?*, pp.125-140 in David A., Hatchuel A. et Laufer R., *Les nouvelles fondations des sciences de gestion*, Vuibert, Paris, 2000.
- [Gomory, 1989] Gomory R., *From the Ladder of Science to the Product Development Cycle*, Harvard Business Review, nov.-dec, 1989.
- [Gordon, 1961] Gordon, W. J. J., *Syneretics: the development of creative capacity*. New York: Harper & Row, 1961.
- [Groff, 2004] Groff A., *Optimisation de l'innovation par l'élaboration d'un processus de créativité industrielle : cas de l'industrie automobile*, Thèse de Doctorat, ENSAM Paris, 2004.
- [Grossman et al., 1988] Grossman S., Rodgers B., Moore B., Innovation Inc. *Unlocking Creativity in the Workplace*, Woodware Publishing Inc, 1988.
- [Guilford, 1959] Guilford J.P., *Traits of Creativity, creativity and its Cultivation*, H. H. Anderson ed., Harper, 1959.
- [Haignéré, 2002] Haignéré C., *Discours lors de la remise du prix de l'innovation à l'institut Français du Pétrole*, Rueil-Malmaison, Décembre 2002.
- [Halman et al., 2001] Halman J.I.M., Keizer J.A., Song M., *Risk Factors in Product Innovation Projects*, Conference The Futur of Innovation Studies, Eindhoven University of technology, The Netherlands, September 2001.
- [Hatchuel, 1996a] Hatchuel A., *Coopération et conception collective. Variété et crises des rapports de prescription*, in : De Terssac G., Friedberg E., *Coopération et Conception*, Octares Edition, pp 101-121, 1996.
- [Hatchuel, 1996b] Hatchuel A., *Théories et modèles de la conception*, Cours d'ingénierie de la conception, Ecole des mines, Paris, 1996.
- [Hatchuel, 2002] Hatchuel A. *Towards Design Theory and expandable rationality: The unfinished program of Herbert Simon*, Journal of Management and Governance 5(3-4): 260-273, 2002.
- [Hatchuel et Weil, 1999] Hatchuel A., Weil B., *Design-Oriented Organisations, Towards a unified theory of design activities*, 6th international product development management conference, Churchill College, Cambridge, UK, 1999.
- [Hatchuel et Weil, 2002] Hatchuel A., Weil B., *La théorie C-K : Fondements et usages d'une théorie unifiée de la conception*, in : Conférence Plénière Invitée, Colloque « Science de la Conception », 15-16 mars, Lyon. 2002.
- [Hatchuel et Weil, 2003] Hatchuel A., Weil B., *A new approach of innovative design: an introduction to C-K theory*, ICED'03, Stockholm, Suède, August, 2003.
- [Hatchuel et al., 2004] Hatchuel A., Le Masson P., Weil B., *The Management of Science Based Products: Managing by Design Spaces*, 11th international product development management conference, 20-22 June, Dublin, Irlande, EIASM & School of Business studies, Trinity College, 2004.
- [Hatchuel et al., 2005] Hatchuel A., Le Masson P., Weil B., *Building Innovation Capabilities. The Development of Design-Oriented Organizations*, Innovation, Learning and Macro-institutional Change: Patterns of Knowledge Changes, J. T. Hage ed., 2005.
- [Hetzl, 2002] Hetzel P., *Planète Conso – Marketing expérientiel et nouveaux univers de consommation*, Editions d'Organisation, 2002.
- [Hopkins, 1981] Hopkins, D.S., *New-product winners and losers*. Research management, 24, (3), 1981.

- [**Horowitz, 2003**] Horowitz R., ASIT, *Méthode pour des solutions innovantes*, traduit par Jarry P., Solidcreativity, 2003.
- [**Iansiti, 1995**] Iansiti M., *Shooting the rapids: Managing Product development in turbulent environments*, California Management Review, 1995.
- [**Iansiti et MacCormack, 1997**] Iansiti M., MacCormack A., *Developing Products on Internet Time*, Harvard Business Review, September-October, 1997.
- [**Inkpen et Dinur, 1998**] Inkpen A.C., Dinur A., *Knowledge Management Processes and International Joint Ventures*, Organization Science, 9 (4), pp. 454-468, 1998.
- [**Insee, 2006**] INSEE, *Dossier INSEE : Innovation et niveau technologique des entreprises industrielles françaises*, 2006.
- [**Ipsos, 2006**] IPSOS, *Dossier sur les facteurs d'une innovation forte*, Juin 2006.
- [**Israel, 1996**] Israel P., *Du télégraphe à l'ampoule : la puissance de l'analogie*, Les Cahiers de Sciences et vie n°32, Avril, 1996.
- [**Jakobiak, 2005**] Jakobiak F., *De l'idée au produit, Veille, recherche et développement marché*, Editions d'Organisations, 2005.
- [**Jaoui, 2003**] Jaoui H., *La créativité, mode d'emploi*, Editions Eyrolles, 2003.
- [**Jassahalla et Sashittal, 2000**] Jassahalla A.R., Sashittal H.C., *Cross-functional dynamics in new product development*, Research and Technology Management, 2000.
- [**Jeantet et Tichkiewitch, 1995**] Jeantet A., Tichkiewitch S., *Les objets intermédiaires de la conception, modélisation et coordination*, in Caelen J., Zreik K., *Communicationnel pour concevoir*, Paris, Europa Productions, 1995.
- [**Jeantet, 1998**] Jeantet A., *Les objets Intermédiaires dans la conception*. Eléments pour une sociologie des processus de conception, Sociologie du travail, pp 291-316, 1998.
- [**Jeantet et Boujut, 1998**] Jeantet A., Boujut J.-F., *Approche socio-technique de la conception*, in : Conception de Produits Mécaniques : méthodes et outils, Tollenare Michel, Hermès, 1998.
- [**Jouison, 2005**] Jouison E., *Délimitation théorique du Business Model*, AIMS 05, Angers, 2005.
- [**Joulin, 2002**] Joulin N., *Les coulisses des nouveaux produits - Innover en s'inspirant de la grande consommation*, Editions d'Organisation, 2002.
- [**Kamoche et Cunha, 2001**] Kamoche K., Cunha M.P., *Minimal Structures : from Jazz Improvisation to Product Innovation*, Organization Studies, 22, 2001.
- [**Kano et al. 1984**] Kano N., Seraku N., Takahashi F. et Tsuji S., *Attractive quality and must-be quality*, Hinshitsu. The Journal of the Japanese Society for Quality Control, April, pp. 39-48, 1984.
- [**Kelly et Kranzberg, 1978**] Kelly P., Kranzberg M., *Technological Innovation: A Critical Review of Current Knowledge*, San Francisco Press, 1978.
- [**Kleinschmidt et Cooper, 1995**] Kleinschmidt E.J., Cooper R.G. *The relative importance of new product success determinants: Perception versus reality*. R&D Management, 25, 1995.
- [**Kline et Rosenberg, 1986**] Kline S., Rosenberg N., *An Overview of Innovation*, The Positive Sum Strategy, R. Landrau et N. Rosenberg eds., National Academy Press, Washington, 1986.
- [**Knight, 1967**] Knight K., *A descriptive model of the intra-firm innovation process*, Journal of Business, octobre, 1967.
- [**Koestler, 1965**] Koestler A., *Le cri d'Archimède*, Calman-Lévy, 1965.

- [Kolb, 1984] Kolb, D. A., *Experiential Learning*, Englewood Cliffs, NJ.: Prentice Hall. 256 pages, 1984.
- [Korzybski, 1998] Korzybski A., *Une carte n'est pas le territoire*, ISBN 2841620298, Eclat, 1998.
- [Labadié, 1931] Labadié J., *La logique dans l'invention*, Sciences et Vie, n°174, Déc 1931. (cité dans [Perrin, 2001])
- [Le Bon, 1985] Le Bon G., *Psychologie des foules*, P.U.F, 1985.
- [Legardeur, 2001] Legardeur J., *Méthodes et Outils pour l'innovation produit/process : Le cas de l'intégration des matériaux composites SMC*, Thèse de Doctorat INP Grenoble, 2001.
- [Le Masson et Weil, 1999] Le Masson P., Weil B., *Nature de l'innovation et pilotage de la recherche industrielle : Le centre de recherche de Sekurit Saint-Gobain*, Cahiers de recherche – École des Mines de Paris, Centre de Gestion Scientifique, 1999.
- [Le Masson, 2001a] Le Masson P., *La théorie unifiée de la conception : théorie C-K*, Cours Management de l'innovation et ingénierie de la conception, Ecole des Ponts et Chaussées, 2001.
- [Le Masson, 2001b] Le Masson P., *De la R&D à la RID : modélisation des fonctions de conception et nouvelles organisations de la R&D*, Thèse de Doctorat en Ingénierie et Gestion, Ecole des Mines, Paris, 2001.
- [Le Masson et al., 2006] Le Masson P., Weil B., Hatchuel A., *Les Processus d'innovation, conception innovante et croissance des entreprises*, Lavoisier, Paris, 2006.
- [Le Moigne, 1990] Le Moigne J.L., *La modélisation des systèmes complexes*, Éd. Dunod, 1990.
- [Le Moigne, 1994] Le Moigne J.L., *La théorie du système général. Théorie de la modélisation*, PUF, 1977. Rééditions de 1994.
- [Le Moigne, 1995] Le Moigne J.L., *Les épistémologies constructivistes*, PUF, Paris, 1995.
- [Le Moigne, 2003] Le Moigne J.L., *Le Constructivisme, t. 3 : Modéliser pour comprendre*, Ed L'Harmattan, 2003.
- [Le Moigne, 2005] Le Moigne J.L., *Transformer l'expérience humaine en science avec conscience*. Article SFA - Epistémologie sciences de gestion (Science Management Epistémologie), 2005.
- [Leonard-Barton, 1995] Leonard-Barton D., *Wellsprings of Knowledge*, Harvard Business School Press, Boston, Massachusetts, 1995.
- [Letze, 2002] Letze O., *Léonard de Vinci - L'inventeur*, Fondation Pierre Gianadda, 2002.
- [Levitt et March, 1988] Levitt B., March J.G., *Organizational Learning*. Annual Review of Sociology, 14, 1988.
- [Lissandre, 1990] Lissandre M., *Maîtriser SADT*, Armand Colin Editeur, 1990.
- [Lorino 1999] Lorino P. *Le sens giratoire et le chameau, Entre systémique et complexité, chemin faisant*, PUF, 1999, pp. 147-156. 1999.
- [Lutz et Cavallucci, 2000] Lutz P., Cavallucci D., *Vers un accroissement de l'efficacité en conception des systèmes mécaniques : cas de l'entreprise MGI Coutier*, 3e Conférence internationale sur la conception et la fabrication intégrée en mécanique IDMME'2000, Montréal, 2000.
- [Maclaurin, 1953] Maclaurin W.R., *The Sequence form Invention to Innovation and its relation to economics Growth*, Quaterly Journal of Economics, 1953.
- [Mackay, 2000] Mackay W., *Responding to cognitive overload: co-adaptation between users and technology*, Intellectica, Vol. 30 (1), 2000.

- [Maitre et Aladjidi, 1999] Maitre B., Aladjidi G., *Les business models de la nouvelle économie*, Editions Dunod, 1999.
- [Manzini, 1989] Manzini E., *La matière de l'invention*, Paris, Centre Georges-Pompidou, 1989.
- [March et Simon, 1991] March J. G., Simon H., *Les organisations, problèmes psychosociologiques*, Paris, Bordas, 1991.
- [Martin et al. 2000] Martin G., Détienne F., Lavigne E., *Confrontation de points de vue dans un processus d'ingénierie concurrente*, 3rd International Conference on Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering, (IDMME 2000), Montreal, May 16-19, 2000.
- [Maunoury, 1968] Maunoury J.L., *La Genèse des innovations*, Paris, PUF, 1968.
- [Maunoury, 1972] Maunoury J.L., *La Genèse des innovations*, Economie du Savoir, Paris, Armand Colin, 1972.
- [Maussang, 2008] Maussang N., *Méthodologie de conception pour les systèmes produits-services*, Thèse de Doctorat, INP Grenoble, 2008.
- [Ménard, 1985] Ménard C., *L'innovation : approche historique*, Economies et sociétés, série PE, n°4, 1985.
- [Micaëlli, 1998] Micaëlli J.P., *Approcher l'innovation : une méthode systématique*, rapport pour le CESR Rhône-Alpes, 1998.
- [Midler, 1993] Midler C., *L'auto qui n'existait pas, management des projets et transformation de l'entreprise*, InterEditions, Paris, 1993.
- [Midler, 2001] Midler C., *Compétition par l'innovation et dynamique des systèmes de conception dans les entreprises automobiles, le cas Renault*, CRG, Paris, 2001.
- [Midler, 2006] Midler C., *Entretien sur la compétition par l'innovation*, R&D La route de l'innovation n°40, Avril 2006.
- [Ministère de l'industrie, 1995] Ministère de l'industrie, *l'innovation technologique – Les chiffres clés*, 1995.
- [Mintzberg, 1982] Mintzberg H., *Structure et dynamique des organisations*, P. Romelaer (trad.), Editions d'Organisation, Paris, 1982.
- [Mintzberg, 1989] Mintzberg H., *Le management, voyage au centre des organisations*, Deuxième tirage 1999, Editions d'Organisation, 1989.
- [Moison et Weil, 1998] Moison J.-C., Weil B., *La capitalisation technique pour l'innovation : expériences dans la conception automobile*, La politique du produit, actes du colloque MENRT-Paris, Avril, 1998.
- [Morin, 1991] Morin E., *La Méthode (6 volumes), Les Idées (t. 4)*, Le Seuil, Paris, 1991.
- [Morin et al., 2000] Morin P., Sauvage D., Hatchuel A., *L'innovation intensive et rapide par la dynamique des équipes projet chez Alcatel Optronics*, Congrès francophone du management de projet AFITEP, Paris, 2000.
- [Mowery et Rosenberg, 1979] Mowery D., Rosenberg N., *The Influence of Market Demand Upon Innovation: A Critical Review of Some Recent Empirical Studies*, Research Policy, vol. 8, 1979.
- [Munoz, 2002] Munõz S., *Coordination, Intégration et Innovation dans le système de conception international de l'industrie des équipementiers automobiles : Le cas Valeo Thermique Moteur*, Thèse de Doctorat de l'INP Grenoble, 2002.
- [Myers et Marquis, 1969] Myers S., Marquis D.G., *Successful industrial innovation*, National Science Foundation, Washington, 1969.
- [Nakamura, 2001] Nakamura L. I., *Education and Training in an Era of Creative Destruction*, Federal reserve Bank of Philadelphia, W. P. n. 00-13R, Mars 2001.

- [Nelson et Winter, 1982] Nelson R. R., Winter S. G., *An evolutionary theory of economic change*, Cambridge, Massachusetts, The Belnap Press of Harvard University Press, 1982.
- [Ngassa et al. 2000] Ngassa A., Thouvenin E., Millet D., Truchot P., *Intégration de nouvelles ressources dans l'entreprise pour innover. Problématique de cette intégration. Application à la méthode TRIZ et à la veille technologique*, 3e Conférence internationale sur la conception et la fabrication intégrée en mécanique IDMME'2000, Montréal, 2000.
- [Ngassa et al. 2003] Ngassa A., Bigand M., Yim P., *A New Approach for the Generation of Innovative Concept for Product Design*, ICED 03 Stockholm, Août 2003.
- [Nonaka et Takeuchi, 1995] Nonaka I., Takeuchi H., *The Knowledge-Creating Company: How Japanese companies create the dynasties of innovation*, Oxford University Press, 1995.
- [Nuland, 2000] Nuland SB., *Leonardo Da Vinci*, Editeur : Weidenfeld & N., 2000.
- [Oakley, 1990] Oakley M., *Design Management*, Cambridge, Basil Blackwell, 1990.
- [OCDE, 1982] OCDE, *Innovation in Small and Medium Firms*, Paris, OCDE, 1982.
- [OCDE, 1994] OCDE, *The Measurement of Scientific and Technical Activities*, Paris, OCDE, 1994.
- [Osborn, 1988] Osborn A., *Créativité, l'imagination constructive*, Dunod, Paris, 1988.
- [Ozer, 1999] Ozer M., *A survey of a New product Evaluation Models*, The Journal of Product Innovation Management, Vol. 1, 1999.
- [Paguet, 2000] Paguet J.M., *L'innovation dans le secteur automobile*, GATE, Université Lyon2, CNRS, 2000.
- [Pahl et Beitz, 1977] Pahl G., Beitz W. *Konstruktionslehre* (traduction anglaise : 1984, titre anglais : engineering design, Arnold Pomerans, Ken Wallace, translator), Springer Verlag, 1977.
- [Perriault, 1989] Perriault J., *La logique de l'usage. Essais sur les machines à communiquer*. Flammarion, France, 1989.
- [Perrin et al., 1995] Perrin J., Villeval M.C., Lecler Y., *Les requis organisationnels et institutionnels pour développer la coopération au sein des activités de conception*, in Caelen J., Zreik K., Communicationnel pour concevoir, Paris, Europa Productions, 1995.
- [Perrin, 1999] Perrin J., *Pilotage et évaluation des processus de conception*, Ed. L'Harmattan, Paris, 1999.
- [Perrin, 2001] Perrin J., *Concevoir l'innovation industrielle : Méthodologie de conception de l'innovation*, CNRS Editions, ISBN : 2.271.05822.8, Paris, 2001.
- [Peters, 1998] Peters T., *L'innovation, un cercle vertueux*, Village mondial, Paris, 1998.
- [Pine et Gilmore, 1998] Pine J., Gilmore J., *Welcome to the experience economy*, Harvard Business Review, pp. 97-105, 1998.
- [Pinheiro 1995] Pinheiro V., *La qualité par le design*. Actes du Congrès International de Génie Industriel de Montréal, Québec, 1995.
- [Polanyi, 1966] Polanyi M., *The Tacit Dimension*, Routledge & Kegan Paul, Londres, 1966.
- [Porter 1986] Porter M., *L'avantage concurrentiel*, InterEditions, Paris, 1986.
- [Prince, 1970] Prince G.M., *The practice of creativity: a manual for Dynamic Group Problem solving*, New York, Harper and Row, 1970.
- [Quinn, 1985] Quinn, J.B. *Managing innovation: controlled chaos*. Harvard Business Review 63(3), pp. 73-84, 1985.

- [Quinn, 1988] Quinn J.B., *Innovation and Corporate Strategy*, Reading in the Management of Innovation, Harper Business, 1988.
- [Robert et Devaux, 1996] Robert M., Devaux M., *Stratégie pour innover, Adopter un processus systématique de création et d'innovation de produits*, Dunod, 1996.
- [Rodenacker, 1970] Rodenacker W.G., *Methodisches Konstruieren*, Berlin, Springer-Verlag, 1970.
- [Roozenburg et Eekels, 1995] Roozenburg, N.F.M., Eekels, J., *Product Design, Fundamentals and Methods*, John Wiley & Sons, Chichester, UK, 1995.
- [Rosier, 2005] Rosier R., *séminaire COCONUTS*, Grenoble, Avril, 2005.
- [Rosheim, 2006] Rosheim M.E., *Leonardo's Lost Robots*, Springer Berlin Heidelberg, 2006.
- [Roucoules et Merlo 2006] Roucoules L., Merlo C., *Le projet RNTL IPPOP : résultats et plateforme*. Journées STP GDR MACS, Valenciennes, 16-17 novembre, 2006.
- [Rouges, 2002] Rouges J.F., *Réinventer la relation client dans les services financiers*, Dossier de management du Groupe Forest, Octobre 2002.
- [Roy, 1978] Roy M., *Processus de créativité*, Canadian Journal of Education, 3, 1978.
- [Roy, 1983] Roy R., *Design, Processes and Products, Bicycles Invention and Innovation*, Milton Keynes, The Open University Press, 1983 (dans [Perrin, 2001]).
- [Roy et Potter, 1990] Roy R., Potter S., *The Benefits and Costs of Investment in Design*, Working paper WP-13, Design Innovation Group, The Open University, 1990.
- [Ruefli et al., 1999] Ruefli, T.W., Collins, J.M. and Lacugna, J.R. *Risk measures in strategic management: Auld lang syne?*, Strategic Management Journal, 20(2), pp. 167-194, 1999.
- [Sarlemijn et Kroes, 1988] Sarlemijn A., Kroes P., *Technological Analogies and their Logical Nature*. in Durbin P.T. (éd), *Technology and Contemporary Life*, Dordrecht, Reidel, 1988.
- [Savransky, 2000] Savransky S.D., *Engineering of creativity, Introduction to TRIZ methodology of inventive problem solving*, CRC Press, Boca Raton, Florida, 2000.
- [Schmidt, 1995] Schmidt, J.B., *New product myopia*. Journal of Business & Industrial Marketing, 10(1), 1995.
- [Schmitt, 1999] Schmitt B.H., *Experiential Marketing: How to get customers to sense, feel, think, act, and relate to your company and brands*, Free Press, New-York, 1999.
- [Schmitt 2002] Schmitt C., *Entre situations paradoxales et modélisation, l'apport de la systémique dans le management des entreprises*, Actes du V^o Congrès Européen de Systémique, oct. Revue Européenne de Systémique Systemica Crête, 2002.
- [Schmookler, 1966] Schmookler J., *Invention and Economic Growth*, Harvard University Press, 1966.
- [Schumpeter, 1934] Schumpeter J.A., *The Theory of Economic Development*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1934.
- [Schumpeter, 1946] Schumpeter J.A., *Capitalisme, socialisme et démocratie*, Payot (trad. 1965), 1946.
- [Schumpeter, 1964] Schumpeter J.A., *Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*, first abridged edition 1964.
- [Segrestin, 2003] Segrestin B., *La gestion des partenariats d'exploration: spécificités, crises et forms de rationalisation*, Ecole des Mines, Sciences de gestion, Paris, 2003.

- [Simon et al., 1979] Simon H.A., Newell A., Shaw J.C., *The Processes of Creative Thinking*, Models of Thought, H.A. Simon Ed., Yale University Press, New Haven, 1979.
- [Simon, 1991] Simon H., *The Sciences of the Artificial*, (1ère édition : 1969) MIT Press, Cambridge, Massachusetts, USA, 1991.
- [Simon, 1995] Simon H., *The Scientist as Problem-solver*, *Complex Information Processing: The Impact of Herbert Simon*, D. Klahr et K. Kotovsky eds., Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, Etats-unis, 1995.
- [Simondon, 1958] Simondon G., *Du mode d'existence des objets techniques*, L'invention philosophique, 1958.
- [Song et Parry, 1994] Song, X.M., Parry, M.E., *The dimensions of industrial new product success and failure in state enterprises in the People's Republic of China*, *Journal of Product Innovation Management* 11(2), pp. 105-118, 1994.
- [Song et Parry, 1996] Song, X.M., Parry, M.E., *What separates Japanese new product winners from losers?* *Journal of Product Innovation Management* 13(5), pp. 422-439, 1996.
- [Souder, 1988] Souder, W.E. *Managing relations between R&D and marketing in npd-projects*. *Journal of Product Innovation Management*, 5, pp. 6-19, 1988.
- [Stiegler, 1998] Stiegler B., *Introduction*, Actes d'Imagina 98, INA, Bry sur Marne, 1998.
- [Stoeltzlen, 2004] Stoeltzlen N., *Intégration de la dimension Visiographique dans les phases amont du processus de conception de produits mécaniques pour favoriser la coopération et la construction commune de projets*, Thèse de Doctorat ENSAM, 2004.
- [Suh, 1999] Suh, N. P., *Applications of Axiomatic Design. Integration of Process Knowledge into Design Support Systems*, CIRP Design Seminar, University of Twente, Enschede, The Netherlands, 1999.
- [Sutton, 2001] Sutton R., *Weird ideas that work*, ISBN 2-84211-174-5, Village mondial, 2001.
- [Szpirglas, 2006] Szpirglas M., *Gestion des risques et quiproquos : L'apport d'une théorie de la conception*, *Revue Française de Gestion*, 32(161), pp. 67-90, 2006.
- [Tassinari, 2003] Tassinari R., *Pratique de l'Analyse fonctionnelle*, Dunod, 2003.
- [Temri, 2000] Temri L., *Les processus d'innovation : une approche par la complexité*, AIMS, 2000.
- [Ulrich et Eppinger, 1995] Ulrich K., Eppinger S.D., *Product Design and Development*, Mc Graw-Hill, 1995.
- [Utterback, 1994] Utterback J., *Mastering the Dynamics of Innovation*, Harvard Business School Press, Boston, 1994.
- [Vadcard, 1996] Vadcard P., *Aide à la programmation de l'utilisation des outils en conception de produit*, Thèse de doctorat, ENSAM-Paris, 1996.
- [Van der Panne et al., 2003] Van der Panne G., Van Beers C., Kleinknecht A., *Success and failure of innovation: a literature review*, Delft University of Technology The Netherlands June 2003 *International Journal of Innovation Management* Vol. 7, No. 3, September, pp.1-30 © Imperial College Press, 2003.
- [Van de Ven, 1986] Van de Ven A.H., *Central problems in the Management of Innovation*, *Management Science*, Vol 32, n°5, May 1986.
- [Van de Ven et al., 1999] Van de Ven A.H., Polley D.E., Garud R., Venkataraman S., *The innovation Journey*, Oxford University Press, New York, Oxford, 1999.
- [Valéry, 1894] Valéry P., *Introduction à la méthode de Léonard de Vinci*, Paris, Ed. Gallimard, 1957 (coll. Idée), 140 pages, 1894 (dans [Le Moigne, 1994]).
- [Valéry, 1973] Valéry P., *Cahiers (Cahier 1 p837)*, Tomes I, édition présentée et annotée par Judith Robinson, Paris, Gallimard, Bibliothèque de la Pléiade, 1973.

- [Vallette, 2005] Vallette T., *Recherche d'un cadre conceptuel d'aide à la conception collective innovante par l'usage Proposition de l'outil « Glocal » pour la conception d'outils à main et des équipements de travail*, Thèse de doctorat, 2005.
- [Verley, 1997] Verley P., *La révolution industrielle*, Paris, Gallimard, 1997.
- [Vézina, 1999] Vézina R., *Pour comprendre et analyser l'expérience du consommateur*, Gestion, vol. 24, n°2, pp. 59-65, 1999.
- [Von Hippel, 2005] Von Hippel E., *Democratizing Innovation*, The MIT Press, Avril 2005.
- [Wallas, 1926] Wallas G., *The Art of Thought*, Harcourt Brace, New York, 1926.
- [Weick, 1998] Weick K.E., *Improvisation as a Mindset for Organizational Analysis*, Organization Science, 9, 1998.
- [Wheelwright et Clark, 1992] Wheelwright S.C., Clark K., *Revolutionizing Product Development*, The Free Press, 1992.
- [Whitley, 2000] Whitley R., *The Institutional Structuring of Innovation Strategies : Business Systems, Firm Types and Patterns of Technical Change in Different Market Economies*, Organization Studies, 21, 2000.
- [Xuereb, 1991] Xuereb J.M., *Une redéfinition du processus d'innovation*, Revue française de gestion, juin/juillet/août, 1991.
- [Yannou, 2001] Yannou B., *Préconception de Produits*, Habilitation à Diriger des Recherches, Institut National Polytechnique de Grenoble, Laboratoire Productique-Logistique de l'Ecole Centrale Paris., 2001.
- [Zirger, 1997] Zirger, B.J., *The influence of development experience and product innovativeness on product outcome*, Technology Analysis & Strategic Management, Volume 9, Issue 3, 1997.

A

ANNEXES

A.1. Exemple d'un raisonnement C-K

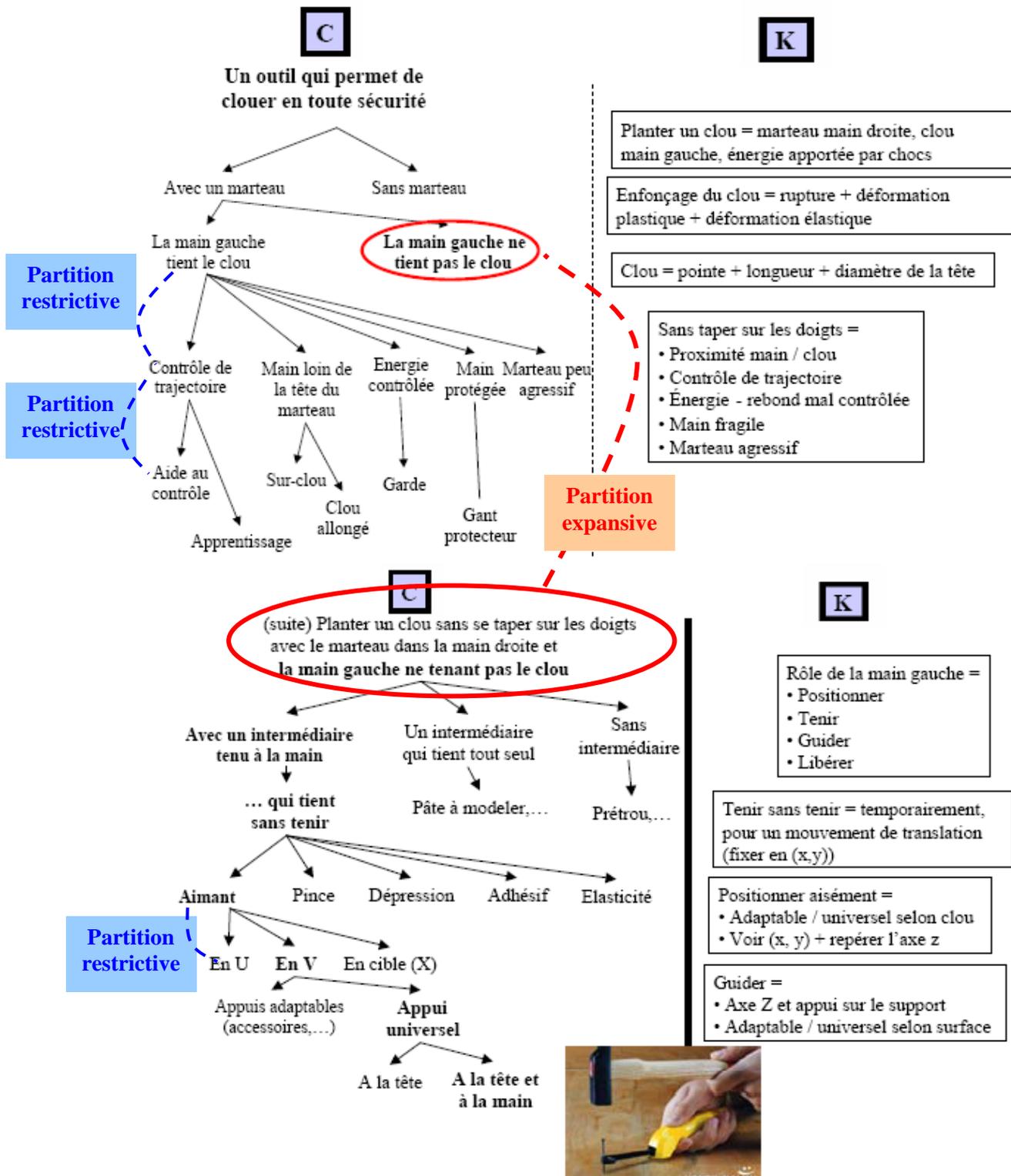


Figure A1 : Le raisonnement C-K du porte-clou d'Avanti

A.2. Renouveau de l'identité des objets d'un raisonnement exploratoire

A.2.1. Deux approches différentes pour faire varier l'identité des objets : les méthodes de créativité de groupe et le raisonnement exploratoire

Nous nous proposons là d'étudier la capacité d'un raisonnement exploratoire à renouveler l'identité des objets. En fait, dans l'optique de faire varier l'identité de l'objet de la conception, deux approches peuvent être considérées : le raisonnement C-K et parmi les méthodes de créativité, les séances de créativité de groupe qui, comme nous l'avons vu dans notre état de l'art, sont les plus à même de s'insérer en amont de la définition des objectifs de conception, sur des problématiques « imprécises » ou « mal posées » et par conséquent de modifier l'identité des objets. Les méthodes TRIZ et ASIT requièrent elles une problématique suffisamment précise, ce qui les localise *a priori* majoritairement en cours du processus de conception (donc une fois l'identité des objets fixée), en réponse à un problème. Nous allons voir maintenant que le mode d'exploration des deux approches retenues est notablement différent et les conséquences qui en découlent.

Si le point de départ du processus divergent est sensiblement différent, puisqu'il s'agit d'une voie de résolution en réponse à une problématique (une amorce relative à une « recette » de créativité) pour les séances de créativité de groupe et d'un concept, ambigu (du fait de la disjonction sémantique), qu'il faudra préciser dans le cas d'un raisonnement exploratoire, il est cependant possible de trouver des exemples de « proposition » qui pourrait indifféremment appartenir à l'une ou l'autre des deux approches (ce qui nous permet de comparer les deux approches) : « porte automobile accueillante »¹¹⁵ en est un.

A partir d'une « amorce », la séance de créativité de groupe invite un ensemble de personnes à générer des idées de manière « impulsive et directe », c'est-à-dire sans cheminement conscient ou tout autre chose de l'ordre de la construction. Une fois générée et formalisée sous forme de fiche idée, l'idée est ensuite évaluée : comme nous l'avons vu, il n'existe pas d'outil permettant de développer significativement les idées émises, qui restent donc très proches de leur formulation initiale. Nous comprenons alors pourquoi elles peuvent être très différentes du point de vue de leur niveau de définition ou de finalisation qui, par exemple vis-à-vis de l'amorce « porte automobile accueillante », peut varier d'un concept diffus (« porte s'ouvrant comme en science fiction, comme dans Star Trek ») à une idée beaucoup plus concrète, proche d'une solution (« porte à double articulation de l'Avant Time¹¹⁶ utilisée par l'arrière »). Ceci dit, la corrélation envisagée dans notre état de l'art entre le niveau de précision et de localisation de l'énoncé de la problématique et le niveau de définition des idées émises, une sorte « d'effet miroir », semble limiter le nombre de ces idées « finalisées ».

A partir de ce même point de départ (« porte d'automobile accueillante »), le raisonnement C-K propose lui d'effectuer une réflexion par ajout successif et « conscient » d'attributs à un concept, qui progressivement vont faire varier l'identité de l'objet jusqu'à obtenir un concept innovant dont la définition est suffisamment précise pour le rendre « matérialisable » dans l'espace des connaissances. Dans la théorie C-K, le processus de développement du concept est donc confondu avec la démarche de créativité. Ce processus « double » est cristallisé par les partitions « expansives ». Plus précisément, comme nous l'avons exposé dans notre état de

¹¹⁵ Ce point de départ au processus divergent peut être issu d'une méthode de créativité associative et peut correspondre également à une disjonction sémantique d'un raisonnement C-K (système + nouvelle intention).

¹¹⁶ Modèle de la marque Renault, surnommé le « coupé monospace » et produit entre 2001 et 2003.

l'art, chaque propriété ajoutée au Co implique un mécanisme d'aller retour entre les espaces C et K, donc l'activation de bases de connaissances, et traduit donc un mode d'exploration progressif et « conscient » qui se démarque nettement de l'exploration non « contrôlée » relative aux séances de créativité de groupe.

Comme le montre la Figure A-, nous proposons de matérialiser le mode d'exploration des séances de créativité de groupe par un nuage de points (à droite) et de traduire la démarche rationnelle, progressive et « consciente » qu'implique le raisonnement exploratoire par une arborescence (à gauche). A noter que les points rouges représentent les idées « fausses », non réalisables.

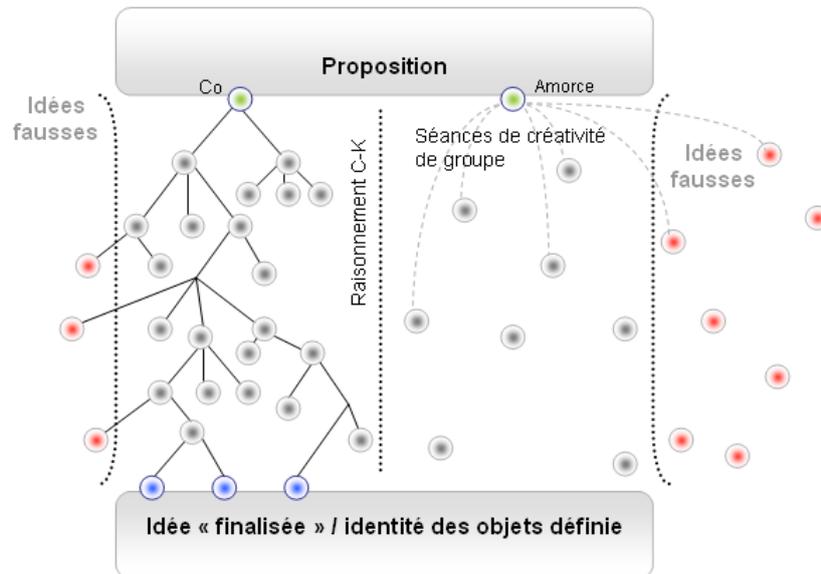


Figure A-2 : Deux approches différentes : la construction d'une arborescence et la génération d'un nuage de points.

A.2.2. Comparaison des deux approches vis-à-vis de leur capacité à réviser l'identité des objets

Pour mesurer la capacité respective des méthodes de créativité et du raisonnement C-K à réviser l'identité de l'objet de la conception, à ouvrir le champ des possibles, nous nous référons aux facteurs proposés par Guilford pour qualifier la performance d'un processus créatif [Guilford, 1959] :

- la fluidité se mesure par le nombre de réponses que peut faire un sujet à une question donnée. Le critère est le nombre de réponses.
- la flexibilité se mesure par le nombre de catégories d'idées dans lesquelles on peut classer la production. Le critère qui en découle est la variance des réponses.
- l'originalité, c'est la capacité à émettre des idées inédites, au caractère réellement novateur. On considère alors le caractère unique, surprenant.
- l'élaboration est la capacité de ne pas s'arrêter à un énoncé général de l'idée, mais à détailler sa définition et à lui donner le plus possible un caractère concret, opérationnel. Cela se traduit en termes de critère par le degré de précision, le niveau de détail.

Un processus très créatif présentera ces quatre facteurs à un niveau élevé, et notons que le critère traduisant la révision de l'identité des objets à proprement dit est proche du facteur d'originalité [Le Masson et al., 2006].

Concernant les méthodes de créativité de groupe, nous relevons plusieurs limites vis-à-vis des critères énoncés par Guilford :

Premièrement, l'utilisation de techniques de créativité, si elle peut se modéliser par un nuage de points, se caractérise aussi par une seule et unique opération divergente (on cherche à obtenir directement les solutions) alors que précisément « *la puissance d'expansion semble requise tout au long du processus* » [Le Masson et al., 2006]. Il en ressort donc une variété des idées (facteurs de fluidité et de flexibilité) qui semble contenue, limitée à la mobilisation de ces techniques de créativité sur la seule proposition initiale.

Deuxièmement, comme l'observe Horowitz lors de cours et séminaires de créativité, la plupart des gens génèrent avec ces techniques plus ou moins « les mêmes idées » et lorsqu'on leur demande d'être plus créatifs et de débrider leur imagination, « *ils suggèrent alors d'autres idées (pas toujours très bonnes)* » mais encore une fois, ils « *suggèrent les MEMES idées « folles » que les autres groupes. Il semble donc que les gens soient « fous » de la même manière !* » [Horowitz, 2003]. La révision de l'identité des objets (originalité) semble ainsi assez limitée.

Troisièmement, comme nous l'avons vu, les méthodes de créativité de groupe (particulièrement elles) permettent de générer de nouvelles idées, certes séduisantes, mais non suffisamment définies pour être confiées directement à une phase de développement. C'est ici le facteur d'élaboration qui apparaît peu satisfait.

Nous allons voir que ces trois limites identifiées au travers des facteurs énoncés par Guilford semblent s'estomper avec un raisonnement exploratoire, notamment lorsqu'il est envisagé dans son mode divergent, ceci essentiellement grâce à un certain contrôle de l'exploration.

Premièrement, du point de vue du critère d'élaboration tout d'abord, le raisonnement C-K garantit des idées à la définition finalisée (puisque la conjonction C-K signifie que la proposition est devenue suffisamment concrète pour être considérée comme une connaissance) et une certaine « robustesse » quant à leur développement futur eu égard aux multiples connaissances mobilisées et sur lesquelles s'appuie l'exploration.

Deuxièmement, vis-à-vis des facteurs de fluidité (nombre de réponses) et de flexibilité (nombre de catégories), l'exploration méthodique, pas à pas, permet d'accéder à une certaine exhaustivité de l'exploration des concepts, ou tout du moins fournit une divergence et des expansions « construites par ramification », alors qu'en créativité « classique », il semble impossible de se prononcer sur le degré d'exploration d'un champ d'idées (car exploration non « consciente »).

Enfin, troisièmement sur le critère d'originalité en lui-même, le raisonnement C-K permet potentiellement d'imaginer les idées les plus originales qui soient si l'on part de l'hypothèse que l'on peut adjoindre à un Co une suite de propriétés totalement nouvelles, c'est-à-dire si l'on considère un enchaînement de partitions exclusivement expansives.

En fait, le raisonnement exploratoire s'apparente à un processus de conception à proprement dit dans le sens où il permet de développer une idée jusqu'à l'obtention de la définition « finalisée » d'un objet. Suivant la théorie C-K, ce type de raisonnement exploratoire

implique certes la mobilisation de connaissances, et même des apprentissages, ce qui sous-entend une exploration plus fastidieuse et moins immédiate à appréhender que la ou les « recettes » utilisées lors des séances de créativité de groupe, mais il permet de réviser l'identité des objets plus largement et plus en profondeur.

En outre, à partir d'une même proposition initiale, non seulement l'exploration pourra être plus « exhaustive » mais son contrôle par ce processus de fixation progressif et conscient de l'identité d'un objet de conception (par ajout successif de propriétés P_i au concept initial C_0) évitera aussi de considérer un grand nombre d'idées « fausses ». L'exploration du champ des possibles peut être effectivement orientée vers les directions les plus prometteuses, soit relativement aux espaces de valeur associés aux nouvelles idées dans notre perspective d'innover.

Finalement, c'est la non mobilisation des connaissances par les séances de créativité de groupe qui fournit en grande partie l'explication de leur exploration non exhaustive d'idées mal « finalisées » et renouvelant assez peu l'identité des objets. Notons qu'elle est aussi à la base de vives interrogations concernant la gestion des ressources. En effet, au sein du raisonnement C-K, ce sont les interrogations successives de bases de connaissances qui permettent de faire varier l'identité d'objets de manière « consciente » et qui garantit *in fine* une certaine « robustesse » des idées « finalisées » en terme de définition. Cette corrélation entre l'élaboration de la définition des idées et les connaissances semble devoir limiter les risques d'explorer des voies non fiables ou de travailler sur des idées séduisantes mais non réalisables comme ce peut être le cas avec les séances de créativité de groupe. Enfin, au-delà de la forme de ces techniques, qui peuvent paraître déroutante ou excentrique, il semble que c'est à nouveau cette non mobilisation des connaissances (on invite des personnes qui ne connaissent rien au sujet et/ou on leur demande de ne pas raisonner) qui leur donne un aspect curieux et peut susciter la plus grande réserve de la part des experts ou des chefs d'entreprise.

Fondamentalement, au regard de cette analyse, le rapport aux connaissances représente à la fois la limite des séances de créativité de groupe et la « force » d'un raisonnement exploratoire pour la révision de l'identité des objets, et plus généralement pour l'innovation.

A.3. Différents types de modélisations

La notion de modélisation a trait à l'idée de se faire un « modèle » sur un sujet. On distingue principalement deux types de modélisations, celle analytique et celle systémique. La première, la modélisation analytique, a pour but de chercher l'explication à un problème que l'on se pose. L'approche consiste à analyser un ensemble de faits puis à chercher des liens de causalité suivant le principe de raison suffisante ou déterminante, c'est-à-dire en se basant sur la seule logique, censée conférer à l'explication recherchée un statut de vérité. Notons que l'analyse est une activité discrétisant, c'est-à-dire visant à isoler des faits, à découper en parties le sujet traité ce qui sous-tend que chaque chose peut être décomposée et peut finalement se simplifier à quelques entités identifiées.

Cependant, il est des cas où il n'est pas possible d'obtenir de tels modèles finis se voulant être représentatif de la vérité avec des visées d'explication : ce sont les sujets complexes. Pouvant d'ailleurs se définir comme « *l'irréductibilité à un modèle fini* », la notion de complexité « *implique celle d'imprévisibilité possible, d'émergence plausible du nouveau et du sens au sein du phénomène que l'on tient pour complexe* » [Le Moigne, 1990]. Ainsi, par les interactions nombreuses et simultanées qui font l'imprévisible et qui les caractérisent, par le fait qu'elles impliquent des êtres humains¹¹⁷ qui sont des êtres actifs, dotés de conscience, de capacité réflexive, d'imagination, ayant mémoire, désirs, projets, émotions ... , les sociétés sont par exemple des sujets complexes.

Nous pouvons d'ailleurs remarquer que nous vivons un monde où la complexité s'accroît, la crise d'identité des objets ou la société hyper-moderne amenant un changement permanent et grandissant, la tendance à des projets impliquant un nombre sans cesse croissant de dimensions et d'acteurs intervenant, mais aussi vis-à-vis de l'évolution intrinsèque des objets de conception eux-mêmes : hier, le système de freinage d'une voiture, c'était une pédale, un dispositif hydraulique et quelques éléments mécaniques, alors qu'aujourd'hui son périmètre s'est élargi à l'ABS, au contrôle de trajectoire, à l'anti-patinage, à des systèmes qui communiquent entre eux-mêmes et avec beaucoup d'autres composants du véhicule. Or, quand le nombre des parties interdépendantes augmentent, les états envisageables étant à priori toutes les combinaisons d'états des parties, on assiste à une explosion combinatoire, c'est-à-dire à des nombres gigantesques de cas possibles qui forment un système qu'il est difficile de connaître avec précision.

Considérées comme inconnaissables telles qu'elles sont en elles-mêmes, ces « choses » nécessitent d'être appréhendées différemment : la complexité ne doit pas être envisagée comme le compliqué du compliqué, mais bien comme une nature différente des problèmes à gérer [Schmitt, 2002], et notamment « *il faut abandonner tout espoir de fonder la raison sur la seule logique* » [Morin, 1991]. La modélisation d'une réalité complexe devient « *opératoire si elle permet de sortir du mythe positiviste selon lequel « l'explication » d'un phénomène impose d'en traiter en « éliminant le contexte »*. *S'attacher à la complexité, c'est donc reconnaître que la modélisation se construit comme un point de vue pris sur le réel, à partir duquel un travail de mise en ordre, partiel et continuellement remaniable, peut être mis en œuvre* » [Le Moigne, 2005].

¹¹⁷ S'inscrivant dans cette idée que la complexité apparaît en raison de la simple interaction avec la présence humaine, Girin distingue ainsi quatre formes de complexité dans les systèmes incluant des acteurs humains [Girin, 2000] : la complexité de coordination, la complexité cartographique, la complexité contextuelle et la complexité de cadrage. Par exemple, la complexité cartographique provient de la limitation cognitive des individus qui peut s'illustrer par le fait que plus une carte est détaillée, plus elle est difficile à lire.

En d'autres termes, « *On a toujours cherché des explications quand c'était des représentations qu'on pouvait seulement essayer d'inventer* », disait Valéry [Valéry, 1973]. Ce point de vue pris sur le réel signifie que l'effort d'intelligibilité sur un sujet complexe ne se traduira pas par LE modèle explicatif mais par UNE représentation de la réalité POUR : à la modélisation analytique se substitue alors la modélisation systémique et projective, le second type de modélisation énoncée plus haut.

Tout d'abord, c'est ce projet (le POUR) qui invite à se construire une représentation de la complexité facilitant sa compréhension à des fins d'action. Ainsi la carte de Korzybski n'est pas le territoire [Korzybski, 1998], elle n'en est qu'une représentation dans le but de se repérer. Ensuite, c'est grâce à la notion de « système », concept forgé par l'esprit humain en ce sens que les systèmes ne sont pas dans la nature mais dans l'esprit des hommes, qu'il devient possible de se construire des représentations de la complexité, une interprétation de la réalité à des fins d'action. Ce système peut être façonné de façon qu'il s'avère aussi utile et peu contraignant que possible. Ainsi, toujours dans l'exemple de la carte et du territoire [Korzybski, 1998], la carte est une représentation du territoire et s'il existe entre la carte et le territoire un ensemble de relations indissociables, la carte n'est pas le territoire, ne représente pas tout le territoire et doit pas être confondue avec le réel.

Le recours à la systémique a pour objectif de donner la capacité à l'esprit humain de produire des représentations rusées, malicieuses pour aborder des réalités complexes, qui ne peuvent pas s'inscrire dans le cadre de la déduction formelle. La systémique permet d'avoir une représentation de la complexité à partir de laquelle l'homme peut agir mais sans la « mutiler », c'est-à-dire sans chercher à la simplifier ou la décomposer, ce qui s'apparenterait à une dénaturaison de la réalité. S'éloignant d'une explication générale et de la recherche de la vérité, la systémique est une approche « humble » qui implique un travail de compréhension favorisant l'intelligence de la situation, le pragmatisme, et qui se traduit par un modèle avec une part d'indéfini. Ce dernier peut alors se matérialiser, comme nous l'avons vu, par une analogie ou une métaphore reflétant un point de vue pris sur le réel.

Au-delà du fait qu'elle permet de traiter des problématiques complexes, la modélisation systémique peut se pratiquer sur tout sujet, même non complexe dans ce sens que nous cherchons bien souvent une simple représentation. En fait, si nous les distinguons, notons qu'il faut éviter le piège d'opposer la modélisation systémique à la modélisation analytique [David, 2000], la deuxième apparaissant comme un cas particulier de la première : Le Moigne, dans sa Théorie sur le système général, présente neuf niveaux de modélisations dont les quatre premiers peuvent se confondre avec des modèles analytiques, l'auteur marquant la frontière les distinguant en associant au cinquième niveau de modélisation une « *interprétation téléologique (finaliste donc) de l'objet [qui] permet à la modélisation de franchir une étape que lui interdisait l'interprétation déterministe (causaliste donc)* » [Le Moigne, 1994].

En effet, si l'on définit finalement la modélisation au sens large par le fait de se faire une représentation intelligible d'un sujet dans un but donné, nous comprenons que ce but peut être la recherche d'une explication (modélisation analytique) ou celle d'une définition, d'une caractérisation (modélisation systémique).

A.4. La relecture de l'œuvre de De Vinci au regard du triptyque Observer-Dessiner-Comprendre, autrement dit de la modélisation

Pour révéler l'importance de la modélisation, nous nous intéressons à l'œuvre d'un génie de la renaissance, Leonard de Vinci. Nuland le considère d'ailleurs comme le plus grand génie de la civilisation occidentale, car si Newton ou Einstein par exemple ont révolutionné la science à leur époque, leur œuvre ne s'exerce que dans un secteur bien défini. Par contre De Vinci s'est investi dans de très nombreux domaines¹¹⁸ et si l'on considère la splendeur de ses créations et l'ensemble de ses observations et inventions qui semblent plus appartenir au 19^{ème} siècle qu'au 15^{ème}, « *jamais l'esprit humain n'a visé des horizons plus lointains* » [Nuland, 2000]. Ainsi, sans tous les apports de la physique newtonienne, ni les outils et technologies actuelles, De Vinci avait imaginé par exemple un parachute viable¹¹⁹, alors que ce n'est qu'en 1797, 300 ans après ses dessins, que le français Garnerin fut le premier à concrétiser le saut en parachute.

Pourtant, né en 1452 à Vinci, petit village de Toscane proche de Florence (Italie), il ne put, du fait qu'il soit un enfant illégitime, avoir accès à l'apprentissage du grec et du latin, langues dans lesquelles étaient pourtant rédigés tous les ouvrages de l'époque. Comment alors expliquer l'acquisition d'autant de connaissances nouvelles, diverses et variées ?

Dès son plus jeune âge, intelligent et très curieux de la nature qu'il aimait étudier, De Vinci expérimente, accumule les connaissances et comprend que seule l'observation permettait d'accéder à la vérité [Nuland, 2000]. Que l'on considère son arrivée au sein de l'atelier de Verrocchio¹²⁰ à Florence à l'âge de 8 ans, ou tous les mécènes pour qui il travailla, rien ne remettra en cause le principe que De Vinci s'était fixé : « *Garde-toi des doctrines de ces spéculateurs, dont les réflexions ne sont pas confirmées par l'expérience* » [Letze, 2002]. Il se décrivait lui-même comme « l'élève de l'expérience ». Quel que soit le domaine, chaque expérience revêtait un caractère unique et nécessitait du point de vue de De Vinci de mesurer, de compter, d'enregistrer, de peser. Sur l'observation, nous l'avons vu, il écrivait que « *toutes nos connaissances découlent de ce que l'on ressent. La vue est une des opérations les plus rapides qui soit ; en un instant, elle accueille une infinité de formes pourtant elle ne saisie qu'un objet à la fois. Si tu veux avoir la connaissance des choses, commence par leurs détails, et ne passe d'un détail à l'autre, qu'après avoir bien fixé le premier dans ta mémoire* ».

Toutes ces observations, De Vinci les retranscrit par le dessin. Observer, dessiner et une volonté d'être le plus proche du réel possible, d'en comprendre tous les tenants et aboutissants. Ainsi par exemple, pour retranscrire les postures et les traits les plus proches du réel de ses personnages composant ses peintures, il réalisait de très nombreuses esquisses préparatoires en arpentant nuit après nuit des quartiers populaires à la recherche de modèles.

¹¹⁸ On attribue à De Vinci des découvertes dans les domaines les plus divers : mécanique, anatomie, architecture, géométrie, hydraulique, aérodynamique, botanique, chronométrie, ingénierie militaire, géologie, optique, philosophie, cuisine, médecine ...

¹¹⁹ Dans le cadre d'une émission de la BBC, quelques inventions de Leonard de Vinci ont été réalisées et ont permis de vérifier à la fois la pertinence et l'exactitude de ses créations. Il est à noter que restée inconnue pendant des siècles, sa contribution n'a eu aucune portée. En effet, les 7500 pages, contenant environ 100 000 croquis, de ses multiples carnets ont été perdus et n'ont donc pas été publiés jusqu'à très récemment.

¹²⁰ Verrocchio (1435-1488) : sculpteur, peintre, orfèvre et architecte italien qui a travaillé à la cour de Laurent de Médicis, et dont De Vinci fut l'apprenti.

Mais retranscrire le réel le plus finement qui soit ne lui suffit pas, il veut le comprendre. Et le dessin, art dont il a la maîtrise parfaite, va jouer un rôle majeur dans cette quête : ce sera l'atelier où s'élabore sa propre pensée, sa formation et son évolution. Au lieu de dessiner ce qu'il voit, il utilise le dessin pour représenter ce qu'il comprend, ce qu'il imagine. Et c'est là un point fondamental de son œuvre, qui fait de De Vinci aujourd'hui le précurseur ou tout du moins le symbole de l'intelligence concevant un modèle par le dessin. C'est d'ailleurs justement en lisant « l'introduction à la méthode de Léonard de Vinci » [Valéry, 1894] que Le Moigne dit avoir aisément pris conscience de l'intelligence réfléchie et de la puissance modélisatrice du « disegno » léonardien, le « dessin à dessein », la modélisation donc [Le Moigne, 1994]. Pour illustrer notre propos, nous proposons maintenant de retracer les travaux de De Vinci portant sur l'anatomie.

Fasciné par le vivant, obsédé par la compréhension du mouvement, il ne se contenta pas d'études en surface et s'engagea dans l'exploration des « mystères des profondeurs » : il a disséqué des dizaines de cadavres, entiers ou en fragments, d'humains ou d'animaux, retranscrivant ses observations via des dessins d'anatomie. Comar note que chez De Vinci, il y a cette particularité que le dessin n'est pas l'illustration d'un propos, ce n'est pas l'illustration d'une thèse, c'est le propos lui-même, c'est la thèse qui est avancée [Comar, 1993]. Nous reconnaissons là la modélisation systémique, cette idée de transformer de l'expérience en science avec conscience [Avenier, 2005] pour obtenir des savoirs actionnables.

Ce qui caractérise De Vinci est en fait une curiosité acérée, une soif d'exploration et de compréhension sans limites. Cette curiosité prend des formes d'obsession chez Leonard De Vinci. Ainsi, pour ses travaux d'anatomie, il disséqua des dizaines de cadavres, malgré la puanteur issue de la décomposition des chairs et le risque de se faire excommunier. De Vinci en précisant dans son traité de la peinture [De Vinci, 1987] qu'un « *seul cadavre ne durait pas assez longtemps, il fallait procéder avec plusieurs, par degré, pour arriver à une connaissance complète* », montre d'ailleurs son esprit perfectionniste.

Ainsi, dans sa volonté de comprendre le corps humain, au fur et à mesure des dissections, De Vinci se convainquit progressivement que l'homme était une fantastique mécanique et assimila les os des bras et des jambes à des leviers, les muscles à des lignes de forces agissant sur ces leviers, dans le but de montrer avec précision comment on tournait le bras et pourquoi on pouvait le tourner. Il décrit l'anatomie en utilisant des analogies aux principes mécaniques comme l'illustre la Figure A-.



Figure A-3 : Représentations anatomiques issues des Carnets de Leonard de Vinci.

Pour retranscrire la modélisation qu'il se fait de la « mécanique » humaine, il va utiliser de nouvelles techniques de dessins issues de la renaissance, la perspective et les coupes. La perspective pour donner l'illusion de la troisième dimension à une représentation sur une feuille de papier, et donc rendre compte de façon quasi volumétrique des organes. La transposition des techniques de coupe d'architecture pour visualiser comment les organes se placent les uns par rapport aux autres. Enfin, dans ses études anatomiques, De Vinci va jusqu'à représenter 6 positions du même organe pour essayer de montrer la déformation des muscles et leur rôle pendant la rotation de la main par exemple.

Cette utilisation intensive du dessin, et de toutes les dernières techniques de représentation, n'est pas anodine. Le dessin est en effet un formidable moyen d'expression, simple, souple, direct, rapide et évolutif. Le tracé s'effectue dans un ordre absolument quelconque [Bascoul, 2005] : pour matérialiser rapidement une représentation que l'on se fait, il est possible de ne dessiner que ce qui est important, un croquis pouvant ensuite progressivement gagner en précision, le contenu d'information augmenter, le dessin pouvant être effectué avec différents niveaux de détail [Cross, 2002]. Ainsi en vue de la modélisation systémique, le dessin, parce qu'il joue le rôle de filtre de la pensée suivant les choix de représentation, s'inscrit dans la perspective de construction d'artefacts évolutifs, favorisant la mise en œuvre de projets pour l'action humaine [Lorino, 1999]. En d'autres termes, vis-à-vis de notre modèle de l'activité de modélisation, il apparaît comme un bon moyen de matérialiser certaines représentations, même aux stades intermédiaires de leur définition, dans l'espace des concepts noté « C ». Schmitt invite d'ailleurs à modéliser en ayant recours à des outils basés sur le visuel, qui permettent non seulement d'avoir une représentation globale et systémique, mais aussi de favoriser l'aspect dynamique de la représentation qui pourra toujours être modifiée en fonction des réflexions du ou des acteurs [Schmitt, 2002].

La compréhension, l'acquisition de connaissances ouvre les portes de l'imagination. Ainsi par exemple, à partir de ses travaux d'anatomie et ses connaissances de mécanique, De Vinci imagina et dessina le premier robot humanoïde utilisant des rouages en bois pour les

articulations, une structure d'acier pour le squelette ou des câbles pour les tendons. Selon Rosheim, l'ingéniosité des plans de De Vinci dont une représentation CAO est donnée par la Figure A- est remarquable puisque notamment le robot se tient debout, ce qui demande de très bonnes connaissances sur l'équilibre [Rosheim, 2006].



Figure A-4 : Reconstitution numérique d'un humanoïde imaginé par Léonard de Vinci.

Ainsi, le triptyque Observer-Dessiner-Comprendre apparaît essentiel dans les travaux de Léonard de Vinci : nous pensons en effet que c'est en manipulant la modélisation, notamment via le média du dessin, pour représenter ce qu'il comprend du monde qu'il observe, que Léonard de Vinci, nourri par une curiosité aigüe, put acquérir suffisamment de nouvelles connaissances pour imaginer des inventions comme le parachute, le sous-marin ou l'hélicoptère dont une illustration est fournie par la Figure A-, et *in fine* être l'artisan de l'œuvre scientifique exceptionnelle que l'on connaît depuis l'édition de ses « Carnets ».

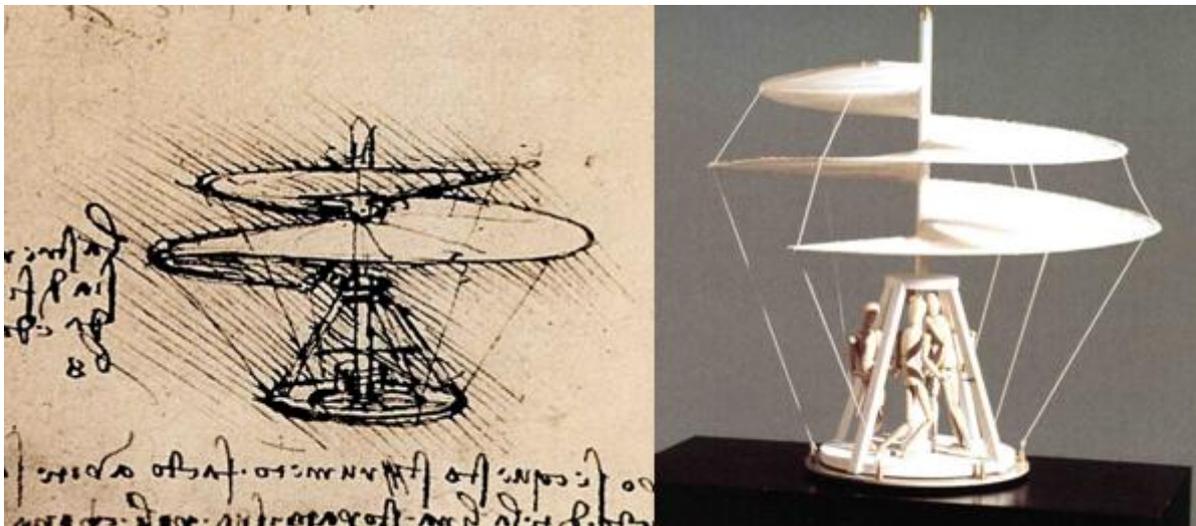


Figure A-5 : Dessin de Léonard de Vinci (daté de 1486) d'une machine volante à voilure tournante (Vis aérienne) : esquisse du principe d'un hélicoptère.

